

POLITEKNIK NEGERI BALI

Seminar Nasional
Ketekniksipilan
Bidang Vokasional

IX



PROSIDING



Prosiding

Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional IX

(Peluang dan Tantangan Teknologi Dalam
Pengembangan Infrastruktur di Era Digital)
2021

Team Reviewer

Dr. I Ketut Sutapa, S.ST,M.T.
Ir. Ida Bagus Putu Bintana, MT
Ir. I Made Jaya, MT.
Ni Kadek Sri Ebtha Yuni, S.ST.,MT.
I Made Wahyu Pramana, ST.,MT.
Yuliana Sukarmawati, ST.,MT.

ISBN:



Team Penyusun

I Nyoman Sedana Triadi, S.T., M.T.
Evin Yudhi Setyono, S.Pd., M.Si.
I Made Wahyu Pramana, S.T., M.T.

Penerbit:



**Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Bali
2021**

Pelindung : I Nyoman Abdi ,SE.M.eCom (Direktur Politeknik Negeri Bali), A.A.Ngr.Bgs. Mulawarman, ST., MT, Drs.Ec. I Ketut Sukayasa,M.Com.AK, I G.N.B. Catur Bawa, ST, M.Kom, Ir. I Wayan Arya, MT.
Penanggung Jawab: Ir. I Wayan Sudiasa, MT., Ketua Pelaksana Dr I Ketut Sutapa,S.ST.,MT
Alamat Redaksi: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali 80364, telp (0361)701981.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmatNya maka Politeknik Negeri Bali khususnya Jurusan Teknik Sipil telah lancar dan sukses menyelenggarakan Seminar Nasional Ketekniksipilan bidang Vokasional IX Tahun 2021.

Politeknik merupakan Perguruan Tinggi Vokasi yang dituntut untuk menghasilkan Sumber Daya Manusia dengan kompetensi yang mampu mengimbangi dinamika kemajuan teknologi, serta mampu beradaptasi dan mengisi kebutuhan industri. Jurusan Teknik Sipil PNB Sebagai pelaksana di garda depan pendidikan vokasi, menyikapi dengan meningkatkan kualitas magang maupun tugas akhir mahasiswa dan senantiasa mendorong para dosen untuk aktif meneliti dan mengembangkan pengetahuannya yang bersifat terapan. Dengan dilaksanakan Seminar Nasional Ketekniksipilan bidang Vokasional IX ini, dapat menjadi kesempatan untuk menyampaikan hasil-hasil penelitian terapan dan inovasi terbaru. Selain sebagai media menyampaikan hasil penelitian, seminar ini juga mendapatkan narasumber yang berkompeten untuk menyampaikan isu-isu terbaru dan inovatif di bidang Teknik Sipil.

Selanjutnya pada kesempatan yang berbahagia ini kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak dari unsur akademisi, pemerintah, praktisi industri, dan masyarakat luas yang tidak kami sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi aktif dalam pelaksanaan seminar ini, sehingga berjalan lancar serta memberikan manfaat yang besar sebagaimana yang diharapkan bersama.

Bukit Jimbaran, Oktober 2021

Ketua Pelaksana

Dr. I Ketut Sutapa, S.ST.,MT.

DAFTAR ISI

1. ANALISA PENERAPAN ASPEK KONSERVASI AIR (WATER CONSERVATION) BERDASARKAN SISTEM PENILAIAN GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA Aldo Taro Darmawan, I Made Tapayasa, Made Mudhina.....	1
2. ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI TEMPAT OLAH SAMPAH SETEMPAT (TOSS) CENTRE KUSAMBA DI KABUPATEN KLUNGKUNG Dewa Ayu Indah Lestari, Made Mudhina, Kadek Adi Suryawan.....	9
3. ANALISIS IMPLEMENTASI KONSTRUKSI HIJAU MENGGUNAKAN MODEL ASSESSMENT GREEN CONSTRUCTION (Studi Kasus Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar) I Putu Agus Wisnu Dwipayana Putra, I Nyoman Anom Purwa Winaya, Gede Yasada.....	21
4. PENGARUH BIAYA PENERAPAN SMK3 TERHADAP KINERJA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK PASAR UMUM GIANYAR I Gede Putu Bagus Artha Dana, I Made Anom Santiana, A.A. Ngurah Roy Sumardika.....	32
5. Analisis Optimalisasi Tenaga Kerja Terhadap Jadwal dan Biaya Proyek Dengan Asumsi Pemakaian Material Sesuai Rencana Awal (Studi Kasus: Gedung RKB SD No. 3 Sulangai) Made Randy Viryawan, Anak Agung Putri Indrayanti, I Nyoman Ardika.....	43
6. ANALISI TINGKAT PEERAPAN SMK3 DAN PENGARUHNYA TERHADAP KINERJA PENGECORAN BETON BERTULANG PADA PROYEK PASAR SUKAWATI BLOK C Luh Ika Resmi Arditiani, Lilik Sudiajeng, I Made Suardana Kader.....	56
7. EVALUASI PENGGUNAAN ALAT BERAT EXCAVATOR PC78 PADA PEKERJAAN GALIAN GUTTER PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG PABRIK PT. URBAN ASIA INDUSTRI DAN DAMPAKNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS I Ketut Agus Maesa Arigunawan, I Made Suardana Kader, Kadek Adi Suryawan.....	67
8. ANALISIS EFISIENSI BIAYA PERKUATAN LERENG EKSISTING DARI BETON DIBANDINGKAN DENGAN METODE GEOTEKSTIL (Studi Kasus: Lereng di Desa Sulangai Kecamatan Petang) Nyoman Gede Rio Saputra, I Wayan Wiraga, I Wayan Suasira.....	78
9. ANALISIS SISA MATERIAL KONSTRUKSI DAN PENANGANANNYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG IRD DAN LANJUTAN TAHAP 2 RUMAH SAKIT PAYANGAN, KABUPATEN GIANYAR, BALI	

Ni Made Puspa Lestari Dewi, Made Sudiarsa, I.G.P Adi Suartika Putra.....	91
10. ANALISIS INDEKS SATUAN PEKERJAAN KAYU STYLE BALI	
Ni Kadek Sri Ebtha Yuni, I Nyoman Suardika.....	101
11. ANALISIS BIAYA K3 BERDASARKAN RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK GEDUNG PARKIR MOTOR BANDARA I GUSTI NGURAH RAI	
I Wayan Gede Jatrawan, Putu Hermawati, I Made Anom Santiana.....	108
12. ANALISIS OPTIMALISASI WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 14 DENPASAR MENGGUNAKAN METODE PERT	
I Made Andika Surya Wiguna, Ida Bagus Putu Bintana, Ni Made Sintya Rani.....	118
13. ANALISIS TINGKAT PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA TERHADAP WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN ARSITEKTUR DI GEDUNG PASCA SARJANA POLTEKPAR BALI (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Poltekpar Bali)	
I Gusti Agung Putu Pradana Putra, I Nyoman Sutapa, I Wayan Darya Suparta.....	128
14. PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PT. KBI GIANYAR BEVERAGE FACILITY DENGAN MENGGUNAKAN METODE NILAI HASIL	
I Kadek Raditya Dwiya, Made Sudiarsa, I Nyoman Sedana Triadi.....	137
15. STUDI KELAYAKAN INVESTASI YANYAN RESORT UBUD VILLA DI DESA BATUAN, SUKAWATI, GIANYAR	
Putu Agus Dharma Satya, I Wayan Sudiasa, Made Mudhina.....	148
16. ANALISA MANAJEMEN ALAT BERAT PEKERJAAN CUT AND FILL DENGAN PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK DAMARA VILLAGE	
Ketut Dewa Dharma Utama, Kadek Adi Suryawan, I Wayan Darya Suparta.....	160
17. ANALISIS PROPORSI BIAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) KONTRUKSI PADA PEMBANGUNAN LIGA TENNIS SANUR	
I Wayan Wijaya Dharma, I Nyoman Ardika, Ni Kadek Sri Ebtha Yuni.....	172
18. ANALISIS METODE LEAN CONSTRUCTION DAN PENJADWALAN CCPM DALAM MEREDUKSI NONPHYSICAL CONSTRUCTION WASTE (Studi Kasus : Proyek Pembuatan Gedung PKP-PK di Bandara I Gusti Ngurah Rai)	
Luh Eta Gandhi Mirayudia, Ida Bagus Putu Bintana, IGA Putu Dewi paramita.....	181

19. ANALISIS RISIKO MANAJEMEN MATERIAL DOMINAN YANG MENYEBABKAN KETERLAMBATAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PADA PROYEK PASAR UMUM GIANYAR	
I Putu Aditya Prasetya, Made Mudhina, Ni Putu Indah Yuliana	192
20. ANALISIS PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PUSKESMAS ABIANSEMAL I DENGAN METODE PERT DAN CPM	
Ni Kadek Erra Sastriani, I Made Budiadi, IGP Adi Suartika Putra	204
21. EVALUASI FAKTOR-FAKTOR RISIKO TERHADAP KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung SMAN 9 Denpasar)	
N Tryananda Mahardhi, Ketut Wiwin Andayani, A.A. Putri Indrayanti	215
22. PENGARUH PENERAPAN MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA PADA PT. DAWAN SAKTI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK	
Gede Eka Adi Putra, Lilik Sudiajeng, I Wayan Dana Ardika	224
23. ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN BEKISTING ANTARA PENGGUNAAN BEKISTING MULTIPLEK DENGAN BEKISTING TEGOFILM Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan	
Luh Garini Yogiani, I Nyoman Suardika, I.G.A. Neny Purnawirati	235
24. PENYUSUNAN HARGA SATUAN PEKERJAAN (HSP) BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH BATU TABAS DAN LIMBAH BETON MELALUI RANGKAIAN JOBMIX BETON	
I Gede Aristyawan, I Komang Sudiarta, Fajar Surya Herlambang	246
25. ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN JALAN DAN BIAYA PERBAIKAN JALAN (Studi Khusus Di Jalan Kebo Iwa Selatan, Denpasar, Bali)	
I Putu Ribawa, P.D. Pariawan Salain, Wayan Suparta	256
26. MODEL PENGARUH VOLUME LALU LINTAS DAN KECEPATAN TERHADAP TINGKAT KEBISINGAN DI RSUD MANGUSADA BADUNG	
I Putu Gede Yudhastra Pramana, I Gede Made Oka Aryawan, Fransiska Moi	270
27. ANALISIS POTENSI LAHAN PERTANIAN GUNA MENINGKATKAN PEREKONOMIAN MASYARAKAT DI DESA LETBAUN KECAMATAN SEMAU KABUPATEN KUPANG PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR	
Sutirto, Yunus Fallo, Amy Wadu	280
28. UJI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN KUAT TEKAN MORTAR NORMAL DENGAN MORTAR MENGGUNAKAN BAHAN SUBSTITUSI KACA	

I Gusti Ngurah Gede Dirgayusa Putra, I Wayan Suasira, I Komang Sudiarta.....	302
29. ANALISIS EFEKTIVITAS BIAYA DALAM PEMILIHAN PONDASI BORE PILE ATAU PONDASI RAKIT PADA STRUKTUR GEDUNG	
I Made Andi Setiawan, I Wayan Arya, I Wayan Intara.....	312
30. ANALISIS MUTU BETON ASPAL AC-BC MENGGUNAKAN BAHAN PENGISI PARUTAN KARET BAN BEKAS	
D.A. Anggitha Pitaloka, IGAG Suryanegara Dwipa, I Nyoman Ramia.....	324
31. PENGARUH PEMILIHAN PENEBALAN PELAT ATAU PENAMBAHAN BALOK ANAK TERHADAP BIAYA PADA STRUKTUR BETON BERTULANG	
Ni LM. Maesa Werdantari, I Wayan Intara, I Nyoman Ardika.....	334
32. ANALISIS PENGARUH PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (SMK3) TERHADAP KINERJA PEKERJA, WAKTU, DAN BIAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK	
I Made Agus Tirta Yasa, I Ketut Sutapa, I Nyoman Suardika.....	346
33. METODE PELAKSANAAN DAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN PONDASI DENGAN METODE GROUTING STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BERINGIN SILA PAKET II (Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)	
Ilham Rizki Syahbani Alchaq, I Gede Sastra Wibawa, I Gusti Lanang Made Parwita.....	357
34. PELUANG APLIKASI PRODUK BAMBU REKAYASA DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN	
I.S. Irawati, U. Wusqo, H.Z. Arifin.....	369
35. PENGUJIAN BATU KAPUR UNGASAN DAN AGREGAT KELAS A SEBAGAI MATERIAL PONDASI PERKERASAN JALAN	
I Wayan Astu Wiratnata, I Wayan Sujahtra, Evin Yudhi Setyono.....	384
36. PERENCANAAN PONDASI BORE PILE SMK PARIWISATA TRISAKTI TAMPAKSIRING	
I Wayan Dela Krisna, I Made Wahyu Pramana, I Made Jaya.....	394
37. PERENCANAAN UNIT INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM STUDI KASUS: KABUPATEN NGANJUK	
M. Fitra Bayu Addi, Tomy Ady Bharata, Yuliana Sukarmawati.....	402

38. ANALISIS BUDAYA PERUSAHAAN KONSTRUKSI PT. BIANGLALA BALI BERBASIS <i>COMPETING VALUE FRAMEWORK</i>	
Ni Made Sintya Rani, A.A. Putri Indrayanti.....	412
39. ANALISIS KEBUTUHAN SUMBER DAYA PROYEK PADA PEKERJAAN FINISHING KAYU BERDASARKAN INDEKS SATUAN LAPANGAN	
Ni Putu Indah Yuliana, Kadek Adi Suryawan.....	419
40. ANALISIS TINGKAT PELAYANAN DAN PENATAAN JALUR PEJALAN KAKI DI PASAR SANGLAH, KOTA DENPASAR	
Ni Wayan Medita Santipa Tori, I Gede Made Oka Aryawan, I Ketut Sutapa.....	427
41. PENGARUH PENAMBAHAN PASIR TERHADAP TINGKAT KEPADATAN TANAH LEMPUNG	
Ni Putu Ayu Intan Sukmadewi, I Nyoman Ramia, Evin Yudhi Setyono.....	437
42. ANALISIS PENGARUH HAMBATAN SAMPING DAN FASILITAS PENYEBERANGAN PEJALAN KAKI UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS JALAN DI PASAR SANGLAH, KOTA DENPASAR	
Komang Gede Triska Bayu Wedananta, I Gede Made Oka Aryawan, Fransiska Moi.....	445
43. ANALISIS PENURUNAN DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL AKIBAT DARI LIKUIFAKSI TANAH	
I Made Wahyu Pramana, I Wayan Arya, IGAG Suryanegara Dwipa, I Wayan Wiraga.....	455
44. REVIEW PEMODELAN NUMERIK MATERIAL BAMBU	
H. Z. Arifin, I. S. Irawati, A. Awaludin.....	465
45. ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH INOVASI RAMAH LINGKUNGAN DALAM CAMPURAN BETON <i>HIGH STRENGTH</i> TERHADAP KUAT TEKAN BETON	
Ahmad Musaddad, Rizki Firmansyah.....	475

ANALISA PENERAPAN ASPEK KONSERVASI AIR (WATER CONSERVATION) BERDASARKAN SISTEM PENILAIAN GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA

Aldo Taro Darmawan (1), I Made Tapa Yasa (2), Made Mudhina (3)

- (1) Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali
Phone: 081338636379, Email: dinata4L@gmail.com
- (2) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali
- (3) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali

Abstract

In order to realize the implementation of Green Building, it is necessary to fulfill green building requirements at every stage of implementation in order to achieve building performance that protects, saves, reduces the use of natural resources, maintains the quality of indoor air quality, and pays attention to the health of its occupants, all of which adhere to sustainable principles. . This study aims to determine the level of application of water conservation aspects, the percentage of implementation of water conservation aspects, and determine the cost required to achieve the Green Building Council Indonesia (GBCI) platinum greenship certification in the Gianyar Public Market Development Project. This study uses direct observation and interviews with the Gianyar Public Market Development Project. The results showed that the Gianyar Public Market had not yet implemented the concept of green building in the conservation aspect with an application percentage of 55%, it was necessary to plan for benchmarks that did not meet the criteria, after planning, the cost required to achieve platinum certification was Rp. 164,438,000.00

Keywords: *Green Building, Greenship, Certification, Water Conservation, Cost Calculation*

Abstrak

Dalam rangka mewujudkan penyelenggaraan Green Building diperlukan pemenuhan persyaratan green building pada setiap tahap penyelenggaraan agar tercapai kinerja bangunan gedung yang melindungi, menghemat, mengurangi penggunaan sumber daya alam, menjaga mutu dari kualitas udara di dalam ruangan, dan memperhatikan kesehatan penghuninya yang semuanya berpegang kepada kaidah bersinambungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat penerapan aspek konservasi air, besar presentase penerapan aspek konservasi air, serta menentukan besar biaya yang diperlukan agar mencapai sertifikasi platinum greenship Green Building Council Indonesia (GBCI) pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar. Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung serta wawancara dengan pihak Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar. Hasil penelitian menunjukkan Pasar Umum Gianyar belum menerapkan konsep green building pada aspek konservasi dengan presentase penerapan sebesar 55%, maka

perlu dilakukan perencanaan pada tolak ukur yang belum memenuhi kriteria, setelah melakukan perencanaan diperoleh besar biaya yang diperlukan untuk mencapai sertifikasi platinum adalah sebesar Rp. 164,438,000.00

Kata Kunci: *Green Building, Greenship, Sertifikasi, Konservasi Air, Perhitungan Biaya*

PENDAHULUAN

Indonesia yang posisinya ada di wilayah tropika, ketersediaan airnya secara alami bersifat musiman yakni pada musim penghujan air berlebihan, sedangkan pada musim kemarau air menjadi terbatas. Terbatasnya air pada musim kemarau telah memacu masyarakat untuk memanfaatkan air tanah secara berlebihan sehingga timbul ketidakseimbangan antara pengisian (*recharge*) dan penurapan (*discharge*) atau dengan kata lain terjadi defisit cadangan (simpanan) air tanahnya. Agar air hujan yang jatuh di bumi dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan (lestari) serta tidak menimbulkan bencana, diperlukan sikap yang arif dalam pengelolaannya^[2].

Berangkat dari permasalahan tersebut maka sudah sewajibnya penerapan aspek konservasi air dalam *Green Building* yang memperhatikan aspek lingkungan dalam penggunaan air menjadi alternative pilihan yang sangat baik dalam usaha menangani masalah lingkungan. Jika metode penerapan aspek konservasi air dapat diaplikasikan dengan tepat, maka biaya yang ditimbulkan dalam proses konstruksi *Green Building* dapat terlihat jelas sehingga kedepannya aspek konservasi air dapat dijadikan suatu unsur penting dalam proyek konstruksi di Indonesia terutama *Green Building*. Agar dapat mengetahui dan mengambil tindakan yang strategis yang seharusnya dilakukan dalam penerapan aspek konservasi air, perlu dilakukan analisis mengenai keterkaitan aspek lingkungan dengan penambahan biaya yang selama ini dihindari para masyarakat umum, pemilik bangunan, serta pelaku jasa konstruksi, sehingga nantinya

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan konsep green building pada aspek konservasi air pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar berdasarkan *GreenShip Green Building Council Indonesia (GBCI)* ?
2. Berapa besar presentase penerapan konsep green building pada aspek konservasi air pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar berdasarkan *GreenShip Green Building Council Indonesia (GBCI)* ?
3. Berapa besar biaya yang diperlukan agar mencapai sertifikasi platinum konservasi air pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar berdasarkan *GreenShip Building Council Indonesia (GBCI)* ?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengukur kriteria *Green Building* berdasar pada *rating tools Greenship* untuk bangunan baru Versi 1.2. Pengukuran atau penilaian dilakukan dengan mengukur kriteria *green building* pada aspek konservasi air (*Water Conservation*) berdasar GBC Indonesia lalu menentukan jumlah biaya yang diperlukan agar mencapai sertifikasi *platinum*. Metode dalam penelitian ini melakukan eksplorasi seperti observasi atau pengamatan langsung ke lapangan agar nantinya dapat tercipta suatu konsep *Green building* pada gedung Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar.

Pengumpulan data dari penelitian ini terbagi atas data primer dan data sekunder, data primer meliputi observasi dan wawancara. Sementara data sekunder meliputi gambar rencana, literatur dan *rating tools*.

Analisis data dalam penelitian ini adalah :

1. Perencanaan Konsep *Green Building*

Dalam penelitian ini nantinya akan mendeskripsikan penerapan *green building* pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar. Setelah melakukan observasi langsung ke lapangan diketahui aspek yang belum memenuhi kriteria yang telah ditetapkan oleh GBCI dan aspek yang belum memenuhi kriteria dikaji kembali berupa perancangan perencanaan biaya agar aspek tersebut dapat terpenuhi.

2. Penilaian Konsep *Green Building*

Dalam penilaian penerapan *green building* terdapat tujuan dan tolak ukur yang masing-masing memiliki point tersendiri, dimana dalam mencapai level *platinum* sesuai dengan *green ship new building* versi 1.2 sebesar 73%. Dengan tabel penilaian penerapan *green building* berdasarkan *Greenship New Building V.1.2*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan observasi dan wawancara langsung ke lapangan, diperoleh penerapan konsep *green building* sebagai berikut :

Tabel 1. *Check List* Penelitian

No	Kriteria	Memenuhi		Poin
		ya	tidak	
1	Meteran Air – Prsyarat 1		✓	P
2	Perhitungan Penggunaan Air – Prasyarat 2		✓	P
3	Pengurangan Penggunaan Air – WAC 1	✓		0
4	Fitur Air – WAC 2	✓		0
5	Daur Ulang Air – WAC 3		✓	0
6	Sumber Air Alternatif – WAC 4		✓	0
7	Penampungan Air Hujan – WAC 5		✓	0
8	Efisiensi Penggunaan Air Lansekap - WAC 6		✓	0
Total				0

1. Pada WAC P1 (Meteran Air) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin dikarenakan keluaran meteran air yang terpasang tidak sesuai dengan rateing tools *greenship GBCI*
2. Pada WAC P2 (Perhitungan Penggunaan Air) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin dikarenakan tidak mengisi *calculation sheet GBCI*
3. Pada WAC 1 (Pengurangan Penggunaan Air) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin dikarenakan ke-2 kriteria prasayrat belum terpenuhi, dengan hasil perhitungan konsumsi air bersih dibawah 80% yakni 14.12%, maka berpotensi memperoleh 8 poin.
4. Pada WAC 2 (Fitur Air) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin dikarenakan ke-2 kriteria prasayrat belum terpenuhi , dengan hasil penghematan kapasitas buangan fitur air yakni 100%, maka berpotensi memperoleh 3 poin.
5. Pada WAC 3 (Daur Ulang Air) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin dikarenakan tidak ada sistem daur ulang air untuk *flushing* maupun *cooling tower*.
6. Pada WAC 4 (Sumber Air Alternatif) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin karena tidak terdapat pemanfaatan sumber air alternatif pada gedung.
7. Pada WAC 5 (Penampungan Air Hujan) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin karena tidak terdapat penampungan air hujan di area gedung.

8. Pada WAC 6 (Efisiensi Penggunaan Air Landsekap) Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memperoleh poin karena seluruh kebutuhan irigasi gedung berasal dari PDAM.

Maka Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar memperoleh presentase penerapan konsep *green building* sebesar 0%, sehingga Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Karena Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar belum memenuhi kriteria maka perlu dilakukan perencanaan, berikut merupakan perencanaan konsep *green building* sebagai upaya sertifikasi *green building* :

1. Pada WAC P1 (Meteran Air) memasang 3 meteran air, dengan fungsi meteran air sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan
2. Pada WAC P2 (Perhitungan Penggunaan Air) melakukan pengisian perhitungan *water calculator* dengan presentase konsumsi air sebesar 6.52%
3. Pada WAC 3 (Daur Ulang Air) melakukan perencanaan pengadaan daur ulang air untuk keperluan *flushing*.
4. Pada WAC 4 (Sumber Air Alternatif) melakukan perencanaan berupa pemanfaatan air hujan sebagai sumber air alternatif yang digunakan untuk daur ulang air untuk *flushing*.
5. Pada WAC 5 (Penampungan Air Hujan) melakukan perencanaan berupa pemanfaatan air hujan sebagai sumber air alternatif yang digunakan untuk daur ulang air untuk *flushing* dan siram tanam.

Setelah melakukan perencanaan maka diperoleh besar biaya yang diperlukan, dengan perhitungan biaya sebagai berikut :

Tabel 2. Perhitungan Biaya

Kriteria	Deskripsi Harga Satuan	Biaya Perencanaan
		Total
WAC P1	Meteran Air	4,000,000.00
WAC P2	Perhitungan Penggunaan Air	-
WAC 1	Pengurangan Penggunaan Air	-
WAC 2	Fitur Air	-
WAC 3	Daur Ulang Air	43,000,000.00
WAC 4	Sumber Air Alternatif	-
WAC 5	Penampungan Air Hujan	15,000,000.00

Pada Tabel di atas tertera bahwa untuk mencapai sertifikasi *platinum* sesuai dengan *ratingtools green ship* GBCI besar biaya yang diperlukan adalah Rp. 164,437,928.96

SIMPULAN

1. Gedung Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar belum memenuhi konsep *green building* terkhusus pada aspek Konservasi Air (*Water Conservation-WAC*).
2. Dari hasil observasi yang dilakukan besar presentase penerapan konsep *green building* pada aspek Konservasi Air (*Water Conservation-WAC*) di Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar sebesar 0%, dengan potensi penerapan sebesar 55%. Sesuai dengan *rating tools greenship GBCI* untuk memenuhi sertifikasi *platinum* presentase yang diperlukan sebesar 73%, maka Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar perlu melakukan perencanaan kembali agar memenuhi kriteria.
3. Besar biaya yang diperlukan untuk mencapai sertifikasi *platinum* sesuai dengan *rating tools GBCI* Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar memerlukan biaya sebesar Rp. 164,437,928.96

DAFTAR PUSTAKA

Pamungkas, dkk. (2017). Implementasi Green Building Konservasi Air Rumah Sakit Uns Berdasarkan Sistem Sertifikasi Edge (Excellence In Design For Greater Efficiencies). Pusat Pengembangan Pendidikan Vokasi (PTM-PTB-PTIK) FKIP-UNS. 512-522

Adi, dkk. (2010). PENENTUAN ZONASI TATAGUNA AIR TANAH DI KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (Determining Groundwater Use Zoning in Bantul District, Yogyakarta Special Region Province). 315-339

GBCI. (2013). PANDUAN TEKNIS PERANGKAT PENILAIAN BANGUNAN HIJAU UNTUK BANGUNAN BARU VERSI 1.2. GBC INDONESIA

ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI TEMPAT OLAH SAMPAH SETEMPAT (TOSS) CENTRE KUSAMBA DI KABUPATEN KLUNGKUNG

Dewa Ayu Indah Lestari¹⁾, Made Mudhina²⁾, Kadek Adi Suryawan³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email: indahlestaridway@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email: mademudhina@yahoo.com

³⁾Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email: adisuryawan@pnb.ac.id

Abstract

Local Waste (TOSS) is a Klungkung District government program created to solve the problem of landfill waste. This study was intended to measure the investment feasibility of TOSS Centre Kusamba from Financial Aspects and Non-Financial Aspects. The research design used was Descriptive Quantitative. The analysis was used to calculate the feasibility in terms of Financial Aspects using Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR), Internal Rate of Return (IRR), Pay Back Period (PBP), and Break Event Point (BEP) methods with a 25-year investment age plan from 2019 to 2044 with a regional bank loan interest rate of 11%. In order to analyze the feasibility of the Non-Financial Aspects, it was reviewed based on Legal Aspects, Technical and Operational Aspects, Economic and Social Aspects, and Environmental and EIA Aspects.

Based on the calculation of Financial Aspects, NPV obtained: -Rp. 15.606.697.134 < 0, NPV: -Rp. 15.606.697.134 < 0, BCR: 0,62 < 1, IRR 4,13% < 11%, PBP NPV+ > n Investment, BEP > n investment, so from the assessment of investment eligibility criteria TOSS Centre Kusamba is not feasible to operate. Although it is declared not feasible yet to run operate, but TOSS Gema Santi is worth to be continued because with the existence of TOSS Centre Kusamba, multiplier effect generated is very large and has an impact on Klungkung Regency. Based on the non-financial aspects, it was found that TOSS Centre Kusamba is very feasible to run for a long period of time so that it can affect the flow of regional investors, as well as the selling power and attractiveness of the area that can increase drastically for Klungkung Regency. In running operating TOSS Centre Kusamba, there are several things that need to be considered, one of them is maximizing the production process and paying attention to waste transportation operations in the field. The existence of TOSS Gema Santi becomes a solution in handling waste so that this program can make Klungkung Regency clean and healthy.

Keywords: TOSS, Waste Management, Investment, Financial Eligibility, Non Financial Eligibility

Abstrak

Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS) merupakan sebuah program Pemerintah Kabupaten Klungkung yang dibuat untuk mengatasi masalah timbunan sampah di TPA. Penelitian ini ditujukan untuk mengukur kelayakan investasi TOSS Centre Kusamba dari Aspek Finansial dan Aspek Non Finansial. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Deskriptif Kuantitatif. Aspek Finansial dihitung menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Internal Rate of Return* (IRR), *Pay Back Period* (PBP), dan *Break Event Point* (BEP) dengan rencana umur investasi 25 tahun dari tahun 2019 sampai 2044 dengan suku bunga pinjaman bank daerah sebesar 11%. Untuk menganalisis kelayakan dari Aspek Non Finansial maka dinilai berdasarkan Aspek Hukum dan Legalitas, Aspek Teknis dan Operasi, Aspek Ekonomi dan Sosial, serta Aspek Lingkungan dan AMDAL.

Berdasarkan perhitungan Aspek Finansial, maka didapat NPV:

-Rp. 15.606.697.134 < 0, BCR: 0,62 < 1, IRR 4,13% < 11%. PBP NPV+ > n Investasi, nBEP > n investasi, sehingga dari hasil analisis aspek finansial TOSS Centre Kusamba belum layak dijalankan. Walaupun dinyatakan belum layak berjalan, tapi TOSS Gema Santi ini layak diteruskan karena dengan adanya TOSS Centre Kusamba, *multiplier effect* yang dihasilkan sangat besar dan berdampak bagi Kabupaten Klungkung. Berdasarkan penilaian Aspek Non Finansial didapatkan bahwa TOSS Centre Kusamba ini sangat layak dijalankan dalam jangka waktu yang panjang sehingga dapat mempengaruhi arus investor daerah, serta daya jual dan daya tarik daerah yang bisa meningkat dengan drastis untuk Kabupaten Klungkung. Dalam menjalankan TOSS Centre Kusamba, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan salah satunya memaksimalkan proses produksi dan memperhatikan operasional pengangkutan sampah di Lapangan. Keberadaan TOSS Gema Santi tentunya menjadi solusi dalam penanganan sampah sehingga program ini bisa membuat Kabupaten Klungkung bersih dan sehat.

Kata Kunci: TOSS, Pengolahan Sampah, Investasi, Kelayakan Finansial, Kelayakan Non-Finansial

PENDAHULUAN

Kabupaten Klungkung merupakan kabupaten di Bali yang kini pariwisatanya berkembang dengan pesat. Dengan berkembangnya industri pariwisata mengakibatkan banyaknya jumlah kunjungan wisatawan di Kabupaten Klungkung. Volume Timbunan Sampah Di Kabupaten Klungkung berdasarkan hasil perhitungan dan penelitian di lapangan, menghasilkan rata-rata sebanyak 123,7 m³ /hari dengan kepadatan sampah (densitas) sebesar 0.704 kg/L. Rata-rata komposisi fisik sampah dari tiap-tiap komposisi sampah pemukiman berdasarkan hasil penelitian di lapangan. Komposisi fisik sampah di Kecamatan Banjarangkan didominasi oleh sampah basah yaitu sebesar 59%. sedangkan sampah plastik sebesar 22%, sampah kertas sebesar 7%, sampah kayu sebesar 6%, dan sampah karet/kulit sebesar 6%. Untuk mengatasi timbunan sampah yang ada di TPA Kabupaten Klungkung, Pemerintah Kabupaten Klungkung memiliki sebuah program yang bernama Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS). Selain mampu mengatasi masalah sampah di Kabupaten Klungkung, TOSS bisa dijadikan sebagai peluang bagi pebisnis untuk berinvestasi dalam bidang baru yaitu pengolahan sampah. Kehadiran TOSS tentunya tidak hanya bisa dilihat dari segi Aspek Finansial, melainkan bisa dilihat dari Aspek non finansial, dikarenakan beberapa aspek non finansial tersebut juga tidak dapat berdiri sendiri dan saling berhubungan antara satu dengan aspek yang lain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan penelitian Deskriptif Kuantitatif. Deskriptif adalah penelitian dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data sekunder terdiri dari RAB bangunan, suku bunga bank dan data perijinan. yang diperoleh nantinya akan disimpulkan dengan cara mendeskripsikan dan melakukan penilaian hasil-hasil yang telah diperoleh. Data primer berupa biaya awal, biaya operasional, biaya pemeliharaan dan income yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan perhitungan ekonomi teknik. Dalam penelitian ini data yang ada dikumpulkan dengan menggunakan teknik-teknik yang lazim digunakan dalam penelitian deskriptif ini yaitu dengan observasi langsung ke TOSS Centre Kusamba dan melakukan wawancara

HASIL DAN PEMBAHASAN

TOSS Gema Santi yang berada di TOSS Centre Kusamba merupakan salah satu program unggulan dan prioritas Bupati Klungkung dibidang Pengolahan Sampah. TOSS *Centre* ini dibangun diatas lahan milik Pemerintah Provinsi Bali yang dikelola oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Klungkung seluas 1,9765 yang terdiri dari 2 bangunan pengolahan sampah yang masing-masing luasnya sebesar 1.500 m², 1 kantor dan ruang edukasi dengan luas 144 m², dan terdapat 1 demplot (demonstrasi plot) yang berisi berbagai tanaman pangan yang nanti sepenuhnya pupuk yang digunakan berasal dari kompos hasil sampah olahan organik. Biaya awal (Investasi) yang digunakan pada pembangunan TOSS Centre Kusamba adalah sebesar Rp. 6.185.974.397,00. Selain biaya awal (investasi) terdapat juga biaya operasional dan pemeliharaan untuk menggaji karyawan, biaya pemeliharaan alat, biaya pemeliharaan kendaraan mobilitas, biaya BBM untuk alat pengolahan sampah dan kendaraan mobilitas, serta biaya pendukung operasional yang digunakan untuk mendukung keberlangsungan operasional untuk pengolahan sampah yang dikeluarkan setiap tahunnya. Untuk dapat mencapai target maksimum maka diasumsikan setiap tahunnya jumlah pekerja di TOSS Centre Kusamba bertambah 5 orang setiap tahunnya dan mengalami kenaikan gaji sebesar 10% di setiap 5 tahunnya. Untuk biaya operasional lainnya diasumsikan mengalami kenaikan 5% disetiap 5 tahunnya atau 1% setiap tahunnya. Asumsi ini berdasarkan inflasi barang dan harga minyak bumi yang terus dinamis dan mengalami kenaikan setiap tahunnya. Sehingga Biaya Operasional dan Pemeliharaan TOSS Centre Kusamba selama rencana umur investasi 25 tahun bisa dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Rencana Umur Investasi 25 Tahun

Biaya Operasional dan Pemeliharaan Rencana Umur Investasi 25 Tahun		
Tahun Ke	Tahun	Biaya Operasional dan Pemeliharaan
1	2020	Rp. 2.950.152.278
2	2021	Rp. 3.218.952.278
3	2022	Rp. 3.314.952.278
4	2023	Rp. 3.410.952.278
5	2024	Rp. 3.506.952.278
6	2025	Rp. 3.863.739.891
7	2026	Rp. 3.969.339.891
8	2027	Rp. 4.074.939.891

9	2028	Rp. 4.180.539.891
10	2029	Rp. 4.286.139.891
11	2030	Rp. 4.726.430.886
12	2031	Rp. 4.842.590.886
13	2032	Rp. 4.958.750.886
14	2033	Rp. 5.074.910.886
15	2034	Rp. 5.191.070.886
16	2035	Rp. 5.728.246.830
17	2036	Rp. 5.856.022.830
18	2037	Rp. 5.983.798.830
19	2038	Rp. 6.111.574.830
20	2039	Rp. 6.239.350.830
21	2040	Rp. 6.888.647.012
22	2041	Rp. 7.029.200.612
23	2042	Rp. 7.619.754.212
24	2043	Rp. 7.310.307.812
25	2044	Rp. 7.450.861.412

Benefit atau penghasilan yang didapat dari TOSS Centre Kusamba berasal dari penjualan pellet sampah kepada PT. Indonesia Power, produksi pupuk kompos, dan sampah plastik yang dijual kepada APSI (Asosiasi Pengusaha Sampah Indonesia). Untuk pellet sampah TOSS Centre Kusamba ditargetkan mampu memproduksi pellet sampah sebanyak 600kg/hari dan diasumsikan mampu menambah target sebesar 100kg/hari setiap tahunnya selama rencana umur investasi. Sedangkan untuk harga pellet yang dijual ke PT. Indonesia Power diasumsikan mengalami kenaikan sebesar 10% untuk memaksimalkan keuntungan. Pupuk Kompos ditargetkan mampu memproduksi sebesar 200kg/harinya dan diasumsikan mampu menambah produksi 100kg/hari setiap tahunnya selama 25 tahun sedangkan untuk penjualan sampah plastik ke APSI ditargetkan pembayaran APSI ke TOSS Centre Kusamba mengalami kenaikan sebesar 10% setiap tahunnya selama rencana umur investasi 25 tahun. Sehingga pendapatan yang didapat TOSS Centre Kusamba bisa dilihat pada tabel 1.2

Tabel 1.2 Income Pendapatan TOSS Centre Kusamba Rencana Umur Investasi 25 Tahun

Income (Pendapatan)		
Rencana Umur Investasi 25 Tahun		
Tahun Ke	Tahun	Income (Pendapatan)
1	2020	Rp. 270.878.230

2	2021	Rp. 394.138.320
3	2022	Rp. 538.096.152
4	2023	Rp. 706.904.167
5	2024	Rp. 1.133.650.170
6	2025	Rp. 1.400.078.058
7	2026	Rp. 1.708.455.021
8	2027	Rp. 2.064.506.596
9	2028	Rp. 2.474.683.936
10	2029	Rp. 2.946.251.679
11	2030	Rp. 3.487.386.130
12	2031	Rp. 4.107.284.955
13	2032	Rp. 4.816.289.683
14	2033	Rp. 5.626.022.507
15	2034	Rp. 6.549.539.000
16	2035	Rp. 7.601.498.566
17	2036	Rp. 8.798.354.655
18	2037	Rp. 8.798.354.655
19	2038	Rp. 10.158.566.977
20	2039	Rp. 11.702.838.216
21	2040	Rp. 13.454.378.033
22	2041	Rp. 15.439.197.432
23	2042	Rp. 17.686.436.929
24	2043	Rp. 20.228.732.352
25	2044	Rp. 23.102.622.491

Analisis Kelayakan Investasi Aspek Finansial dilakukan dengan perhitungan ekonomi teknik dengan menggunakan Kriteria Penilaian Investasi yaitu *Net Present Value*, *Benefit Cast Ratio*, *Internal Rate Return*, *Pay Back Period*, dan *Break Event Point*. Dalam menganalisis kelayakan investasi diperlukan suku bunga. Suku bunga yang digunakan sesuai dengan suku bunga pinjaman investasi kelompok Bank Pemerintah Daerah tahun 2019 sesuai dengan tahun pembangunan TOSS Centre Kusamba dengan suku bunga senilai 11,04% dan dibulatkan menjadi 11% yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia.

1. *Net Present Value* (NPV)

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{PWB} - \text{PWC} = \text{Rp. } 26.006.142.679 - \text{Rp. } 41.612.839.813 \\ &= - \text{Rp. } 15.606.697.134 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas $\text{NPV} < 0$ maka TOSS Centre Kusamba ini dinyatakan belum layak.

2. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

$$BCR = \frac{PWB}{PWC} = \frac{Rp.26.006.142.679}{Rp.41.612.839.813} = 0,62$$

Dari perhitungan diatas BCR yang didapat $0,62 < 1$ sehingga TOSS Centre Kusamba ini dinyatakan belum layak berjalan.

3. *Internal Rate of Return (IRR)*

$$IRR = i_1 + \left\{ \frac{NPV \text{ positif}}{NPV \text{ positif} - NPV \text{ negatif}} \right\} (i_2 - i_1)$$

$$IRR = 3\% + \left\{ \frac{Rp. 2.236.801.075}{p. 2.236.801.075, - (Rp. 15.606.697.134)} \right\} (11\% - 3\%)$$

$$IRR = 4,13\%$$

Dari perhitungan di atas maka dapat diketahui besarnya IRR adalah 4,13%, lebih besar dari MARR (suku bunga investasi) yaitu 11% , sehingga rencana usaha TOSS Centre Kusamba ini dinyatakan belum layak berjalan.

4. *Pay Back Period (PBP)*

Pay Back Period merupakan waktu pulang pokok dimana saat NPV bertemu nilai positif maka hitungan dihentikan dan pada tahun tersebut uang kembali atau waktu pulang pokok terjadi dengan syarat $n \text{ NPV} + < n \text{ Investasi}$, maka investasi dinyatakan layak. Berdasarkan perhitungan NPV+ tidak terjadi selama rencana umur investasi 25 tahun atau NPV yang didapat bernilai negative. Sehingga, TOSS Centre Kusamba ini juga dinyatakan belum layak secara kriteria penilaian *Pay Back Periode* .

5. *Break Event Point (BEP)*

Dari hasil perhitungan BEP, dari umur rencana 25 tahun belum didapat perhitungan nilai BEP (positif), sehingga TOSS Centre Kusamba menurut kriteria penilaian investasi Break Event Point belum dinyatakan layak karena $n \text{ BEP} > n \text{ Investasi}$.

Analisa Kelayakan Investasi Non Finansial yang ditinjau dari TOSS Centre Kusamba adalah Aspek Hukum dan Legalitas, Aspek Teknis dan Operasi, Aspek Ekonomi dan Sosial, serta Aspek Lingkungan dan AMDAL.

1. Aspek Hukum dan Legalitas

Analisis aspek hukum mengkaji tentang legalitas dari TOSS Centre Kusamba di Dusun Karangdadi, Desa Kusamba yang tentunya harus memenuhi aturan dan tata peraturan yang berlaku di wilayah Kabupaten Klungkung. TOSS Centre Kusamba sudah memiliki kelengkapan dokumen dimulai dari Izin Lokasi, Izin IMB, Izin Lingkungan, Undang-Undang yang mendukung, dan Kesepakatan Bersama dengan pihak-pihak terkait.

2. Aspek Teknis dan Operasi

TOSS Centre Kusamba terletak di Banjar Karang Dadi, Desa Kusamba, Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung. Dengan batas-batas wilayah Utara : Jalan / perumahan Timur : Sawah, Selatan: Sawah, Barat : Parit. Lokasi rencana kegiatan terletak pada Garis Lintang: 8°34'.47''S, Garis Bujur: 115°26'41.09''E. TOSS Centre Kusamba terdiri dari Bangunan ruang kantor, Bangunan ruang pemilahan sampah, Bangunan pembuatan pupuk organik dengan metode osaki, Bangunan pencacah sampah, Bangunan pembuat pellet, Bangunan gasifier, Area demplot pertanian organik, Bangunan kamar mandi / WC. Komposisi bahan baku TOSS adalah 80% sampah organik dan 20% sampah anorganik dan Komposisi pupuk organik adalah murni sampah organik tanpa dicampur sampah plastic, logam, dll dan diolah dengan metode osaki.

3. Aspek Organisasi dan Manajemen

Aspek Organisasi dan Manajemen pada TOSS Centre Kusamba mengacu pada Aspek Organisasi di Kantor Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan (DLHP) Kabupaten Klungkung karena TOSS Centre Kusamba ini berada dibawah naungan Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan (DLHP) Kabupaten Klungkung.

4. Aspek Ekonomi dan Sosial

Dengan adanya TOSS Centre Kusamba ini tentunya banyak menimbulkan *multiplier effect* baik secara langsung maupun tidak langsung kepada masyarakat Kabupaten Klungkung. TOSS Centre Kusamba ini tentunya lingkungan menjadi sehat karena manajemen pengelolaan sampah dan lingkungan yang baik. Para pekerja yang bekerja di TOSS Centre Kusamba juga diambil dari KK miskin dan kaum disabilitas yang masih sekiranya mampu untuk produktif bekerja sehingga dapat membantu memberikan mata pencaharian baru bagi mereka. Selain itu, *income* yang dihasilkan dari TOSS Centre Kusamba ini juga menambah pendapatan untuk Pemerintah Daerah Kabupaten Klungkung yang dapat digunakan kembali untuk memaksimalkan pengelolaan sampah yang ada di Kabupaten Klungkung.

5. Aspek Lingkungan dan AMDAL

Dari segi pengelolaan sampah, sampah yang datang pada hari itu harus segera selesai dipilah pada hari itu juga agar TOSS Centre tidak berbau sampah dan selalu bersih. Pembuangan residu sampah setiap harinya juga diangkut truck sampah dan dibuang di TPA Sente Klungkung. Kemudian dari segi ruang hijau, TOSS Centre Kusamba sudah berada di ruang hijau yang artinya sudah memenuhi syarat *Green Belt*. TOSS Centre Kusamba juga sudah memiliki ijin lingkungan yang lengkap seperti Dokumen UKL – UPL.

SIMPULAN

Dari hasil evaluasi analisis kelayakan investasi secara finansial dan non finansial yang dilakukan pada TOSS Centre Kusamba di Kabupaten Klungkung maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Analisis kelayakan investasi yang ditinjau dari Aspek finansial dinyatakan belum layak berjalan dengan kriteria penilaian investasi yang sudah diperhitungkan sebagai berikut:

- NPV (Net Present Value) : - Rp. 15.606.697.134 < 0

- BCR (Benefit Cost Ratio) : $0,62 < 1$
- IRR (Internal Rate of Return) : $4,13\% < 11\%$
- PBP (Pay Back Periode) NPV + tidak terjadi selama rencana umur investasi 25 tahun
- BEP (Break Event Point) : $n \text{ BEP} > n \text{ Investasi}$

2. Pemerintah Kabupaten Klungkung sudah melakukan penanganan masalah sampah dengan baik melalui program inovasi TOSS Gema Santi ini. Dalam penanganan masalah sampah, perilaku positif dan peran serta aktif dari masyarakat juga sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang intensif dan maksimal.

3. Walaupun hasil Analisis Investasi dari Aspek Finansial dinyatakan belum layak berjalan, TOSS Centre sangat layak diteruskan karena dengan adanya TOSS Centre Kusamba *multiplier effect* yang dihasilkan sangat besar dan berdampak bagi Kabupaten Klungkung.

4. TOSS Centre Kusamba merupakan program inovasi pemerintah, sehingga untuk menutup biaya operasional yang besar dari TOSS Centre Kusamba maka ada biaya subsidi dari pemerintah, karena sifat dari TOSS Centre ini adalah pelayanan kepada masyarakat.

5. Penanganan sampah yang baik dari Pemerintah Kabupaten Klungkung melalui TOSS Gema Santi apabila terus dilangsungkan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi arus investor daerah, serta daya jual dan daya tarik daerah yang bisa meningkat dengan drastis.

6. Permasalahan mengenai sampah merupakan hal yang sangat membutuhkan perhatian serius dari berbagai pihak dan warga. Apabila TOSS Gema Santi tidak ada serta penanggulangan sampah tidak ditangani dengan baik, akan berimbas pada menurunnya kualitas kehidupan dan kesehatan masyarakat, keindahan lingkungan, dan adanya potensi besar untuk terjadinya bencana. Keberadaan TOSS Gema Santi tentunya menjadi solusi dalam penanganan sampah sehingga program ini bisa membuat Kabupaten Klungkung menjadi kabupaten yang bersih dan sehat.

Setelah penelitian Analisis Kelayakan Investasi ini dilakukan ada beberapa saran yang ingin disampaikan yaitu:

1. Pemerintah Kabupaten Klungkung harus memaksimalkan dalam proses produksi sehingga nanti kedepannya mampu menghasilkan pendapatan yang lebih maksimum.

2. Dalam hal operasional pengangkutan sampah di lapangan, agar tidak mencampur kembali sampah yang sudah dipilah oleh masyarakat sehingga tidak menyulitkan pegawai untuk bekerja, sehingga produktivitas pekerja bisa meningkat.
3. Tingkat pengembalian modal atau titik impas dan asumsi yang diberikan pada skripsi ini dapat dijadikan acuan dalam kinerja dan proses pengambilan keputusan atau evaluasi pada TOSS Centre Kusamba.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1995. *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan* (SNI-19-3964-1995). Badan Standar Nasional. Jakarta.

Damanhuri, Enri. 2010. *Pengelolaan Sampah*. Skripsi Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.

Husnan, Suad dan Suwarsono Muhammad. 2014. *Studi Kelayakan Proyek Bisnis*. UPP STIM YKPN.

IDN Times. Bali. 28 Juli 2020 Pkl:13.40. *TOSS Centre Klungkung Akan Budidaya Ikan Pangannya Pakai Sisa Sampah*. Diakses pada 3 Agustus 2020. Dari <https://bali.idntimes.com/news/bali/wayan-antara/toss-centre-klungkung-akan-budidaya-ikan-pangannya-pakai-sisa-sampah/4>.

Kasmir dan Jakfar. 2013. *Studi Kelayakan Bisnis Edisi Revisi*. Jakarta. Kencana Prenada Media Group.

Lukiyanto, Kukuh. 2016. *Mandor, Model Kepemimpinan Tradisional Jawa pada Proyek Konstruksi Era Modern*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama.

Mongabay. Situs Berita Lingkungan. 30 Maret 2020. *Melihat Pengolahan Sampah Jadi Briket Energi Di Kabupaten Klungkung Bali*. Diakses pada 3 Agustus 2020, dari <https://www.mongabay.co.id/2020/03/30/melihat-pengolahan-sampah-jadi-briket-energi-di-kabupaten-klungkung-bali/>.

Republik Indonesia. 1999. Peraturan Presiden No. 27 Tahun 1999 tentang *LT AMDAL Analisis Mengenai Dampak Lingkungan AMDAL*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999, No. 267. Sekretariat Negara. Jakarta.

Republik Indonesia. 2008. Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang *Pengelolaan Sampah*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008, No. 170. Sekretariat Negara. Jakarta.

Republik Indonesia. 2012. Peraturan Presiden No. 81 Tahun 2012 tentang *Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012, No. 227. Sekretariat Negara. Jakarta.

Sahid,Nur. 2017. *Teknik Pelaksanaan Konstruksi Bangunan*. Surakarta. Muhammadiyah University Press.

Sucipto, C. D. S. 2012. *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*, Yogyakarta: Gosyen publishing.

Susanti, Deviana. 2017. Peningkatan Mutu dan Daya Saing Atas Dasar Perencanaan Laba Dengan Sistem Break Event Point. STIE Trisna Negara 15 (1) : 19-26

**ANALISIS IMPLEMENTASI KONSTRUKSI HIJAU MENGGUNAKAN
MODEL ASSESSMENT GREEN CONSTRUCTION (Studi Kasus Proyek
Pembangunan Pasar Umum Gianyar)**

I Putu Agus Wisnu Dwipayana Putra¹⁾, I Nyoman Anom Purwa Winaya²⁾, Gede Yasada³⁾

¹Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

E-mail: wisnudwipayananaputra@gmail.com

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

E-mail: nyomananompurwawinaya@pnb.ac.id

³Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

E-mail: gedeyasada@yahoo.com

Abstract

Construction can damage the environment if not managed properly. Model Assessment Green Construction (MAGC) is an assessment system developed by Ervianto to assess the implementation of green construction. The research aims to identify and assess the implementation of green construction in the Gianyar Public Market Development Project and to determine the dominant constraint factors in its implementation.

Green construction can reduce the environmental damage that occurs from the beginning of planning to deconstruction. This study uses 6 aspects, 16 factors, and 142 indicators obtained through MAGC. The method used is descriptive qualitative and data analysis using the MAGC formula to obtain NGC (Green construction Value). Furthermore, for indicators that are not implemented, the constraints are identified through a questionnaire. Furthermore, the dominant constraint is selected as well as the recommended efforts to overcome the dominant constraint.

The total value of Green Construction is 80 implementations (56,34%) for the Occupational Health and Safety Aspect, which is 15 implementations (75%), for the Air Quality and Comfort Aspect, which is 7 (43,75%), for the Building Environmental Management Aspect, which is 24 (61,54%), for the Source and Material Cycle Aspect, which is 9 (60%), for the Appropriate Land Use Aspect, which is 13 (59,09%), and for the Water and Energy Conservation Aspect, which is 12 (40%) so that it has not reached Ideal NGC is 142 (100%) and Best NGC is 107 (70,35%). In addition, the dominant obstacle in implementing green construction is the priority constraint factor created by external pressure which the government must respond to.

Keywords: *construction, green, Ervianto, model, assessment.*

Abstrak

Sebuah konstruksi dapat merusak lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. *Model Assessment Green Construction (MAGC)* merupakan sistem penilaian yang dikembangkan oleh Ervianto untuk menilai implementasi konstruksi hijau. Penelitian bertujuan mengidentifikasi dan menilai implementasi konstruksi hijau pada Proyek

Pembangunan Pasar Umum Gianyar serta mengetahui faktor kendala dominan dalam pengimplementasiannya.

Konstruksi hijau dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang terjadi sejak awal perencanaan hingga dekonstruksi. Penelitian ini menggunakan 6 aspek, 16 faktor, dan 142 indikator yang didapat melalui MAGC. Metode yang digunakan yaitu deskriptif kualitatif dan analisis data menggunakan formula MAGC untuk mendapatkan NGC (Nilai *Green Construction*). Selanjutnya untuk indikator yang tidak terimplementasi, diidentifikasi kendalanya melalui kuesioner dan ditentukan faktor kendala dominannya.

Total Nilai *Green Construction* yaitu 80 implementasi (56,34%) untuk Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja yakni 15 implementasi (75%), untuk Aspek Kualitas Udara dan Kenyamanan yakni 7 (43,75%), untuk Aspek Manajemen Lingkungan Bangunan yakni 24 (61,54%), untuk Aspek Sumber dan Siklus Material yakni 9 (60%), untuk Aspek Tepat Guna Lahan yakni 13 (59,09%), dan untuk Aspek Konservasi Air dan Energi yakni 12 (40%) sehingga belum mencapai NGC Ideal yakni 142 (100%) maupun NGC Terbaik yakni 107 (70,35%). Selain itu kendala dominan dalam mengimplementasikan konstruksi hijau yaitu faktor kendala prioritas yang diciptakan oleh tekanan luar dimana pemerintah harus meresponnya.

Kata Kunci: konstruksi, hijau, Ervianto, *model, assessment*.

PENDAHULUAN

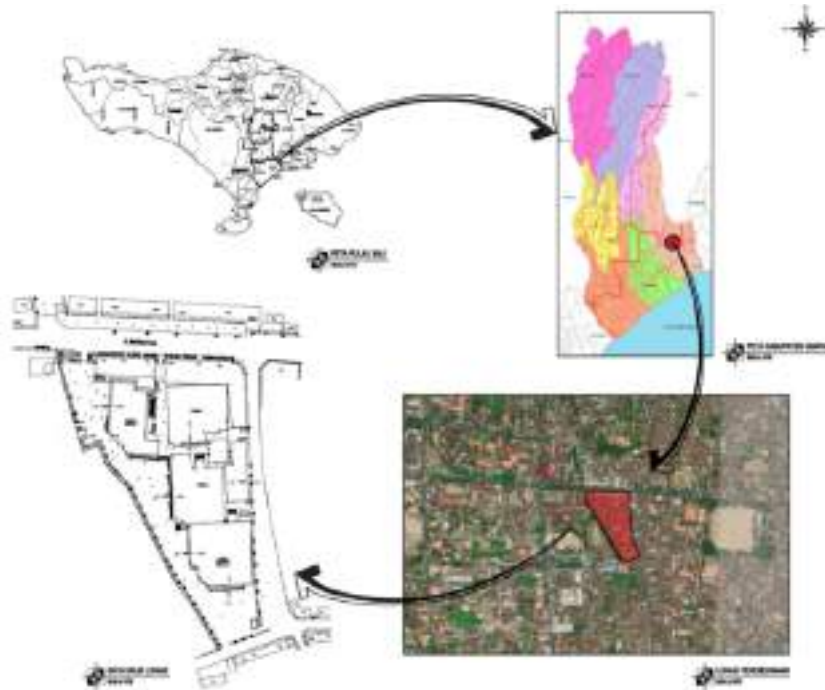
Sebagai negara berkembang, Indonesia berupaya untuk memajukan pembangunan konstruksi. Sering kali pembangunan tidak selaras dengan pemerhatian lingkungan hidup di sekitarnya sehingga menimbulkan dampak yang tidak diinginkan. Sektor konstruksi menjadi salah satu konsumen utama dari sumber yang tidak terbarukan dan operasional gedung dari sektor konstruksi menunjukkan bahwa 30%-40% sumber daya telah dieksploitas secara rutin dan turut menyumbang 50% dari gas CO² (Barrow, C. J., 1999). Konstruksi hijau didefinisikan sebagai suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang didasarkan pada dokumen kontrak untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang (Ervianto, W. I., 2015). Sebenarnya sudah ada beberapa peraturan terkait konstruksi hijau ini di Indonesia, peraturan tersebut terdiri dari 42 pasal/ayat yang mengatur terkait dengan perencanaan bangunan hijau, 53 pasal/ayat terkait tahap pelaksanaan konstruksi hijau, dan 46 pasal/ayat terkait tahap operasional (Ervianto, W.I., dkk, 2013). Dengan adanya beberapa aturan tersebut, telah mempermudah implementasi dan dapat mengarahkan perkembangan konstruksi hijau mengarah ke arah yang positif. Dilain sisi, hal tersebut menjadi tantangan besar penyedia jasa konstruksi dalam mengimplementasikan

konstruksi hijau. Jika hal tersebut tidak direspon dengan baik, besar kemungkinan akan memberikan dampak yang negatif untuk lingkungan hidup.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai implementasi konstruksi hijau pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar dengan menggunakan Model *Assessment Green construction* serta untuk mengetahui faktor apa saja yang menjadi kendala dominan dalam mengimplementasikan konstruksi hijau pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar. Adapun ruang lingkup dan batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini yaitu implementasi konstruksi hijau menggunakan sistem penilaian Model *Assessment Green construction* yang dikembangkan oleh Ervianto, objek penelitian yang digunakan yaitu kegiatan-kegiatan konstruksi pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar, serta tidak melakukan uji validitas dan reliabilitas, karena variabel indikator, faktor, dan aspek yang dijadikan sebagai indikator penilaian sudah diukur pada sistem yang dikembangkan oleh Ervianto dan faktor kendala yang digunakan pada kuesioner sudah diukur pada penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian ini menggunakan deskriptif kualitatif, dilakukan dengan peninjauan khusus pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar di Jl. Ngurah Rai-Gianyar No.75, Gianyar, Kecamatan Gianyar, Kabupaten Gianyar, Bali. Rencana waktu yang digunakan dalam penelitian ini selama 12 bulan dimulai dari bulan Agustus 2020 sampai dengan bulan Agustus 2021.

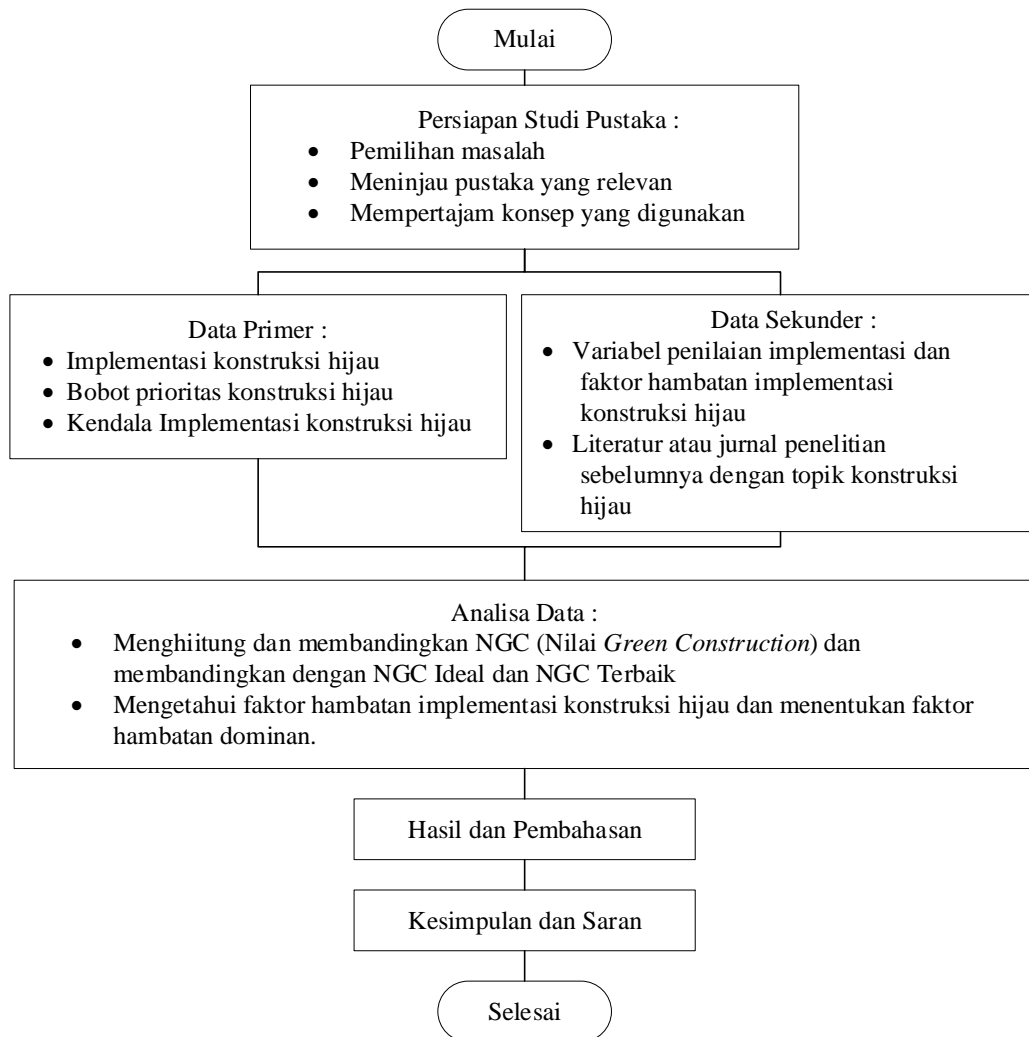


Gambar 1. Peta Lokasi Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar

Penelitian ini diawali dengan persiapan studi pustaka yang meliputi pemilihan masalah, meninjau pustaka yang relevan, dan mempertajam konsep yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan yaitu implementasi aspek, faktor, dan indikator konstruksi hijau *Model Assessment Green Construction* yang didapatkan melalui *checklist* pada saat wawancara dan diperkuat dengan hasil observasi lapangan, selain itu terdapat kendala implementasi aspek, faktor, dan indikator konstruksi hijau yang didapat melalui kuesioner. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Model Assessment Green Construction* sebagai metode penilaian dan referensi indikator implementasi konstruksi hijau serta literatur atau jurnal penelitian sebelumnya dengan topik konstruksi hijau yang menjadi referensi dan tinjauan pustaka penelitian ini.

Selanjutnya dilakukan analisis data dengan mentabulasikan hasil *checklist* pada objek penelitian pada *Microsoft Excel* yang selanjutnya dihitung menggunakan formula *Model Assessment Green Construction* untuk mendapatkan NGC (*Nilai Green construction*). Nilai tersebut dibandingkan dengan NGC Ideal dan NGC Terbaik yang digunakan sebagai *baseline* untuk mengetahui seberapa besar capaian kontraktor dalam memenuhi indikator *green construction* dalam sebuah proyek. Selanjutnya diidentifikasi faktor kendalan

melalui Kuesioner Kendala Implementasi Konstruksi Hijau yang diolah melalui tabulasi data pada *Microsoft Excel* dan ditentukan faktor kendala dominannya.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Nilai *Green Construction*

Pada Model *Assessment Green Construction* dalam setiap hirarkinya terdiri dari (Ervianto, W. I., 2015) :

1. Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja
 - a. Faktor Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja (3 indikator)
 - b. Faktor Kesehatan Lingkungan Kerja Tahap Konstruksi (17 indikator)
2. Kualitas Udara Dan Kenyamanan
 - a. Kualitas Udara Tahap Konstruksi (6 indikator)
 - b. Pemilihan Dan Operasional Peralatan Konstruksi (5 indikator)
 - c. Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Konstruksi (5 indikator)
3. Manajemen Lingkungan Bangunan

- a. Dokumentasi (8 indikator)
- b. Manajemen Lingkungan Proyek Konstruksi (15 indikator)
- c. Pelatihan Bagi Subkontraktor (4 indikator)
- d. Manajemen Limbah Konstruksi (12 indikator)
- 4. Sumber Daya Dan Siklus Material
 - a. Sumber Dan Siklus Material (Pengelolaan Material) (10 indikator)
 - b. Penyimpanan Dan Perlindungan Material (5 indikator)
- 5. Tepat Guna Lahan
 - a. Pengelolaan Lahan (4 indikator)
 - b. Pengurangan Jejak Ekologis (6 indikator)
 - c. Perencanaan dan Perlindungan Lokasi Pekerjaan (12 indikator)
- 6. Konservasi Air dan Energi
 - a. Konservasi dan Efisiensi Air (10 indikator)
 - b. Konservasi dan Efisiensi Energi (20 indikator)

Implementasi tersebut dapat dihitung nilai capaian proses konstruksi yang dilakukan oleh kontraktor dengan menggunakan formula sebagai berikut (Ervianto, W. I., 2015) :

1. Nilai Indikator *Green Construction*

$$NIGC = I_{i=0} \text{ atau } 1$$

Keterangan :

- a. NIGC adalah Nilai Indikator *Green Construction*
- b. i adalah implementasi indikator konstruksi hijau (i=1 jika sudah diimplementasikan dan i=0 jika belum diimplementasikan).

2. Nilai Faktor *Green Construction*

$$NFGC = \sum_{i=1}^j NIGCi$$

Keterangan :

- a. NFGC adalah komulatif Nilai Faktor *Green Construction*
- b. NIGC adalah implementasi indikator disetiap faktor
- c. i adalah banyaknya Indikator *Green Construction*

3. Nilai Aspek *Green Construction*

$$NAGC = \sum_{i=1}^m NFGCi$$

Keterangan :

- a. NAGC adalah komulatif Nilai Aspek *Green Construction*
- b. NFGC adalah implementasi faktor disetiap aspek
- c. i adalah banyaknya Aspek *Green Construction*

4. Nilai *Green Construction*

$$NGC = \sum_{i=1}^j NAGCi$$

Keterangan :

- a. NGC adalah Nilai *Green construction*
- b. NAGC adalah Nilai Aspek *Green construction*
- c. i adalah banyaknya nilai aspek dalam sebuah aspek *green construction*

Nilai maksimum Model *Assessment Green Construction* akan dicapai apabila seluruh Indikator *Green Construction* dipenuhi di proyek sejumlah 142 indikator (100%) selanjutnya disebut dengan Nilai *Green Construction* Ideal (NGC Ideal) di Indonesia. Selain NGC Ideal, terdapat Nilai maksimum Model *Assessment Green Construction* yang

dihasilkan berdasarkan terpenuhinya seluruh Indikator *Green Construction* yang telah berhasil diimplementasikan di tingkat proyek oleh kontraktor di Indonesia yang disebut dengan Nilai *Green Construction* Terbaik (NGC Terbaik) di Indonesia dengan implementasi 107 indikator (75,35%) (Ervianto, W. I., 2015). Kedua nilai ini dapat dimanfaatkan sebagai *baseline* untuk mengetahui seberapa besar capaian kontraktor dalam memenuhi indikator *green construction* dalam sebuah proyek.

Dari data hasil wawancara dengan diperkuat dengan data observasi di lapangan, didapatkan hasil penerapan indikator, faktor, aspek konstruksi hijau yang ditampilkan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Tabulasi Perhitungan Nilai *Green Construction*

No	ASPEK	FAKTOR	NFG C	NFGC (%)	NAG C	NAG C (%)	NG C	NGC (%)
1	Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja	Faktor Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja	2	66,67%	15	75,00 %	80	56,34 %
		Faktor Kesehatan Lingkungan Kerja Tahap Konstruksi	13	76,47%				
2	Kualitas Udara Dan Kenyamanan	Kualitas Udara Tahap Konstruksi	0	0,00%	7	43,75 %		
		Pemilihan Dan Operasional Peralatan Konstruksi	2	40,00%				
		Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Konstruksi	5	100,00 %				
3	Manajemen Lingkungan Bangunan	Dokumentasi	4	50,00%	24	61,54 %		
		Manajemen Lingkungan Proyek Konstruksi	11	73,33%				
		Pelatihan Bagi Subkontraktor	0	0,00%				

		Manajemen Limbah Konstruksi	9	75,00%				
4	Sumber Daya Dan Siklus Material	Sumber Dan Siklus Material (Pengelolaan Material)	6	60,00%	9	60,00 %		
		Penyimpanan Dan Perlindungan Material	3	60,00%				
5	Tepat Guna Lahan	Pengelolaan Lahan	3	75,00%	13	59,09 %		
		Pengurangan Jejak Ekologis	4	66,67%				
		Perencanaan dan Perlindungan Lokasi Pekerjaan.	6	50,00%				
6	Konservasi Air dan Energi	Konservasi dan Efisiensi Air	4	40,00%	12	40,00 %		
		Konservasi dan Efisiensi Energi	8	40,00%				

B. Kendala Implementasi Konstruksi Hijau

Dari pemberian Kuesioner Faktor Kendala Implementasi Konstruksi Hijau kepada narasumber, didapatkan hasil kuesioner yang telah disusun berdasarkan nilai terendah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Tabulasi Faktor Kendala Implementasi *Green Construction*

Sangat Tidak Setuju	Kurangnya dukungan dari pemerintah dalam menerapkan konstruksi hijau. (Pemerintah)
	Merasa tidak perlu dengan implementasi konstruksi hijau. (Budaya dan Kebiasaan)
Tidak Setuju	Kurangnya aturan yang detail mengenai implementasi konstruksi hijau di Indonesia. (Regulasi)
	Kurangnya sosialisasi dari pemerintah mengenai penghematan sumber energy yang menunjang konstruksi. (Pemerintah)
	Kurangnya pengetahuan dan keahlian konsultan mengenai konstruksi hijau. (Pendidikan)

	Sikap antipati/resistensi untuk menerapkan konstruksi hijau. (Budaya dan Kebiasaan)
	Kurang menyadari manfaat dari konstruksi hijau. (Budaya dan Kebiasaan)
Netral	Belum adanya guideline yang comprehensive dalam menerapkan konstruksi hijau. (Regulasi)
	Kendala prosedural dari institusi atau organisasi. (Pemerintah)
	Pembiayaan dan perawatan konstruksi hijau yang dirasakan mahal dari pemilik proyek. (Finansial)
	Masih kurangnya alternative material dan metode pelaksanaan dalam menerapkan konstruksi hijau. (Teknologi)
	Kurang tenaga ahli di pemerintahan mengenai konstruksi hijau. (Pendidikan)
	Kurangnya <i>best practice</i> dan <i>lesson learnt</i> mengenai konstruksi hijau. (Pendidikan)
Setuju	Penataan wilayah dalam mendukung konstruksi hijau. (Pemerintah)
	Risiko keuangan yang dirasakan terlalu besar bagi pemilik proyek. (Finansial)
	Susah untuk mendapatkan sertifikat yang bisa memastikan bahwa material yang dipakai adalah material yang ramah lingkungan. (Teknis)
	Kurangnya pengetahuan, pengalaman, dan kontraktor mengenai konstruksi hijau. (Pendidikan)
Sangat Setuju	Kendala prioritas yang diciptakan oleh tekanan luar dimana pemerintah harus meresponnya. (Pemerintah)

Dari hasil kuesioner diatas, dapat disimpulkan kendala dominan yang merupakan kendala yang paling berpengaruh dalam menghambat pengimplementasian konstruksi hijau adalah kendala prioritas yang diciptakan oleh tekanan luar dimana pemerintah harus meresponnya. (Pemerintah)

SIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pendahuluan serta hasil dan pembahasan pada penelitian dengan judul “Analisis Implementasi Konstruksi Hijau Menggunakan Model Assessment Green Construction (Studi Kasus Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar)” dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. NGC (Nilai *Green Construction*) yang didapat dari wawancara serta observasi lapangan yaitu menerapkan 80 indikator dengan presentase 56,34%. Walaupun Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar dengan kontraktor PT. Tunas Jaya Sanur telah

melalui proses sertifikasi oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jendral Cipta Karya, Direktorat Bina Penataan Bangunan dengan acuan Surat Edaran Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya Nomor: 86/SE/DC/2016 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau, tetapi dengan *Model Assessment Green Construction* yang dikembangkan oleh Ervianto masih terbilang jauh dari Nilai *Green Construction* Ideal (NGC Ideal) dengan implementasi 142 indikator (100%). Tetapi dengan implementasi 80 indikator (56,34%) tidak begitu jauh dengan Nilai *Green Construction* Terbaik (NGC Terbaik) di Indonesia dengan implementasi 107 indikator (75,35%).

2. Dari 18 faktor kendala yang telah diberikan, terdapat 5 kendala yang telah disetujui oleh pihak kontraktor PT. Tunas Jaya Sanur dalam mengimplementasikan konstruksi hijau yaitu :

- a. Penataan wilayah dalam mendukung *green construction* (Pemerintah).
- b. Risiko keuangan yang dirasakan terlalu besar bagi pemilik proyek (Finansial).
- c. Susah untuk mendapatkan sertifikat yang bisa memastikan bahwa material yang dipakai adalah material yang ramah lingkungan (Teknis).
- d. Kurangnya pengetahuan, pengalaman, dan kontraktor mengenai *green construction* (Pendidikan).
- e. Kendala prioritas yang diciptakan oleh tekanan luar dimana pemerintah harus meresponnya (Pemerintah).

Dimana kendala yang paling berpengaruh dirasakan dalam pengimplementasian konstruksi hijau adalah Kendala prioritas yang diciptakan oleh tekanan luar dimana pemerintah harus meresponnya (Pemerintah).

B. Saran

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, adapun saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut.

1. Diperlukan rekomendasi teknis untuk beberapa indikator implementasi konstruksi hijau khususnya pada Faktor *Green Construction* dengan presentase terendah pada Proyek Pembangunan Pasar Umum Gianyar guna dapat menerapkan lebih banyak implementasi konstruksi hijau sehingga dapat mendekatai ataupun melampaui dari NGC Terbaik (Nilai *Green Construction* Terbaik) di Indonesia dengan implementasi 107

indikator (75,35%). Adapun Faktor *Green Construction* dengan presentase terendah yaitu Faktor Kualitas Udara Tahap Konstruksi, Faktor Pelatihan Bagi Subkontraktor, dan Faktor Pengurangan Jejak Ekologis.

2. Diperlukan pembahasan deskriptif lebih lanjut mengenai implementasi indikator *green construction* pada beberapa atau salah satu aspek sehingga pembahasan lebih berkualitas, karena apabila pembahasan melingkupi seluruh aspek dirasa terlalu berat dan lebih mementingkan kuantitas.

3. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai faktor kendala pada masing-masing aspek serta solusi strategis untuk mengatasi faktor kendala tersebut sehingga dapat memberikan jawaban kepada pihak kontraktor agar dapat menerapkan *green construction* berdasarkan *Model Assessment Green Construction* lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrow, C. J. (1999). *Environmental management: principles and practice*. Psychology Press.
- Ervianto, W. I. (2015). Pengembangan Model Assessment Green Construction Pada Proses Konstruksi Untuk Proyek Gedung di Indonesia. *Disertasi, Institut Teknologi Bandung*.
- Ervianto, W.I., dkk (2013). Kajian Kerangka Legislatif Penerapan Green Construction Dalam Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Di Indonesia, Seminar Nasional Pascasarjana Teknik Sipil IX, 6 Pebruari 2013.
- Ervianto, W. I. (2015). Implementasi Green Construction sebagai Upaya Mencapai Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. In *Penelitian dalam Konferensi Nasional Forum Wahana Teknik ke II*.

PENGARUH BIAYA PENERAPAN SMK3 TERHADAP KINERJA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK PASAR UMUM GIANYAR

**I Gede Putu Bagus Artha Dana ⁽¹⁾, I Made Anom Santiana ⁽²⁾, A.A.
Ngurah Roy Sumardika ⁽³⁾**

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: bagus.artha13@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: madeanomsantiana@pnb.ac.id

⁽³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: agung_dps18@yahoo.com

Abstract : *The Gianyar Public Market building project is a project that has 7 floors, and has many opportunities for work accidents. With the high risk in the project construction, K3 being a new thing that must be considered to avoid and prevent accidents at the project site. The purpose of this study was to determine the magnitude cost of implementation of SMK3 and to determine the effect of implementing SMK3 cost on the implementation safety and health performance on the Gianyar Public Market project. The method of this research is by distributing it to 30 worker respondents and has 10 statements on cost implementation and 10 statements on implementation performance and analized with simple linear regression analysis. The results of this study indicate that the cost of implementing SMK3 is 0.0036% of the project contract value and the equation obtained from the relationship between the costs of implementing and implementing performance safety and health is and the correlation rate is 70.3%.*

Keywords: *The cost of implementing SMK3, and K3 performance*

Abstrak : Proyek Pasar Umum Gianyar merupakan proyek gedung yang memiliki 7 buah lantai, dan memiliki banyak peluang mengalami kecelakaan kerja. Dengan adanya risiko yang tinggi pada pembangunan proyek tersebut maka, K3 menjadi hal yang baru wajib diperhatikan untuk menghindari serta mencegah terjadinya kecelakaan di lokasi proyek. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya penerapan biaya SMK3 dan untuk mengetahui pengaruh biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek Pasar Umum Gianyar. Metode penelitian ini adalah dengan cara menyebarkan kuesioner kepada 30 responden pekerja dan memiliki 10 pernyataan pada penerapan biaya dan 10 pernyataan pada kinerja pelaksanaan serta di analisis menggunakan regresi linier sederhana. Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa besar biaya penerapan SMK3 adalah sebesar 0.0036% dari nilai kontrak proyek dan persamaan yang didapat dari hubungan biaya penerapan dan kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja adalah dan tingkat hubungannya sebesar 70,3%.

Kata Kunci; Biaya penerpan SMK3, dan kinerja K3

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan salah satu kegiatan yang berlangsung dalam kurun waktu yang terbatas dengan sumber daya tertentu untuk mendapatkan hasil konstruksi dengan standart kualitas yang baik. Dalam usaha pencapaian hasil kerja konstruksi yang baik dibutuhkan berbagai macam elemen pendukung dalam pelaksanaannya. Saat ini, perkembangan pekerjaan konstruksi menjadi semakin kompleks dan semakin canggih. Pelaksanaan proyek konstruksi sekarang banyak memanfaatkan teknologi baru, sumber daya manusia dan material yang semakin banyak serta dana yang semakin besar. Oleh karena itu pelaksanaan proyek konstruksi membutuhkan metode-metode khusus yang dapat mengakomodasi pengaturan berbagai elemen yang ada dalam proyek konstruksi. Pembuatan rencana kerja merupakan salah satu dari langkah awal perencanaan. Kegiatan jasa konstruksi telah terbukti memberikan kontribusi penting dalam perkembangan dan pertumbuhan ekonomi di semua Negara dunia, termasuk Indonesia, baik yang diselenggarakan oleh pemerintah maupun swasta [1].

Proses pembangunan proyek konstruksi pada umumnya merupakan kegiatan yang banyak mengandung unsur bahaya. Hal tersebut menyebabkan industry konstruksi memiliki catatan yang buruk dalam hal keselamatan dan kesehatan kerja. Situasi di lokasi proyek mencerminkan karakter yang keras dan kegiatannya terlihat sangat kompleks serta sulit dilaksanakan sehingga dibutuhkan stamina yang prima dari pekerja. Kelelahan akan mengurangi konsentrasi pekerja dalam bekerja. Hal ini berakibat mudah terjadi kecelakaan. Adanya manajemen proyek yang baik akan meminimalkan risiko kegagalan proyek. Untuk itu saat ini para pekerja di dunia konstruksi diwajibkan untuk menerapkan system *Health and Safety Control Plan* di setiap proyek yang akan dikerjakan. System K3 ini sangat penting dan bermanfaat untuk meminimalisir angka kecelakaan kerja di proyek konstruksi [2].

K3 adalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan pengertian pemberian perlindungan kepada setiap orang yang berada di tempat kerja, yang berhubungan dengan pemindahan bahan baku, penggunaan peralatan kerja konstruksi, proses produksi dan lingkungan sekitar tempat kerja. Kegiatan Konstruksi merupakan unsur penting dalam pembangunan yang dalam pelaksanaan kegiatan konstruksi tersebut menimbulkan berbagai dampak yang tidak diinginkan antara lain yang menyangkut aspek keselamatan dan kesehatan kerja. Kesehatan dan Keselamatan Kerja adalah mutlak untuk dijadikan sebagai bagian dari proses manajemen khususnya manajemen proyek, karena menyangkut banyak aspek yang sudah barang tentu dampaknya akan menimbulkan kerugian yang cukup besar dikemudian hari. Jumlah Kecelakaan Kerja setiap tahun semakin meningkat, hal ini didasari karena kurangnya respek dari manajemen terhadap masalah K3LL.

Akibat terjadinya kecelakaan kerja tentunya membutuhkan penanganan yang menyebabkan terjadinya pengeluaran biaya, maka dibutuhkan di luar RAB untuk penanggulangan akibat dari kecelakaan kerja, hal ini juga berkaitan dengan penyediaan perlengkapan SMK3 dalam upaya pencegahan terjadinya kecelakaan kerja, dalam proses pengerjaan proyek konstruksi. Maka dari itu dibutuhkan perhitungan biaya yang harus dikeluarkan untuk melengkapi alat pelindung diri (APD) untuk pekerja agar kecelakaan kerja dapat terhindari selama proses pengerjaan proyek berlangsung.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini dilakukan. Penelitian ini berlokasi di Proyek Pasar Umum Gianyar, karena Proyek Pasar Umum Gianyar merupakan proyek gedung bertingkat, yang memiliki 7 buah lantai yang berarti pembangunan proyek ini , memiliki banyak peluang mengalami kecelakaan kerja. dengan adanya risiko yang tinggi pada pembangunan proyek pasar umum gianyar maka, K3 menjadi hal yang baru wajib

diperhatikan untuk menghindari serta mencegah terjadinya kecelakaan di lokasi proyek. kecelakaan kerja yang tinggi, seperti banyak tenaga kerja yang meninggal, cacat permanen serta instalasi proyek yang rusak, selain kerugian materi yang besar untuk itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar biaya SMK3 dan Seberapa besar pengaruh biaya SMK3 terhadap penerapan dan kinerja.

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

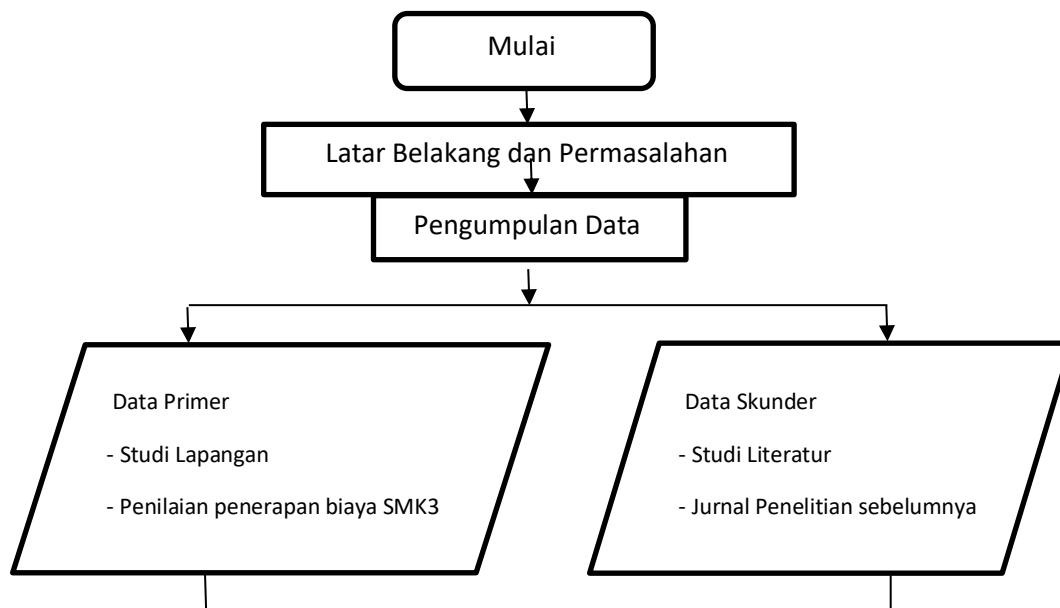
1. Berapa besar biaya penerapan SMK3 pada pembangunan proyek Pasar Umum Gianyar.
2. Seberapa besar pengaruh biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek Pasar Umum Gianyar.

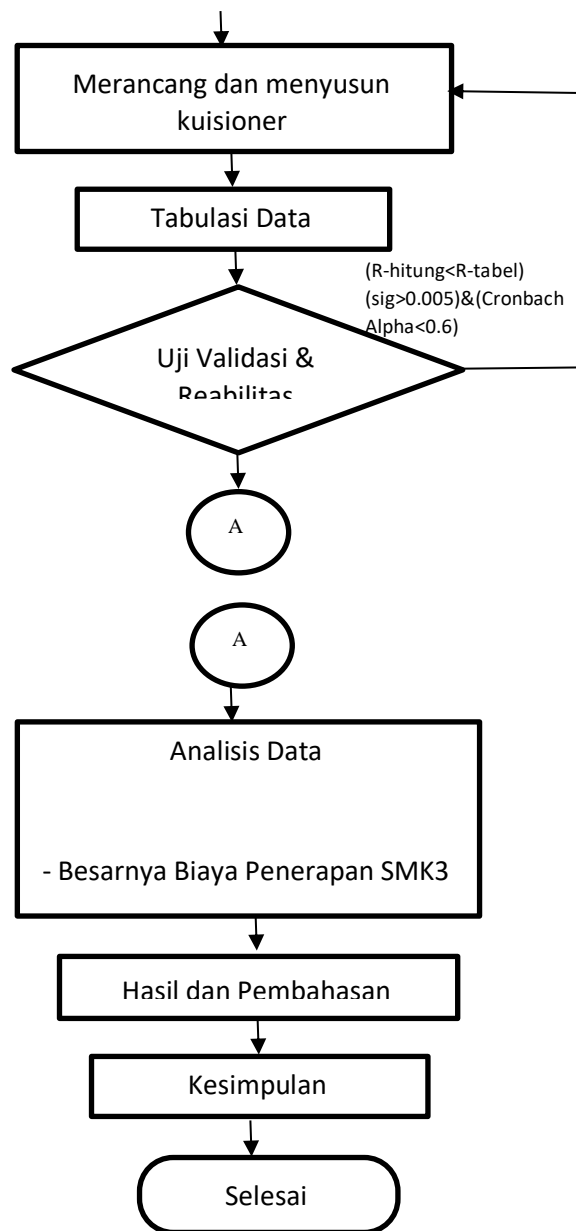
Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, antara lain:

1. Untuk mengetahui besar biaya penerapan SMK3 pada pembangunan proyek Pasar Umum Gianyar.
2. Untuk mengetahui pengaruh biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek Pasar Umum Gianyar.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diambil dengan cara survei mealui kuesioner kepada tenaga kerja yang terilibat dalam proyek pasar umum gianyar. Sedangkan data sekunder didapat dari studi literatur dan penelitian terdahulu. Survei kuesioner dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja keselamatan dan kesehatan kerja. Penulis menyebarkan 30 kuisisioner. Untuk kuisisioner fisik didistribusikan pada tenaga kerja di proyek pasar umum gianyar. Penyebaran kuisisioner dilakukan dari Bulan Mei hingga Juni 2021. Selanjutnya data yang digunakan dalam penelitian ini dianalisis dengan Uji T, Uji F, dan Regresi Linier Sederhana untuk mengetahui penerapan biaya SMK3 terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja dengan bantuan softwareSPSS. Berikut adalah tahapan penelitian





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir Gambar 1 dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah pada tahap ini, dilakukan perumusan masalah dari latar belakang yang telah dikemukakan selanjutnya ditentukan topik penelitian yang akan dibahas.
2. Studi literatur terkait Berdasarkan permasalahan yang ada, ditinjau data – data terkait dengan topik yang dibahas, yakni variabel – variabel penerapan SMK 3 dan variabel-variabel kinerja pekerja
3. Studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan variabel-variabel penerapan SMK 3 dan variabel-variabel kinerja pekerja

4. Merancang dan Penyusunan kuisisioner untuk mendapatkan penilaian mengenai penerapan SMK3 dan variabel-variabel kinerja pekerja
5. Tabulasi data, yakni pengumpulan hasil dari data kuisisioner yang akan diolah pada penelitian ini
6. Pengujian validitas dan realibilitas alat ukur yang akan disebar, jika alat ukur belum valid maka harus dilakukan perbaikan dan disebar ulang.
7. Analisis data Analisis/pengolahan data ini dilakukan dengan melakukan 2 uji yakni uji T dan Uji F serta analisis regresi linier sederhana
8. Output dari analisis regresi linier sederhana adalah pengaruh besarnya biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja keselamatan dan kesehatan kerja
9. Hasil dan Pembahasan didapatkan hasil berupa besar biaya penerapan SMK3 dan pengaruh biaya penerapan SMK3 terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja
10. Pengambilan Kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menjawab rumusan masalah pertama diperlukan data primer berupa RAB K3 proyek pasar umum ganyar. Menghitung biaya penerpan smk3 dilakukan dengan cara biaya SMK 3 dibagi dengan Nilai kontrak. Berikut data RAB K3 dan perhitungan untuk mengetahui besarnya biaya penerapan SMK3

Tabel 1. RAB K3

RAB K3		
TOTAL BIAYA APD	Rp	28.851.350,00
TOTAL BIAYA SAFETY	Rp	26.400.000,00
TOTAL BIAYA RAMBU-RAMBU	Rp	32.876.580,00
TOTAL BIAYA KEBERSIHAN	Rp	231.000.000,00
TOTAL BIAYA ADMINSTRASI	Rp	18.397.500,00
TOTAL BIAYA FASILITAS K3	Rp	376.651.000,00
TOTAL BIAYA TANGGAP DARURAT	Rp	880.000,00
TOTAL BIAYA TANGGAP KESEHATAN	Rp	93.995.000,00

$$\text{nilai biaya} = \frac{\text{biaya SMK3}}{\text{biaya kontrak}}$$

$$\text{nilai biaya} = \frac{\text{Rp. 809.051.430,00}}{\text{Rp. 224.961.250.805,33}}$$

$$\text{nilai biaya} = 0,0036$$

Pengumpulan variabel didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya [2] berikut ini adalah tabel hasil identifikasi dan referensi variabel risiko yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel 2. Kuesioner Pernyataan Penerapan biaya

No	Pernyataan
----	------------

1	Apakah anda setuju jika perusahaan anda menyediakan karyawan khusus untuk kebersihan
2	Apakah anda setuju jika perusahaan anda memberikan training K3 terhadap pekerja baru
3	Apakah anda setuju jika perusahaan anda menyediakan pengobatan P3K untuk karyawan.
4	Apakah anda setuju jika perusahaan anda memberikan alat pelindung diri (APD) untuk perlindungan kerja yang aman.
5	Apakah anda setuju jika perusahaan anda mewajibkan setiap pegawai harus mengikuti pelatihan K3.
6	Apakah anda setuju jika perusahaan anda memberikan jaminan kesehatan atau asuransi kesehatan untuk setiap karyawan.
7	Apakah diperusahaan bapak/ibu dalam bekerja mendapatkan keselamatan dan perlindungan dalam bekerja.
8	Apakah diperusahaan bapak/ibu mendapatkan kebutuhan dari atasan bapak/ibu bekerja secara tercukupi untuk kebutuhan fisiologis (kebutuhan jasmani).
9	Apakah anda setuju jika perusahaan anda memberikan peralatan kerja yang layak atau memonitoring peralatan kerja secara berkala.
10	Apakah diperusahaan bapak.ibu dalam bekerja mendapatkan kepedulian dalam bekerja jika anda baik dalam berprestasi.

Tabel 2. Kuesioner Pernyataan Kinerja

No	Pernyataan
1	Apakah bapak/ibu dalam mengerjakan tugas dikerjakan sesuai dengan apa yang seharusnya dikerjakan/diperintahkan.

2	Apakah anda setuju jika dalam bekerja harus ada perencanaan yang tepat dan sesuai dengan prosedur yang ada di perusahaan anda.
3	Apakah anda setuju jika perusahaan anda didalam diri memiliki kualitas bekerja (yang bisa diandalkan)
4	Apakah anda setuju jika perusahaan anda menekuni pekerjaan dengan memunculkan ide atau gagasan untuk meningkatkan kinerja.
5	Apakah anda setuju jika perusahaan anda mampu bekerjasama dengan baik sesama rekan kantor.
6	Apakah anda setuju jika perusahaan anda selama bertugas berpengaruh terhadap penyelesaian tugas.
7	Apakah anda setuju jika perusahaan anda memiliki keterampilan dan kecakapan dalam menjalankan tugas/pekerjaan.
8	Apa anda setuju jika perusahaan anda bekerja sesuai dengan jadwal yang ada (SOP).
9	Apakah anda setuju jika perusahaan anda mempunyai target sesuai kompetensi anda.
10	Apakah anda setuju jika perusahaan anda dalam mengerjakan tugas tepat waktu dan tidak salah dalam menyerahkan bekerja sama.

Dari data variabel itu kemudian disebarkan melalui kuesioner dengan 4 skala yaitu tidak setuju, cukup setuju, setuju, sangat setuju. Kuesioner disebarkan kepada 30 responden di proyek pasar umum Gianyar, dengan berbagai latar belakang responden, berikut beberapa latar belakang responden yang disajikan dengan grafik



Gambar 2. Diagram Pie Pengalaman Kerja



Gambar 3. Diagram Pie Tingkat Usia

Setelah menentukan responden, maka data hasil kuisioner diolah terlebih dahulu dengan uji validitas dan reabilitas untuk mengetahui layak atau tidaknya suatu item yang akan digunakan. Pengolahan uji validitas menggunakan program SPSS 25. Untuk uji validitas dengan jumlah responden 30 maka ditentukan R table sebesar 0,361, syarat validitas adalah R Hitung tidak boleh lebih dari R Tabel. Sedangkan untuk reabilitas dengan menggunakan syarat nilai cronbach alpha lebih besar atau sama dengan 0,7. Berikut perhitungan validitas dan reabilitas

Tabel 4. Uji Validitas Variabel X

Item Variable	R Hitung	R Tabel	Sig	Keterangan
X1	0,603	0,361	0,000	Valid
X2	0,678	0,361	0,000	Valid
X3	0,554	0,361	0,001	Valid
X4	0,497	0,361	0,000	Valid
X5	0,562	0,361	0,001	Valid
X6	0,559	0,361	0,001	Valid
X7	0,416	0,361	0,022	Valid
X8	0,525	0,361	0,003	Valid
X9	0,583	0,361	0,001	Valid
X10	0,473	0,361	0,008	valid

Tabel 5. Uji Validitas Variabel Y

Item Variable	R Hitung	R Tabel	Sig	Keterangan
Y1	0,629	0,361	0,000	Valid
Y2	0,681	0,361	0,000	Valid
Y3	0,627	0,361	0,000	Valid
Y4	0,610	0,361	0,000	Valid
Y5	0,513	0,361	0,004	Valid
Y6	0,525	0,361	0,003	Valid

Y7	0,541	0,361	0,002	Valid
Y8	0,396	0,361	0,030	Valid
Y9	0,686	0,361	0,000	Valid
Y10	0,587	0,361	0,001	valid

Tabel 6. Uji Reabilitas

Item Variable	Nilai Cronbach's Alpha	Syarat Cronbach	Keterangan
X	0,727	0,7	Reliable
Y	0,775	0,7	Reliable

Untuk menjawab rumusan masalah yang kedua, maka data dari kuisioner diolah menggunakan analisis regresi linier sederhana. Perhitungan analisis regresi linier sederhana menggunakan program SPSS 25. Berikut hasil analisis regresi linier sederhana

Tabel 7. Uji Analisis Regresi Linier

Model	Unstandardized Coefficients	t	Sig.	R	R Square	<i>Adjusted R Square</i>	F Hitung	Sig F
	B							
(Constant)	0.598	1.734	0.094	0.839	0.703	0.693	66.323	0.000
Biaya penerapan	0.844	8.144	0.000					

Dari tabel 7. [3] Pengujian regresi linear diatas dapat diketahui bahwa (*R Square*) koefisien determinasi sebesar 0,703. Hal ini menunjukkan bahwa 70,3% dari variabel kinerja keselamatan dan kesehatan kerja di pengaruhi oleh biaya penerapan SMK3

[4] Analisis uji – F menunjukkan apakah variabel independen yang dimasukkan dalam model mempunyai pengaruh terhadap variabel dependen. Pengujian dengan cara membandingkan antara F tabel dengan F hitung. Mencari F tabel dengan kriteria = 5%, $df = n - k$ ($30 - 2 = 28$). Dari tabel didapat nilai F tabel adalah 3,34. Dari hasil

pengujian pada tabel 4.8 diatas dapat dilihat bahwa nilai F sebesar 66,323 dengan besar signifikansi 0,000 yang lebih kecil dari 0,05 ($0,000 < 0,05$). Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa biaya penerapan berpengaruh terhadap kinerja keselamatan dan kesehatan kerja. Dari hasil analisis di atas konstanta dan koefisien regresi yang diperoleh apabila dimasukkan pada persamaan umum regresi adalah sebagai berikut :

$$Y = 0,598 + 0,844X$$

Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Dilihat dari rekapitulasi hasil analisis regresi linear berganda diatas dapat diketahui bahwa (*R Square*) koefisien determinasi sebesar 0,703. Hal ini menunjukkan bahwa 70,3% dari variasi yang terjadi didalam variabel keputusan pembelian secara bersama-sama dipengaruhi oleh variabel persepsi lokasi dan kualitas. Sedangkan sisanya sebesar 20,7% dipengaruhi oleh faktor-faktor diluar faktor-faktor yang diteliti

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Besaran biaya penerapan SMK3 pada Proyek Pasar Umum Gianyar yang dikerjakan oleh PT. Tunas Jaya Sanur yaitu 0.0036% dari nilai kontrak proyek.
2. Biaya penerapan SMK3 berpengaruh terhadap kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja dengan tingkat hubungan sebesar 70,3%.

SARAN

Berdasarkan penelitian dan hasil analisis yang dilakukan, saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Pihak perusahaan konstruksi dihimbau dapat lebih meningkatkan, memperhatikan dan mengevaluasi adanya faktor-faktor yang dapat menyebabkan pelaksanaan proyek konstruksi terlambat sehingga memberikan hasil sesuai dengan rencana.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengangkat topik yang sama namun dilakukan pada objek lain, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain sehingga dapat memberikan tambahan informasi atau penyempurnaan dari penelitian ini dan disarankan

untuk menggunakan variabel lain yang dapat mempengaruhi biaya dan kinerja pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja sehingga diperoleh hasil penelitian yang lebih variatif

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gabby E. M. Sopotan, "Manajemen Resiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Pembangunan Gedung SMA Eben Haezar". Sulawesi Utara, 2014
- [2] Togatorop, G.A. "Analisis Pengaruh Faktor- Faktor Hambatan Penerapan K3 Pada Konstruksi Jalan/Jembatan Di Wilayah Jabodetabek". UNPAR, Bandung 2015
- [3] Todingan. A.A., Mandagi R.J.M., Manggare. J.B. "Pengaruh Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Manado Town Square 3)" Universitas Sam Ratulangi, Manado 2015
- [4] Retna Kritiana, Dedy Wijayanto. "Analisis Kinerja Penerapan SMK3 Pada Proyek Konstruksi Apartemen Di Jakarta" Universitas Mercu Buana, Jakarta Barat 2017

Analisis Optimalisasi Tenaga Kerja Terhadap Jadwal dan Biaya Proyek Dengan Asumsi Pemakaian Material Sesuai Rencana Awal (Studi Kasus: Gedung RKB SD No. 3 Sulangai)

Made Randy Viryawan¹⁾, Anak Agung Putri Indrayanti²⁾, I Nyoman Ardika³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

^{2),3)} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail : randyviryawan24@gmail.com

Abstract

In the SNI analysis, the labor and material coefficient are commonly used for every construction work throughout Indonesia. The estimation made by experienced contractor does not guarantee the optimum result if not supported with the accurate data. Hence, it will conduce cost overrun and delay of the project. The purpose of this research is to discover the outcome comparation between the actual labor coefficient and the planned labor coefficient to cost and duration of the project. The research method to receive the actual labor coefficient is carried out by examining the number of workers, duration needed and completed work volume in each particular work. As a result, from the cost side, the outcome of worker's optimalization shows there is 5.43% reduction in Real Cost RAB Gedung RKB from Rp. 2,140,478,600.95 to Rp. 2,024,196,691.05. As for the duration, the outcome shows there is 4 days acceleration in completing the whole project from 177 days to 173 days.

Keywords: Optimalization, Workers, Cost, Time

Abstrak

Dalam analisa SNI, koefisien tenaga kerja dan bahan yang digunakan bersifat umum untuk setiap pekerjaan di seluruh Indonesia. Estimasi yang dibuat berdasarkan pengalaman kontraktor juga tidak menjamin hasil yang optimal apabila tidak ditunjang oleh pengumpulan data-data yang akurat. Hal ini dapat berdampak kepada membengkaknya biaya serta keterlambatan pekerjaan pada proyek. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan pengaruh koefisien tenaga kerja riil dan koefisien tenaga kerja rencana terhadap biaya dan waktu proyek. Metode yang digunakan untuk mendapatkan koefisien tenaga kerja riil yaitu dengan melakukan pengamatan terhadap jumlah tenaga kerja di lapangan, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dan volume pekerjaan yang diselesaikan. Dari segi biaya, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan adanya penghematan Real Cost RAB Gedung RKB dari Rp. 2,140,478,600.95 menjadi Rp. 2,024,196,691.05 atau sebesar 5.43%. Dari segi waktu, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan bahwa durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat 4 hari dari 177 hari menjadi 173 hari

Kata Kunci : Optimalisasi, Tenaga Kerja ,Biaya,Waktu

PENDAHULUAN

Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dikerjakan dalam waktu yang terbatas dengan sumber daya yang ada dengan harapan dapat mencapai hasil yang optimal. Hasil yang optimal dicerminkan dari biaya, mutu dan waktu yang dicapai pada suatu proyek. Sedangkan sumber daya yang mendukung suatu proyek yaitu *man, materials, money, machine dan method*.

Pada pelaksanaan proyek, pengalokasian tenaga kerja, upah dan bahan merupakan hal yang penting untuk diperhitungkan. Pekerjaan apapun apabila tidak didukung dengan tenaga kerja yang kompeten dan bahan yang bermutu baik, tidak akan memberikan hasil yang maksimal dan memuaskan dalam sebuah proyek [3].

Analisa Harga Satuan Pekerjaan memegang peranan penting sebagai pedoman dalam mengalokasikan kebutuhan tenaga kerja, bahan dan alat pada suatu pekerjaan. Koefisien berpengaruh terhadap besarnya harga satuan pekerjaan konstruksi. Analisa biaya yang selama ini digunakan mengacu pada indeks SNI (Standar Nasional Indonesia). Namun pada saat ini, kontraktor umumnya membuat harga penawaran berdasarkan indeks biaya yang tidak seluruhnya berpedoman pada analisa SNI. Para kontraktor lebih cenderung menghitung harga satuan pekerjaan berdasarkan dengan indeks biaya mereka sendiri yang didasarkan atas pengalaman-pengalaman terdahulu dalam menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi namun tetap mengacu kepada SNI [1].

Dalam analisa SNI, koefisien tenaga kerja dan koefisien bahan yang digunakan bersifat umum untuk setiap pekerjaan di seluruh Indonesia. Estimasi yang dibuat berdasarkan pengalaman kontraktor juga tidak menjamin hasil yang optimal apabila tidak ditunjang oleh pengumpulan data-data yang akurat, khususnya mengenai produktivitas tenaga kerja pada setiap proyeknya. Hal ini dapat berdampak kepada membengkaknya biaya serta keterlambatan pekerjaan pada proyek. Kontraktor sebaiknya memiliki rekaman data mengenai produktivitas tenaga kerja untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada sehingga proyek dapat mencapai target yang dicanangkan sebelumnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui koefisien tenaga kerja riil diperoleh berdasarkan produktivitas kerja di lapangan yang akan digunakan dalam perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Riil yang akan dibandingkan dengan perhitungan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan Rencana. Metode yang digunakan untuk mendapatkan koefisien tenaga kerja riil yaitu dengan melakukan pengamatan terhadap jumlah tenaga kerja di lapangan, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dan volume pekerjaan yang diselesaikan.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan deskriptif korelatif. Menurut Best dalam [2], penelitian deskriptif adalah salah satu jenis metode penelitian yang berusaha menggambarkan dan menginterpretasikan objek sesuai apa adanya. Metode penelitian yang dilakukan yaitu melakukan pengamatan terhadap produktivitas tenaga kerja di lapangan. Kemudian dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel dan Microsoft Project meneliti pengaruh optimalisasi tenaga kerja terhadap jadwal dan biaya proyek. Metode ini digunakan untuk mencari hubungan antara optimalisasi tenaga kerja dengan jadwal dan biaya proyek.

Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu optimalisasi tenaga kerja yang diterapkan pada proyek RKB SD No. 3 Sulangai yang ditinjau dari :

- Koefisien tenaga kerja

Merupakan jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada beberapa Item Analisa Harga Satuan Pekerjaan Riil pada proyek pembangunan RKB SD No. 3 Sulangai

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu biaya dan jadwal pada proyek RKB SD No. 3 Sulangai yang ditinjau dari :

- Jadwal Proyek RKB SD No. 3 Sulangai

Jadwal proyek merupakan fase menerjemahkan perencanaan yang telah disusun sedemikian rupa menjadi suatu bentuk diagram berdasarkan atas skala waktu yang ditetapkan.

- Rancangan Anggaran Biaya Proyek RKB SD No. 3 Sulangai

Perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek tersebut.

Metode Pengambilan Data

- a. Observasi untuk mengumpulkan data produktivitas tenaga kerja di lapangan
- b. Data-data proyek seperti RAB, Time Schedule dan juga Shop Drawing.

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mencari dan menghitung data produktivitas tim kerja per hari dengan membagi volume pekerjaan yang diselesaikan dengan durasi pekerjaan pada item-item pekerjaan yang ditinjau. Dari hasil produktivitas tim kerja dapat dihitung koefisien setiap tenaga kerja. Koefisien yang didapat akan dimasukkan ke Analisa Harga Satuan Pekerjaan sehingga menjadi Analisa Harga Satuan Pekerjaan riil. Kemudian RAB RKB SD No. 3 Sulangai riil dibuat berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan riil.

Untuk perhitungan durasi, dimulai dengan perhitungan tenaga kerja rencana berdasarkan RAB RKB SD No. 3 Sulangai rencana. Kemudian membagi jumlah tenaga kerja rencana dengan koefisien riil tim kerja pada setiap item pekerjaan untuk mendapatkan produktivitas tim kerja riil. Durasi riil didapat dengan membagi volume pekerjaan dengan produktivitas tim kerja riil. Perbandingan biaya dan durasi antara perhitungan riil dan rencana dilakukan secara keseluruhan dan pada beberapa item pekerjaan yang ditinjau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien Tenaga Kerja Riil

Tabel 1. Resume analisis koefisien berdasarkan data pengamatan di lapangan

Durasi	PEKERJAAN	VOLUME	SAT	Produktivitas/ Hari	JUMLAH (ORANG)		KOEFSISIEN		
					TUKANG	PEKERJA	Tukang	Pekerja	Mandor
3	Pemasangan 1 m3 pondasi batu kali campuran 1SP : 6PP	7.111	M3	2.370	2	2	0.844	0.844	0.0422
4	Pemasangan 1m2 dinding bata ringan tebal 12.5 cm dengan mortar siap pakai (Aplus 220)	62.298	M2	15.575	5	2	0.321	0.128	0.0064
0.1875	Penggalian 1 m3 tanah biasa sedalam 1 m untuk pondasi menerus	0.570	M3	3.040		2		0.658	0.0219
3	Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir pada sloof	340.122	Kg	113.374	1	2	0.088	0.176	0.0088
1.5	Pemasangan 1 m2 bekisting berbahan kayu untuk sloof	10.395	M2	6.930	1	2	0.144	0.289	0.0144
1.5	Pemasangan 1 m2 bekisting berbahan kayu untuk kolom lantai 1	8.640	M2	5.760	1	2	0.174	0.347	0.0174
0.0625	Pengurugan Kembali 1 m3 galian tanah untuk bawah lantai 1 dengan kondisi bekas galian ditempatkan di sekitar galian	0.176	M3	2.822		1		0.354	0.0354
0.5	Membuat 1 m3 beton site mix mutu f'c = 21,7 Mpa (K.250), slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,56 untuk pengecoran sloof	4.410	M3	8.820	5	4	0.567	0.454	0.0227
0.1875	Membuat 1 m3 beton site mix mutu f'c = 21,7 Mpa (K.250), slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,56 untuk pengecoran pelat lantai 1	1.428	M3	7.616	3	2	0.394	0.263	0.0131
0.0625	Pengurugan 1 m3 dengan pasir urug pada bawah lantai	0.286	M3	4.570		2		0.438	0.0146
0.5	Pemasangan 1 m2 plesteran 1SP : 4PP tebal 20 mm untuk dinding lantai 1	11.854	M2	23.708	1	1	0.042	0.042	0.0021
0.6875	Pemasangan 1 m2 plesteran acian mortar campuran PCC dan Mil (Kalsium Karbonat) untuk dinding lantai 1	21.460	M2	31.215	2		0.064		0.0064
0.125	Pembesian 10 kg dengan besi polos untuk pelat lantai 1	94.971	Kg	759.765	3	2	0.039	0.026	0.0013
0.2025	Membuat 1 m3 beton site mix mutu f'c = 21,7 Mpa (K.250), slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,56 untuk pengecoran kolom lantai 1	1.575	M3	7.778	5	4	0.643	0.514	0.0257

Tabel 2. Total Biaya RAB Gedung RKB Rencana dan Riil

No	Nama	Jumlah Harga (Rp)
1	Real Cost RAB RKB Rencana	2,140,478,600.95
2	Real Cost RAB RKB Riil	2,024,196,691.05

Persentase

Perbedaan Biaya

$$= \frac{\text{SELISIH REAL COST RENCANA \& RIIL}}{\text{REAL COST RAB RKB RENCANA}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,140,478,600.95 - 2,024,196,691.05}{2,140,478,600.95} \times 100\%$$

$$= 5.43\%$$

Tabel 3. RAB Tinjauan Gedung RKB Rencana

Tabel 4.
RAB
Tinjauan
Gedung
RKB Riil

No	Nama	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Galian Pondasi Menerus	2,797,641.39
2	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	5,487,447.42
3	Pek. Urugan pasir bawah lantai	3,942,826.13
4	Pek. Pasangan batu kali 1pc : 6ps	20,592,036.06
5	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	109,635,635.48
6	Pek. Plesteran bata ringan	41,417,383.30
7	Pek. Acian bata ringan	23,388,376.20
8	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	18,353,581.53
9	Pekerjaan Galian Pondasi Menerus	13,434,079.79
10	Pek. Urugan tanah peninggian lantai K 250	3,888,400.98
11	Pek. Urugan pasir bawah lantai (K1) K 250	14,348,789.58
12	Pek. Batang kolom 35/35 cm (K1) K 250	18,784,869.27
13	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	12,088,900.00
14	Pek. Plesteran bata ringan	14,813,528.91
15	Pek. Acian bata ringan	11,520,075.09
16	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	18,353,581.53
17	Pek. Beton sloof 20/35 cm K 250	13,939,630.02
18	Pek. Beton sloof praktis 15/20 cm K 250	1,098,154.66
19	Pek. Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250	16,308,489.58
20	Pek. Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250	3,134,299.77
21	Pek. Begisting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	6,348,448.88
22	Pek. Begisting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	
23	Pek. Begisting sloof 20/35 cm K 250	10,048,034.06
24	Pek. Begisting sloof 15/20 cm K 250	8,449,898.90
25	Pek. Pembesian sloof 15/20 cm	
26	• Pembesian T-24	332,949,723
27	Pek. Begisting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	15,387,937.03
28	Pek. Begisting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	3,009,196.58
29	Pek. Begisting sloof 20/35 cm K 250	7,505,694.57
30	Pek. Begisting sloof 15/20 cm K 250	177,824.95
Total		216,667,813

$$\frac{\text{SELISIH RAB RKB RENCANA \& RIIL}}{\text{RAB RKB RENCANA}} \times 100\%$$

$$= \frac{332,949,723 - 216,667,813}{332,949,723} \times 100\%$$

$$= 34.92\%$$

Perhitungan koefisien tenaga kerja riil berdasarkan observasi di lapangan pada beberapa item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 1. Perbandingan total biaya antara RAB Gedung RKB Rencana dan RAB Gedung RKB Riil pada seluruh pekerjaan yang ada dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk total biaya rencana dan riil pada pekerjaan-pekerjaan yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 5. Jumlah Tenaga Kerja Rencana

NO	PEKERJAAN	JUMLAH TENAGA KERJA RENCANA (ORANG)				
		Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Total
1	Pek. Galian pondasi menerus	14.941			0.498	16
2	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	53.601			5.360	59
3	Pek. Urugan pasir bawah lantai	3.548			0.118	4
4	Pek. Pasangan batu kali 1pc : 6ps	4.937	2.469	0.247	0.247	8
5	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	15.613	30.249	3.025	0.070	49
6	Pek. Plesteran bata ringan	20.044	10.022	1.002	1.002	33
7	Pek. Acian bata ringan	15.091	7.546	0.755	0.755	25
8	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	40.260	6.710	0.671	2.025	50
9	Pek. Beton sloof 20/35 cm K 250	14.625	2.438	0.244	0.736	19
10	Pek. Beton sloof praktis 15/20 cm K 250	0.416	0.069	0.007	0.021	1
11	Pek. Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250	13.643	2.274	0.227	0.686	17
12	Pek. Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250	2.970	0.495	0.050	0.149	4
13	Pek. Pembesina beton slab	24.400	24.400	2.440	0.244	52
14	Pek. Pembesian sloof 20/35 cm					
	Pembesin U 32	37.334	37.334	3.733	2.133	81
	Pembesin U 24	27.790	27.790	2.779	1.588	60
17	Pek. Pembesian sloof 15/20 cm					
	Pembesin U 24	3.789	3.789	0.379	0.217	9
18	Pek. Begesting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	41.580	20.790	2.079	2.079	67
19	Pek. Begesting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	8.131	4.066	0.407	0.407	14
20	Pek. Begesting sloof 20/35 cm K 250	36.873	18.437	1.844	1.844	59
21	Pek. Begesting sloof 15/20 cm K 250	1.747	0.874	0.087	0.087	3

Tabel 6. Durasi Riil

NO	PEKERJAAN	DURASI RIIL	
		Hari	Jam
1	Pek. Galian pondasi menerus	1.693	13.543
2	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	0.708	5.665
3	Pek. Urugan pasir bawah lantai	2.674	21.396
4	Pek. Pasangan batu kali 1pc : 6ps	6.405	51.242
5	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	3.031	24.246
6	Pek. Plesteran bata ringan	1.576	12.605
7	Pek. Acian bata ringan	1.915	15.316
8	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	0.327	2.614
9	Pek. Beton sloof 20/35 cm K 250	0.973	7.786
10	Pek. Beton sloof praktis 15/20 cm K 250	0.263	2.103
11	Pek. Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250	1.151	9.205
12	Pek. Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250	1.065	8.517
13	Pek. Pembesian beton slab	0.932	7.456
14	Pek. Pembesian sloof 20/35 cm		
	Pembesian U 32	5.401	43.210
	Pembesian U 24	3.618	28.947
17	Pek. Pembesian sloof 15/20 cm		
	Pembesian U 24	3.289	26.312
18	Pek. Begesting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	1.518	12.146
19	Pek. Begesting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	1.421	11.367
20	Pek. Begesting sloof 20/35 cm K 250	1.075	8.602
21	Pek. Begesting sloof 15/20 cm K 250	0.501	4.008

Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja rencana berdasarkan data-data pada RAB Rencana dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk durasi riil, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Untuk perbandingan total durasi antara RAB Gedung RKB Rencana dan RAB Gedung RKB Riil pada seluruh pekerjaan yang ada dapat dilihat pada Tabel 7. Untuk perbandingan total durasi pada pekerjaan-pekerjaan yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 7. Total Durasi Pembangunan Gedung RKB Rencana dan Riil

No	Nama	Jumlah (Hari)
1	Durasi Pembangunan Gedung RKB Rencana	177 Hari
2	Durasi Pembangunan Gedung RKB Riil	173 Hari

Tabel 8. Durasi Pembangunan Gedung RKB Rencana Pada Pekerjaan Yang Ditinjau

No	Nama	Durasi	
		Hari	Jam
1	Pekerjaan Galian Pondasi Menerus	2	16
2	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	1	8
3	Pek. Urugan pasir bawah lantai	2	16
4	Pek. Pasangan batu kali 1pc : 6ps	9	72
5	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	14	112
6	Pek. Plesteran bata ringan	9	72
7	Pek. Acian bata ringan	9	72
8	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	1	8
9	Pek. Beton sloof 20/35 cm K 250	2	16
10	Pek. Beton sloof praktis 15/20 cm K 250	1	8
11	Pek. Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250	2	16
12	Pek. Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250	2	16
13	Pek. Pembesian beton slab	1	8
14	Pek. Pembesian sloof 20/35 cm		
15	• Pembesian U 32	3	24
16	• Pembesian U 24	2	16
17	Pek. Pembesian sloof 15/20 cm		
18	• Pembesian U 24	2	16
19	Pek. Begesting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	3	24
20	Pek. Begesting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	3	24
21	Pek. Begesting sloof 20/35 cm K 250	2	16
22	Pek. Begesting sloof 15/20 cm K 250	1	8

Tabel 9. Durasi Pembangunan Gedung RKB Riil Pada Pekerjaan Yang Ditinjau

No	Nama	Durasi	
		Hari	Jam
1	Pekerjaan Galian Pondasi Menerus	1.693	13.543
2	Pek. Urugan tanah peninggian lantai	0.708	5.665
3	Pek. Urugan pasir bawah lantai	2.674	21.396
4	Pek. Pasangan batu kali 1pc : 6ps	6.405	51.242
5	Pek. Pasangan bata ringan t = 12,5 cm	3.031	24.246
6	Pek. Plesteran bata ringan	1.576	12.605
7	Pek. Acian bata ringan	1.915	15.316
8	Pek. Beton slab t = 10cm K 250	0.327	2.614
9	Pek. Beton sloof 20/35 cm K 250	0.973	7.786
10	Pek. Beton sloof praktis 15/20 cm K 250	0.263	2.103
11	Pek. Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250	1.151	9.205
12	Pek. Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250	1.065	8.517
13	Pek. Pembesian beton slab	0.932	7.456
14	Pek. Pembesian sloof 20/35 cm		
15	• Pembesian U 32	5.401	43.210
16	• Pembesian U 24	3.618	28.947
17	Pek. Pembesian sloof 15/20 cm		
18	• Pembesian U 24	3.289	26.312
19	Pek. Begesting kolom 35/35 cm (2 x pakai)	1.518	12.146
20	Pek. Begesting kolom 30/30 cm (2 x pakai)	1.421	11.367
21	Pek. Begesting sloof 20/35 cm K 250	1.075	8.602
22	Pek. Begesting sloof 15/20 cm K 250	0.501	4.008

SIMPULAN

1. Pengaruh optimalisasi tenaga kerja terhadap biaya proyek Gedung RKB SD No. 3 Sulangai sebagai berikut:
 - a. Pada keseluruhan pekerjaan yang ada pada Pembangunan Gedung RKB SD No. 3 Sulangai, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan adanya penghematan Real Cost RAB Gedung RKB dari Rp. 2,140,478,600.95 menjadi Rp. 2,024,196,691.05 atau sebesar 5.43%
 - b. Pada pekerjaan-pekerjaan yang ditinjau pada Pembangunan Gedung RKB SD No. 3 Sulangai, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan adanya penghematan biaya dari Rp. 332,949,723 menjadi Rp. 216,667,813 atau sebesar 34.92%
2. Pengaruh optimalisasi tenaga kerja terhadap jadwal proyek Gedung RKB SD No. 3 Sulangai sebagai berikut:
 - a. Pada keseluruhan pekerjaan yang ada pada Pembangunan Gedung RKB SD No. 3 Sulangai, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan bahwa durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat 4 hari dari 177 hari menjadi 173 hari
 - b. Pada pekerjaan-pekerjaan yang ditinjau pada Pembangunan Gedung RKB SD No. 3 Sulangai, hasil optimalisasi tenaga kerja menunjukkan terjadinya perubahan durasi sebagai berikut:
 - Pada Pekerjaan Galian Pondasi Menerus terdapat percepatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 1.693 hari atau 13.543 jam
 - Pada Pekerjaan Urugan Tanah Peninggian Lantai terdapat percepatan durasi dari 1 hari atau 8 jam menjadi 1.693 hari atau 13.543 jam menjadi 0.708 hari atau 5.665 jam
 - Pada Pekerjaan Pek. Urugan pasir bawah lantai terdapat perlambatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 2.674 hari atau 21.396 jam
 - Pada Pekerjaan Pasangan batu kali 1pc : 6ps terdapat percepatan durasi dari 9 hari atau 72 jam menjadi 6.405 hari atau 51.24 jam
 - Pada Pekerjaan Pasangan bata ringan t = 12,5 cm terdapat percepatan durasi dari 14 hari atau 112 jam menjadi 3.031 hari atau 24.246 jam
 - Pada Pekerjaan Plesteran bata ringan terdapat percepatan durasi dari 9 hari atau 72 jam menjadi 1.576 hari atau 12.605 jam
 - Pada Pekerjaan Acian bata ringan terdapat percepatan durasi dari 9 hari atau 72 jam menjadi 1.915 hari atau 15.316 jam

- Pada Pekerjaan Beton slab $t = 10\text{cm}$ K 250 terdapat percepatan durasi dari 1 hari atau 8 jam menjadi 0.327 hari atau 2.614 jam
- Pada Pekerjaan Beton sloof 20/35 cm K 250 terdapat percepatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 0.973 hari atau 7.786 jam
- Pada Pekerjaan Beton sloof praktis 15/20 cm K 250 terdapat percepatan durasi dari 1 hari atau 8 jam menjadi 0.263 hari atau 2.103 jam
- Pada Pekerjaan Beton kolom 35/35 cm (K1) K 250 terdapat percepatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 1.151 hari atau 9.205 jam
- Pada Pekerjaan Beton kolom 30/30 cm (K2) K 250 terdapat percepatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 1.065 hari atau 8.517 jam
- Pada Pekerjaan Pembesian beton slab terdapat percepatan durasi dari 1 hari atau 8 jam menjadi 0.932 hari atau 7.456 jam
- Pada Pekerjaan Pembesian U32 sloof 20/35 terdapat perlambatan durasi dari 3 hari atau 24 jam menjadi 5.401 hari atau 43.210 jam
- Pada Pekerjaan Pembesian U24 sloof 20/35 terdapat perlambatan durasi dari 2 hari atau 12 jam menjadi 3.618 hari atau 28.947 jam
- Pada Pekerjaan Pembesian U24 sloof 15/20 terdapat perlambatan durasi dari 2 hari atau 12 jam menjadi 3.289 hari atau 26.312 jam
- Pada Pekerjaan Begesting kolom 35/35 cm (2 x pakai) terdapat percepatan durasi dari 3 hari atau 24 jam menjadi 1.518 hari atau 12.146 jam
- Pada Pekerjaan Begesting kolom 30/30 cm (2 x pakai) terdapat percepatan durasi dari 3 hari atau 24 jam menjadi 1.421 hari atau 11.367 jam
- Pada Pekerjaan Begesting sloof 20/35 cm K 250 terdapat percepatan durasi dari 2 hari atau 16 jam menjadi 1.075 hari atau 8.602 jam
- Pada Pekerjaan Begesting sloof 15/20 cm K 250 terdapat percepatan durasi dari 1 hari atau 8 jam menjadi 0.501 hari atau 4.008 jam

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Hanggono, Surendra. 2016. *Analisis Koefisien Harga Satuan Tenaga Kerja di Lapangan Dengan Membandingkan Analisis Sni Pada Struktur Bangunan Gedung Pemerintahan*. Tugas Akhir. Teknik, Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Aufat Akbar, Reskil. 2019. *Analisis Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Pendidikan Jasmani Olahraga Dan Kesehatan Sma Negeri Untuk Wilayah Kota Yogyakarta Ditinjau*

Dari Pendidikan Karakter. Skripsi. Ilmu Keolahragaan, Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

[3] Aurrar, Arthur, B.F. Sompie, Mochtar Sibi, dan Pingkan Pratas. 2014. *Analisis Koefisien Harga Satuan Tenaga Kerja Di Lapangan Dengan Membandingkan Analisis SNI dan Analisis BOW Pada Pembesian dan Bekisting Kolom*. Jurnal Sipil Statik, 2(2), 81-93.

[4] Kareth H. Tarore, Michael, J. Tjakra, dan D.R.O. Walangitan. 2012. *Analisis Optimalisasi Waktu Dan Biaya Dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus: Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading)*. Jurnal Sipil Statik, 1(1), 53-59.

[5] Kementrian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat, 2016, Permen PUPR No.28/PRT/M/2016, *Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*.

[6] Oka Suputra, I Gusti Ngurah. 2011. *Penjadwalan Proyek Dengan Precedence Diagram Method (Pdm) Dan Ranked Position Weight Method (Rpwm)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 15(1), 18-28.

[7] Puspa Negara, Kartika, Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim, dan Marchel Aditha. 2015. *Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dinding Bata Ringan Dengan Metode Sni Dan Ms. Project Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Entrepreneurship Terpadu Universitas Brawijaya Malang*. Jurnal Rekayasa Sipil, 9(2), 159-167.

[8] Rahman, Irfanur. 2010. *Earned Value Analysis Terhadap Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung C Fakultas Mipa Uns)*. Skripsi. Teknik, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

[9] Suardika, I Nyoman. 2019. *Buku Ajar Aplikasi Komputer Mk*. Buku Ajar. Teknik Sipil, D4 Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Badung.

[10] Widadianti, Irika, dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Pt Remaja Rosadakarya.

**ANALISI TINGKAT PENERAPAN SMK3 DAN PENGARUHNYA TERHADAP
KINERJA PENGECORAN BETON BERTULANG PADA PROYEK PASAR
SUKAWATI BLOK C**

Luh Ika Resmi Arditiani ¹, Lilik Sudiajeng ², I Made Suardana Kader³

Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan,
Kabupaten Badung, Bali-80364

E-mail : ikaresmi30@gmail.com

Abstrak : Kecelakaan kerja dan berbagai hal yang bersangkutan dengan keselamatan dan kesehatan kerja di Indonesia khususnya pada bidang jasa konstruksi tergolong cukup tinggi. Terjadinya kecelakaan kerja dapat menjadi salah satu penyebab terganggunya atau terhentinya aktivitas proyek. Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan kerja maka perlu dilakukan penerapan SMK. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan rancangan deskriptif, dalam penelitian ini tingkat penerapan SMK3 berbasis pada Peraturan Pemerintah No.50 Tahun 2012. Objek penelitian ini adalah PT.Adhi Persada Gedung pada proyek Pasar Sukawati Blok C. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat penerapan SMK3 yaitu sebesar 90% dan pengaruhnya terhadap kinerja yaitu sebesar 0,000 dimana $p < 0,05$, r^2 yang di peroleh yaitu 0,800 atau sebesar 80,0 % yang merupakan kontribusi pengaruh yang tinggi terhadap kinerja pengecoran.

Kata Kunci : Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Tingkat Penerapan SMK3, Pengecoran Beton Bertulang, Peraturan Pemerintah No.50 Tahun 2012, Konstruksi

**Analysis of the Implementation of SMK3 and Its Influence on the performance of
Reinforced Concrete Casting in the Sukawati Market Block C Project**

Abstract : Work accidents and various matters related to occupational safety and health in Indonesia, especially in the construction services sector, are quite high. The occurrence of work accidents can be one of the causes of disruption or cessation of project activities. To ensure occupational safety and health, it is necessary to implement SMK. This research is a quantitative study with a descriptive design, in this study the implementation of SMK3 is based on Government Regulation No. 50 of 2012. The object of this research is PT. Adhi Persada Gedung on the Sukawati Market Block C project. The results of this study indicate the level of application of SMK3 is 90% and the effect on performance is 0.000 where $p < 0.05$, the r^2 obtained is 0.800 or 80.0% which is a high influence contribution to the casting performance.

Keywords: *Occupational Health and Safety System, SMK3 Implementation, Reinforced Concrete Casting, Government Regulation No. 50 of 2012, Construction.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terjadinya kecelakaan dapat menjadi salah satu penyebab terganggunya atau terhentinya aktivitas pekerja proyek. Keselamatan kerja mengandung arti bagaimana seseorang menjaga keselamatan tim maupun diri sendiri karena beban pekerjaan di lapangan mengharuskan para pekerja mendapat perlindungan agar dapat bekerja dengan maksimal. Oleh karena itu untuk mengurangi kecelakaan kerja maka pada saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi diwajibkan untuk menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) dilokasi pelaksanaan proyek konstruksi. Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) adalah pengelolaan K3 dengan menerapkan sistem manajemen untuk mencapai hasil yang maksimal dalam mencegah kecelakaan kerja. SMK3 juga memiliki arti sebagai upaya pelaksanaan keselamatan kerja secara baik sesuai dengan peraturan -peraturan yang berlaku untuk meminimalisir kecelakaan kerja yang mungkin terjadi di dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Dari berbagai masalah yang di temukan di lapangan maka perlu di lakukan analisis tentang tingkat penerapan SMK3 terhadap metoda pelaksanaan pekerjaan pengecoran beton bertulang sehingga di dapat data yang di gunakan untuk meyakinkan para pelaksana proyek bahwa penerapan SMK3 merupakan investasi yang dapat melipat gandakan keuntungan dan juga menjadi informasi bagi pemerintah bahwa penerapan peraturan perundang-undangan tentang SMK3 masih rendah dan memerlukan hal yang lebih intensif seperti pengawasan tentang penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) pada proyek konstruksi. Selanjutnya dari pengamatan dapat diketahui bahwa tingkat dari penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) pada metoda pekerjaan pengecoran beton bertulang, Berdasarkan latar belakang yang telah di jabarkan diatas ,peneliti mengambil judul “ Analisis Tingkat Penerapan SMK3 dalam Rancangan Metoda Pelaksanaan Pekerjaan dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Pengecoran Beton Bertulang pada Proyek Pasar Sukawati Blok C”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang dapat diuraikan untuk proposal penelitian ini adalah:

1. Se jauh mana tingkat penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) berbasis PP No.50 Tahun 2012 dalam pekerjaan pengecoran beton bertulang pada proyek Pasar Sukawati Blok C?
2. Se jauh mana pengaruh penerapan sistem manajemen keselamatan dan Kesehatan kerja (SMK3) berbasis PP No.50 Tahun 2012 terhadap kinerja pengecoran beton bertulang pada Pasar Sukawati Blok C?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis tingkat penerapan sistem keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) berbasis PP No.50 Tahun 2012 dalam pekerjaan pengecoran beton bertulang pada proyek “Pasar Sukawati Blok C ”
2. Untuk mengukur seberapa besar pengaruh penerapan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) berbasis PP No.50 Tahun 2012 terhadap kinerja pengecoran beton bertulang pada proyek “Pasar Sukawati Blok C”

II. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Objek penelitian yang akan diteliti adalah Proyek Pembangunan Pasar Sukawati Blok C Sukawati, Kabupten Gianyar. Penelitian ini menggunakan kuantitatif korelasional

2.2 Penentuan Sumber Data

Pada penelitian ini, data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data primer : data skor tingkat penerapan SMK3 dan pengaruhnya terhadap kinerja pengecoran beton bertulang.
2. Data sekunder : data yang di peroleh dari jurnal dan peraturan pemerintah No 50 tahun 2012.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan terikat. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing variabel tersebut :

1. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu tingkat penerapan SMK3.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi pengaruhnya terhadap kinerja pengecoran beton bertulang.

2.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang dimaksud adalah instrumen atau peralatan yang akan digunakan pada saat pengolahan data. Instrumen tersebut diantaranya yaitu microsoft word, microsoft excel, SPSS.

2.5 Analisis Data

Setelah data terkumpul, selanjutnya di lakukan analisis data. Pada penelitian ini digunakan teknik analisi data kuantitatif korelasional yaitu menggunakan table frekuensi yang merupakan analisis terhadap jawaban responden. Data yang telah di analisis di sajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah dalam memahami hasil penelitian. Sebelum melakukan analisis data maka perlu di lakukan tahapan-tahapan data sebagai berikut. Editing merupakan proses pengecekan dan penyesuaian yang di peroleh terhadap data penelitian untuk memudahkan pemrosesan data dengan teknik statistik, Coding merupakan kegiatan pemberian data berupa angka pada jawaban dari kuisisioner untuk kemudian di kelompokkan ke dalam kategori yang sama yang tujuannya untuk menyederhanakan jawaban, Skoring yaitu mengubah data yang bersifat kualitatif ke dalam bentuk kuantitatif. Dalam pembetulan skor ini di gunakan presentase yaitu dari angka 1% sampai 100%, Tabulating yaitu menyajikan data-data yang di peroleh dalam tabel sehingga diharapkan pembaca dapat melihat hasil dari penelitian ini dengan jelas. Setelah proses tabulating selesai kemudian data yang di dapat di lanjutkan dengan pengolahan data pada program computer *statistical program the social sciences (SPSS)*, sehingga akan di dapatkan kesimpulan dari hasil kuisisioner yang berupa penerapan SMK3 dan pengaruh terhadap kinerja.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahap Informasi

1. Data Proyek

Pasar seni sukawati adalah pasar yang menjual berbagai macam kerajinan khas bali. Terletak di lokasi yang strategis yang merupakan daerah yang terdapat seni yang sangat kuat, Sukawati Gianyar, Bali. Selain jarak yang mudah di tempuh lokasi pasar seni sukawati juga dekat dengan wisata seperti pura tirta empul.

PT. Adhi Persada Gedung yang memenangkan lelang dan selanjutnya menjalankan proyek Pasar Sukawati Blok C ini. Luas bangunan proyek ini yaitu 10.115,69 m² dengan tinggi bangunan yaitu 19,9 m, proyek Pasar Sukawati Blok C memiliki 6 lantai yaitu

basemen 1, basment 2, lantai 1, lantai 2, lantai 3, lantai top/atap. Biaya dari pembangunan ini Rp.75.998.268.000,00,-. Waktu pelaksanaan proyek ini 360 hari kalender.

2. Subjek Penelitian

Subyek dalam penelitian ini adalah leader K3 dan pekerja PT Adhi Persada Gedung pada proyek Pasar Sukawati Blok C di Kabupaten Gianyar sebanyak 30 orang yang mengisi kuisioner pada saat penelitian berlangsung. Terdapat karakteristik subyek yang di masukkan dalam penelitian,yaitu berdasarkan usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan.

3. Tingkat Pelaksanaan SMK3

Dalam penelitian ini pelaksanaan SMK3 di ukur melalui komponen penerapan SMK3 yang sebagaimana disajikan dalam tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Persentase Komponen Perencanaan SMK3

NO	VARIABEL	N SAMPEL	RATA- RATA
Kebijakan K 3			
1	Terdapat kebijakan K3 yang tertulis, bertanggung, ditandatangani oleh pengusaha atau pengurus, secara jelas menyatakan tujuan dan sasaran K3 serta komitmen terhadap peningkatan K3	30	92%
2	Kebijakan disusun oleh pengusaha dan atau pengurus setelah melalui proses konsultasi dengan wakil tenaga kerja	30	89%
3	perusahaan mengkomunikasikan kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja kepada seluruh tenaga kerja, tamu, kontraktor, pelanggan dan pemasok dengan tata cara yang tepat	30	89%
Perencanaan K3			
1	perencanaan di lakukan dengan mempertimbangkan identifikasi bahaya, penilaian dan pengendalian resiko	30	87%
2	semua pekerja, kontraktor, dan pihak terkait yang bekerja di PT Adhi Persada Gedung bertanggung jawab dan menyediakan sumber daya yang memadai untuk penetapan kebijakan K3	30	91%
3	Rencana K3 di susun dan di tetapkan oleh perusahaan dengan mengacu pada Kebijakan K3	30	88%
4	Penetapan tujuan dan sasaran K3 di konsultasikan dengan wakil tenaga kerja	30	90%
5	perusahaan melakukan perancangan dan rekayasa untuk pengendalian risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja	30	89%

Pelaksanaan Rencana K3			
1	Pekerja di beri arahan tentang bagaimana menggunakan APD secara benar dan memelihara APD secara benar dalam kondisi layak pakai	30	90%
2	informasi K3 terbaru di komunikasikan ke tenga kerja	30	92%
3	petugas yang berkompeten telah mengidentifikasi dan menilai potensi bahaya dan risiko K3 yang berkaitan dengan operasi kerja	30	91%
4	sosialisasi informasi cara penggunaan alat yang di gunakan mengenai identifikasi, penilaian dan pengendalian resiko penyakit akibat kerja	30	89%
JUMLAH			1078%
RATA-RATA			90%

Dari tabel 4.5 di atas dapat dilihat bahwa tingkat pelaksanaan SMK3 di ukur dengan hasil persentase komponen pelaksanaan dalam kategori memuaskan dengan rata-rata persentase 90%.

4. Kinerja

Dalam penelitian ini kinerja SMK3 pada pengecoran beton bertulang di ukur melalui komponen kinerja SMK3 yang sebagaimana disajikan dalam tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Hasil Persentase Komponen Kinerja SMK3 pada Pengecoran Beton Bertulang

NO	VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
Pemantauan dan Evaluasi Kinerja K3			
1	Perusahaan melakukan pemantauan dan evaluasi kinerja K3	30	88%
2	Pemeriksaan atau inspeksi di laksanakan oleh petugas yang berkompeten dan berwenang dalam menilai potensi bahaya dan resiko kecelakaan kerja	30	88%
3	Pelaksanaan pemantauan dan evaluasi kinerja K3 di lakukan dengan ketentuan peraturan perundang undangan	30	88%

Peninjauan dan Peningkatan Kinerja SMK3			
1	Perusahaan melakukan peninjauan untuk menjamin kesesuaian dan efektifitas penerapan SMK3	30	89%
2	Adanya masukan tentang perbaikan dan peningkatan kinerja dari pekerja / buruh	30	90%
3	Melakukan peninjauan ulang terhadap penerapan SMK3 secara berkala	30	88%
JUMLAH			531%
RATA-RATA			89%

Dari tabel 4.6 di atas dapat dilihat bahwa kinerja SMK3 pada pekerjaan pengecoran beton bertulang diukur dengan hasil persentase komponen kinerja SMK3, kinerja SMK3 pada pekerjaan pengecoran beton bertulang dikategorikan memuaskan dengan rata-rata 89%.

4.2 Analisa data

1. Uji Normalitas

Tabel 4.8 Hasil Normalitas *Shapiro-wilk*

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TINGKAT PENERAPAN	0.093	30	.200*	0.971	30	0.567
KINERJA	0.107	30	.200*	0.945	30	0.128

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Sumber : Hasil penelitian 2021

Berdasarkan tabel 4.8 di atas data tingkat penerapan SMK3 pada kolom Shapiro-Wilk tertulis signifikasinya 0.567, kemudian pada data kinerja pengecoran beton bertulang diketahui signifikansinya sebesar 0.128. dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas Shapiro –Wilk yang pertama, jika nilai sig. > 0.05, data berdistribusi normal, lalu yang kedua jika nilai sig. <0.05, data tidak berdistribusi normal. Data yang diperoleh pada nilai tingkat penerapan SMK3 dan kinerja pengecoran beton bertulang seperti yang terlihat pada tabel 4.8 di atas, terlihat bahwa nilai hasil lebih dari 0.05. Hal

tersebut menunjukkan bahwa data tingkat penerapan SMK3 dan kinerja pengecoran beton bertulang berdistribusi normal atau memenuhi persyaratan uji normalitas data.

2. Uji Linieritas

Tabel 4.9 Hasil Linieritas

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
KINERJA PENGECORAN BETON BERTULANG *TINGKAT PENERAPAN	Between Groups	(Combined)	925.867	16	57.867	8.816	0.000
		Linearity	808.611	1	808.611	123.187	0.000
		Deviation from Linearity	117.256	15	7.817	1.191	0.380
	Within Groups		85.333	13	6.564		
	Total		1011.200	29			

Berdasarkan signifikansi dari output di atas di peroleh nilai signifikansi = 0.380 maka hasilnya (0.380 > 0.05) yang artinya adanya hubungan linier antara variabel bebas dan variabel terikat secara signifikan , berdasarkan nilai F, dari output di atas di peroleh F hitung 1.191 (F hitung < F tabel). Karena F hitung lebih kecil dari F tabel maka dapat di simpulkan bahwa hubungan linieritas terpenuhi.

3. Uji Heterokedastisitas

Tabel 4.10 Hasil Uji Heteroskedastisitas

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.153	5.093		1.405	0.171
	TINGKAT PENERAPAN	-0.058	0.057	-0.189	-1.016	0.318

a. Dependent Variable: Res_Abs

Berdasarkan tabel 4.10 di atas dapat di ketahui bahwa nilai signifikansi variabel independen dalam regresi menunjukkan nilai 0.318 lebih besar dari 0.05. Oleh karena itu, dapat di katakan bahwa variabel independen tidak mengalami heteroskedastisitas.

4. Uji Regresi Linier Sederhana

Tabel 4.11 Hasil Analisis Regresi Linier Sederhana

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	808.611	1	808.611	111.759	.000 ^b
	Residual	202.589	28	7.235		
	Total	1011.200	29			
a. Dependent Variable: KINERJA						
b. Predictors: (Constant), TINGKAT PENERAPAN						

Sumber : Hasil penelitian 2021

Dari tabel 4.11 di atas dapat bahwa F hitung = 111.759 dengan tingkat signifikansi sebesar $0.000 < 0.05$, maka model regresi dapat di pakai untuk memprediksi variabel partisipan atau dengan kata lain terdapat pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat. Selanjutnya besarnya nilai korelasi/ hubungan (R) yaitu sebesar 0.894. dari output tersebut di peroleh koefisien determinasi (*R square*) sebesar 0.800 yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah sebesar 80.0%.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dari hasil analisis yang telah di lakukan, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian tingkat penerpan SMK3 pekerjaan pengecoran beton bertulang yang berbasis PP No.50 Tahun 2012 dengan rata-rata nilai scor yaitu sebesar 90% dimana termasuk dalam kategori tingkat penerapan memuaskan.
2. Berdasarkan pada analisis data regresi linier sederhana memiliki pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) yang di dapat nilai analisis yaitu 0,000 maka dapat di nyatakan signifikan karena nilai $p < 0,05$. Selanjutnya berdasarkan *R square* = 0,800 di dapat kompetensi pekerja memiliki nilai presentase tertinggi yaitu 80,0%, yang berarti tingkat penerapan SMK3 memberikan kontribusi pengaruh yang tinggi terhadap kinerja pengecoran beton bertulang sebesar 80,0%.

4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian maka dapat disampaikan saran penelitian sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan PT Adhi Persada Gedung pada proyek Pasar Sukawati Blok C telah memperhatikan dengan baik sistem penerapan SMK3 di proyek dengan acuan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 dengan nilai skor rata-rata yang di dapat sebesar 90%, namun hasil dalam penyebaran kuisioner masih terdapat nilai yang rendah, maka dari itu perlu adanya peningkatan pada penerapan SMK3 dan juga dari pihak manajemen lebih memperhatikan penerapan SMK3 di lapangan.
2. Bagi penelitian selanjutnya, penelitian ini di harapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan tingkat penerapan SMK3 dan pengaruhnya terhadap kinerja dengan tambahan variabel yang belum di analisis pada penelitian ini yaitu tingkat resiko yang terjadi terhadap kinerja pengecoran beton bertulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Mansyur (2012), *Manajemen Pembiayaan Proyek*, Penerbit: laksana Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik 2016 Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi yang diderita.
- Gray dan Larson, (2006) *The Managerial Process* 3th Edition McGraw Hill Company, New York.
- Widodo Siswawarjo (2003), *Norma Kesehatan dan Keselamatan Kerja Karyawan*, Edisi 1. Yogyakarta.
- Tasliman, H.A (1993), *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Bahan Ajar)*, Yogyakarta: UNY.
- Suma'mur (1989), *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*, Cetakan Keempat. Jakarta CV. Haji Mas Agung.
- Undang-Undang Tentang Keselamatan Kerja*, UU No. 1 Tahun 1970, LN No. 1 Tahun 1970, TLN No. 2918
- Peraturan Menteri tenaga Kerja R.I. No. Kep. 463/MEN/1993 Tentang Pola Gerakan Nasional Membudayakan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja.

EVALUASI PENGGUNAAN ALAT BERAT EXCAVATOR PC78 PADA PEKERJAAN GALIAN *GUTTER* PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG PABRIK PT. URBAN ASIA INDUSTRI DAN DAMPAKNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS

I Ketut Agus Maesa Arigunawan¹⁾, I Made Suardana Kader²⁾, Kadek Adi Suryawan³⁾

Program Studi DIV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

E-mail : maesaarigunawan@gmail.com

Abstract

Development growth in Indonesia has increased every year. In large-scale development, the role of heavy equipment is indispensable in the project's sustainability process. In the use of heavy equipment, the calculation of the productivity of the heavy equipment used will affect the sustainability of the project. If the productivity of the heavy equipment used is not in accordance with the scheduled time, then a re-analysis is carried out on the tools used and compared with other tools that allow for better productivity, so that the work done can be completed according to the planned time. From the calculation of productivity and the specifications of the known tools, the cost to do a job using the selected tool can be calculated. The tool in the project being reviewed is a Komatsu PC78 excavator which is operated as a digging tool for drainage work while moving excavated material to other empty areas. The productivity of the Komatsu PC78 excavator based on field observations is 29.27 m³/hour LM for excavation work and 30.26 m³/hour LM for loader work. If the tool is calculated analytically, the productivity is 71.20 m³/hour LM for excavation work and 56.96 m³/hour LM for loading work. The productivity of the Komatsu PC78 excavator based on the results of field observations is 29.27 m³/hour LM for excavation work and 30.26 m³/hour LM for loader work. If the tool is replaced using a Komatsu PC100 excavator, the productivity of the tool will increase to 94.93 m³/hour LM for excavation work and 75.94 m³/hour LM for loader work. Komatsu PC78's HSP for excavation work is worth Rp.12,508.00/m³, and for loader work, it is worth Rp.5,142.16/m³, while the HSP of Komatsu PC100 excavator is Rp.4,722.90/m³ for excavation work and Rp.5,133.59/m³ for loader work.

Keywords: Heavy equipment, productivity, time, cost

Abstrak

Pertumbuhan pembangunan di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dalam pembangunan skala besar, peran dari alat berat sangat diperlukan dalam proses keberlangsungan proyek. Dalam penggunaan alat berat, perhitungan produktivitas alat berat yang digunakan akan mempengaruhi keberlangsungan proyek tersebut. Jika produktivitas alat berat yang digunakan tidak sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan, maka dilakukan analisis kembali terhadap alat yang digunakan dan membandingkan dengan alat lain yang memungkinkan untuk mendapatkan produktivitas yang lebih baik, sehingga pekerjaan yang dikerjakan dapat tuntas sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Dari perhitungan produktivitas serta spesifikasi alat yang diketahui, maka biaya untuk melakukan suatu pekerjaan dengan menggunakan alat yang dipilih akan dapat dihitung. Alat pada proyek yang ditinjau adalah alat berat jenis *excavator komatsu PC78* yang dioperasikan sebagai alat penggali untuk pekerjaan saluran drainase sekaligus memindahkan material hasil galian pada area kosong lainnya. Produktivitas dari *excavator komatsu PC78* berdasarkan hasil peninjauan lapangan adalah 29,27 m³/Jam LM untuk pekerjaan galian dan 30,26 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat. Jika alat tersebut dihitung secara analitis maka besarnya produktivitas adalah 71,20 m³/Jam LM untuk pekerjaan galian dan 56,96 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat. Jika alat diganti menggunakan *excavator komatsu PC100* maka produktivitas alat akan mengalami peningkatan menjadi 94,93 m³/Jam LM untuk pekerjaan galian dan 75,94 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat. HSP *komatsu PC78* untuk pekerjaan galian bernilai Rp.12.508,00/m³, dan untuk pekerjaan pemuat bernilai Rp.5.142,16/ m³, sedangkan HSP dari *excavator komatsu PC100* adalah Rp.4.722,90/ m³ untuk pekerjaan galian, dan Rp.5.133,59/ m³ untuk pekerjaan pemuat.

Kata Kunci: Alat berat, produktivitas, waktu, biaya

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, hal ini juga tentu sangat berpengaruh pada bidang konstruksi. Hampir seluruh sektor konstruksi mengalami pertumbuhan, mulai dari pembangunan gedung, jembatan, bandara, pelabuhan, jalan, dan lain – lainnya. Dalam proses pembangunan berskala besar, peranan alat berat tentunya sangat dibutuhkan untuk mendukung proses didalamnya. Alat berat mempunyai peranan penting dalam proses pembangunan karena alat berat dapat mempermudah pekerjaan yang dikerjakan. Selain itu dengan bantuan alat berat pekerjaan dapat berjalan lebih efektif dan juga efisien sehingga pekerjaan dapat selesai tepat dengan waktu yang telah dijadwalkan.

Berdasarkan referensi [1] pekerjaan teknik sipil yang berskala besar perlu menggunakan alat berat. Alat berat menurut fungsinya masing masing antara lain alat penggali, pemuat, pengangkut, penghampar, dan alat pemadat. Alat harus digunakan secara efisien sehingga pengguna perlu mengetahui kemampuan alat, jenis – jenis alat, keterbatasan alat, serta biaya operasional alat. Produktivitas alat berat bergantung pada jenis atau type alat, metode kerja, kondisi medan, serta waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Dalam menentukan penggunaan alat berat pada pekerjaan galian tanah sebaiknya memperhatikan kondisi tanah dilapangan dan banyaknya volume pekerjaan yang dikerjakan, sehingga perbandingan alat berat yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan situasi dan kondisi dilapangan dapat berdampak pada rendahnya produktivitas alat dan tidak tercapainya jadwal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, sebelum mempertimbangkan pemilihan alat yang akan digunakan sebaiknya mempertimbangkan jenis, kapasitas, volume, dan fungsi alat berat untuk mengoptimalkan penggunaan alat berat.

Jumlah alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan tersebut tentunya akan berpengaruh pada biaya pelaksanaan proyek. Selain itu, jumlah alat berat juga akan mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek juga. Agar dapat mengetahui jumlah alat berat yang digunakan pada proyek, harus dilakukan peninjauan kembali baik itu jumlah alat berat yang digunakan maupun besarnya biaya pelaksanaannya. Maka dari itu pengambilan judul penelitian “Evaluasi Penggunaan Alat Berat pada Proyek Pembangunan

Gudang Pabrik PT. Urban Asia Industri dan Dampaknya Terhadap Produktivitas” dilakukan bertujuan agar dapat menyusun metode baru yang bertujuan menghasilkan produktivitas yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jenis metode deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif merupakan jenis metode yang menggambarkan suatu objek dan subjek yang sedang diteliti tanpa adanya rekayasa. Termasuk mengenai hubungan tentang kegiatan, pandangan, sikap, dan proses – proses yang berpengaruh dengan fenomena yang terjadi.

Metode ini menyangkut pengelompokan data secara teratur dan terperinci, sehingga data memberikan gambaran yang dapat dimengerti, selanjutnya kelompok – kelompok data ini dianalisis dan dihubungkan satu sama lain sehingga dapat ditarik kesimpulan dari penelitian

Alat Berat

Menurut Jurnal dari Edi Nurhadi Kulo Joice E. Waani, Oscar H. Kaseke alat berat adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek – proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Menurut Rochmanhadi (1992) melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menggabungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Peralatan konstruksi (*construction plant*) merupakan salah satu sumber daya terpenting yang dapat mendukung tercapainya suatu tujuan yang diinginkan, pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7 – 15% dari biaya proyek

Sumber Data

Data dan informasi untuk keperluan analisis yang berkaitan dengan penelitian dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Dalam hal ini sumber data yang

didapat terdiri dari data primer dan data sekunder yang diperoleh dari permohonan data yang diajukan kepada proyek yang bersangkutan.

Produktivitas

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia produktivitas adalah kemampuan untuk menghasilkan sesuatu, sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas alat berat adalah kemampuan alat berat untuk menghasilkan sesuatu persatuan waktu. perhitungan produksi peralatan didasarkan pada fungsi peralatan yang bersangkutan dan cara atau metode memfungsikannya. Rumus perhitungan produksi peralatan berbeda untuk fungsi dan jenis alat yang berbeda, tetapi tidak mutlak, karena beberapa peralatan yang berbeda fungsi dan jenis dapat mempunyai rumusan yang sama. Rumus perhitungan produktivitas alat berat yang digunakan adalah:

$$Q = \left(\frac{60 \times q}{Ct} \right) \times E$$

Keterangan:

- Q : Produktivitas
q : Kapasitas *Bucket*
Ct : Waktu Siklus Alat
E : Job Faktor Alat

Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material dalam suatu pekerjaan dilakukan berulang ulang. Waktu yang diperlukan dalam siklus pekerjaan tersebut disebut dengan waktu siklus (*cycle time*). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur seperti waktu muat, waktu angkut, waktu bongkar, dan juga waktu tunggu. Waktu siklus yang digunakan mengambil rata – rata dari minimal 30 kali waktu siklus suatu alat. Sedangkan secara analitis waktu siklus dihitung menggunakan rumus:

$$Cta = Ct \times R$$

Keterangan:

- Cta : Waktu Siklus Analitis
Ct : Nilai Dari Tabel Ct
R : Nilai Dari Tabel R

Analisis Biaya Penggunaan Alat Berat

Biaya penggunaan peralatan dihitung berdasarkan keperluan biaya untuk mengoperasikan alat per 1 (satu) jam pengoperasian, yang harus memperlihatkan komponen biaya seperti biaya kepemilikan, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.

Analisis HSP

Hasil kerja atau produksi peralatan adalah ekuivalen dengan jumlah biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan peralatan. Atas dasar itu maka nilai atau harga hasil kerja persatu-satuan volume yang disebut Harga Satuan Pekerjaan Alat adalah hasil bagi antara biaya penggunaan alat berat dengan hasil kerja atau produksi alat. Jadi:

$$HSP.A = \frac{B}{Q} \rightarrow Rp/m^3$$

Dimana:

HSP.A : Harga satuan pekerjaan alat

B : Biaya penggunaan alat

Q : Produksi alat

Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian, penulis mengumpulkan data serta informasi yang relevan dilapangan melalui pengamatan dan wawancara langsung terhadap objek penelitian. Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah gabungan antara data primer dan data sekunder dari penelitian adalah dengan cara pengamatan dan juga melakukan wawancara langsung di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proyek pembangunan gudang pabrik PT. Asia Urban Industri yang berlokasi di Br. Dinas Pekilen, Desa Selanbawak, Kecamatan Marga, Tabanan diperoleh data yang akan membantu menjawab dari rumusan masalah melalui survei langsung dilapangan sebagai berikut:

Analisis Produktivitas *Komatsu PC78*

Berdasarkan hasil survei di lapangan dan juga analisis dari *job factor* alat, maka untuk produktivitas alat sebagai penggali didapat sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Produktivitas *Backhoe (Excavating)*

Untuk pekerjaan alat sebagai pemuat diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan Produktivitas *Backhoe (Loading)*

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Waktu Siklus (Ct)	0,42	Menit
2	Kapasitas Bucket (q)	0,30	m ³
3	Job Faktor (E)	0,712	
4	Produktivitas (Q) = 60 x q / ct x E	30,26	m³/Jam LM

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Waktu Siklus (Ct)	0,44	Menit
2	Kapasitas Bucket (q)	0,30	m ³
3	Job Faktor (E)	0,712	
4	Produktivitas (Q) = 60 x q / ct x E	29,27	m³/Jam LM

Apabila produktivitas alat dihitung secara analitis, sebagai pengganti produktivitas alat didapat sebagai berikut:

Tabel 3. Produktifitas Alat Analitis (*Excavating*)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Waktu Siklus (Ct)	0,18	Menit
2	Kapasitas Bucket (q)	0,30	m ³
3	Job Faktor (E)	0,712	
3	Produktivitas (Q) = 60 x q / ct x E	71,20	m³/Jam LM

Untuk pekerjaan alat sebagai pemuat diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Produktifitas Alat Secara Analitis (*Loading*)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Waktu Siklus (Ct)	0,225	Menit
2	Kapasitas Bucket (q)	0,30	m ³
3	Job Faktor (E)	0,712	
3	Produktivitas (Q) = 60 x q / ct x E	56,96	m³/Jam LM

Analisis Produktivitas *Komatsu PC100*

Hasil analisis produktivitas *Komatsu PC100* yang dihitung secara analitis sebagai penggali adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan Produktivitas Analitis Komatsu PC100 (*Excavating*)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Job Faktor (E)	0,757	
2	Waktu Siklus (Ct)	0,18	Menit
3	Kapasitas Bucket (q)	0,40	M ³
4	Produktivitas (Q) = 60 x q / Ct x E	94,93	M³/Jam LM

Untuk alat bekerja sebagai pemuat didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Produktivitas Analitis

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Job Faktor (E)	0,757	
2	Waktu Siklus (Ct)	0,23	Menit
3	Kapasitas Bucket (q)	0,40	M ³
4	Produktivitas (Q) = 60 x q / Ct x E	75,94	M³/Jam LM

Analisis Biaya *Komatsu PC78*

Hasil analisis dalam penggunaan alat *excavator Komatsu PC78* sebagai penggali dengan produktivitas real dilapangan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. HSP Alat Komatsu PC78 (*Excavating*)

No	Uraian	Harga Total	Satuan
I	Biaya Langsung	Rp 241,173.12	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 193,923.12	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 48,234.62	Rp./Jam
III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp 43,411.16	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp 33,281.89	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp 366,100.80	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp 12,508.00	Rp/m³

Untuk alat yang bekerja sebagai pemuat hasil analisis biayanya adalah sebagai berikut:

Tabel 8. HSP Alat Komatsu PC78 (*Excavating*)/Analitis

No	Uraian	Harga Total	Satuan
----	--------	-------------	--------

I	Biaya Langsung	Rp 241,173.12	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 193,923.12	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 48,234.62	Rp./Jam
III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp 43,411.16	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp 33,281.89	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp 366,100.80	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp 5,142.16	Rp/m3

Untuk hasil analisis dalam penggunaan alat *excavator komatsu PC78* sebagai penggali dengan produktifitas yang dihitung secara analitis adalah sebagai berikut:

Tabel 9. HSP Alat Komatsu PC78 (*Loading*)

No	Uraian	Harga Total	Satuan
I	Biaya Langsung	Rp 241,173.12	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 193,923.12	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 48,234.62	Rp./Jam
III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp 43,411.16	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp 33,281.89	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp 366,100.80	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp 12,100.43	Rp/m3

Untuk alat yang bekerja sebagai pemuat hasil analisis biayanya adalah sebagai berikut:

Tabel 10. HSP Alat Komatsu PC78 (*Loading*)/Analitis

No	Uraian	Harga Total	Satuan
I	Biaya Langsung	Rp 241,173.12	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 193,923.12	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 48,234.62	Rp./Jam

III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp	43,411.16	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp	33,281.89	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp	366,100.80	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp	6,427.71	Rp/m3

Analisis Biaya *Komatsu PC100*

Untuk hasil analisis dalam penggunaan alat *excavator Komatsu PC100* sebagai penggali dengan produktifitas yang dihitung secara analitis adalah sebagai berikut:

Tabel 11. HSP Alat Komatsu PC100 (*Excavating*)

No	Uraian	Harga Total	Satuan
I	Biaya Langsung	Rp 321,027.69	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 273,777.69	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 64,205.54	Rp./Jam
III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp 57,784.98	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp 44,301.82	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp 487,320.03	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp 4,722.90	Rp/m3

Untuk alat yang bekerja sebagai pemuat hasil analisis biayanya adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Alat Komatsu PC100 (*Loading*)

No	Uraian	Harga Total	Satuan
I	Biaya Langsung	Rp 321,027.69	Rp./Jam
	I.1 Biaya Kepemilikan	Rp 12,600.00	Rp./Jam
	I.2 Biaya Operasional	Rp 273,777.69	Rp./Jam
	I.3 Biaya Perbaikan	Rp 34,650.00	Rp./Jam
II	Biaya Tak Langsung (20% dari biaya langsung)	Rp 64,205.54	Rp./Jam
III	Keuntungan (15% dari BL dan TL)	Rp 57,784.98	Rp./Jam
IV	Pajak (10% dari BL+TL+Keuntungan)	Rp 44,301.82	Rp./Jam
	Total Biaya	Rp 487,320.03	Rp./Jam
	HSP Excavator (B/Q)	Rp 5,133.59	Rp/m3

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian berupa survei langsung ke lapangan dan juga secara analitis, maka kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis yang menggunakan data *real* di lapangan, alat yang digunakan pada proyek pembangunan gudang pabrik PT. Asia Urban Industri adalah alat berat jenis *excavator Komatsu PC78* yang difungsikan sebagai penggali (*excavating*) dan pemuat (*loading*) dengan produktivitasnya adalah 29,27 m³/Jam LM untuk pekerjaan penggali, dan 30,26 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat. Apabila dihitung secara analitis, dengan alat yang sama dan juga spesifikasi yang sama. Maka produktivitas dari alat *excavator Komatsu PC78* adalah 71,20 m³/Jam LM untuk pekerjaan penggali dan 56,96 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat.
2. Apabila dirancang dengan metode lain, dalam hal ini menggunakan alat yang berbeda yakni *excavator Komatsu PC100*, maka produktivitas yang diperoleh oleh alat tersebut adalah sebesar 94,93 m³/Jam LM untuk pekerjaan penggali dan 75,94 m³/Jam LM untuk pekerjaan pemuat. Peningkatan produktivitas yang diperoleh dari penggunaan alat ini dibandingkan dengan alat di lapangan adalah 65,66 m³/Jam LM untuk pekerjaan penggali jika dibandingkan produktivitas *real* dan sebesar 23,27 m³/Jam LM apabila dibandingkan dengan produktivitas analitis alat yang ada di lapangan. Sedangkan untuk pekerjaan pemuatnya akan mengalami peningkatan sebesar 45,68 m³/Jam LM jika dibandingkan dengan produktivitas *real* alat, dan 18,98 m³/Jam LM jika dibandingkan dengan produktivitas analitis alat yang ada di lapangan.
3. Selisih biaya dari penggunaan kedua alat tersebut adalah sebesar Rp5.896.550,82 pada pekerjaan galian dan Rp4.544.465,40 pada pekerjaan pemuat jika menggunakan perbandingan HSP secara alat lapangan dengan HSP alat rencana. Selisih biaya akan mengecil apabila HSP yang digunakan berasal dari perhitungan analitis alat. Selisih biayanya adalah sebesar Rp6.859,58 untuk pekerjaan galian dan Rp8.574,47 untuk pekerjaan pemuat.

Adapun saran – saran sebagai berikut:

1. Untuk peningkatan produktivitas alat, ada beberapa hal yang bisa dilakukan seperti melakukan perhitungan secara analitis agar bisa membandingkan hasil

produktivitas alat secara *real* di lapangan dan secara analitis agar bisa ditemukan penyebab dari perbedaan produktivitas alat.

2. Peningkatan produktivitas dengan cara lainnya juga bisa dilakukan dengan memilih alternatif alat lain yang sebelumnya sudah dihitung produktivitas yang diperoleh oleh alat sehingga bisa menjadi sebuah pertimbangan dalam pemilihan alat.

3. Sebelum memilih alat juga tentunya harus dilakukan perhitungan biaya dari penggunaan alat seperti biaya langsung, biaya tak langsung, pajak, hingga keuntungan sehingga nantinya bisa memperkirakan penawaran harga terhadap pekerjaan yang akan diambil.

DAFTAR PUSTAKA

Kholil,Ahmad.2012.*AlatBerat*.Bandung:PT Remaja Rosdakarya

Kulo, E. N., Waani, J. E., & Kaseke, O. H. (2017). *ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT UNTUK PEKERJAAN PEMBANGUNAN JALAN (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur)*. JURNAL SIPIL STATIK, 5

Muzayanah, Y. 2008 Pemodelan proporsi sumber daya proyek konstruksi (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).

Siyoto Sandu & Sodik M. Ali, (2015). Dasar metodologi penelitian. Literasi media publishing, juni 2015.

Rochmanhadi.1992. *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta:YBPPU

Rostiyanti, Susy Fatena. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta:PT Rineka Cipta

Suryawan, Adi. 2019. *Manajemen Alat Berat*. Yogyakarta:Cv. Budi Utomo

**ANALISIS EFISIENSI BIAYA PERKUATAN LERENG EKSISTING DARI
BETON DIBANDINGKAN DENGAN METODE GEOTEKSTIL (Studi Kasus:
Lereng di Desa Sulangai Kecamatan Petang)**

Nyoman Gede Rio Saputra¹⁾, I Wayan Wiraga²⁾, I Wayan Suasira³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

¹⁾ manrio1234@gmail.com, ²⁾ wiraga1964@gmail.com, ³⁾ suasira@gmail.com

Abstract

The slope in Sulangai Village, Petang District has a height of 25 m with sandy silt soil type. On 01/12/2016, landslides occurred at 2 points, namely the Pura Pucak Mangu highway, precisely in Angantiga village and at the Kancing Gumi Temple road in Sulangai village, causing the route to be cut off. The landslide on this main line made traffic flow completely paralyzed. Slope reinforcement management is important, so the purpose of this study is to determine the cost of slope reinforcement at the study site when using the geotextile method and the difference in costs to strengthening existing slopes from concrete based on slope conditions and the value of safety factor in planning economical slope reinforcement. Unreinforced slope stability was analyzed using a simplified bishop's method with the help of GeoStudio software, while the geotextile reinforced slope stability was analyzed for internal and external safety factors. From the results of the analysis of the condition of the slope without reinforcement, it produces a safety factor value of 1.083 and is considered not to meet the requirements for a safety factor of 1.4. To increase the safety factor, it is planned to strengthen the slope using the geotextile method, this method can increase the slope safety factor for internal stability by 0.390 so that the slope safety factor becomes 1.473 while the safety factor for external stability is 3,000. Geotextile installation configurations, namely segments 1,2 and 3, 10 layers of geotextile Sv 0.5 m, and segments 4 and 5, 5 layers Sv 1.0 m using Mirafi PET Geotextiles Series products, type PET 100-50 tensile strength 100 kN /m costs IDR 3,728,514,155.78.

Keyword: *Slope Reinforcement, Geotextile, Cost.*

Abstrak

Lereng di Desa Sulangai Kecamatan Petang memiliki ketinggian 25 m dengan jenis tanah lanau kepasiran. Pada tanggal 01/12/2016 terjadi peristiwa longsor di 2 titik yakni ruas jalan Raya Pura Pucak Mangu tepatnya di desa Angantiga dan pada ruas jalan Pura Kancing Gumi desa Sulangai sehingga menyebabkan jalur tersebut terputus. Longsornya jalur utama ini membuat arus lalu lintas lumpuh total. Penanggulangan perkuatan lereng merupakan hal yang penting, maka tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui biaya perkuatan lereng pada lokasi studi bila menggunakan metode geotekstil dan selisih biayanya terhadap perkuatan lereng eksisting dari beton berdasarkan kondisi lereng dan nilai *safety factor* dalam merencanakan perkuatan lereng yang ekonomis. Stbailitas lereng

tanpa perkuatan dianalisis menggunakan *simplified bishop's method* dengan bantuan *software* GeoStudio sedangkan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dianalisis terhadap faktor keamanan internal dan eksternal. Dari hasil analisis kondisi lereng tanpa perkuatan menghasilkan nilai *safety factor* 1,083 dan dinilai belum memenuhi syarat angka keamanan yakni 1,4. Untuk meningkatkan angka keamanan direncanakan perkuatan lereng dengan metode geotekstil, metode ini dapat meningkatkan angka keamanan lereng terhadap stabilitas internal sebesar 0,390 sehingga *safety factor* lereng menjadi 1,473 sedangkan keamanan terhadap stabilitas eksternal *safety factor* $\geq 3,000$. Konfigurasi pemasangan geotekstil yaitu, segmen 1,2 dan 3, 10 lapis geotekstil Sv 0,5 m, serta segmen 4 dan 5, 5 lapis Sv 1,0 m menggunakan produk Mirafi PET Geotextiles Series, type PET 100-50 kuat tarik 100 kN/m menghabiskan biaya Rp 3.728.514.155,78

Kata Kunci: *Perkuatan Lereng, Geotekstil, Biaya.*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kondisi topografi di kecamatan Petang didominasi oleh adanya lereng yang mengakibatkan rute jalan akses di daerah tersebut banyak dibangun diatas permukaan lereng, seperti halnya di ruas jalan Pura Kancing Gumi Km 40 yang berada diatas permukaan lereng setinggi 25m.

Pada lereng yang dibangun struktur perkerasan jalan diatasnya maka akan terjadi penambahan beban lalu lintas, kondisi ini dapat memicu berkurangnya tingkat keamanan lereng tersebut. Jika gaya-gaya pendorong lebih besar dari gaya-gaya penahan, maka tanah akan mulai runtuh dan menyebabkan kelongsoran.

Tanah longsor merupakan sebuah bencana alam yang dapat menimbulkan kerugian maupun korban jiwa. Seperti dilansir dalam laman Tribun Bali (01/12/2016) Jalan penghubung dua desa yakni jalan raya petang – pelaga di Desa Angantiga terputus. Longsornya jalur utama ini membuat arus lalu lintas lumpuh total. Setelah peristiwa tersebut pemerintah melakukan perkuatan lereng di 2 titik yakni pada ruas jalan Raya Pura Pucak Mangu tepatnya di desa Angantiga dengan menggunakan geotekstil dan pada ruas jalan Pura Kancing Gumi desa Sulangai

dengan menggunakan dinding penahan beton.

Dari kejadian tersebut dapat disimpulkan bahwa penanggulangan longsor pada lereng merupakan suatu hal yang penting dan perlu diberi perhatian khusus. Permasalahan yang umumnya dihadapi dalam upaya perkuatan stabilitas lereng adalah minimnya ketersediaan lahan, material, serta biaya. Sehingga minim upaya perkuatan stabilitas lereng dilakukan pada daerah dengan kontur lereng atau perbukitan.

Dewasa ini teknologi dalam bidang geoteknik khususnya dalam penanganan perkuatan stabilitas lereng terus berkembang. Seiring kemajuan jaman, salah satu metode perkuatan stabilitas lereng yang telah banyak diterapkan saat ini adalah geotekstil. Metode geotekstil adalah usaha perbaikan kestabilan lereng dengan memanfaatkan bahan geosintetis yang dapat digunakan untuk menambah daya dukung sehingga faktor keamanannya dapat meningkat. Geotekstil merupakan solusi potensial dari masalah longsor karena dinilai ekonomis serta dapat digunakan untuk berbagai jenis tanah. Pengalaman dari berbagai proyek menunjukkan beberapa kondisi tanah yang menguntungkan, akan membuat metode geotekstil menjadi lebih efektif dari segi

biaya dibandingkan dengan kekuatan lereng eksisting dari beton.

Berbagai penelitian terkait geotekstil telah banyak diteliti, adapun penelitian yang sudah dilakukan oleh Saputra. Dkk, 2017 yaitu Analisis stabilitas lereng dengan kekuatan dinding penahan tanah kantilever dan geotekstil pada ruas jalan lintas liwa–simpang gunung kemala km. 268+550. Hasil dari penelitainnya nilai faktor keamanan lereng sebelum diperkuat adalah 0,400 untuk tanah basah dan 0,419 untuk tanah kering setelah dilakukan perkuatan dengan geotekstil nilai faktor keamanan meningkat antara 1,341 – 1,522. Annisa. Dkk, 2018 yaitu Analisis stabilitas dinding penahan tanah dan perencanaan perkuatan lereng menggunakan geotekstil pada bantaran sungai gajah putih. Hasil dari penelitian didapat Lereng dengan perkuatan geotekstil memiliki angka aman lebih kecil dibandingkan dengan dinding penahan tanah, namun pergerakan yang terjadi pada dinding penahan tanah lebih besar dibandingkan dengan perkuatan geotekstil.

Dalam penelitian ini akan membahas tentang analisis efisiensi biaya perkuatan lereng eksisting dari beton dibandingkan dengan geotekstil yang berada di KM 40 desa Sulangai kecamatan Petang. analisis dilakukan terhadap variasi tebal lapisan

dan panjang geotekstil yang di rancang sehingga dapat menghasilkan biaya ekonomis serta dapat mencapai angka keamanan yang di syaratkan pada Pd T-09-2005-B (26).

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah nilai keamanan lereng dengan tanah timbunan tanpa di beri perkuatan ?
2. Berapakah peningkatan nilai keamanan lereng setelah di berikan perkuatan geotekstil ?
3. Berapakah biaya dinding penahan tanah pada lokasi study bila menggunakan geotekstil ?
4. Apakah penggunaan geotekstil pada lokasi studi dinilai lebih ekonomis dari segi biaya dibandingkan dengan beton, dan berapa selisih biayanya ?

C. Tujuan

1. Mengetahui nilai keamanan lereng eksisting dengan tanah timbunan tanpa perkuatan.
2. Mengetahui peningkatan angka keamanan lereng akibat perkuatan dengan geotekstil.
3. Mengetahui biaya dinding penahan tanah pada lokasi study jika dirancang dengan geotekstil.
4. Mengetahui selisih biaya, bila perkuatan lereng eksisting dari beton diasumsikan diganti dengan geotekstil.

D. Manfaat

1. Dapat membantu pemerintah dalam pengambilan keputusan pemilihan alternatif untuk menstabilisasi / memperkuat lereng di sekitar lokasi studi.
2. Penelitian ini bermanfaat untuk kalangan perencana tentang penggunaan geotekstil untuk lokasi-lokasi yang dekat dengan galian C tanah.

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Jenis metode penelitian yang dipilih adalah deskriptif analitis, adapun pengertian dari metode deskriptif analitis menurut (Sugiono: 2009; 29) adalah suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dengan kata lain penelitian deskriptif analitis mengambil masalah atau memusatkan perhatian kepada masalah-masalah sebagaimana adanya saat penelitian dilaksanakan, hasil penelitian yang kemudian diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulannya. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan 2 jenis data yaitu data primer dan sekunder.

B. Sumber Data

1. Data Primer

Data primer didapat berdasarkan hasil survei langsung ke lokasi studi pada lereng yang akan diteliti berada di ruas Jln. Pura Kancing Gumi, Kec Petang. Data primer berupa data pengukuran kemiringan lereng, pengukuran tinggi lereng, situasi dilapangan/layout seperti lebar ruas jalan, dan jarak perkerasan jalan dari permukaan lereng

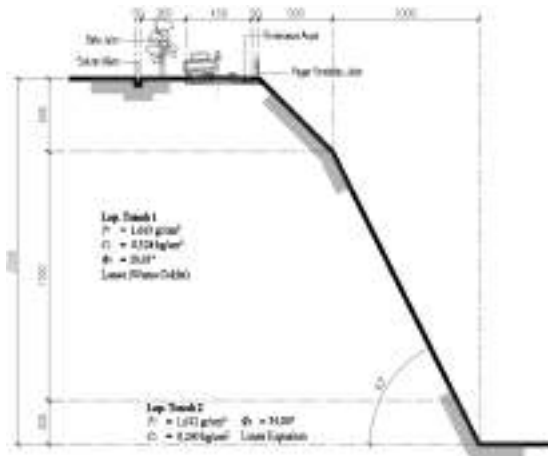
2. Data Skunder

Data skunder didapat dari kajian perencanaan perkuatan lereng untuk penanggulangan longsor di desa Sulangai yang mengalami longsor sebelumnya dan sudah ditangani dengan dinding penahan tanah dari beton. Data skunder berupa data parameter tanah yaitu berat isi tanah (γ_b), kohesi (C), sudut geser (ϕ) dan hasil uji standard penetration test (SPT)

C. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah lereng yang berlokasi di jalan pura kancing gumi desa sulangai kecamatan petang, dengan karakteristik lereng yang memiliki ketinggian 25 meter diukur dari muka jalan, dimana lokasi ini merupakan daerah pembuangan air drainase jalan menuju saluran pembuangan dikaki lereng. Pada kaki lereng merupakan areal bekas galian C dan mengalir saluran pembuangan (drainase).

D. Analisis Data



Data data lereng dapat di lihat pada gambar diatas dengan beban lalulintas yang bekerja pada lereng tersebut sebesar $23,120 \text{ kN/m}^2$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis stabilitas lereng meliputi penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah. Keruntuhan geser pada tanah dapat terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Karena itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser terdiri atas bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah dan ikatan butirnya, bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Kestabilan suatu lereng tergantung kepada gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang dapat membuat lereng longsor, sedangkan gaya penahan

adalah gaya-gaya yang mempertahankan kestabilan lereng tersebut. Kestabilan lereng biasa dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (SF), yang merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak longsor.

$$SF = \frac{\text{Tahanan geser}}{\text{Tegangan geser}}$$

Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu: memprkecil tegengan geser dan memperbesar tahanan geser.

Memperkecil tegangan geser dengan cara merubah bentuk lereng, menjadi lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan, Memperkecil ketinggian lereng, Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (multi slope), Memperbesar tahanan geser atau gaya penahan longsor,

Tahanan geser dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu: menggunakan counter weight yaitu tanah timbunan pada kaki lereng, dengan cara mekanis yaitu memberikan tulangan pada tanah timbunan dimana prinsip ini merupakan geotekstil.

Dalam perencanaan perkuatan lereng dengan metode geptekstil nilai faktor keamanan yang diambil berdasarkan rekomendasi dari Pd T-09-2005, pada tabel, adalah $SF \geq 1.4$

Tabel 1 Rekomendasi faktor keamanan untuk perencanaan perkuatan lereng

Resiko terhadap nyawa manusia		Rekomendasi nilai faktor keamanan terhadap resiko kehilangan nyawa manusia		
		Tak diperhatikan	Rendah	Tinggi
Resiko Ekonomis				
Rekomendasi nilai factor keamanan terhadap resiko	Diabaikan	1.1	1.2	1.5
	Rendah	1.2	1.2	1.5
	Tinggi	1.4	1.4	1.5

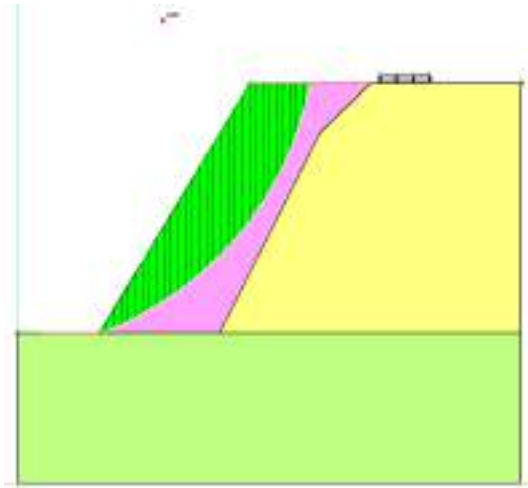
Sumber : Pd-T-09-2005

A. Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis kestabilan lereng tanpa perkuatan bertujuan untuk mengetahui nilai SF (*safety factor*) pada lereng sebelum diberi perkuatan sehingga dari hasil analisa tersebut dapat diketahui SF (*safety factor*) lereng pada lokasi studi.

Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng tanpa perkuatan yaitu dengan metode bishop, Analisa dilakukan dengan metode *trial and error* agar mendapatkan kondisi bidang longsor yang paling kritis, yaitu bidang longsor dengan SF mendekati 1. Untuk mempercepat perhitungan bidang longsor kritis digunakan *software* GeoStudio. Hasil dari analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan dilihat pada gambar

Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan aplikasi GeoStudio didapatkan angka keamanan (SF) paling kecil adalah sebesar 1,083. angka keamanan (SF) merupakan

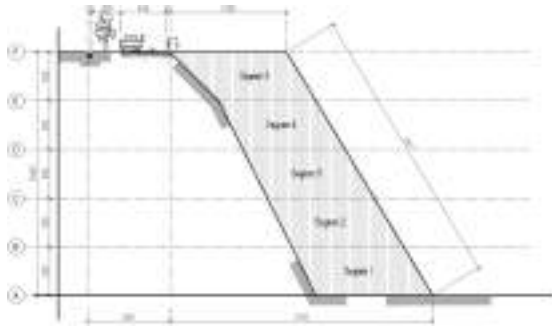


hasil perbandingan antara *resisting moment* dengan *activating moment*. Dari angka keamanan sebesar 1,083 belum memenuhi target angka keamanan rencana yaitu sebesar 1,4 dimana angka keamanan ini di dapat dari tabel 2.8 sehingga diperlukan *resisting moment* tambahan (ΔMr). *resisting moment* tambahan ini yang selanjutnya dijadikan dasar perencanaan perkuatan dengan geotekstil. Geotekstil akan dipasang dengan ketebalan (SV) tertentu, panjang jari jari kelongsoran (LR), panjang penjangkaran (LE), panjang lipatan LO.

B. Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Sebagai rancangan awal lereng di desa sulangai kecamatan petang dengan tinggi lereng 25m di bagi menjadi 5 segmen

dimana masing masing segmen memiliki ketinggian 5 meter dimana pembagian segmen ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan kebutuhan geotekstil dari dasar hingga permukaan lereng agar tetap ekonomis. Dapat dilihat pada gambar 2



Geotekstil yang dipakai dalam perencanaan perkuatan lereng pada lokasi studi adalah produk Mirafi PET Geotextiles Series, type PET 100-50 dengan kuat tarik ultimitnya sebesar 100kN/m. dimana sesuai persyaratan kuat tarik ultimit ini akan dikalikan dengan faktor reduksi berdasarkan pengaplikasiannya. Untuk perencanaan stabilitas lereng maka di ambil angka tengah pengaplikasi geotekstil sebagai *slope stabilitation* dengan angka keamanan tersebut adalah $FS_{id} = 1.30$, $FS_{cr} = 1.75$, $FS_{cd} = 1.25$, $FS_{bd} = 1.15$. Maka faktor reduksi kuat tarik ultimit geotekstil pada perencanaan ini adalah:

$$Fr = \frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}}$$

$$Fr = \frac{1}{1,3 \times 1,75 \times 1,25 \times 1,15}$$

$$Fr = 0,3058$$

Sehingga kuat tarik ijin (T_{allow}) dari geotekstil yang akan di gunakan adalah sebesar 30,85 kN/m.

1. Menentukan Space Vertical

Perencanaan awal di coba pemasangan geotekstil pada segmen 1, 2 & 3 dipasang SV 50cm dan segmen 4 & 5 dipasang SV 100cm untuk mencapai resisting moment tambahan (ΔMr) yaitu sebesar :

$$\Delta Mr$$

$$= (FS_{rencana}$$

$$- FS_{lereng\ tanpa\ perkuatan}) \times Momen\ Resisting$$

$$\Delta Mr = (1,4 - 1,083) \times 70.253\ kN/m$$

$$\Delta Mr = 22.270,20\ kN/m$$

Jadi kebutuhan momen resisting tambahan dari lereng tanpa perkuatan tersebut adalah 22.270,20 kN/m dimana akan di *cover* oleh geotekstil dengan perhitungan sebagai berikut:

$$M_{ri} = T_{allow} \times N \times Y_i$$

$$M_{r1} = 30,85\ kN/m \times 1\ lapis \times 6,993$$

$$M_{r1} = 213,83\ kN/m$$

$$M_{r2} = 30,85\ kN/m \times 1\ lapis \times 7,993$$

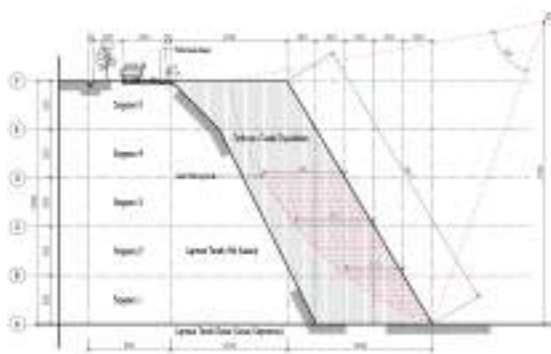
$$M_{r2} = 244,41\ kN/m$$

Perhitungan M_{ri} dilakukan dengan cara yang sama hingga lapis ke-40. didapat M_{ri} komulatif 25.294.83 kN/m > ΔMr 22.270,20 kN/m jadi rancangan dapat di terima dengan T_{allow} geotekstil sebesar

30,85 kN/m serta SV segmen 1, 2 & 3 sebesar 50cm dan segmen 4 & 5 sebesar 100cm.

2. Menentukan Panjang LR, LE, & LO

Panjang jari jari kelongsoran (LR) didapatkan dari pengukuran garis kelongsoran sampai batas kemiringan muka lereng dimana panjang yang di pakai adalah nilai terbesar dari 1 segmen yang di tinjau , pengukuran dapat dilihat pada gambar 3



Panjang penjangkaran dan panjang lipatan dicari dengan menggunakan persamaan perhitungan sebagai berikut :

$$L_E = \frac{S_v \times \sigma_h \times FS}{2 \times (c + \gamma \times z \times \tan \theta)}$$

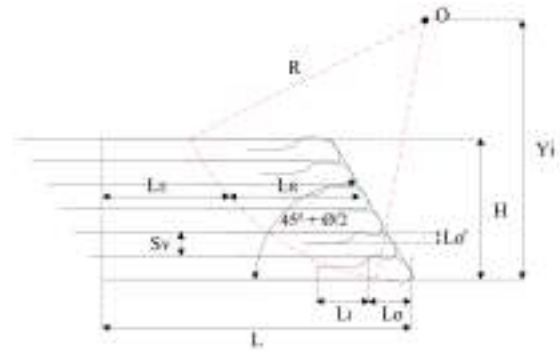
$$L_E = \frac{8,240 \text{ kN/m}}{75,349 \text{ kN/m}^2}$$

$$L_E = 0,109 \text{ m} < L_E \text{ min}$$

$$L_E = 1 \text{ m}$$

Jika dari hasil perhitungan LE didapatkan lebih kecil dari LE minimum = 1m maka panjang LE terpakai adalah 1m.

Untuk parameter panjang geotekstil dapat di lihat pada gambar 4



3. Kontrol Stabilitas Lereng Eksternal dengan Perkuatan Geotekstil

Kontrol stabilitas eksternal akan dilakukan terhadap tiga stabilitas yaitu, terhadap guling, terhadap geser dan terhadap daya dukung tanah dasar, kontrol stabilitas dilakukan pada masing masing segmen.

a) Kontrol Stabilitas Terhadap Guling

• Tekanan lateral tanah aktif

$$Pa = \gamma b \times h \times Ka$$

$$Pa = (16,31 \text{ kN/m}^3 \times 25 \text{ m} \times 0,36)$$

$$Pa = 147,14 \text{ kN}$$

• Sudut gesek tanah dengan geotekstil

$$\theta = 2/3 \times \phi$$

$$\theta = 2/3 \times 34,8^\circ$$

$$\theta = 23,20^\circ$$

• Panjang geotekstil

$$Lg = LR + LE$$

$$Lg = 5,60 \text{ m} + 1,00 \text{ m}$$

$$Lg = 6,60 \text{ m}$$

• Jarak X

$$X = Lg / 2$$

$$X = 6,60 \text{ m} / 2$$

$$X = 3,30 \text{ m}$$

- Jarak Y

$$Y = h / 3$$

$$Y = 25,0m / 3$$

$$Y = 8,33 m$$

- Berat tanah

$$W = A \text{ seg } 1 \times \gamma b$$

$$W = 69,20 m^2 \times 16,31 kN/m^3$$

$$W = 1128,55 kN$$

- Moment resisting

$$Mr = (W \times X)$$

$$Mr = (1128,55 kN \times 3,30 m)$$

$$Mr = 3724,23 kNm$$

- Moment driving

$$Md = Pa \times Y$$

$$Md = 147,14 kN \times 8,33 m$$

$$Md = 1226,16 kNm$$

- SF terhadap guling

$$FSr = Mr / Md > 3$$

$$FSr = 3724,23 kNm / 1226,16 kNm > 3$$

$$FSr = 3,04 > 3 \dots OK$$

- b) Kontrol Stabilitas Terhadap Geser

- Kohesi tanah dasar dengan geotekstil

$$Ca = 0,8 \times C$$

$$Ca = 0,8 \times 23,54 kN/m^2$$

$$Ca = 18,83 kN/m^2$$

- Panjang pemasangan geotekstil lapis terbawah

$$Lgt = LR + LE$$

$$Lgt = 5,60 m + 1,00 m$$

$$Lgt = 6,60 m$$

- Gaya Penahan

$$S = (Ca + (W / Lgt) \times tg\theta) \times Lgt$$

$$S$$

$$= (18,83 kN/m^2$$

$$+ (1128,55 kN$$

$$/ 6,60 m) \times tg(23,20^\circ) \times 6,60 m$$

$$S = 607,96 kN$$

- Gaya Pendorong

$$H = Pa$$

$$H = \gamma b \times h \times Ka$$

$$H = (16,31 kN/m^3 \times 25 m \times 0,36)$$

$$H = 147,14 kN$$

- SF terhadap geser

$$FSs = S / H > 3$$

$$FSs = 607,96 kN / 147,14 kN$$

$$> 3$$

$$FSs = 4,13 > 3 \dots OK$$

- c) Kontrol Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Dasar

- Daya dukung ultimit

$$Pult = (C \times Nc \times 0,95) + (q \times Nq) +$$

$$(0,5 Lgt \times \gamma b \times N\gamma \times 0,7)$$

$$Pult$$

$$= (23,54 kN$$

$$/m^2 \times 52,64 \times 0,95)$$

$$+ (0 kN/m^2 \times 36,50)$$

$$+ (0,5 \times 6,60 m \times 16,31 kN$$

$$/m^3 \times 38,04 \times 0,7)$$

$$Pult = 2617,75 kN/m^2$$

- Beban Aktual

$$Pact = W / (Lgt \times L \text{ tinjau})$$

$$P_{act} = 1128,55 \text{ kN} \\ / (6,60 \text{ m} \times 1,00 \text{ m})$$

$$P_{act} = 170,99 \text{ kN/m}^2$$

- SF terhadap daya dukung tanah dasar

$$FS_s = P_{ult} / P_{act} > 3$$

$$FS_s = 2617,75 \text{ kN/m}^2 / 170,99 \text{ kN/m}^2 >$$

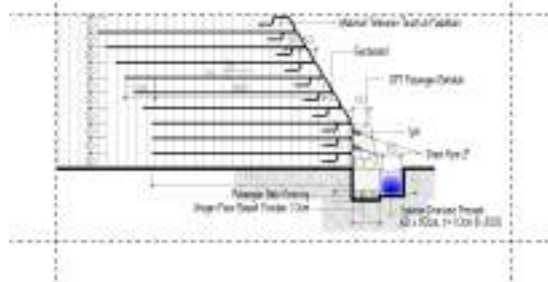
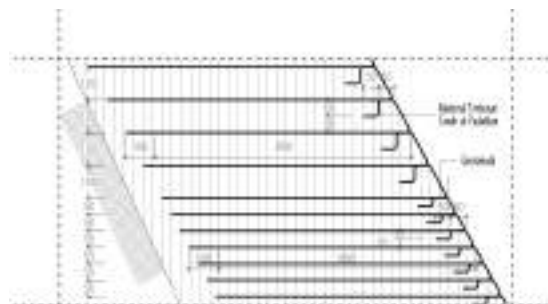
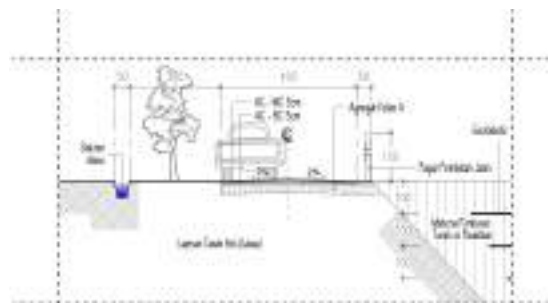
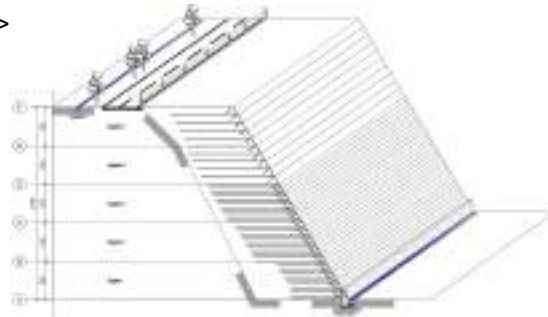
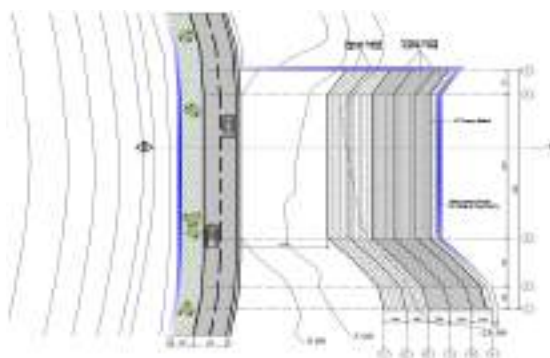
$$FS_s = 15,31 > 3 \dots OK$$

C. Analisis Biaya Geotekstil

Data perencanaan perkuatan lereng dengan Geotekstil

- Tinggi perkuatan: 25m ; kemiringan 59°
- Panjang perkuatan: 45,284 m
- Segmen 1: GT 100 kN/m ; SV 0,5 m ; 10 lapis ; P 8,35 m
- Segmen 2: GT 100 kN/m ; SV 0,5 m ; 10 lapis ; P 10,75 m
- Segmen 3: GT 100 kN/m ; SV 0,5 m ; 10 lapis ; P 11,25 m
- Segmen 4: GT 100 kN/m ; SV 1,0 m ; 5 lapis ; P 12,00 m
- Segmen 5: GT 100 kN/m ; SV 1,0 m ; 5 lapis ; P 11,20 m

Desain geotekstil sebagai berikut



Desain geotekstil menghabiskan biaya sebesar **Rp 3.728.514.155,78**

SIMPULAN

1. Kondisi keamanan lereng eksisting dengan timbunan tanpa perkuatan di lokasi studi setelah dilakukan analisis stabilitas dengan mengolah data primer dan skunder menggunakan metode bishop dengan bantuan software GeoStudio menghasilkan angka keamanan / *safety factor* sebesar **1,083**.
2. Angka keamanan / *safety factor* internal dan eksternal dengan metode geotekstil adalah **1,474** (standar faktor keamanan) dan **3,0** sehingga memenuhi syarat dan terjadi peningkatan angka keamanan sebesar **0.390** terhadap tanah timbunan lereng di lokasi studi.
3. Perkuatan lereng dengan geotekstil pada lokasi studi menghabiskan biaya sebesar **Rp 3.728.514.155,78** sedangkan perkuatan lereng eksisting dari beton menghabiskan biaya sebesar **Rp 2.601.987.010,64**.
4. Metode perkuatan dengan geotekstil lebih mahal dengan selisih biaya sebesar **Rp 1.126.527.145,14**

dibandingkan dengan biaya perkuatan lereng eksisting dari beton untuk lereng setinggi 25m dengan panjang 45,284m.

SARAN

1. Metode perkuatan lereng eksisting dari beton sudah tepat untuk memperkuat lereng yang berada di jalan Pura Kancing Gumi Km 40 Desa Sulangai Kecamatan Petang karena terbukti lebih murah dari segi biaya
2. Penggunaan geotekstil perlu mempertimbangkan ketinggian lereng yang ditangani. Dengan ketinggian 25 meter penggunaan beton lebih efisien, sedangkan untuk ketinggian lereng yang lebih besar belum tentu beton lebih efisien. Oleh karena itu untuk lereng yang lebih tinggi tetap harus dilakukan analisis untuk membandingkan mana yang lebih efisien antara beton dengan geotekstil. Penggunaan geotekstil tentu saja harus mempertimbangkan areal untuk timbunan tanah DPT dengan geotekstil
3. Terbuka kesempatan untuk membandingkan perkuatan lereng eksisting di desa sulangai yang terbuat dari beton dengan metode perkuatan lereng yang lainnya, sehingga didapatkan konstruksi perkuatan lereng yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen. *Yayasan Badan Penerbit PU*, 73(02).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan*. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2008). Analisis Dinamik Bendungan Urugan. *Yayasan Badan Penerbit PU*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2009). Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik. *Yayasan Badan Penerbit PU*, 25(2), 261–266.
- SNI 1725. (2005). Standar Pembebanan Untuk Jembatan. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Puslitbang Sumber Daya Air. (2004). Peta Zona Gempa Indonesia Sebagai Dasar Acuan Perencanaan dan Perancangan Bangunan. Nabire: Bendung Kali Bumi.
- Chasanah, U. (2012). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope.
- Khuzaifah, E. (2019). Studi tentang Dinding Penahan (Retaining Wall). *Jurnal Swara Patra*, 9(1), 7–18.
- Annisa, N. (2018). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Pada Bantaran Sungai Gajah Putih. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia*.
- Saputra, S. (2017). Dinding Penahan Tanah Kantilever Dan Geotekstil Pada Ruas Jalan Lintas Liwa – Septian Adi Saputra.
- ICI Fibres. (1986). *Geotextiles or Geosynthetics, Proceeding Technical Sesion of The Thirt Asian ICI Fibres Geotextiles Conference*, Bangkok, Thailand.
- Indrasurya, B. M. (2000). Teknologi Perbaikan Tanah Dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils). *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*
- ICI Fibers. (1992). *GEOTEXTILE OR GEOSYNTHETICS, Proceeding Technical Sesion of The Thirth Asian KI Fibers Geotextile Conference*, Bangkok, Thailand.
- R.M. Koerner. (1998). *Designing with Geosynthetics, Fourth ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ*.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2017). Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia. (1992). Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung.
- Varnes, D.J. (1978). *Slope movement types and process, Special Report 176; Landslides; Analysis and Control, Eds: R.L. Schuster dan R.J. Krizek, Transport Research Board, National Research Council, Washigton, DC*.
- J. Kodoatie, Robert. (2005). Analisis Ekonomi Teknik : Andi Yogyakarta.

ANALISIS SISA MATERIAL KONSTRUKSI DAN PENANGANANNYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG IRD DAN LANJUTAN TAHAP 2 RUMAH SAKIT PAYANGAN, KABUPATEN GIANYAR, BALI

Ni Made Puspa Lestari Dewi¹⁾, Made Sudiarsa²⁾, dan I G P Adi Suartika Putra³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

¹⁾puspalestari7@gmail.com, ²⁾sudiarsa@pnb.ac.id, ³⁾agoenk_adhy@yahoo.co.id

Abstract

In the implementation of construction projects, it is not uncommon to find waste material, this is a serious problem. For this reason, an effort is needed to minimize the presence of construction materials. The purpose of this study was to determine the quantity of residual material which was categorized based on waste level, waste cost and waste index, to determine the total cost of the remaining material to the total project cost and to analyze the causal factors that could lead to waste material as well as efforts to handle the remaining material. In this study, data were obtained by means of field observations, interviews with project personnel who are directly related to materials to obtain information ranging from material procurement to the presence of waste materials and collecting project data related to materials. Data analysis uses quantitative analysis to determine the type and quantity of the remaining material by calculating the waste level, waste cost and waste index. Furthermore, the total waste cost is compared with the total cost of the project to find out how much loss occurred and analyze the factors causing the remaining material and the handling efforts made. The results showed that: The largest waste level was Granito 60x60 cm of 7.13%, the largest waste cost was Seseh Wood 4x6 of Rp. 6,038,986.85 and a waste index of 0.11 m³/m², the percentage of the total cost of remaining material to the total cost of the project is 0.18% or Rp 26,069,302.16, the factors causing the remaining material are caused by several factors, namely: management factors, human factors, work methods factors and environmental factors. Handling efforts are carried out by applying the 3R concept (Reduce, Reuse, Recycle).

Keyword: *construction waste, waste level, waste cost, waste index*

Abstrak

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, tidak jarang ditemukan adanya sisa material, hal ini menjadi salah satu masalah yang serius. Untuk itu diperlukan suatu upaya dalam meminimalisir adanya material konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas sisa material yang dikategorikan berdasarkan *waste level*, *waste cost* dan *waste index*, mengetahui total biaya sisa material terhadap total biaya proyek dan menganalisis faktor penyebab yang dapat menimbulkan sisa material serta upaya penanganan terhadap sisa material tersebut. Dalam penelitian ini, data diperoleh dengan cara observasi di lapangan, wawancara dengan personil proyek yang berhubungan langsung dengan material untuk mendapatkan informasi mulai dari pengadaan material hingga adanya sisa material dan mengumpulkan data – data proyek yang terkait dengan material. Analisis

data menggunakan analisis kuantitatif untuk mengetahui jenis dan kuantitas sisa material dengan menghitung *waste level*, *waste cost* dan *waste index*. Selanjutnya total biaya sisa material (*waste cost*) dibandingkan dengan total biaya proyek untuk mengetahui berapa besar kerugian yang terjadi serta menganalisis faktor penyebab sisa material dan upaya penanganan yang dilakukan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) *Waste level* terbesar adalah Granito 60x60 cm sebesar 7,13%, *waste cost* terbesar adalah Kayu Seseh 4x6 sebesar Rp 6.038.986,85 dan *waste index* sebesar 0,25 m³/m², (2) Persentase total biaya sisa material terhadap total biaya proyek sebesar 0,18% atau senilai Rp 26.069.302,16, (3) Faktor penyebab sisa material disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: faktor manajemen, faktor manusia, faktor metode kerja dan faktor lingkungan. Upaya penanganan yang dilakukan dengan menerapkan konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).

Kata Kunci: *sisa material, tingkat sisa material, biaya sisa material, indeks sisa material*

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan proyek banyak dijumpai hal – hal yang sering kali terjadi salah satunya sisa material. Sisa material didefinisikan sebagai sesuatu yang sifatnya berlebih dari yang disyaratkan baik itu berupa hasil pekerjaan konstruksi maupun material itu sendiri yang tersisa/tercecer/rusak sehingga tidak dapat digunakan kembali sesuai fungsinya. Sisa material seringkali dijadikan tolak ukur kesuksesan dalam proyek konstruksi. Semakin sedikit sisa material konstruksi maka dikatakan sukses sistem manajemen material dalam proyek tersebut sedangkan semakin banyak sisa material maka semakin buruk sistem manajemen yang ada didalamnya

(Hartono, 2016). Tidak hanya itu sisa material konstruksi juga berdampak negatif terhadap lingkungan di sekitar proyek. Timbulnya sisa material merupakan suatu kerugian terutama bagi pihak kontraktor pelaksana (Rahmawati, 2009). Usaha dalam meminimalisir sisa material konstruksi tersebut akan membantu kontraktor untuk meningkatkan keuntungan dan mengurangi dampak lingkungan. Dengan mengidentifikasi sumber dan faktor – faktor penyebab dari sisa material, maka pemborosan yang terjadi

selama berlangsungnya proyek konstruksi dapat dikurangi, sehingga tujuan dari sebuah proyek konstruksi, yaitu kesuksesan yang memenuhi kriteria waktu, biaya dan mutu dapat tercapai dengan baik.

Berkaitan dengan hal tersebut, upaya penanganan sisa material pada proyek konstruksi di Bali masih terbatas. Khususnya pada Proyek Pembangunan Gedung IRD dan Lanjutan Tahap 2 Rumah Sakit Payangan. Luas areal proyek yang terbatas menyebabkan kontraktor mengalami kesulitan dalam penyimpanan material. Sehingga dapat menyebabkan kerusakan material yang nantinya dapat menimbulkan sisa material (Hayati dkk, 2013). Tidak hanya itu, dalam pelaksanaannya, pekerjaan arsitektur memiliki persentase bobot yang cukup besar yaitu sebesar 33,7% dan pekerjaan struktur sebesar 33,24%. Dengan banyaknya item pekerjaan, proyek tersebut berpotensi sangat besar untuk menghasilkan sisa material. Adanya penyimpangan yang beragam mulai dari faktor tenaga kerja, metode kerja hingga dalam pengadaan material, banyak ditemukan sisa material yang menumpuk pada lokasi proyek seperti kayu, besi, seng dan lainnya.

Tidak dapat dipungkiri bahwa penanganan sisa material pada proyek tersebut belum optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah *waste level*, *waste cost* dan *waste index* terbesar selama pelaksanaan proyek?
2. Berapakah persentase biaya sisa material (*waste cost*) terhadap total biaya material proyek?
3. Apa saja faktor penyebab yang mendominasi terjadinya sisa material serta upaya penanganan yang dilakukan terhadap sisa material?

Dari latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengukur nilai *waste level*, *waste cost* dan *waste index* terbesar selama pelaksanaan proyek
2. Untuk mengukur persentase dari sisa material terhadap total biaya proyek.
3. Untuk menganalisis faktor – faktor yang mendominasi terjadinya sisa material dan upaya penanganan yang dilakukan dalam meminimalisir sisa material.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan angka yang menggambarkan karakteristik subyek yang diteliti. Dalam penelitian ini menggunakan jenis data primer dan data sekunder. Berikut metode pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Data primer, menggunakan metode observasi dan wawancara. Data primer yang diperoleh adalah kondisi di lapangan, proses pengadaan material dan metode kerja.

2. Data sekunder, mengumpulkan data – data Proyek Pembangunan Gedung IRD dan Lanjutan Tahap 2 Rumah Sakit Payangan, yang berupa *shop drawing*, *as built drawing*, Rencana Anggaran Biaya (RAB)/BQ, kuantitas pengadaan material dan laporan harian.

Untuk mengetahui kuantitas sisa material, dilakukan analisis data – data yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Tahapan analisis data diawali dengan menentukan kriteria material yang akan diidentifikasi, setelah itu mengidentifikasi material yang mendominasi dengan menggunakan diagram pareto, dilanjutkan dengan menganalisis *waste level*, *waste cost*, dan *waste index*, serta menganalisis faktor penyebab sisa material dengan diagram

fishbone dan membuat upaya penanganan sisa material tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria Pemilihan Material

Dalam mengidentifikasi material, tidak semua material dapat diidentifikasi.

3. Material yang berkaitan dengan pekerjaan selain sipil tidak diperhitungkan karena pekerjaan tersebut diluar lingkup sipil.

Sisa Material Konstruksi Dominan

Untuk mengetahui sisa material yang

Tabel 1. Hasil Sisa Material Konstruksi Dominan

No.	Material	Satuan	Sisa Material	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	2	3	4	5	6 = (4) x (5)
1	Kayu Seseh 4x6	m3	4,87	1.200.000,00	5.844.000,00
2	Kayu Seseh 6x12	m3	1,84	2.500.000,00	4.595.255,50
3	Ready Mix F'c 28,8 Mpa	m3	3,18	1.034.789,00	3.292.828,94
4	Anti Slip Vinyl Sheet	m2	6,76	480.000,00	3.245.376,00
5	Besi D16	kg	166,59	9.400,00	1.565.936,57
6	Semen Portland	kg	1132,75	1.200,00	1.359.301,59
7	Ready Mix F'c 21,7 Mpa	m3	1,14	910.501,00	1.041.107,44
8	Besi Ø10	kg	118,04	8.200,00	967.923,65
9	Pasir Pasang	m3	5,42	150.000,00	812.567,48
10	Besi Ø8	kg	95,74	8.200,00	785.096,88
11	Granito 60x60 Cm	bh	13,98	55.000,00	768.799,90
12	Besi D13	kg	73,63	9.400,00	692.122,44
13	Granito 60x60 Cm Anti Slip	bh	9,85	60.000,00	591.288,00

Adapun kriteria pemilihan material yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Lingkup pekerjaan yang ditinjau hanya berdasarkan material yang disediakan oleh pihak kontraktor.

2. Material yang dikerjakan oleh

sub kontraktor tidak diperhitungkan karena sulitnya mendapatkan suatu data mengenai pengadaan material serta sisa material yang terbentuk dari pekerjaannya.

mendominasi pada Proyek Pembangunan Gedung IRD dan Lanjutan Tahap 2 Rumah Sakit Payangan digunakan diagram pareto dengan konsep *Pareto's Law* yang menyatakan bahwa untuk banyak kejadian, sekitar 80% dari

efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya. Sisa material dirangking berdasarkan harga total tertinggi hingga terendah. Berikut hasil sisa material yang mendominasi dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini

Waste Level

Waste level merupakan salah satu hal yang terpenting dalam mengevaluasi permasalahan sisa material di lapangan. Tujuan dari perhitungan *waste level* ini untuk mengetahui atau mengestimasi jumlah sisa material dalam suatu proyek. Perhitungan *waste level* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Waste level} = \frac{\text{Volume sisa material}}{\text{Volume pengadaan material}} \times 100 \dots (1)$$

Keterangan:

Kuantitas sisa material = kuantitas pengadaan material – kuantitas material terpasang

Kuantitas pengadaan material = kuantitas pada saat mendatangkan material di lapangan

Dari hasil analisis diperoleh material Granito 60x60 cm Anti Slip memiliki *waste level* terbesar, yang diperoleh dengan membandingkan sisa material sebesar 9,85 bh dengan volume terpakai sebesar 138,15 bh. Hasil dari perbandingan tersebut dikalikan dengan 100% maka didapatkan nilai *waste level* sebesar 7,13%.

Waste Cost

Perhitungan *waste cost* bertujuan untuk memperhitungkan biaya kerugian yang

sudah dikeluarkan dalam pengadaan material terhadap nilai total biaya proyek. Perhitungan biaya dari sisa material adalah: *Waste cost* = *waste level* x bobot pekerjaan x total biaya proyek.....(2)

Keterangan:

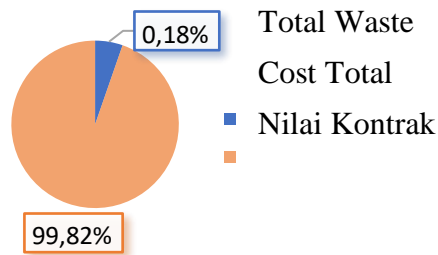
Waste level = volume sisa material pada perhitungan diatas (%) Bobot

pekerjaan = jumlah harga material dibandingkan total biaya proyek Total biaya proyek = biaya pembangunan proyek secara keseluruhan

Dari hasil analisis diperoleh material yang memiliki *waste cost* terbesar adalah Kayu Seseh 4x6 senilai Rp 6.038.986,85. Untuk mengetahui besaran persentase total *waste cost* terhadap total biaya proyek adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total Waste Cost} &= \frac{\text{Total Waste Cost}}{\text{Total Biaya Proyek}} \times 100 \\ &= \frac{26.069.302,16}{14.223.657.000,00} \times 100 = 0,18\% \end{aligned}$$

Jadi, hasil perhitungan total biaya sisa material (*waste cost*) terhadap total biaya proyek sebesar 0,18%, yang digambarkan seperti grafik dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Persentase *Waste Cost* terhadap Total Nilai Kontrak

Waste Index

Penghitungan *waste index* ini bertujuan untuk mengantisipasi kuantitas dari sisa yang mungkin dihasilkan dalam usaha meningkatkan kesadaran akan pentingnya manajemen sisa. Adapun rumus untuk menghitung *waste index* adalah sebagai berikut: *Waste index* =
$$\frac{W}{GFA} \times \text{Proyek} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

W : Total sisa material keseluruhan proyek (m3) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$W = V \times N \times \text{Intensitas kedatangan} \times \text{Jumlah minggu pekerjaan}$

V : Kapasitas truk (m3)

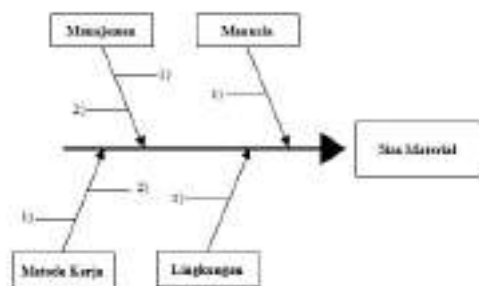
N : Jumlah truk pengangkut (bh)

GFA : Luas areal proyek (m2)

Dari hasil analisis *waste index* menghasilkan sisa material sebesar 0,25 m3. Nilai dari *waste index* yang terbentuk jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya cukup tinggi.

Faktor Penyebab Sisa Material

Faktor penyebab dari sisa material dianalisis dengan menggunakan diagram sebab akibat (*fishbone*). Ada beberapa faktor penyebab utama sisa material yaitu faktor manajemen, faktor manusia, faktor metode kerja dan faktor lingkungan.



Gambar 2. Diagram *Fishbone* Sisa Material

Faktor manajemen

- Tempat penyimpanan material yang terbatas.
- Kurangnya pengawasan ketat dan berkala saat pelaksanaan proyek.

Faktor manusia

- Tenaga kerja kurang terampil dan berpengalaman.

Faktor metode kerja

- Terdapat material yang rusak/patah/tercecer.
- Adanya kesalahan ataupun kelebihan material saat pelaksanaan proyek.

Faktor lingkungan

- Perubahan cuaca yang sering terjadi.

Upaya Penanganan Sisa Material

Penanganan sisa material pada Proyek Pembangunan Gedung IRD dan Lanjutan Tahap 2 Rumah Sakit

Payangan ini didasari pada konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Adapun konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) ini di aplikasikan untuk penanganan sisa material yang terangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Upaya Penanganan Sisa Material

Penanganan		
<i>Reduce</i>	<i>Reuse</i>	<i>Recycle</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Penyediaan tempat yang memadai untuk material. • Rutin memberikan sosialisasi atau pelatihan kepada tenaga kerja untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika sisa material masih dalam keadaan utuh, tidak rusak maupun cacat dapat digunakan kembali. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sisa material yang sudah tidak dapat digunakan kembali dapat dijual serta didaur ulang menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat.

SIMPULAN

1. Nilai terbesar dari *waste level*, *waste cost* dan *waste index* adalah sebagai berikut:

a. *Waste level* terbesar selama pelaksanaan proyek adalah Granito 60x60 cm Anti Slip sebesar 7,13% (> dari *safety factor* yang direkomendasikan yaitu 5%)

b. *Waste cost* terbesar selama pelaksanaan proyek adalah Kayu Seseh 4x6 sebesar Rp

6.038.986,85

c. *Waste index* selama pelaksanaan proyek sebesar 0,25 m³/m².

2. Persentase total biaya sisa material (*waste cost*) terhadap total biaya proyek yaitu sebesar 0,18% atau senilai Rp 26.069.302,16.

3. Dari analisis diagram *fishbone* dapat disimpulkan faktor penyebab dan upaya penanganan sisa material yang paling dominan adalah sebagai berikut:

a. Faktor Penyebab

Faktor penyebab yang mendominasi adalah faktor metode kerja yang menyebabkan material rusak/patah/tercecer dengan frekuensi kemunculan pada keseluruhan material atau terdapat 8 jenis material.

b. Upaya Penanganan

Reduce (rutin memberikan sosialisasi atau pelatihan kepada tenaga kerja untuk meningkatkan kemampuan dan keterampilan), *reuse* (jika material tidak dalam keadaan rusak dapat digunakan kembali, seperti material kayu dan bambu, granito dan vynil, besi beton, bata merah dan batako, semen, pasir, kerikil dan cat), *recycle* (sisa material yang sudah tidak dapat digunakan kembali dapat dijual atau didaur ulang menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat seperti, kayu dan bambu).

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, W., & Baskoro, S. S. (2016). Analisis Dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Pembangunan Gedung Kantor Dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan (Studi Kasus Gedung Kelurahan Dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. 263–270.
- Hayati, D., Rahmawati, F., Nurcahyo, B. (2013). Analisa Sisa Material Konstruksi Pada Proyek Gedung Pendidikan Profesi Guru Universitas Negeri Surabaya. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7(7), 181-187.
- Rahmawati, F. (2009). Identifikasi Material Waste Pada Proyek Ruko San Diego Pakuwon City Surabaya. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana*, 6(1), 155160.

ANALISIS INDEKS SATUAN PEKERJAAN KAYU STYLE BALI

Ni Kadek Sri Ebtha Yuni¹⁾, I Nyoman Suardika²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali

²⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali

email: ebthayuni@pnb.ac.id¹⁾, nsuardika@gmail.com²⁾

Abstract

Traditional Balinese architecture is formed from a blend of cultures that have a close relationship with religion, customs, and environmental conditions. The use of wood and bamboo materials in the construction of traditional Balinese buildings will affect the structure, which has an impact on the shape of the building. Research on Balinese style woodwork begins by determining the location of the work, namely in the Gianyar area. Furthermore, labor productivity, calculating material requirements, calculating tool requirements. The works reviewed are (1) carving saka, (2) plain saka, (3) gembol symbol, (4) sari symbol, (5) plain symbol, (6) carved door. The unit index in Balinese style wood work consists of material and wage components. The wood material index for saka work is 0.057 m³ and the symbol work is 0.024 m³. The labor index of each job varies depending on the type of carving.

Keywords: *bali style wood work, job index, productivity*

Abstrak

Arsitektur tradisional Bali terbentuk dari perpaduan kebudayaan yang memiliki hubungan erat terhadap agama, adat istiadat dan kondisi lingkungan. Penggunaan material kayu dan bambu pada konstruksi bangunan tradisional Bali akan mempengaruhi struktur, yang berdampak pada wujud bangunan. Penelitian pekerjaan kayu style Bali diawali dengan menentukan lokasi pekerjaan, yaitu di daerah Gianyar. Selanjutnya menghitung produktivitas tenaga kerja, menghitung kebutuhan bahan, menghitung kebutuhan alat. Pekerjaan yang ditinjau adalah (1) saka ukir, (2) saka polos, (3) lambang gembol, (4) lambang sari, (5) lambang polos, (6) pintu ukir. Besarnya indeks satuan pada pekerjaan kayu style bali terdiri dari komponen material dan upah. Indeks material kayu pekerjaan saka adalah 0.057 m³ dan pekerjaan lambang 0.024 m³. Indeks tenaga kerja masing-masing pekerjaan berbeda-beda ditentukan oleh jenis ukirannya.

Kata kunci: pekerjaan kayu style bali, indeks pekerjaan, produktivitas

PENDAHULUAN

Pelaksanaan pekerjaan kontruksi terdapat 4 (empat) tahapan yang harus dilakukan yaitu, tahapan perencanaan (planning), tahapan pengorganisasian (organizing), tahapan pelaksanaan (actuating) dan tahapan pengawasan (controlling). Salah satu proses yang dilakukan dalam tahap perencanaan adalah perhitungan rencana anggaran biaya. Penyusunan suatu rencana anggaran biaya proyek harus teliti, cermat, dan memenuhi syarat (Waluyo Nuswantoro dan Fetty Manda Sari, 2011).

Indeks adalah angka-angka jumlah kebutuhan bahan maupun tenaga yang diperlukan untuk mengerjakan suatu pekerjaan dalam satu satuan tertentu (Ilmu Sipil, 2012). Produktivitas tenaga kerja merupakan salah satu bagian terpenting dalam dunia kontruksi. Selain berpengaruh terhadap keberhasilan proyek, produktivitas tenaga kerja juga berpengaruh terhadap keuntungan yang akan didapatkan oleh pihak kontraktor. Namun produktivitas tenaga kerja dapat berubah-ubah karena dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu tingkat upah, pengalaman, pendidikan keahlian, usia pekerja, pengadaan barang, cuaca, jarak material, hubungan kerja sama antara pekerja, faktor managerial dan efektivitas jam kerja (Pramuji, 2008).

Arsitektur Tradisional Bali merupakan salah satu arsitektur khas nusantara yang terdapat di Indonesia. Kekhasan wujud bangunan dapat dilihat pada tipikal jenis bangunan arsitektur tradisional Bali contohnya seperti paon, bale daje, bale dauh dan jineng, yang menggunakan material kayu serta bambu sebagai bahan utama dalam konstruksi bangunan. Pembuatan bangunan style Bali pada umumnya ditawarkan secara borongan atau lumpsum. Karena kondisi ini, sulit bagi pemilik proyek dalam memperkirakan anggaran biaya yang diperlukan dalam proses pembuatan bangunan dengan material kayu ukir style Bali, dengan menggunakan beberapa jenis saka, lambang, dan pintu. Berdasarkan permasalahan inilah perlu dilakukan analisis untuk menentukan harga satuan pekerjaan kayu style Bali. Dari harga satuan bisa dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang menggunakan kayu style Bali

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan kayu style Bali yang ada di Kabupaten Gianyar. Metode pengolahan data yang digunakan yaitu deskriptif kuantitatif dengan pengamatan langsung di lapangan. Pekerjaan kayu style Bali yang dianalisis adalah (1) pekerjaan saka

kayu style Bali, (2) pekerjaan lambang kayu style Bali. Penelitian diawali dengan observasi memperoleh data berupa: (a) volume pekerjaan, (b) waktu pekerjaan, (c) jumlah tenaga kerja, (d) jenis pekerjaan. Selanjutnya data-data tersebut dianalisis untuk menentukan produktivitas tenaga kerja, kebutuhan bahan, dan alat.

Koefisien tenaga kerja ditentukan untuk mengetahui jumlah tenaga kerja dan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan satu item pekerjaan dengan volume tertentu [6]. Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$1. \text{ Koefisien Man Hour} = \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Durasi Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}}$$

Upah tenaga kerja yang dibayarkan dihitung dalam satuan hari, maka perlu diketahui koefisien man day dari tenaga kerja. Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Koefisien Man Day} = \frac{\text{Koefisien Man Hour}}{\text{Jumlah Jam Kerja dalam 1 Hari}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menghitung Indeks Material Kayu

Untuk menghitung analisa harga satuan pekerjaan diawali dengan menghitung kebutuhan bahan. Bahan yang digunakan adalah sesuai persyaratan yang diinginkan yaitu mengenai jenis, kuantitas, maupun komposisi suatu bahan. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan bahan untuk pekerjaan kayu style Bali.

Tabel 1. Kebutuhan Material Pekerjaan Saka Ukir dan Saka Polos

No	Uraian	Ukuran		TOTAL	
		Ukuran Bersih (mm)	Ukuran Kotor (mm)	Banyak (Btg)	Volume (m3)
Kebutuhan Material Termasuk Potongan					
a	Saka		120 x 120 x 4000	1	0.0576
Total					0.0576
Kebutuhan Material Sesuai Dimensi Gambar					
a	Saka	110 x 110 x 3000		1	0.0363
Total					0.0363
Waste material					58.68 %

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan kayu bersih untuk pekerjaan satu buah saka ukuran 110 mm x 110 mm x 3000 mm adalah 0.036 m3 sementara kebutuhan kayu sesuai pasaran adalah 120 mm x 120 mm x 4000 mm sebesar

0.0576 m³. Selisih antara kebutuhan kayu bersih dan kotor merupakan *waste material* yaitu 58.68 %.

Tabel 2. Kebutuhan Material Pekerjaan Lambang Gembol, Sari dan Polos

No	Uraian	Ukuran		TOTAL	
		Ukuran Bersih (mm)	Ukuran Kotor (mm)	Banyak (Btg)	Volume (m3)
Kebutuhan Material Termasuk Potongan					
a	Lambang		110 x 220 x 1000	1	0.0242
Total					0.0242
Kebutuhan Material Sesuai Dimensi Gambar					
a	Lambang	100 x 200 x 1000		1	0.020
Total					0.020
Waste material					21.00 %

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan kayu bersih untuk pekerjaan 1 m' lambang ukuran 100 mm x 200 mm x 1000 mm adalah 0.0242 m³ sementara kebutuhan kayu sesuai pasaran adalah 110 mm x 220 mm x 1000 mm sebesar 0.020 m³. Selisih antara kebutuhan kayu bersih dan kotor merupakan *waste material* yaitu 21.00 %

B. Menghitung Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas adalah perbandingan antara volume yang dikerjakan dengan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut. Berikut adalah produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan saka ukir dan polos, lambang gembol, lambang sari, dan lambang polos. Berikut produktivitas tenaga kerja:

Tabel 3. Produktivitas Pekerjaan Lambang dan Saka

Pekerjaan	Observasi No.	Output (m')	ST (menit)	Produktivitas (m/hari)	Tenaga kerja (Orang)	Koefisien (org/jam)	Koefisien (OH)
Saka Ukir	1	0.063	60	0.500	1	16.0	2.00
	2	0.100	60	0.800	1	10.0	1.25
	3	0.138	60	1.100	1	7.3	0.91
	4	0.075	60	0.600	1	13.3	1.67
	Rata-Rata	0.094	60.000	0.750	1.000	11.652	5.83

Saka Polos	1	0.150	60	1.200	1	6.7	0.83
	2	0.225	60	1.800	1	4.4	0.56
	Rata-Rata			3.000			1.39
Lambang Gembol	1	0.038	60	0.300	1	26.7	3.33
	2	0.038	60	0.300	1	26.7	3.33
	3	0.050	60	0.400	1	20.0	2.50
	Rata-Rata			1.000			9.17
Lambang Sari	1	0.075	60	0.600	1	13.3	1.67
	2	0.050	60	0.400	1	20.0	2.50
	Rata-Rata			1.000			4.17
Lambang Polos	1	1.000	60	1.000	1	8.0	1.00
	Rata-Rata			1.000			1.00

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata produktivitas pekerja untuk menyelesaikan saka ukir dengan panjang 3 m adalah dibutuhkan tenaga kerja 5.83 orang hari (OH), untuk menyelesaikan saka polos dengan panjang 3 m dibutuhkan tenaga kerja 1.39 orang hari (OH). Untuk menyelesaikan lambang gembol per 1 meter dibutuhkan tenaga kerja 9.17 orang hari (OH), untuk menyelesaikan lambang sari per 1 meter dibutuhkan tenaga kerja 4.17 orang hari (OH), untuk menyelesaikan lambang polos per 1 meter dibutuhkan tenaga kerja 1.00 orang hari (OH).

C. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Style Bali

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan material dan produktivitas tenaga kerja, diperoleh indeks pekerjaan kayu style Bali sebagai berikut:

Tabel 4. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Style Bali

No	Uraian	Satuan	Indeks				
			Saka Ukir	Saka Polos	Lambang Gembol	Lambang Sari	Lambang Polos
A	BAHAN						

	Kayu Jati	m3	0.05 7	0.057	0.0242	0.0242	0.0242
B	TENAGA KERJA						
	Tukang ukir	OH	5.83	1.39	9.17	4.17	1.00
	Tukang kupak	m'	3	3	1	1	1.00
	Tukang finishing	m	3	3	1	1.00	1.00

SIMPULAN

Besarnya indeks satuan pada pekerjaan kayu style bali terdiri dari komponen material dan upah. Indeks material kayu pekerjaan saka adalah 0.057 m3 dan pekerjaan lambang 0.024 m3. Indeks tenaga kerja masing-masing pekerjaan berbeda-beda ditentukan oleh jenis ukirannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Primadewi, SPN. 2015, Struktur & Konstruksi Bangunan Tradisional Bale Pengaman di Desa Bayung Gede, Kabupaten Bangli, Universitas Mahasaraswati, Denpasar.
- Sariani, N L A, 2011, Estimasi Biaya Konstruksi Gedung dengan Metode Cost Significant Model (Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung Pemerintah di Kabupaten Jembrana), Universitas Udayana, Denpasar.
- Ibrahim, H. Bachtiar. 1993. Rencana Dan Estimate Real Of Cost. Cetakan ke-2. Bumi Aksara. Jakarta
- Muliani, S.M.N. 2015. Pengaruh Pengalaman Kerja Terhadap Produktivitas Pengerajin untuk Menunjang Pendapatan Pengerajin Ukiran Kayu. E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana. Vol. 5, No. 5. Denpasar.
- Yuniartini, S.P.N. 2013. Pengaruh Modal, Tenaga Kerja, dan Teknologi Terhadap Produksi Industri Kerajinan Ukiran Kayu di Kecamatan Ubud. E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana. Vol. 2, No. 2. Denpasar.
- Messah, Y A. dkk. 2013. Analisa Indeks Biaya Untuk Pekerjaan Beton Bertulang Dengan Menggunakan Metode Sni 7394-2008 Dan Lapangan (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Asrama Stikes Chmk Tahap III).
- Husen, Abrar. 2009. Manajemen Proyek. Andi, Yogyakarta
- Mahayasa, I.B.A. 2017. Pengaruh Modal, Teknologi, dan Tenaga Kerja Terhadap Produksi dan Pendapatan Usaha Kerajinan Ukiran Kayu di Kecamatan Tembuku Kabupaten. E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana. Vol. 6, No. 8. Denpasar.

Wijayanti, K.D. 2019. Analisis Perbandingan Penggunaan *Job Order Coasting Method* dan *Process Coasting Method* Untuk Meningkatkan Akurasi Laba Usaha (Studi Kasus pada Stile Bali Ukir Desa Jinengdalem, Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng). JIMAT (Jurnal Ilmiah Mahasiswa Akuntansi) Universitas Pendidikan Ganesha, Vol: 10 No: 1. Buleleng.

ANALISIS BIAYA K3 BERDASARKAN RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK GEDUNG PARKIR MOTOR BANDARA I GUSTI NGURAH RAI

**I Wayan Gede Jatrawan¹⁾, Putu Hermawati²⁾,
I Made Anom Santiana³⁾**

⁽¹⁾Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil,
Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: gedejatrawan@gmail.com

⁽²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: hermawati@pnb.ac.id

⁽³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: madeanomsantiana@pnb.ac.id

Abstract

Safety and health issues in Indonesia are still very neglected. This shows that the number of accidents is still high, especially in the construction sector. If OHS is ignored by the construction company, it can pose a risk to the company in the form of accidents to workers. This research was conducted on the Motor Parking Building project on the 3rd floor of I Gusti Ngurah Rai Airport to state that the importance of OHS costs to reduce the number of work accidents. The purpose of this study is to identify OHS risks, assess OHS risks and analyze OHS costs. The method in this study is to conduct interviews and questionnaires to obtain a risk assessment and the calculation of OHS costs in accordance with the identification of predetermined risks. The results of this study there is a level of risk of work accidents where Medium risk with human risk sources, namely: Scratched or cut material, Material punctured, Scratched or cut work tools, and sources of Material and Equipment, namely: Struck by Material, Irritation from welding rays, falling from a height. While the level of risk is low risk with the source of human risk, namely: Hit the hammer. Sources of risk Materials and equipment, namely: Falling tools. and sources of work environment risk, namely: slips. And the cost of OHS that has been analyzed is Rp. 232,494,246,- or 1.94% of the project value of Rp. 12,014,041,000,-.

Keywords: *Work Accidents, Risk Management, OHS Costs*

Abstrak

Masalah keselamatan dan kesehatan kerja di Indonesia masih sangat terabaikan. Hal ini menunjukkan masih tinggi angka kecelakaan yang terjadi khususnya di bidang konstruksi. Jika K3 di abaikan oleh perusahaan konstruksi maka dapat menimbulkan resiko pada perusahaan tersebut berupa kecelakaan pada pekerja. Penelitian ini dilakukan pada proyek proyek Gedung Parkir Motor lantai 3 Bandara I Gusti Ngurah Rai untuk menyatakan bahwa pentingnya biaya K3 untuk mengurangi angka kecelakaan kerja. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi resiko K3, menilai Risiko K3 dan menganalisis Biaya K3. Metode dalam penelitian ini adalah melakukan wawancara dan kuisioner untuk mendapatkan penilaian risiko dan dilakukan perhitungan Biaya K3 sesuai dengan identifikasi resiko yang telah ditentukan. Hasil penelitian ini terdapat

tingkat risiko kecelakaan kerja dimana *Medium risk* dengan sumber risiko manusia yaitu ; Tergores atau terpotong material, Tertusuk material, Tergores atau terpotong alat kerja, dan sumber Material dan Peralatan yaitu : Tertimpa Material, Iritasi dari sinar las, terjatuh dari ketinggian. Sedangkan tingkat risiko *low risk* dengan sumber risiko Manusia yaitu :Terpukul palu. Sumber risiko Material dan peralatan yaitu: Kejatuhan alat. dan sumber risiko Lingkungan kerja yaitu : terpeleset. Dan biaya K3 yang telah di analisis adalah sebesar Rp. 232.494.246,- atau 1,94% dari nilai proyek sebesar Rp. 12.014.041.000,-.

Kata Kunci: Kecelakaan Kerja, Manajemen Risiko, Biaya K3

PENDAHULUAN

Masalah keselamatan dan Kesehatan kerja di Indonesia masih terabaikan. Hal ini menunjukkan masih tinggi angka kecelakaaan yang terjadi khususnya di bidang konstruksi tenaga kerja di bidang konstruksi mencangkup sekitar 7-8% dari seluruh tenaga kerja di berbagai bidang di Indonesia (mosess 2011). Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan suatu hal yang sangat penting bagi perusahaan karena dampak kecelakaan dan penyakit kerja tidak hanya merugikan pekerja, tetapi juga merugikan perusahaan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu diperlukan system pengelolaan kesehatan dan keselamatan kerja (K3). K3 adalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan pengertian pemberian perlindungan kepada setiap orang yang berada di tempat kerja, yang berhubungan dengan pemindahan bahan baku, penggunaan peralatan kerja konstruksi, proses produksi dan lingkungan sekitar tempat kerja (Djatismiko, 2016).

Jika keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di abaikan oleh perusahaan konstruksi maka dapat menimbulkan resiko pada perusahaan tersebut berupa kecelakaan pada pekerja sehinga menambah biaya tak terduga pada proyek tersebut.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan pengembangan penelitian tentang “Analisis Biaya Berdasarkan Resiko Kecelakaan Kerja pada proyek Gedung Parkir Motor Bandara I Gusti Ngurah Rai” hasilnya diharapkan mampu mengubah mindset pelaku pelaku perusahaan terutamanya di bidang konstruksi agar mengutamakan biaya resiko K3 tersebut.

Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pokok permasalahan yang dapat dirumuskan di proyek Gedung Parkir Motor Bandara I Gusti Ngurah Rai adalah sebagai berikut:

1. Apa risiko kecelakaan kerja yang teridentifikasi selama pelaksanaan ?
2. Bagaimana penilaian risiko kecelakaan kerja ?
3. Berapa besar biaya K3 berdasarkan risiko-risiko kecelakaan kerja yang terjadi ?
- 2.
- 3.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas , Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian di proyek Gedung Parkir Motor Bandara I Gusti Ngurah Rai adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja yang terjadi .

2. Menilai risiko kecelakaan kerja yang terjadi
3. Menganalisis besar biaya K3 berdasarkan risiko yang terjadi

METODE PENELITIAN

Jenis data yang digunakan untuk penelitian ini ada 2 (dua) jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang secara langsung diambil dari obyek penelitian oleh peneliti perorangan maupun organisasi. Data primer dalam penelitian ini adalah dengan melakukan wawancara dan kuisisioner. Data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya, dimana data sekunder dalam penelitian ini adalah diperoleh dari pihak kontraktor dan konsultan pengawas

Metode pengumpulan data merupakan suatu cara untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian. Dalam penelitian ini pengumpulan data yang digunakan yaitu Data primer diperoleh dari hasil wawancara dan kuisisioner yaitu tentang risiko kecelakaan kerja. dan Data sekunder di dapat melalui Studi literatur atau studi kepustakaan, dan data yang didapat dari proyek yaitu data berupa : Identitas Proyek, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Surat Edaran Nomor : 11/Se/M/2019.

Pada penelitian ini menggunakan analisis penilaian tingkat risiko yang digunakan untuk mendapatkan penilaian risiko dari setiap variabel. Dan analisis Biaya K3 digunakan untuk menentukan biaya K3 berdasarkan risiko kecelakaan kerja yang terjadi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Risiko

4. Pengumpulan data awal adalah berupa pengamatan langsung dan wawancara staf pelaksana di proyek . Dari hasil ini didapat 15 risiko dengan 3 sumber risiko yakni factor manusia, factor material dan peralatan dan factor Lingkungan kerja, berikut merupakan hasil pengelompokan risiko yang teridentifikasi

Tabel 1 Hasil pengamatan dan Wawancara Risiko Kecelakaan Kerja

Sumber Risiko	Risiko Yang terjadi
I. Manusia	1.1 Pekerja tergores atau terpotong material tajam
	1.2 Pekerja tertusuk material tajam

	1.3 Pekerja tergores atau terpotong alat kerja
	1.4 Pekerja terpukul palu
II. Material dan Peralatan	2.1 Pekerja tertimpa alat kerja
	2.2 Pekerja tertimpa material
	2.3 Pekerja kecelakaan akibat alat berat
	2.4 Pekerja tertimpa atau kejatuhan alat
	2.5 Pekerja terkena iritasi dari sinar las
	2.6 Pekerja terkena logam panas
III. Lingkungan Kerja	3.1 Pekerja terpeleset atau terjatuh
	3.2 Pekerja mengalami iritasi mata dan kulit akibat zat zat pada material
	3.3 Pekerja terjatuh dari ketinggian
	3.4 Kebakaran
	3.5 Pekerja tersengat arus listrik

Penilaian Risiko

Nilai modus dari masing-masing sumber risiko pada kolom frekuensi risiko dan kolom konsekuensi risiko selanjutnya akan dikalikan untuk mendapatkan nilai *Risk Index* (RI) untuk masing-masing risiko. Dari hasil perhitungan *Risk Index* yang dilakukan, maka nilai *Risk Index* yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan penerimaan dan penilaian masing-masing risiko dengan *skala* yang telah ditentukan. Terlihat bahwa penerimaan risiko didapat katagori undesireable (tidak diharapkan) berjumlah 6 risiko (40%), acceptable (dapat diterima) adalah 9 risiko (60%). Sedangkan tingkat penilaian risiko didapat *low risk* berjumlah 9 risiko dan *Medium risk* berjumlah 6 risiko.

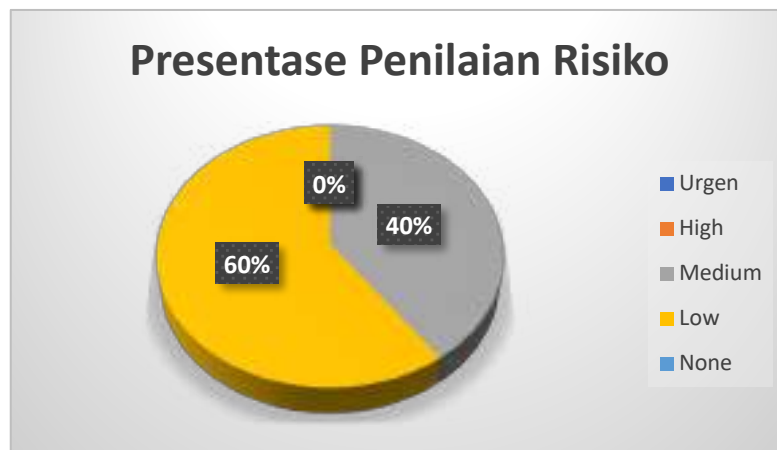
Hasil analisis penilaian tingkat risiko dapat dilihat pada tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 2 Tingkat Penilaian Risiko

Sumber Risiko	Risiko Yang terjadi	Nilai		<i>Risk Index</i>	Penerimaan Risiko	Penilaian Risiko

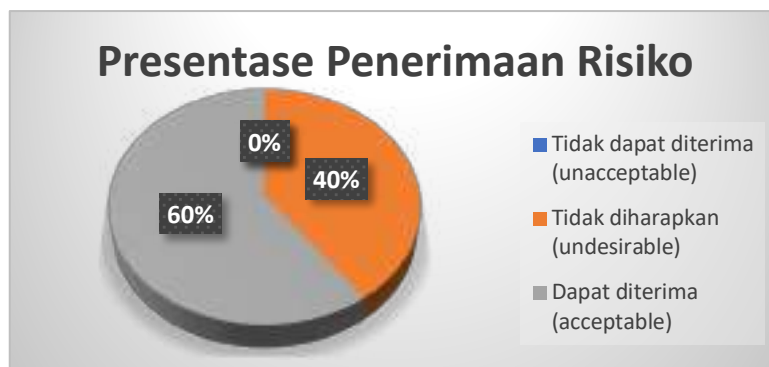
		Fre kue nsi	Ko nse kue nsi			
I. Manusia	1.1 Pekerja tergores atau terpotong material tajam	3	3	9	Undersirable	Medium
	1.2 Pekerja tertusuk material tajam	3	2	6	Undersirable	Medium
	1.3 Pekerja tergores atau terpotong alat kerja	3	3	9	Undersirable	Medium
	1.4 Pekerja terpukul palu	2	2	4	Acceptable	Low
II. Material dan Peralatan	2.1 Pekerja tertimpa alat kerja	1	2	2	Acceptable	Low
	2.2 Pekerja tertimpa material	2	3	6	Undersirable	Medium
	2.3 Pekerja kecelakaan akibat alat berat	1	3	3	Acceptable	Low
	2.4 Pekerja tertimpa atau kejatuhan alat	1	3	3	Acceptable	Low
	2.5 Pekerja terkena iritasi dari sinar las	3	2	6	Undersirable	Medium
	2.6 Pekerja terkena logam panas	1	2	2	Acceptable	Low
III. Lingkungan Kerja	3.1 Pekerja terpeleset atau terjatuh	3	1	3	Acceptable	Low
	3.2 Pekerja mengalami iritasi mata dan kulit akibat zat zat pada material	1	2	2	Acceptable	Low
	3.3 Pekerja terjatuh dari ketinggian	2	3	6	Undersirable	Medium
	3.4 Kebakaran	1	3	3	Acceptable	Low
	3.5 Pekerja tersengat arus listrik	1	3	3	Acceptable	Low

Berikut Presentase tingkat penilaian Risiko:



Gambar 1 Presentase Penilaian Risiko

Berikut Presentase tingkat penerimaan Risiko:



Gambar 2 Presentase Penerimaan Risiko

Biaya penerapan K3 Menurut Surat Edaran Nomor : 11/Se/M/2019 adalah biaya keamanan dan Kesehatan kerja serta keselamatan konstruksi yang harus diperhitungkan dan dialokasikan oleh penyedia jasa dan pengguna jasa. Perincian biaya akan dibuat dalam bentuk RAB K3 yang nantinya dijadikan acuan dalam kegiatan K3 di proyek. Biaya risiko kecelakaan kerja dibuat dengan tujuan merekap biaya yang dikeluarkan dalam mananggulangi risiko kecelakaan dan pengobatan pekerja yang mengalami kecelakaan kerja selama proyek berlangsung. Biaya Penerapan SMK3 dibuat dalam bentuk Rencana Anggaran Biaya atau sering disebut dengan RAB K3. RAB K3 dibuat untuk merencanakan kebutuhan berbagai item yang berkaitan dengan K3 seperti APD, APK, Asuransi dll. RAB K3 nanti akan dijadikan acuan dalam pelaksanaan K3 di proyek. Jumlah tenaga kerja yang tertera di RAB didapat dari hasil wawancara dan survey lapangan. Berikut merupakan hasil analisis perhitungan biaya K3 yang di dapat:

Tabel 3 Analisis Biaya K3

Uraian Alat/ Kegiatan K3	Harga
TOTAL BIAYA APD	Rp 18.592.000
TOTAL BIAYA SOSIALISASI DAN PROMOSI K3	Rp 500.000
TOTAL BIAYA PERSONIL K3	Rp 124.800.000
TOTAL BIAYA FASILITAS TENAGA KESEHATAN	Rp 3.050.000
TOTAL BIAYA FASILITAS SARANA KESEHATAN	Rp 85.552.246
TOTAL	Rp 232.494.246

Dari hasil Rencana Anggaran Biaya K3 yang telah dibuat didapat nilai RAB K3 Rp. 232.494.246,- Dari Nilai proyek yaitu Rp. 12.014.041.000,- berikut perhitungan nilai Presentase:

$$5. \frac{RAB\ K3}{Nilai\ Kontrak} \times 100\% = 1,94\%$$

6. Berdasarkan RAB K3 sebelumnya pada proyek pembangunan Gedung parkir motor Bandara I Gusti Ngurah Rai di dapat nilai Biaya K3 sebesar Rp. 7000.000,- dengan presentase 0,058% dari nilai kontrak. Disimpulkan Biaya K3 sebelumnya di bawah standar ideal Komite Keselamatan Konstruksi Rakyat yakni antara 1,5%-2,5% dari total nilai proyek. Sedangkan hasil Rencana Anggaran Biaya K3 yang telah dibuat didapat nilai Presentase 1,94 % dan sudah memenuhi standar ideal Komite Keselamatan Konstruksi Rakyat.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian-uraian yang penulis paparkan pada bab-bab sebelumnya dan sesuai data-data yang telah diperoleh selama melakukan penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Risiko kecelakaan kerja yang teridentifikasi pada proyek pembangunan Gedung parkir motor bertingkat Bandara I Gusti Ngurah Rai adalah sebanyak 15 risiko dengan 3

sumber risiko yakni factor manusia, factor material dan peralatan, dan faktor Lingkungan kerja. Dari sumber risiko factor manusia terdapat 4 risiko yang terjadi yaitu: 1. Pekerja tergores atau terpotong material tajam, 2. Pekerja tertusuk material tajam, 3. Pekerja tergores atau terpotong alat kerja, 4. Pekerja terpukul palu. Kemudian dari sumber risiko factor material dan peralatan terdapat 6 risiko yang terjadi yaitu : 1. Pekerja tertimpa alat kerja, 2. Pekerja tertimpa material, 3. Pekerja kecelakaan akibat alat berat, 4. Pekerja tertimpa atau kejatuhan alat, 5. Pekerja terkena iritasi dari sinar las, 6. Pekerja terkena logam panas. Kemudian dari sumber risiko factor Lingkungan Kerja terdapat 5 jenis risiko kecelakaan kerja yaitu : 1. Pekerja terpeleset atau terjatuh, 2. Pekerja mengalami iritasi mata dan kulit akibat zat zat pada material, 3. Pekerja jatuh dari ketinggian, 4. Kebakaran, 5. Pekerja tersengat arus listrik.

2. Berdasarkan hasil analisis risiko didapatkan risiko tidak diharapkan (*undesireable*) berjumlah 6 risiko (40%) dengan tingkat risiko *Medium risk* dengan sumber risiko Manusia yaitu: Pekerja tergores atau terpotong material tajam, Tertusuk material tajam, Tergores atau terpotong alat kerja. Dan sumber risiko Material dan Peralatan yaitu : Pekerja tertimpa material, Terkena iritasi dari sinar las, Terjatuh dari ketinggian. Kemudian Risiko dapat diterima (*acceptable*) berjumlah 9 risiko (60%) dengan tingkat risiko *low risk* dengan sumber risiko Manusia yaitu: Pekerja terpukul palu. Sumber risiko Material dan Peralatan yaitu: Pekerja tertimpa alat kerja, Kecelakaan akibat alat berat, tertimpa atau kejatuhan alat, terkena logam panas. Dan sumber risiko Lingkungan Kerja yaitu : Pekerja terpeleset atau terjatuh, Mengalami iritasi mata dan kulit akibat zat zat pada material, Kebakaran dan tersengat arus listrik.

3. Berdasarkan hasil Analisa perhitungan biaya dari K3 berdasarkan kecelakaan kerja di proyek pembangunan Gedung parkir motor bertingkat Bandara I Gusti Ngurah Rai, diperoleh nilai biaya sebesar Rp. 232.494.246,- atau 1,94% dari nilai proyek sebesar Rp. 12.014.041.000,-. Angka ini menunjukkan bahwa, perhitungan biaya K3 sudah memenuhi standar ideal komite keselamatan konstruksi rakyat yakni sebesar 1,5% - 2,5%.

DAFTAR PUSTAKA

Moses L. Singgih, Surabaya 5 Pebruari 2011, manajemen risiko k3 (keselamatan dan kesehatan kerja) pada proyek pembangunan apartemen puncak permai surabaya.

Peraturan Pemerintah No.50 Tahun 2012 – Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Djarmiko, R. D. (2016) Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Yogyakarta: deepublish.

Hebbie Ilma Adzim, S.ST., Januari 18, 2020, K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja).

Abad, J., Lafuente, E., and, Vilajosana, J. (2013). *An assessment of the OHSAS 18001 certification process: Objective drivers and consequences on safety performance and labour productivity. international journal of safety science*

Bryan Alfons Willyam Sepang, Maret 2013, Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4,

Undang-Undang Nomor 23 tahun 1992 (2000), Tentang Kesehatan, Penerbit Ariloka, Surabaya

Sugiyono. 2010 “Metode Penelitian Pendidikan”, Bandung:Alfabeta.

Godfrey, Patrick S. (1996). *Control of Risk. A Guide to the Systematic Management of Risk from Construction*. Westminster London:

Eva Olivia Hutasoit, 2016, Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kenjeran Surabaya, Surabaya

Atyatistha Ananti Gusti Ayu (2019) Analisis Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (k3) Pada Proyek Konstruksi, Jurnal Sipil

ANALISIS OPTIMALISASI WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN SMPN 14 DENPASAR MENGGUNAKAN METODE *PERT*

I Made Andika Surya Wiguna¹, Ida Bagus Putu Bintana², dan Ni Made Sintya Rani³

¹Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

²Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

³Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: madeandikasurya.w@gmail.com, gusbint@yahoo.com, sintyarani@pnb.ac.id

Abstrak

ABSTRAK : Penjadwalan merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam penyelesaian proyek. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang bisa menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan sehingga penyelesaian proyek menjadi terlambat. Pada penelitian ini akan dilakukan optimalisasi penjadwalan Proyek Pembangunan SMPN 14 Denpasar yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode *PERT* (*Project Evaluation and Review Technique*) Dari alternatif waktu yang didapat kemudian dihitung standar deviasi dan varians dari lintasan kritis yang akan digunakan untuk menghitung tingkat keberhasilan (probabilitas) proyek. Berdasarkan hasil analisa, didapatkan waktu pada pekerjaan struktur proyek SMPN 14 Denpasar dapat terselesaikan dalam rentang waktu 87 – 107 hari. Durasi pelaksanaan proyek menggunakan metode *PERT* dengan tingkat probabilitas 95% yaitu 103 hari. Dari nilai tersebut tingkat keberhasilan yang tinggi sehingga pelaksanaan proyek di lapangan kemungkinan kecil terjadi kegagalan 5%.

Kata Kunci : *Penjadwalan, PERT, Durasi, Probabilitas*

Abstract

ABSTRACT : Scheduling is a very important part of project completion. In the implementation of the construction project, various things can occur which then cause an increase in implementation time so that the project completion becomes late. This research will optimize the scheduling of the construction project of SMPN 14 Denpasar which delays due to the method of *PERT* (*Project Evaluation and Review Technique*). Based on the alternative time obtained then the standard deviation and variance of the critical path are used to calculate the success rate (probability) of the project. Based on the results of the analysis, it was found that the time for working on the structure of SMPN 14 Denpasar could be completed in the span of 87 – 107 days. The duration of project implementation using the *PERT* method with a 95% probability level is 103 days. From this value, the success rate is high so that the implementation of the project in the field is less likely to fail by 5%.

Keywords: *Scheduling, PERT, Duration, Probability*

PENDAHULUAN

Pembangunan proyek konstruksi sangat memerlukan manajemen proyek atau pengelolaan proyek. Umumnya, penjadwalan proyek yang lemah dapat menyebabkan penyelesaian proyek tertunda. Penyebab keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat terjadinya perbedaan kondisi di lokasi, pengaruh cuaca, kesalahan perencanaan atau spesifikasi, perubahan disain, kurang terpenuhinya kebutuhan pekerja, material atau peralatan, dan pengaruh keterlibatan pemilik proyek (owner) [8]. Keterlambatan pekerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya. Percepatan dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti penambahan tenaga kerja, penambahan waktu kerja atau jam lembur dan metode konstruksi yang tepat. [3]

Pelaksanaan pekerjaan pada suatu proyek membutuhkan tidak hanya sumber daya manusia yang handal, tetapi juga suatu manajemen yang baik. Metode *PERT (Project Evaluation and Review Technique)* merupakan alat bantu dalam manajemen yang berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian jadwal suatu proyek dengan menggunakan 3 waktu pengerjaan yaitu waktu tercepat (*optimistic*), waktu yang paling mungkin (*most likely*) dan waktu terlama (*pesimistic*). Studi kasus yang digunakan dalam Penelitian ini adalah proyek Pembangunan SMPN 14 Denpasar yang beralamat di Jl. WR Supratman, Kesiman Petilan, Kec. Denpasar Timur, Kota Denpasar, Bali dengan nilai kontrak sebesar Rp. 12.193.397.291,00, yang cenderung mengalami keterlambatan akibat berbagai hal. Keterlambatan yang terjadi pada proyek tersebut karena adanya perubahan terkait luas lahan yang berdampak pada pemetaan lokasi gedung ruang kelas SMPN 14 Denpasar. Oleh karena itu, diperlukan analisis waktu pelaksanaan proyek dan menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan mengatur urutan pekerjaan sehingga diharapkan waktu pelaksanaan proyek menjadi optimum menggunakan metode *PERT*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah berapakah durasi pelaksanaan proyek Pembangunan SMPN 14 Denpasar yang ditinjau dengan menggunakan metode *PERT*, berapakah tingkat keberhasilan (probabilitas) pelaksanaan proyek SMPN 14 Denpasar yang ditinjau menggunakan metode *PERT* dan juga Berapakah durasi pelaksanaan proyek menggunakan metode *PERT* dengan tingkat probabilitas 95% Sejalan dengan latar belakang diatas tujuan dalam penelitian ini adalah Mengetahui durasi optimal pelaksanaan proyek Pembangunan SMPN 14 Denpasar yang ditinjau menggunakan

metode *PERT* dan juga Mengetahui tingkat keberhasilan (probabilitas) pelaksanaan proyek SMPN 14 Denpasar yang ditinjau menggunakan metode *PERT*.

METODE PENELITIAN

Penyusunan Jaringan Kerja

Untuk memudahkan penjadwalan pelaksanaan proyek, maka dibuat jaringan kerja berdasarkan pada rencana kerja yang telah ada dalam *time schedule* proyek. Dalam penyusunan jaringan kerja adapun langkah-langkah penyusunan sebagai berikut :

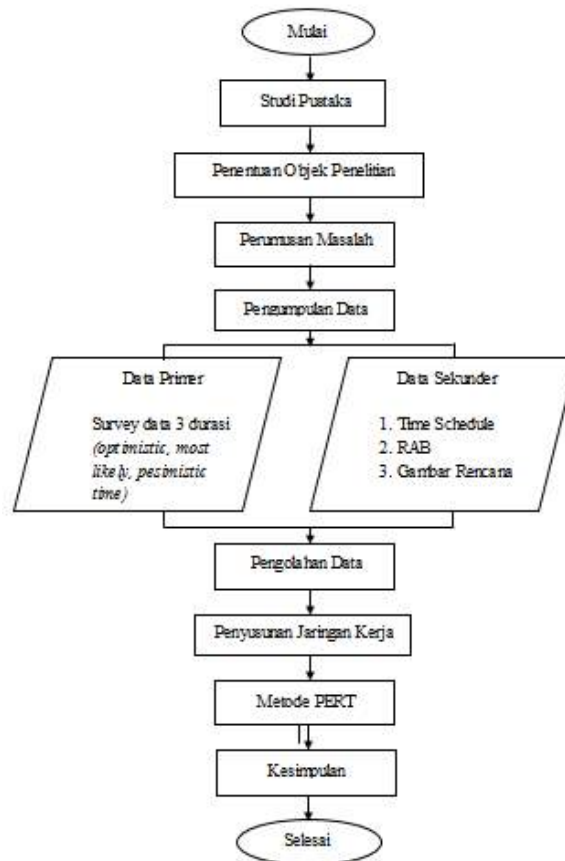
1. Mengidentifikasi dan mengelompokkan lingkup pekerjaan proyek
2. Memasukkan lingkup pekerjaan proyek ke *Microsoft Project*
3. Menyusun jaringan kerja / network diagram dengan memberi nomor urut pada tiap-tiap pekerjaan.
4. Menentukan hubungan antar pekerjaan (*Predecessor dan Successor*).

Metode *PERT*

Setelah Penyusunan jaringan kerja, dilanjutkan melakukan metode *PERT* yang merupakan singkatan dari *Program Evaluation and Review Technique* (teknik menilai dan meninjau kembali program), yang bertujuan untuk melakukan evaluasi terkait urutan pekerjaan, mengurangi adanya penundaan. Adapun langkah langkah evaluasi metode *PERT* yaitu :

1. Mengevaluasi waktu pekerjaan dengan merata-ratakan 3 durasi (*optimistic time, most likely time dan pesimistic time*) akan mendapatkan rata rata durasi (te) yang nantinya akan dipakai sebagai evaluasi durasi dari masing-masing pekerjaan.
2. Menghitung standar deviasi durasi proyek (se) dan varians (ve) menggunakan Ms.Excel.
3. Menentukan lintasan kritis dari network diagram.
4. Menghitung standar deviasi dari lintasan kritis.
5. Menghitung nilai probabilitas proyek

BAGAN ALIR PENELITIAN



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan jalur kegiatan yang terdiri dari kegiatan – kegiatan kritis yang memiliki jumlah waktu terlama dibandingkan dengan semua lintasan yang lain. Jumlah waktu lintasan kritis sama dengan umur proyek. Dari hasil penjadwalan *Microsoft Project* garis merah merupakan lintasan kritis dalam penjadwalan proyek tersebut. Sedangkan kegiatan kritis merupakan kegiatan dengan kotak berwarna merah. Kegiatan kritis didalam penjadwalan proyek SMPN 14 Denpasar yang digunakan adalah kegiatan kritis hasil rata – rata ketiga durasi (T_e), sehingga didapat waktu dari penyelesaian proyek yang diharapkan (T_e) adalah 96.5 hari atau dibulatkan menjadi 97 hari dari waktu rencana pekerjaan struktur selama 119 hari.

Menentukan standar deviasi lintasan kritis

Kegiatan – kegiatan kritis memiliki standar deviasi dan varians yang berbeda. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Standar Deviasi dan Varians Lintasan Kritis

No	Uraian Pekerjaan	se	ve
Gedung B			
1	Pek. Pembersihan lokasi	0.50	0.25
2	Pek. Pengukuran/pemetaan lahan/site	0.33	0.11
3	Pek. Pengukuran dan pemasangan bowplank	0.33	0.11
4	Pek. Galian pondasi footplat P1 200x200 cm (tanah biasa)	0.33	0.11
5	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi footplat	0.50	0.25
6	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
7	Pek. Tulangan pondasi	0.67	0.44
8	Pek. Rabatan lantai kerja $f'c = 7,4$ Mpa	0.67	0.44
9	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
10	Pek. Tulangan utama	0.50	0.25
11	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
12	Pek. Tulangan sengkang	0.17	0.03
13	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
14	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
15	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.50	0.25
16	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
17	Pek. Beton $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
18	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
19	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.83	0.69
20	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
21	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
22	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
23	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
24	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
25	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.50	0.25
26	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
27	Pek. Beton $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
28	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
29	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.67	0.44
30	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
31	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
32	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
33	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
34	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
35	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.33	0.11
36	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
37	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
38	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
39	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.67	0.44
40	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
41	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
42	Pek. Beton mutu $f'c = 21,7$ Mpa	0.00	0.00
43	Pek. Kap Baja Ringan UK 75	0.50	0.25
44	Pek. Genteng karang pilang	0.33	0.11
45	Pek. Bubungan karang pilang	0.33	0.11

No	Uraian Pekerjaan	se	ve
46	Pek. Murda paras ukir	0.00	0.00
47	Pek. Ikut celedu paras ukir	0.00	0.00
Gedung C			
1	Pek. Pengukuran dan pemasangan bowplank	0.33	0.11
2	Pek. Galian pondasi footplat P1 200x200 cm (tanah biasa)	0.33	0.11
3	Pek. Urugan pasir dibawah pondasi footplat	0.50	0.25
4	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
5	Pek. Tulangan pondasi	0.67	0.44
6	Pek. Rabatan lantai kerja f'c = 7,4 Mpa	0.50	0.25
7	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
8	Pek. Tulangan utama	0.50	0.25
9	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
10	Pek. Tulangan sengkang	0.33	0.11
11	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
12	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
13	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.50	0.25
14	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
15	Pek. Beton f'c 21,7 Mpa	0.00	0.00
16	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
17	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.83	0.69
18	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
19	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
20	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
21	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
22	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
23	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.50	0.25
24	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
25	Pek. Beton f'c 21,7 Mpa	0.00	0.00
26	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
27	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.67	0.44
28	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
29	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
30	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
31	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
32	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
33	Pek. Bekisting Kolom 2x Pakai	0.33	0.11
34	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
35	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
36	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
37	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.67	0.44
38	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
39	Pek. Tulangan sengkang	0.50	0.25
40	Pek. Bekisting Balok 2x Pakai	0.67	0.44
41	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
42	Pek. Beton mutu f'c = 21,7 Mpa	0.00	0.00
43	Pek. Kap Baja Ringan UK 75	0.50	0.25
44	Pek. Genteng karang pilang	0.33	0.11
45	Pek. Bubungan karang pilang	0.33	0.11
46	Pek. Murda paras ukir	0.00	0.00
47	Pek. Ikut celedu paras ukir	0.00	0.00
		velk	12.06

Dari nilai standar deviasi pada lintasan kritis dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Standar deviasi lintasan kritis (se Lk)} = \sqrt{\text{ve LK}}$$

Dimana : se LK : Standar deviasi lintasan kritis

ve Lk : Jumlah varians dari kegiatan kritis

dari tabel 4.2 Diperoleh ve Lk = 12.06

$$\begin{aligned}\text{sehingga se LK} &= \sqrt{\text{ve LK}} \\ &= \sqrt{12.06} \\ &= 3.47\end{aligned}$$

Menghitung tingkat keberhasilan (probabilitas) proyek

Hasil dari analisis jaringan kerja, dapat diketahui umur proyek dan pekerjaan pekerjaan apa saja yang tergolong kritis. Selanjutnya dapat digunakan rumus untuk mengetahui nilai distribusi normal dengan menggunakan rumus :

$$\text{Nilai distribusi normal : (z)} = \frac{T_d - T_e}{\text{se LK}}$$

Dimana: z : Nilai pada tabel distribusi normal

Td : Target durasi

Te : Waktu penyelesaian proyek yang diharapkan

seLK : Standar Deviasi Lintasan Kritis

dari nilai z tersebut, nilai probabilitas dapat ditentukan dengan membaca tabel distribusi normal dapat dihitung secara langsung pada Ms. Excel. Dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Nilai probabilitas

Td	selk	$z = (td - te) / seLK$	Probabilitas
87	3.47	-2.88	0.20%
88	3.47	-2.592	0.48%
89	3.47	-2.304	1.06%
90	3.47	-2.016	2.19%
91	3.47	-1.728	4.20%
92	3.47	-1.44	7.49%
93	3.47	-1.152	12.47%
94	3.47	-0.864	19.38%
95	3.47	-0.576	28.23%
96	3.47	-0.288	38.67%
97	3.47	0	50.00%
98	3.47	0.288	61.33%
99	3.47	0.576	71.77%
100	3.47	0.864	80.62%
101	3.47	1.152	87.53%
102	3.47	1.44	92.51%
103	3.47	1.728	95.80%
104	3.47	2.016	98%
105	3.47	2.304	98.94%
106	3.47	2.592	99.52%
107	3.47	2.88	100%



7. Gambar 4.4 Gambar Grafik Probabilitas

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tentang optimalisasi waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode *PERT* studi kasus pada proyek SMPN 14 Denpasar dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Durasi pelaksanaan proyek Pembangunan SMPN 14 Denpasar yang ditinjau menggunakan metode *PERT* dapat terselesaikan dalam rentang waktu 87 – 107 hari.
2. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat keberhasilan (probabilitas) pelaksanaan proyek SMPN 14 Denpasar yang ditinjau menggunakan metode *PERT* dengan durasi proyek 96.5 atau dibulatkan selama 97 hari memiliki probabilitas sebesar 50%.
3. Durasi pelaksanaan proyek menggunakan metode *PERT* dengan tingkat probabilitas 95% yaitu 103 hari. Dari nilai tersebut tingkat keberhasilan yang tinggi sehingga pelaksanaan proyek di lapangan kemungkinan kecil terjadi kegagalan 5%.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan dari penyusunan skripsi ini, dapat disarankan :

1. Untuk mendukung tingkat kemajuan proyek perlu dilakukan pengawasan yang maksimal mengingat jumlah lintasan kritis yang banyak agar percepatan yang dilakukan sesuai penjadwalan menggunakan metode *PERT* dapat terlaksana sesuai rencana.
2. Untuk penelitian selanjutnya yang serupa didalam melakukan percepatan dapat menggunakan metode lain seperti *CPM* atau *Least Cost Analysis*

Daftar Pustaka

- [1] Budiman Proboyo (1999), Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek :Klasifikasi Dan Peringkat Daripenyebab-Penyebabnya, Dimensi Teknik Sipil Volume 1, Universitas Kristen Petra
- [2] Ervianto, W.I. (2002). Manajemen Proyek Konstruksi. Andi. Yogyakarta.
- [3] Ervianto, W.I., (2004). Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Penerbit Andi. Yogyakarta
- [4] Hafnidar A. Rani, “Manajemen Proyek Konstruksi”, in Manajemen Proyek Konstruksi, Cetakan Pertama. Yogyakarta: Penerbit Deepublish, 2016.
- [5] Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. Andi Yogyakarta, Serpong.
- [6]T. Hani Handoko. 1994. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta: BPFE.
- [7] Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- [8] Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- [9] Soeharto, I. 2001. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- [10]Luthan, P. 2006. *Aplikasi Microsoft Project Untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*. Andi, Yogyakarta.
- [11] Nugroho, A A. 2007. “Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung Khusus (LABORATORIUM) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Emas”.
- [12] Trihendradi, C. 2014 *Mastering Microsoft Project 2013*. Andi, Yogyakarta.

**ANALISIS TINGKAT PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA TERHADAP
WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PADA PEKERJAAN ARSITEKTUR DI
GEDUNG PASCA SARJANA POLTEKPAR BALI (Studi Kasus: Pembangunan
Gedung Pasca Sarjana Poltekpar Bali)**

**I Gusti Agung Putu Pradana Putra⁽¹⁾, I Nyoman Sutapa⁽²⁾, I Wayan Darya
Suparta⁽³⁾**

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik
Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali
Email: pradanaputra575@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

⁽³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

⁽⁴⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung,
Bali

Abstract : *One of the most influential resources in construction work is labor. A small job if it is not supported by a good workforce in terms of quality and productivity, will not provide maximum and satisfactory results in a project. Employing an inappropriate workforce can have a detrimental impact on a construction project. The quality of the workforce is influenced by factors such as education, experience, age, work environment and cultural diversity. In this research to find data using questionnaires and interviews and as a result of the questionnaire are as follows, labor productivity in the installation of heavy bricks or light brick is 55.3 m²/day, labor productivity in plastering and plastering work is 242.9 m²/day, labor productivity on painting work is 353.45 m²/day, labor productivity on installation of door and window frames is 6,4 m³/day, labor productivity on masonry installation work is 21.8 m²/ days, labor productivity in the installation of sandstone Bali is 75.3 m²/day, the level of labor productivity in the installation of lava rock is 31.2 m²/day, labor productivity in the installation of railing is 14.5 m¹/ days, labor productivity in ceramic installation work is 48.5 m²/day. The most influential variable is field conditions with a total of 30 points obtained from the questionnaire testing. And the results of all of them prove that the architectural work is progressing and has an effect on the time and costs that have been planned at the beginning of the project.*

Keywords: *Labor productivity, dominant variable, influence on time and cost.*

Abstract : Salah satu sumber daya yang sangat berpengaruh dalam pekerjaan konstruksi adalah tenaga kerja. Sebuah pekerjaan sekecil apapun apabila tidak didukung dengan tenaga kerja yang bagus dalam hal kualitas dan produktivitas, tidak akan memberikan hasil yang maksimal dan memuaskan dalam sebuah proyek. Mempekerjakan tenaga kerja yang kurang tepat bisa mengakibatkan dampak yang merugikan bagi proyek konstruksi.

Kualitas tenaga kerja di pengaruhi oleh faktor-faktor seperti, pendidikan, pengalaman, usia, lingkungan pekerjaan dan ragam budaya. Dalam penelitian ini untuk mencari data menggunakan metode kuisioner dan wawancara dan sebagai hasil dari kuisioner adalah sebagai berikut, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan heabel atau bata ringan adalah 55,3 m²/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan plesteran dan acian adalah 242,9 m²/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pengecatan adalah 353,45 m²/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan kusen pintu dan jendela adalah 6,4 m³/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan batu gosok adalah 21,8 m²/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan batu paras bali adalah 75,3 m²/hari, tingkat Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan batu lava rock adalah 31,2 m²/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan reling adalah 14,5 m¹/hari, Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan kramik adalah 48,5 m²/hari. Variabel yang paling berpengaruh adalah kondisi lapangan dengan total poin yang didapat dari pengujian kuisioner adalah 30 poin. Dan hasil dari semuanya membuktikan bahwa pekerjaan arsitektur mengalami kemajuan dan berpengaruh pada waktu dan biaya yang sudah direncanakan di awal proyek.

Kata Kunci : Produktivitas, variabel, waktu dan biaya.

PENDAHULUAN

Proyek merupakan upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan - harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu (Nurhayati, 2010:4)[1]. Sumber daya merupakan factor penentu dalam keberhasilan suatu proyek konstruksi. Sumber daya yang berpengaruh dalam proyek terdiri dari *man*, *materials*, *machine*, *money* dan *method*. Pada umumnya, sebuah proyek memiliki karakteristik yaitu: waktu (*timeline*), sumber daya (*resource*), alat (*tools*), tim (*team*).

Kualitas tenaga kerja di pengaruhi oleh faktor-faktor seperti, pendidikan, pengalaman, usia, lingkungan pekerjaan dan ragam budaya. Pendidikan sangatlah penting bagi tenaga kerja, dimana pendidikan dan keahlian para pekerja merupakan kunci peningkatan produk yang dihasilkan oleh para pekerja. Pengalaman para pekerja akan semakin bertambah apabila pekerja tersebut sering melakukan pekerjaan yang sama dan dilakukan secara berulang-ulang sehingga produktivitas pekerja tersebut meningkat dalam melakukan pekerjaannya. Usia pekerja yang relatif muda mempunyai produktivitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan pekerja yang usianya lebih tua (lanjut) karena pekerja yang usianya lebih muda mempunyai tenaga yang lebih besar yang sangat diperlukan dalam pekerjaan konstruksi. Kualitas tenaga kerja juga ditentukan dengan faktor lingkungan kerja. Faktor ini meliputi hubungan seorang pekerja dengan rekan kerjanya, lingkungan yang kondusif, jauh dari gangguan, dan masih banyak lagi. Ragam budaya tenaga kerja juga mempengaruhi kualitas tenaga kerja dimana, tenaga kerja memiliki dua konsekuensi berlawanan pada budayanya. Di satu sisi dapat memperluas akses organisasi terhadap keahlian, kemampuan, dan ide-ide. Namun di sisi lain dapat muncul miskomunikasi, kesalahpahaman, dan perselisihan. Semua faktor di atas juga berpengaruh pada produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan konstruksi.

Produktivitas tenaga kerja adalah tingkat kemampuan tenaga kerja dalam menghasilkan produk atau menyelesaikan suatu pekerjaan dengan volume tertentu dalam batas waktu

tertentu dalam kondisi standar dan diukur dengan satuan volume/jam. Produktivitas tenaga kerja yang baik sangat diperlukan untuk keberhasilan proyek konstruksi dimana, tenaga kerja yang produktif akan berpengaruh pada waktu dan biaya pelaksanaannya. Masih ada faktor lain yang menjadi pengaruh dalam produktivitas tenaga kerja. Faktor tersebut antara lain adalah kondisi lapangan dan sarana bantu, keahlian pekerja, faktor umur atau usia pekerja, kesesuaian upah pengalaman dalam bekerja, kesehatan pekerja, koordinasi dan perencanaan, jenis kontrak kerja, manajerial atau manajemen lapangan. Variabel-variabel tersebut adalah hal yang tentu menjadi variabel yang berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja. Oleh karena itu dalam usaha penganalisaan produktivitas tenaga kerja harus dipertimbangkan variabel-variabel yang mungkin dapat berpengaruh terhadap tingkat produktivitasnya.

Gedung Poltekpar Bali terdiri dari 2 (dua) tahap yaitu tahap pertama berupa struktur dan tahap kedua adalah arsitektur. Di gedung Pasca Sarjana ini tahap pertamanya sudah selesai tahun 2019 dan sekarang lanjut tahap dua berupa pekerjaan arsitektur. Oleh karena volume pekerjaan arsitektur cukup besar dan durasi yang diinginkan cukup cepat, maka diperlukan analisis produktivitas untuk mengetahui keperluan tenaga kerjanya. Pekerjaan arsitektur bukanlah item pekerjaan kritis seperti struktur, namun jika dapat dikerjakan lebih cepat dari rencana tentunya akan memberikan dampak positif pada pekerjaan proyek serta dapat meningkatkan produktivitas tenaga kerja.

Dari latar belakang di atas tentang pekerjaan arsitektur pada pekerjaan Pasca Sarjana POLTEKPAR BALI melanjutkan dari pekerjaan struktur pada tahap 1. Pekerjaan arsitektur memerlukan analisis produktivitas tenaga kerja agar kebutuhan tenaga kerja di dalamnya sesuai kebutuhan dan target yang diinginkan. Maka penulis akan melaksanakan sebuah penelitian tentang Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Biaya dan waktu pelaksanaan pada pekerjaan Arsitektur Gedung Pasca Sarjana Poltekpar Bali.

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan arsitektur pada proyek Gedung Pasca Sarjana Poltekpar Bali?
2. Bagaimana pengaruh produktivitas pekerjaan arsitektur terhadap waktu dan biaya?
3. Variabel apa yang paling dominan yang mempengaruhi produktivitas?

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, antara lain:

1. Untuk mengetahui tingkat produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan arsitektur gedung Pasca Sarjana Poltekpar Bali.
2. Untuk mengetahui pengaruh produktivitas tenaga kerja terhadap waktu dan biaya pada pekerjaan arsitektur gedung Pasca Sarjana.
3. Untuk mengetahui variabel apa yang paling dominan yang mempengaruhi produktivitas.

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, antara lain:

1. Perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat sebagai bahan masukan dan saran yang bermanfaat dalam perbaikan berkelanjutan untuk memilih tenaga kerja yang produktif.

2. Lembaga/Politeknik Negeri Bali

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan dan dapat menjadi bahan referensi khususnya untuk mengkaji topik-topik yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

3. Mahasiswa

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan serta pemahaman kepada pembaca terhadap Analisis Produktivitas Tenaga Kerja terhadap biaya dan waktu.

METODE PENELITIAN

Metode pengolhan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif dengan pengamatan langsung di lapangan dan melakukan wawancara. Dalam studi penelitian ini akan mengangkat proyek lanjutan pengerjaan arsitektur gedung pascasarjana Poltekpar Bali yang berlokasi di jimbaran, kuta selatan,Badung,Bali. Sebagai bahasan yang akan dikaji dalam pengaruh produktivitas tenaga kerja terhadap biaya dan waktu pelaksanaan . sumber data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer berupa laporan harian proyek dan data skunder berupa dokumen kontrak.

Langkah – langkah analisis data sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data skunder berupa:
 - Gambar Kerja
 - RAB
 - Time schedule
 - RKS
2. Mengumpulkan data primer berupa observasi, kuesioner dan wawancara.
3. Melakukan analisis kerja pekerjaan yang terdiri dari produktivitas, variabel dan pengaruhnya.
4. Melakukan perbandingan hasil dilapangan dan rencana awal.
5. Menganalisis produktivitas tenaga kerja, variabel yang berpengaruh dan pengaruh terdapat biaya dan waktu.
6. Mengambil kesimpulan dan memberikan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas tenaga kerja adalah tingkat kemampuan tenaga kerja dalam menghasilkan produk atau menyelesaikan suatu pekerjaan dengan volume tertentu dalam batas waktu tertentu dalam kondisi standar dan diukur dengan satuan volume/jam. Produktivitas tenaga kerja yang baik sangat diperlukan untuk keberhasilan proyek kontruksi dimana, tenaga kerja yang produktif akan berpengaruh pada waktu dan biaya pelaksanaannya. Masih ada faktor lain yang menjadi pengaruh dalam produktivitas tenaga kerja. Faktor tersebut antara lain adalah kondisi lapangan dan sarana bantu, keahlian pekerja, faktor umur atau usia pekerja, kesesuaian upah pengalaman dalam bekerja, kesehatan pekerja, koordinasi dan perencanaan, jenis kontrak kerja, manajerial atau manajemen lapangan. Variabel-variabel tersebut adalah hal yang tentu menjadi variabel yang berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja. Oleh karena itu dalam usaha penganalisaan produktivitas tenaga kerja harus dipertimbangkan variabel-variabel yang mungkin dapat berpengaruh terhadap tingkat produktivitasnya. Maka dari itu, di tabel di bawah ini akan menunjukkan produktivitas tenaga kerja pada setiap pekerjaan yang sudah tertera dibatasan masalah.

Dari tabel dibawah dapat kita lihat tingkat Produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan pemasangan kusen pintu dsan jendela adalah 6,4 m³/hari dengan lama bekerja adalah 8 jam maka produktivitasnya adalah 0,8 m³/jam dengan rumus.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Hasil kerja}}{\text{Jam kerja}}$$

Maka dari itu untuk menyelesaikan volume pekerjaan yaitu 15,21 m³ membutuhkan waktu 2,4 hari diambil dari total volume pekerjaan dibagi volume pekerjaan yang didapat perhari, oleh karena itu waktu pengerjaan pemasangan kusen pintu dan jendela menjadi lebih cepat dari waktu perencanaan awal yaitu 3 hari.

Pekerjaan Pemasangan Kusen Pintu dan Jendela (kayu Bengkirai)								
Waktu Pengerjaan	Volume Yang Didapat (hari)	Lama Bekerja (jam)	Produktivitas Volume/Jam	Satuan	Volume Pekerjaan Total	Lama Bekerja	Minggu ke-	Jadwal Rencana (hari)
Dari Jam 08.00 sampai dengan jam 17.00	6,4	8	0,8	m ³	15,21	2,4	Minggu ke 8	3

Variabel yang berpengaruh

Dalam upaya meningkatkan produktivitas kerja kariawan atau tenaga kerja dalam suatu perusahaan perlu memperhatikan variabel yang mempengaruhi produktivitas kerja tersebut. Banyak faktor atau variabel yang mempengaruhi produktivitas kerja baik yang berhubungan dengan tenaga kerja itu sendiri maupun variabel yang berhubungan dengan lingkungan perusahaan dan kebijakan pemerintah secara keseluruhan. Variabel yang paling dominan yang dimaksud disini adalah variabel yang paling mempengaruhi produktivitas tenaga kerja. Di dalam penelitian ini terdapat 5 (lima) variabel yang akan diuji pengaruhnya. Variabel yang akan diuji yaitu umur pekerja,kondisi lapangan, kesesuaian upah, pengalaman pekerja dan kesehatan pekerja. Di bawah ini adalah tabel point dari setiap variabel yang di uji dengan menggunakan kuisisioner yang disebar kepada para tenaga kerja di lapangan.

No	Variabel Yang Berpengaruh	Sumber
1	umur pekerja	Studi literatur dan hasil wawancara
2	Kondisi Lapangan	Studi literatur dan hasil wawancara

3	Keahlian dan Pengalam Kerja	Studi literatur dan hasil wawancara
4	Kesesuaian Upah	Studi literatur dan hasil wawancara
5	Kesehatan Pekerja	Studi literatur dan hasil wawancara

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa variabel kondisi lapang memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 13. Dan dapat kita simpulkan bahwa variabel X2 (kondisi Lapangan) yang paling mempengaruhi produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan arsitektur di gedung pasca sarjana Poltekpar Bali.

Pengaruh Produktivitas Terhadap Biaya Dan Waktu

Dari Penelitian diatas dapat dilihat bahwa produktivitas tenaga kerja dilapangan lebih tinggi daripada waktu di perencanaan. Dan menyebabkan pengaruh pada waktu dan biaya yang sudah di rencanakan diawan. Produktivitas tenaga kerja disini dapat dibilang sangat bagus karena tidak terjadi keterlambatan. Dan pengaruh yang terjadi pada waktu dan biaya dapat kita lihat pada durasi rencana dan realisasi di lapangan dengan menggunakan catatan progres laporan harian. Disini juga kita dapat lihat produktivitas mempengaruhi biaya di dalam upah tenaga kerja.

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas mengenai analisis tingkat produktivitas tenaga kerja terhadap waktu dan biaya yang mengambil lokasi studi lokasi di pekerjaan arsitektur gedung pasca sarjana Politeknik Pariwisata Bali. Sesuai hasil analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan arsitektur sesuai batasan masalah seperti tabel dibawah ini:\

Pekerjaan	Produktivitas Volume/Jam	Satuan
Pekerjaan Heabel	6,9125	m2

Pekerjaan Plesteran dan Acian	30,3625	m2
Pekerjaan Pengecatan	44,18125	m2
Pekerjaan Pemasangan Kusen Pintu dan Jendela (kayu Bengkirai)	0,8	m3
Pekerjaan Pemasangan Batu Bata Gosok	2,725	m2
Pekerjaan Pemasangan Batu Paras Bali	9,4125	m2
Pekerjaan Pemasangan Batu Lava Rock	3,9	m2
Pekerjaan Pemasangan Relling	1,8125	m1
Pekerjaan Pemasangan Kramik	6,0625	m2

2. Variabel yang paling berpengaruh pada produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan arsitektur di gedung pascasarjana adalah kondisi lapangan yang memiliki nilai paling besar dalam pengujian menggunakan kuisioner yaitu 13, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Variabel	Total point
faktor (X1) umur pekerja	12,45
faktor (X2) Kondisi Lapangan	13
faktor (X3) keahlian dan pengalaman	12,8
faktor (X4) kesesuaian Upah	12,9
faktor (X5) kesehatan Pekerja	12,95

3. Produktivitas tenaga kerja mempengaruhi waktu dan biaya dilihat dari penelitian diatas dapat dilihat bahwa produktivitas tenaga kerja dilapangan lebih tinggi daripada waktu di perencanaan. Dan menyebabkan pengaruh pada waktu dan biaya yang sudah di rencanakan diawal. Produktivitas tenaga kerja disini dapat dibilang sangat bagus karena tidak terjadi keterlambatan. Dan pengaruh yang terjadi pada waktu dan biaya dapat kita lihat pada durasi rencana dan realisasi di lapangan dengan menggunakan catatan progres laporan harian. Disini juga kita dapat lihat produktivitas mempengaruhi biaya di dalam upah tenaga kerja.

SARAN

Berikut ini merupakan saran yang dikemukakan oleh penulis berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, sebagai berikut :

1. Dalam perusahaan di bidang konstruksi khususnya pada kontraktor pelaksana disarankan lebih memperhatikan variabel-variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja di lapangan, seperti dalam penelitian diatas variabel yang paling berpengaruh adalah kondisi lapangan.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar dapat menggunakan metode lain atau metode baru untuk mengetahui pengaruh produktivitas tenaga kerja terhadap biaya dan waktu. Sehingga penelitian yang dilakukan bisa mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T Adhadika, A Pujiyono - 2013 Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja Industri Pengolahan di Kota Semarang (Studi Kecamatan Tembalang Dan Kecamatan .
- [2] IP Rini (2018)- Jurnal Infrastruktur Pengaruh Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Kinerja Waktu Proyek Pada Bangunan Bertingkat.
- [3] Y Hernandi, JS (2017) Tamtana Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Pekerja Pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Bertingkat.

PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PT. KBI GIANYAR *BEVERAGE FACILITY* DENGAN MENGGUNAKAN METODE NILAI HASIL

I Kadek Raditya Dwiyasa¹⁾, Made Sudiarsa²⁾, I Nyoman Sedana Triadi³⁾

^{1) 2) 3)}Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
Email : kadekraditya09051999@gmail.com¹⁾, sudiarsa@pnb.ac.id²⁾, sedanatriadi@gmail.com³⁾

Abstract

Complex problems during the execution of project work resulted in many projects not being completed as planned. Both not on time and the cost which resulted in overbudget. To overcome this, it is necessary to have good time and cost management. Construction projects can be well managed using the Earned Value method. This study aims to determine the project performance based on time and cost, cost estimates and the final time of the PT. KBI Gianyar Beverage Facility which has a contract value of IDR 23,145,200,000.00 and is planned to be completed within 34 weeks.

The method used in this research is unstructured interviews with several sources in the field, field observations (documentation) and methods of carrying out work and seeing the progress of work activities up to the 27th week. The results showed that based on the performance of the development project, the Schedule Performance Index (SPI) = 0.90 (<1) means that the project implementation time is not good (late) and the Cost Performance Index (CPI) = 1.12 (>1) means that this project is experiencing savings. . Based on the estimated time and costs until the completion of the project implementation, the results of the analysis of the estimated time delay for 5 days from the plan and the results of the analysis of project cost estimates are IDR 20,724,450,904.00 which means experiencing a profit of IDR 2,420,749,096.00 (10.46%) of the budget.

Keywords: *Project, Control, Time, Cost and Earned Value Method*

Abstrak

Masalah yang kompleks selama pelaksanaan pekerjaan proyek mengakibatkan banyak proyek selesai tidak sesuai dengan yang direncanakan. Baik tidak tepat waktu dan biayanya yang mengakibatkan *overbudget*. Untuk mengatasi hal ini perlu adanya manajemen waktu dan biaya yang baik. Proyek konstruksi dapat dikelola dengan baik menggunakan metode Nilai Hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja proyek berdasarkan waktu dan biaya, prakiraan biaya dan waktu akhir proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Facility* dimana memiliki nilai kontrak sebesar Rp. 23.145.200.000,00 dan direncanakan selesai dalam waktu 34 minggu.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu wawancara tidak terstruktur dengan beberapa sumber lapangan, observasi lapangan (dokumentasi) dan metode pelaksanaan

pekerjaan serta melihat kemajuan kegiatan pekerjaan sampai dengan minggu ke-27. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan kinerja proyek pembangunan di peroleh indeks kinerja waktu (SPI) = 0.90 (<1) artinya waktu pelaksanaan proyek ini tidak baik (terlambat) dan indeks kinerja biaya (CPI) = 1.12 (>1) artinya proyek ini mengalami penghematan. Berdasarkan prakiraan waktu dan biaya sampai dengan selesai pelaksanaan proyek diperoleh hasil analisis prakiraan waktu mengalami keterlambatan selama 5 hari dari rencana dan hasil analisis prakiraan biaya proyek sebesar Rp. 20.724.450.904,00 yang artinya mengalami keuntungan sebesar Rp. 2.420.749.096,00 (10,46%) dari anggaran.

Kata Kunci : *Proyek, Pengendalian, Waktu, Biaya dan Metode Nilai Hasil*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini proyek konstruksi berkembang semakin pesat dan rumit baik dalam hal penerapan teknologi bangunan, estetika fisik, maupun biaya pelaksanaan. Dengan kompleksitas yang dimilikinya, suatu proyek konstruksi pun memiliki durasi waktu yang semakin panjang dalam penyelesaiannya dengan anggaran biaya yang terbilang tinggi. Tidak jarang kita mendapati proyek yang mengalami keterlambatan penyelesaian bahkan sampai terhenti pelaksanaannya karena masalah biaya. Oleh karena itu, diperlukan suatu manajemen waktu (*time management*) dan manajemen biaya (*cost management*) yang baik agar proyek dapat selesai sesuai dengan waktu yang diharapkan dan penggunaan biaya tepat pada sasaran[1].

Pada penelitian Malingkas (2019) Pada Proyek *Office And Distribution Center*, Airmadidi, Minahasa Utara-Manado, pada akhir peninjauan terjadi pengeluaran biaya aktual yang lebih sedikit dan pada peninjauan sampai pekan ke-17 terjadi keterlambatan pekerjaan dari yang direncanakan [3]. Pada penelitian Pahalawan (2015) pada proyek Kasus Pembangunan Gedung MSC SBU II Surabaya, pekerjaan terlaksana sesuai dengan anggaran bahkan lebih kecil dan mengalami keterlambatan pada minggu ke-21 [4].

Proyek konstruksi dapat dikelola dengan baik dan mudah menggunakan metode Nilai Hasil. Metode Nilai Hasil adalah konsep menghitung besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan[5]. Metode nilai hasil adalah cara untuk mengukur jumlah pekerjaan yang sebenarnya dilakukan pada sebuah proyek (yaitu, untuk mengukur kemajuan) dan untuk memperkirakan biaya proyek dan tanggal penyelesaian[6]. Dari kedua pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa metode nilai hasil adalah suatu cara untuk menghitung kemajuan proyek yang telah dilaksanakan serta memperkirakan biaya akhir proyek dan waktu penyelesaian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja proyek berdasarkan biaya dan waktu, prakiraan biaya dan waktu akhir proyek pada Proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Facility* dimana proyek ini dapat dikatakan sebagai proyek yang memiliki nilai kontrak yang cukup tinggi yaitu sebesar Rp. 23.145.200.000,00. Proyek ini direncanakan selesai dalam waktu 34 minggu masa kalender. Namun pada pelaksanaannya, proyek ini berlangsung pada saat terjadi wabah *Covid-19* dan terindikasi keterlambatan juga ketidakstabilan biaya pada pekerjaannya. Berdasarkan wawancara

dengan pihak kontraktor dengan adanya wabah tersebut dapat berpengaruh terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek.

Oleh karena itu konsep Nilai Hasil bertujuan sebagai pengendalian biaya dan waktu yang terpadu agar parameter yang dikontrol benar - benar efisien dan dapat menunjukkan kondisi proyek yang sedang berlangsung.

1.2 Rumusan Masalah

Agar penelitian mempunyai suatu kejelasan dalam pengerjaannya, maka dapat diambil rumusan permasalahan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana kinerja pada pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Facility* dengan menggunakan metode Nilai Hasil?
- 2) Berapa perkiraan waktu dan biaya sampai dengan selesai pelaksanaan pada proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Facility*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

- 1) Untuk mengetahui kinerja pada pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Facility* dengan menggunakan metode Nilai Hasil
- 2) Untuk mengetahui perkiraan waktu dan biaya sampai dengan proyek selesai.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah langkah-langkah atau cara-cara penelitian suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban rasional. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, penelitian yang menggambarkan kondisi proyek tertentu dengan analisis data-data yang ada. Analisis data menggunakan metode analisis dan deskriptif.

Penentuan dan Pengumpulan Sumber Data

1. Data Primer

Data primer yaitu berupa hasil wawancara tidak terstruktur dengan beberapa sumber dilapangan, observasi lapangan (dokumentasi), dan metode pelaksanaan pekerjaan.

2. Data Sekunder

Data Sekunder yaitu data yang sudah tersedia sehingga kita tinggal mencari dan mengumpulkan. Jika data sekunder dapat kita peroleh dengan lebih mudah dan cepat karena sudah tersedia.

Data Sekunder berupa :

a. *Data Time Schedule*

Time Schedule adalah rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan proyek yang secara keseluruhan adalah rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek.

b. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

c. Data Laporan Mingguan dan Bulanan Proyek

Laporan Mingguan dan Bulanan Proyek adalah laporan yang berisi tentang pelaporan progress atau bobot pekerjaan (realisasi pekerjaan) secara mingguan dan bulanan.

d. Data Laporan Keuangan Pengeluaran Proyek Mingguan dan Bulanan

Laporan keuangan pengeluaran proyek mingguan dan bulanan diperlukan oleh peneliti untuk perhitungan ACWP, yang merupakan jumlah biaya actual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan pada kurun waktu tertentu.

Analisis Data

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tahap 1

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian menentukan rumusan masalah.

- Tahap 2

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dan kompilasi data sebagai data *base* untuk perhitungan selanjutnya.

- Tahap 3

Pada tahap ini dilakukan perhitungan analisa indikator-indikator *value* yaitu : *Actual Cost of Work Performed* (ACWP), *Budgeted Cost of Work Performed* (BCWP), *Budgeted Cost of Work Schedule* (BCWS).

- Tahap 4

Pada tahap ini dilakukan perhitungan analisa varians yaitu, *Cost Varians* (CV) dan *Schedule Varians* (SV).

- Tahap 5

Pada tahap ini dilakukan perhitungan analisa kinerja proyek yaitu, *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI).

- Tahap 6

Pada tahap ini dilakukan perhitungan analisa prakiraan biaya dan waktu penyelesaian proyek yaitu, *Budget Estimate To Complete* (BETC), *Budget Estimate At Completion* (BEAC), *Schedule Estimate To Complete* (SETC), dan *Schedule Estimate At Completion* (SEAC)

- Tahap 7

Pada tahap ini, data yang telah dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Anggaran Biaya yang dijadwalkan (*Budgeted Cost of Work Schedule/ BCWS*)

Dalam tabel pengolahan data, BCWS didapat dengan menggunakan rumus:

$$BCWS = \frac{\text{Bobot Rencana Perminggu}}{\text{Bobot Rencana Keseluruhan}} \times \text{Anggaran Rencana}$$

Analisa Anggaran Biaya yang Dilaksanakan (*Budgeted Cost of Work Performed / BCWP*)

Nilai BCWP diperoleh dari data kemajuan fisik (bobot) setiap minggu yang dicatat oleh konsultan proyek dan dikalikan dengan jumlah total harga pekerjaan. Nilai hasil perhitungan BCWP tersebut akan sangat berguna untuk proses pengolahan data selanjutnya karena digunakan dalam perhitungan SV, CV, SPI dan CPI.

$$BCWP = \frac{\text{Bobot Pelaksanaan Perminggu}}{\text{Bobot Rencana Keseluruhan}} \times \text{Anggaran Rencana}$$

Analisa Anggaran Biaya Realisasi Pekerjaan (*Actual Cost of Work Performed/ACWP*)

ACWP adalah Analisa jumlah biaya actual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada pelaporan setiap minggu

Analisa Nilai Hasil

Penyimpangan Terhadap Waktu (SV)

Variansi dalam jadwal atau Schedule Variance (SV) terjadi karena ada perbedaan antara rencana dengan realisasi terhadap waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek yang ditinjau dari segi kemajuan fisik secara periodik.

$$SV = BCWP - BCWS$$

Penyimpangan Terhadap Biaya (CV)

Cost Variance (CV) terjadi karena ada perbedaan dalam penggunaan biaya yang telah direncanakan dengan realisasinya. Melalui identifikasi setiap minggu, akan terlihat dengan jelas apakah telah terjadi penyimpangan antara rencana realisasi secara intensif dan berkala.

$$CV = BCWP - ACWP$$

Analisa Prestasi Progress Pekerjaan

Indeks Penampilan Jadwal (Schedule Performance Index/SPI)

Nilai Schedule Performance Index (SPI) diperoleh dengan cara membandingkan nilai BCWP dengan BCWS dan merupakan alat dalam pengendalian proyek yang mengukur kinerja waktu.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$$

Indeks Kinerja Biaya (Cost Performance Index/CPI)

Nilai *Cost Performance Index* (CPI) diperoleh dengan cara membandingkan nilai BCWP dengan ACWP dan merupakan langkah dalam pengendalian proyek yang mengukur kinerja biaya.

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$$

Hasil Analisa Kinerja Pelaksanaan Proyek Per Minggu

Hasil analisis dengan menggunakan metode Nilai Hasil terhadap waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek PT. KBI Gianyar *Beverage Facility*, sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Nilai Kinerja SPI dan CPI Kumulatif

Bulan ke-	Minggu ke-	Parameter Nilai Hasil			Penilaian Kinerja				Zone
		BCWP (Rp.)	BCWS (Rp.)	ACWP (Rp.)	CPI	Biaya	SPI	Waktu	
1	1	112,829,413.14	112,829,413.14	941,445,798.10	0.12	Biaya Lebih Besar/Boros	1.00	Proyek Tepat Waktu	II
2	2	5,030,293,342.65	1,685,518,498.01	5,188,959,112.24	0.97	Biaya Lebih Besar/Boros	2.98	Proyek Lebih Cepat	II
	3								
	4								
	5								
3	6	8,060,679,246.30	4,814,965,981.07	8,774,947,908.64	0.92	Biaya Lebih Besar/Boros	1.67	Proyek Lebih Cepat	II
	7								
	8								
	9								
4	10	10,582,080,917.92	8,401,757,277.22	11,479,993,961.52	0.92	Biaya Lebih Besar/Boros	1.26	Proyek Lebih Cepat	II
	11								
	12								
	13								
5	14	13,598,579,184.61	13,908,788,329.37	14,843,601,041.84	0.92	Biaya Lebih Besar/Boros	0.98	Proyek Terlambat	IV
	15								
	16								
	17								
6	18	16,087,934,287.00	19,000,851,660.38	16,260,837,539.44	0.99	Biaya Lebih Besar/Boros	0.85	Proyek Terlambat	IV
	19								
	20								
	21								
7	22	19,819,544,306.93	21,812,015,145.57	17,755,115,463.59	1.12	Biaya Lebih Kecil/Hemat	0.90	Proyek Terlambat	III
	23								
	24								
	25								
	26								
	27								

Kinerja biaya proyek pada akhir pelaporan (Zone III) menunjukkan nilai (CPI) = 1.12 > 1 artinya bahwa biaya paket-paket pekerjaan yang diselesaikan lebih banyak dibandingkan dengan biaya yang sudah dikeluarkan. Sedangkan dari kinerja waktu menunjukkan nilai (SPI) = 0.90 < 1 artinya kinerja pekerjaan lebih lambat dengan yang diharapkan karena tidak sesuai dengan pencapaian target pekerjaan yang sudah direncanakan. Hal ini diakibatkan oleh terlambatnya pekerjaan perkerasan jalan akibat faktor cuaca dan terlambatnya pemasangan struktur baja merambat ke pemasangan bata ringan serta finishing tembok.

Prakiraan Biaya Dan Waktu Penyelesaian Proyek

Prakiraan Biaya Penyelesaian Proyek

1. **Budget estimate to complete (BETC):** Estimasi biaya sisa pelaksanaan diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$BETC = \frac{BAC - BCWP}{CPI}$$

Perhitungan :

- Total Anggaran Proyek (BAC) = Rp. 23.145.200.000,00
- BCWP = Rp.19.819.544.306,93

- $CPI = 1,12$
- $BETC = (Rp. 23.145.200.000,00 - Rp.19.819.544.306,93) / 1,12$
 $= Rp. 2.979.251.182,98$

2. ***Budget estimate at completion (BEAC):*** Estimasi total biaya proyek diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$BEAC = ACWP + BETC$$

Perhitungan :

- $ACWP = Rp.17,755,115,463.59$
- $BETC = Rp. 2.979.251.182,98$
- $BEAC = Rp.17,755,115,463.59 + Rp. 2.979.251.182,98$
 $= Rp. 20.734.366.646,57$

Dengan kinerja tersebut maka didapat selisih nilai estimasi sebesar :

$$= BAC - BEAC$$

$$= Rp. 23.145.200.000,00 - Rp. 20.734.366.646,57$$

$$= Rp. 2.410.833.353,43$$

Prakiraan Waktu Penyelesaian Proyek

1. ***Schedule estimate to complete (SETC):*** Estimasi waktu penyelesaian proyek diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$SETC = \frac{SAC - tBCWP}{SPI}$$

Perhitungan :

- Jadwal Proyek Keseluruhan (SAC) = 238 hari
- $tBCWP = 189$ hari
- $SPI = 0,90$
- $SETC = (238\text{hari} - 189\text{hari}) / 0,90 = 54$ hari

2. ***Schedule estimate at completion (SEAC):*** Estimasi waktu penyelesaian proyek diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$SEAC = tBCWP + SETC$$

Perhitungan :

- $tBCWP = 189$ hari
- $SETC = 54$ hari
- $SEAC = 189 \text{ hari} + 54 \text{ hari} = 243$ hari

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada akhir pelaporan yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Vacility* yang berlokasi di Desa Keramas, Kecamatan Blahbatuh, Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali, maka simpulan yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kinerja Proyek Pembangunan Gedung PT. KBI Gianyar *Beverage Vacility*, yaitu :
 - a. Indeks kinerja waktu (SPI) pada proyek ini memiliki nilai yang beragam. Pada kondisi pelaksanaan nilai SPI kumulatif pada akhir pelaporan dapat dilihat nilai SPI tidak baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai $SPI = 0.90$ lebih kecil dari satu (<1) yang artinya kinerja waktu pada proyek ini tidak baik (terlambat).
 - b. Indeks kinerja biaya (CPI) pada proyek ini memiliki nilai yang beragam. Pada kondisi pelaksanaan nilai CPI kumulatif pada akhir pelaporan mengalami penghematan biaya dilihat dari nilai $CPI = 1.12$ lebih besar dari satu (>1) yang artinya kinerja biaya pada proyek ini mengalami penghematan.
2. Prakiraan waktu dan biaya sampai dengan selesai pelaksanaan proyek, yaitu :
 - a. Berdasarkan hasil analisis prakiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersisa pada saat akhir pelaporan pada minggu ke-27 (189 hari) yaitu 54 hari, sedangkan dalam penjadwalan proyek direncanakan selesai pada minggu ke-34 (238 hari). Artinya proyek mengalami keterlambatan selama 5 hari dari rencana.
 - b. Berdasarkan hasil analisis prakiraan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersisa pada saat akhir pelaporan yaitu sebesar Rp. 20.724.450.904,00, sedangkan dalam anggaran proyek direncanakan selesai sebesar Rp. 23.145.200.000,00. Artinya proyek mengalami keuntungan sebesar Rp. 2.420.749.096,00 (10,46%) dari anggaran.

SARAN

1. Terhadap penyimpangan waktu, pengelolaan proyek senantiasa melakukan pengawasan lebih ketat terhadap berjalannya proyek dan mengerjakan pekerjaan yang bisa dikerjakan saat terjadinya hambatan akibat cuaca, jadi bila ada pekerjaan yang mengalami penyimpangan waktu maka pihak pengelola melakukan usaha pengendalian waktu yang akan datang (sampai selesai proyek) agar penyimpangan dapat dikendalikan.

2. Kontraktor harus berusaha menjaga keseimbangan antara realisasi dengan rencana sehingga keuntungan akhir yang diperoleh tidak jauh berbeda atau melampaui dengan yang direncanakan dan alangkah baiknya kalau prestasi pekerjaan lebih cepat dari target yang direncanakan, sehingga target jasa (keuntungan) yang diperoleh lebih banyak atau maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Idar Gembira Deden Yahya, 2013. *Studi Pengendalian Biaya Dan Jadwal Proyek Dengan Menggunakan Nilai Hasil*. Tugas Akhir Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Malingkas (2019), *Analisis Metode Nilai Hasil Terhadap Waktu Dan Biaya Pada Proyek Office And Distribution Center, Airmadidi, Minahasa Utara-Manado*. Jurnal Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Soeharto, Imam. 1998. *Manajemen Proyek (Dari Konseptuan Sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga.
- Frailey, D.J., 1999. *Tutorial on Earned Value Management System*, Jurnal

STUDI KELAYAKAN INVESTASI YANYAN RESORT UBUD VILLA DI DESA BATUAN, SUKAWATI, GIANYAR

Putu Agus Dharma Satya⁽¹⁾, I Wayan Sudiasa⁽²⁾, Made Mudhina⁽³⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: dharma.axc@gmail.com

⁽²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: sudiasawayan@yahoo.com

⁽³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: mademudhina@yahoo.com

Abstract

Research on the feasibility of investing in a property with the subject is Yanyan Resort Ubud Villa. The feasibility study carried out only focuses on the financial feasibility study. Therefore, the purpose of this study is to identify the financial feasibility of the investment will be done on Yanyan Resort Ubud Villa. This type of research uses a quantitative descriptive design because it focuses on the results in the form of descriptions and processing which is carried out with technical economic calculations. To identify the financial feasibility of this investment, data analysis techniques are used, Net Present Value, Benefit Cost Ratio, Internal Rate Of Return, Break Even Point, and finally, and the last thing to do is Sensitivity Analysis. From the calculation results in normal conditions, the Net Present Value of Rp. 7.379.459.593,72, Benefit Cost Ratio value is 1.22, the value of the Internal Rate Of Return is 9,492% greater than the MARR value, and Break Even Point occurs at 11 years, 4 months, 11 days earlier than the investment age. Where all methods show that investment in Yanyan Resort Ubud Villa is feasible to continue. The investment will not be feasible if during the investment period the Annual benefit decreases by more than 26.212% from the initial value, or Annual cost increased by more than 40,478% from the initial value.

Keywords: *Investment feasibility, Benefit, Cost*

Abstrak

Penelitian tentang kelayakan investasi suatu properti dengan subjek adalah Yanyan Resort Ubud Villa. Studi kelayakan yang dilakukan hanya berfokus pada studi kelayakan finansial. Karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kelayakan finansial pada investasi yang dilakukan pada Yanyan Resort Ubud Villa. Jenis penelitian ini menggunakan rancangan *deskriptif kuantitatif* karena memusatkan hasil yang berupa deskripsi dan pengolahan yang dilakukan dengan perhitungan ekonomi teknik. Untuk mengidentifikasi kelayakan secara finansial pada investasi ini digunakan teknik analisa data *Net Present Value*, *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate Of Return*, *Break Even Point*, dan terakhir dilakukan Analisis Sensitivitas. Dari hasil perhitungan dalam kondisi normal didapat nilai *Net Present Value* sebesar Rp. 7.379.459.593,72, nilai *Benefit Cost Ratio*

sebesar 1,22, nilai *Internal Rate Of Return* sebesar 9,492% lebih besar dari nilai MARR, dan *Break Even Point* terjadi pada 11 tahun, 4 bulan, 11 hari lebih cepat dari umur investasi. Dimana semua metode menunjukan bahwa investasi pada Yanyan Resort Ubud Villa layak untuk dilanjutkan. Investasi akan tidak layak jika selama masa investasi *Annual benefit* turun lebih dari 26.212% dari nilai awal, atau *Annual cost* naik lebih dari 40,478% dari nilai awal.

Kata Kunci: *Kelayakan investasi, Benefit, Cost*

PENDAHULUAN

Bali terkenal akan budaya dan keindahan alamnya sehingga banyak wisatawan yang ingin berwisata ke Bali. Dengan terjadinya musibah covid-19 membuat pariwisata di Bali 1 (satu) tahun terakhir mengalami penurunan wisatawan yang sangat signifikan. Meskipun wisatawan mancanegara dan domestik cukup sedikit yang datang ke Bali pada tahun ini daripada tahun sebelumnya tetapi rata-rata lama menginap wisatawan meningkat dibandingkan pada akhir tahun lalu, berdasarkan Badan Pusat Statistik provinsi Bali No. 19/0/51/Th XV, 1 Maret 2021 rata-rata lama menginap tamu asing dan domestik pada hotel berbintang di Bali bulan Januari 2021 tercatat 3,5 hari, naik 1.41 poin dibandingkan dengan capaian bulan Desember 2020 yang tercatat 2,09 hari, dan jika di bandingkan dengan bulan Januari 2020 yang tercatat 2,82 hari, angka ini mengalami peningkatan setinggi 0,68 poin.

Berdasarkan hal tersebut trend wisatawan asing dan domestik saat berkunjung ke Bali tahun ini adalah lebih banyak menghabiskan waktu di sebuah penginapan ketimbang berpindah-pindah penginapan. Penginapan yang setara dengan hotel berbintang dan cocok untuk bersantai dalam jangka waktu lama adalah *villa*. Salah satu *villa* tersebut adalah Yanyan Resort Ubud Villa, yang berlokasi di Gang Ratna, Jl. Raya Negara, Batuan, Sukawati, Gianyar. Dengan lokasi yang cukup strategis penulis menjadikan *villa* ini sebagai studi kasus kelayakan investasi suatu properti.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang dapat diuraikan untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kelayakan finansial pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa di tinjau dari nilai NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit Cost Ratio*), dan IRR (*Internal Rate of Return*).
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan agar terjadi titik impas atau BEP (*Break Even Point*) pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa.
3. Berapa besar keuntungan yang di peroleh Yanyan Resort Ubud Villa selama masa investasi.
4. Bagaimana kelayakan finansial pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa jika dilakukan Analisis Sensitivitas.

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kelayakan finansial pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa di tinjau dari nilai NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit Cost Ratio*), dan IRR (*Internal Rate of Return*).
2. Mengetahui lama waktu yang dibutuhkan agar terjadi titik impas atau BEP (*Break Even Point*) pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa?
3. Mengetahui besar keuntungan yang di peroleh Yanyan Resort Ubud Villa selama masa investasi.
4. Mengetahui kelayakan finansial pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa jika dilakukan Analisis Sensitivitas.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, sedangkan data-data yang lain yang berhubungan dengan penelitian ini di asumsikan secara wajar dan dapat dipertanggung jawabkan, data primer di ambil dengan cara wawancara dengan pihak *owner* dari Yanyan Resort Ubud Villa, sedangkan data sekunder didapat dari studi pustaka dan dari pihak – pihak yang terkait dengan Yanyan Resort Ubud Villa. Adapun metode analisis data yang di lakukan diantaranya:

1. Setelah data-data terkumpul, maka langkah awal yang harus dilakukan yaitu data-data yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis biaya modal.
2. Hasil analisis biaya modal digunakan sebagai dasar untuk menentukan investasi awal untuk Yanyan Resort Ubud Villa.
3. Analisis biaya (*cost*) di ambil dari biaya investasi, biaya tahunan, dan overhead setiap 5 tahun.
4. Analisis manfaat (*benefit*) merupakan seluruh pendapatan yang diperoleh Yanyan Resort Ubud Villa selama setahun.
5. Menghitung jumlah pajak yang dikenakan setiap tahun kepada Yanyan Resort Ubud Villa.
6. Setelah menghitung biaya yang diperlukan (*cost*) dan manfaat yang diperoleh (*benefit*) dan menghitung jumlah pajak yang dikenakan, kemudian dilakukan analisis

kelayakan finansial dengan cara menghitung nilai NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit Cost Ratio*), IRR (*Internal Rate of Return*), dan BEP (*Break Even Point*).

7. Dilakukan pengambilan keputusan dengan kriteria layak apabila nilai NPV (*Net Present Value*) positif, nilai BCR (*Benefit Cost Ratio*) > 1 , nilai IRR (*Internal Rate of Return*) lebih besar dari suku bunga bank yang berlaku, dan BEP (*Break Even Point*) $< UI$.

8. Setelah dilakukan pengambilan keputusan dan analisis tersebut layak, maka dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui sejauh mana parameter-parameter investasi dapat berubah yang berpengaruh terhadap kelayakan investasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Yanyan Resort Ubud Villa terdiri dari 3 (tiga) tipe *villa* yaitu tipe *Deluxe Room With Valley View* dengan jumlah sebanyak 8 (delapan) unit kamar dengan luas setiap kamar 35 m^2 , tipe selanjutnya adalah *Two Bed Room Pool Villa With Valley View* dengan jumlah sebanyak 3 (tiga) unit *villa* dengan luas unit villa sebesar 100 m^2 , tipe yang terakhir adalah *Suite Villa With Valley View* dengan jumlah sebanyak 2 (dua) unit *villa* dengan luas unit villa sebesar 110 m^2 , selain itu juga terdapat *restaurant*. Dalam pembangunan dan pengoperasiannya *owner* menggunakan 100% modal sendiri tanpa meminjam dari badan manapun. Selain itu *owner* juga merupakan orang yang bertempat tinggal dan berasal dari lokasi *villa* didirikan dan merupakan bagian dari desa adat pekraman sehingga pihak desa tidak pernah meminta sumbangan dana ke *villa*.

Untuk menjamin tingkat hunian kamar target yang di rencanakan oleh pihak Yanyan Resort Ubud Villa pada kondisi situasi normal tidak dalam situasi pandemi atau *pesimis*, yaitu sebesar 70% untuk tipe *deluxe*, 80% untuk tipe *Two Bed Room*, 80% untuk tipe 80% untuk tipe *Suit*, pihak Yanyan Resort Ubud Villa melakukan kerjasama dengan pihak travel agent dan *guide* wisata dengan pembagian komisi 10% dari harga kamar atau *villa* yang di sewa.

Modal (Investasi) yang digunakan pada pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa Adalah sebesar Rp 12.826.618.700,00. Sedangkan biaya Oprasional dan Pemeliharaan pertahun, di asumsikan mengalami kenaikan biaya untuk gaji karyawan dan *maintenance & daily need* sebesar 5% setiap 5 tahun dari 5 tahun sebelumnya untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Biaya Oprasional dan Pemeliharaan Tahunan

Tahun	Tahun ke	Biaya O & P Tahunan	Tahun	Tahun ke	Biaya O & P Tahunan
2019	0		2025 - 2029	6 - 10	498.180.000,00
2020	1 (1 Bln)	40.300.000,00	2030 - 2034	11 - 15	513.489.000,00
2021 - 2024	2 - 5	483.600.000,00	2035 - 2039	16 - 20	529.563.450,00

Sedangkan untuk biaya belanja tahunan adalah sebesar Rp. 67.409.000,00 setiap tahun, biaya belanja ini termasuk pembelian handuk, sarung bantal, oshobori, dan lain-lain. Untuk biaya *overhead* merupakan salah satu komponen biaya rutin setiap beberapa tahun yang disebabkan oleh penyusutan dari barang-barang keperluan *villa* yang akan direncanakan dibangun seperti: peralatan *villa*, *air conditioner* (AC), mesin pompa air, dan yang lainnya yang harus di ganti pada masa-masa tertentu. total biaya tersebut adalah Rp. 790.244.000,00 yang di keluarkan setiap 5 tahun sekali. Untuk biaya retribusi daerah berfokus kepada retribusi pelayanan persampahan/kebersihan, menurut peraturan daerah kabupaten Gianyar nomor 7 tentang retribusi pelayanan persampahan/kebersihan tarif retribusi adalah sebesar Rp. 100.000,00 yang di asumsikan dalam pelayanan dilakukan setiap 3 hari sekali, sehingga dalam satu bulan biaya yang di keluarkan sebesar Rp. 1.000.000,00/bulan atau Rp. 12.000.000,00/tahun.

Pada analisis manfaat pada Yanyan Resort Ubud Villa menggunakan tingkat hunian kamar villa target saat kondisi normal yang di dapat dari wawancara dengan pihak *owner* dikarenakan saat ini terjadi pandemi covid 19 sehingga *villa* dalam kondisi *pesimis*. Dengan tipe *Deluxe Room With Valley View* dengan tingkat hunian kamar target dalam kondisi normal adalah 70% pertahun, dengan harga sewa kamar Rp. 700.000,00 permalamnya *include* 2 paket *Breakfast*, tipe *Two Bed Room Pool Villa With Valley View* dengan tingkat hunian kamar target dalam kondisi normal adalah 80% pertahun, dengan harga sewa *villa* Rp. 1.400.000,00 permalamnya *include* 4 paket *Breakfast*, dan tipe *Suite Villa With Valley View* mempunyai tingkat hunian sebesar 80% pertahun, dengan harga sewa *villa* Rp. 1.100.000,00 per malamnya *include* 2 paket *Breakfast*. Untuk harga sewa di asumsikan naik 5% setiap 5 tahun sekali dari harga sewa 5 tahun sebelumnya, sehingga pendapatan bruto pertahun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pendapatan Tahunan

Tahun ke	Pendapatan Tipe Deluxe	Pendapatan Tipe 2BR	Pendapatan Tipe Suit	Pendapatan Total Pertahun
0				
1 (1 Bln)	117.600.000,00	100.800.000,00	52.800.000,00	271.200.000,00
2 - 5	1.411.200.000,00	1.209.600.000,00	633.600.000,00	3.254.400.000,00
6 - 10	1.481.760.000,00	1.270.080.000,00	665.280.000,00	3.417.120.000,00
11 - 15	1.555.848.000,00	1.333.584.000,00	698.544.000,00	3.587.976.000,00
16 - 20	1.633.640.400,00	1.400.263.200,00	733.471.200,00	3.767.374.800,00

Komisi kerjasama yang dikeluarkan kepada pihak lain adalah sebesar 10% dari harga sewa kamar atau *villa* yang di sewa oleh penyewa atau bisa dikatakan 10% dari pendapatan. Adapun jumlahnya:

Tabel 3 Biaya Komisi Kerjasama

Tahun	Tahun ke	Biaya Kerjasama Pertahun (Rp)	Tahun	Tahun ke	Biaya Kerjasama Pertahun (Rp)
2019	0		2025-2029	6-10	341.712.000,00
2020	1 (1 Bln)	27.120.000,00	2030-2034	11-15	358.797.600,00
2021-2024	2-5	325.440.000,00	2035-2039	16-20	376.737.480,00

Pajak yang dikenakan meliputi pajak PHR yang nilainya 10% dari pendapatan bruto, pajak PBB yang nilainya Rp. 20.385.000,00 pertahun, pajak air tanah yang nilainya Rp. 1.706.850,41 perbulan atau Rp. 20.482.204,93 per tahun, dan pajak PPh Badan yang nilainya 12,5% dari pendapatan netto. Biaya pajak ini akan dimasukan sebagai *annual cost*, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan Total Pajak

Tahun ke	Pajak PHR (Rp)	Pajak PBB (Rp)	Pajak Air Tanah (Rp)	Pajak PPh Badan (Rp)	Jumlah Total Pajak (Rp)
0					
1 (1 bln)	27.120.000,00	20.385.000,00	1.706.850,41	10.769.893,70	59.981.744,11
2 - 4	325.440.000,00	20.385.000,00	20.482.204,93	249.955.474,38	616.262.679,32
5	325.440.000,00	20.385.000,00	20.482.204,93	151.174.974,38	517.482.179,32
6 - 9	341.712.000,00	20.385.000,00	20.482.204,93	264.404.974,38	646.984.179,32
10	341.712.000,00	20.385.000,00	20.482.204,93	165.624.474,38	548.203.679,32

11 - 14	358.797.600,00	20.385.000,00	20.482.204,93	279.576.949,38	679.241.754,32
15	358.797.600,00	20.385.000,00	20.482.204,93	180.796.449,38	580.461.254,32
16 - 19	376.737.480,00	20.385.000,00	20.482.204,93	295.507.523,13	713.112.208,07
20	376.737.480,00	20.385.000,00	20.482.204,93	196.727.023,13	614.331.708,07

Suku bunga deposito Bank Mandiri digunakan untuk menghitung nilai uang terhadap waktu atau *time value of money* dimana suku bunga deposito Bank Mandiri pada tahun 2019 sampai 2020 adalah sebesar 4.5% dan 4.8% sehingga diputuskan untuk membulatkan suku bunga tersebut ke atas dan didapat suku bunga deposito bank mandiri 5% pertahun.

Metode analisis evaluasi investasi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Break Even Point* (BEP), dan Analisis Sensitivitas, adapun hasilnya sebagai berikut:

1. *Net Present Value* (NPV)

$$8. \text{ NPV} = \text{PWB} - \text{PWC} = \text{Rp. } 40.219.095.544,81 - \text{Rp. } 32.839.635.951,09$$

$$9. \quad = \text{Rp. } 7.379.459.593,72$$

10. Dari hasil analisis *Net Present Value* (NPV) adalah sebesar Rp 7.379.459.593,72 > 0 maka investasi dinyatakan layak berdasarkan metode *Net Present Value* (NPV).

2. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

$$11. \text{ BCR} = \frac{\text{PWB}}{\text{PWC}} = \frac{\text{Rp. } 40.219.095.544,81}{\text{Rp. } 32.839.635.951,09} = 1.22$$

12. Dari hasil analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR) adalah sebesar 1.22 > 1 maka investasi dinyatakan layak berdasarkan metode *Benefit Cost Ratio* (BCR).

3. *Internal Rate of Return* (IRR)

13. Dalam mencari *Internal Rate of Return* (IRR) pada investasi ini menggunakan metode *trial and error*, dalam proses tersebut didapat suku bunga yang paling mendekati saat NPV = 0 adalah suku bunga 9% yang NPV-nya bernilai positif dan suku bunga 10% yang NPV-nya bernilai negatif. Berdasarkan nilai *Net Present Value* (NPV) yang diperoleh dengan bunga 9% dan 10%, maka dapat dihitung nilai *Internal Rate of Return* (IRR) dengan metode interpolasi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= i\text{NPV}_+ + \frac{\text{NPV}_+}{[\text{NPV}_+ - \text{NPV}_-]} (i\text{NPV}_- - i\text{NPV}_+) \\ &= 9\% + \frac{\text{Rp. } 1.493.264.816,75}{[\text{Rp. } 1.493.264.816,75 - (-\text{Rp. } 1.540.658.342,60)]} \times (10\% - 9\%) \end{aligned}$$

= 9,492%

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) dari metode interpolasi maka didapat hasil yaitu $9,492\% > 5\%$ (suku bunga yang berlaku), maka investasi dinyatakan layak berdasarkan metode *Internal Rate of Return* (IRR).

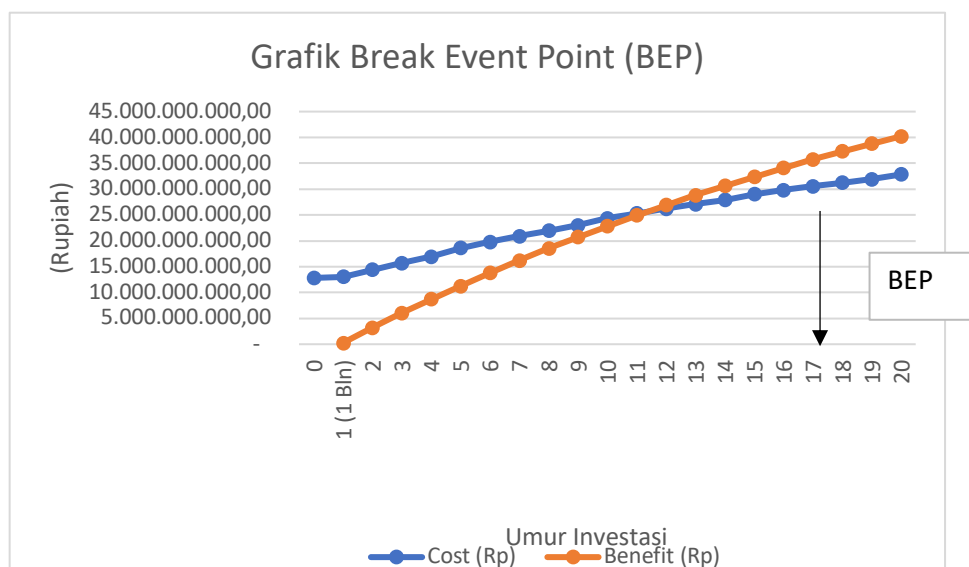
4. *Break Even Point* (BEP)

14. Analisa *Break Even Point* (BEP) dilakukan dengan metode *Discounted Payback Period* yang bertujuan untuk mengetahui seberapa lama periode atau waktu investasi untuk terjadinya pulang pokok (*Break Even Point*). Didapat hasil NPV positif pada tahun ke 12.

15.

16. Tabel 5 Break Even Point

Tahun ke	NPV	Keterangan
11	(390.281.906,47)	NEGATIF
12	698.888.577,10	POSITIF



17. Gambar 1. Grafik Break Even Point

Di ketahui bahwa terjadinya *Break Event Point* (BEP) antara tahun ke 11 dan tahun ke 12, untuk mencari dimana dan berapa tahun terjadi hal tersebut di ambil pendekatan sebagai berikut:

Selisih Tahun = $12 - 11 = 1$ tahun

Selisih Sisa = $-\text{Rp. } 390.281.906,47 - \text{Rp. } 698.888.577,10$
 $= -\text{Rp. } 1.089.170.483,57$

Break Event Point (BEP):

$$= 11 + [(-\text{Rp. } 390.281.906,47 / -\text{Rp. } 1.089.170.483,57) \times 1 \text{ tahun}]$$

$$= 11 + (0,358 \times 1 \text{ tahun}) = 11,358 = 11 \text{ Tahun, 4 bulan, 11 hari}$$

Didapat hasil *Break Event Point* (BEP) akan terjadi pada 11 tahun, 4 bulan, 11 hari < 20 tahun dan investasi bisa dikatakan layak.

Untuk mengetahui sampai mana parameter investasi dapat berubah maka di lakukan analisis sesitivitas, adapun hasil analisis sesitivitas adalah sebagai berikut:

1. Pada analisis sesitivitas *benefit* didapat hasil investasi akan menjadi tidak layak jika nilai *annual benefit* (Ab) turun lebih besar dari 26,212% dari nilai awal selama tahun investasi.
2. Pada analisis sesitivitas THK didapat hasil investasi akan menjadi tidak layak jika tingkat hunian kamar turun lebih kecil dari 58,5179 % pertahun untuk setiap tipe *villa* selama tahun investasi.
3. Pada analisis sesitivitas tarif sewa *villa* didapat hasil investasi akan menjadi tidak layak jika tarif sewa villa turun lebih besar dari 26,212% dari nilai awal untuk setiap tipe *villa*, selama tahun investasi.
4. Pada analisis sesitivitas *cost* didapat hasil investasi akan menjadi tidak layak jika nilai *annual cost* (Ac) naik lebih besar dari 40,478% dari nilai awal selama tahun investasi.

SIMPULAN

Dari hasil analisis evaluasi kelayakan secara finansial yang dilakukan pada Yanyan Resort Ubud Villa, di Desa Batuan, Sukawati dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan metode NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit Cost Ratio*), dan IRR (*Internal Rate of Return*), pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa layak secara finansial, dengan hasil sebagai berikut:
 - NPV (*Net Present Value*) : Rp. 7.379.459.593,72 > 0
 - BCR (*Benefit Cost Ratio*) : 1,22 > 1
 - IRR (*Internal Rate of Return*) : 9,492% > 5%
2. Berdasarkan hasil yang di dapat dari BEP (*Break Even Point*) maka didapat BEP (*Break Even Point*) terjadi pada 11 tahun, 4 bulan, 11 hari < 20 tahun (umur investasi).
3. Keuntungan yang diperoleh selama masa investasi 20 tahun adalah sebesar Rp. 7.379.459.593,72 (Tujuh Milyar Tiga Ratus Tujuh Puluh Sembilan Juta Empat Ratus

Lima Puluh Sembilan Ribu Lima Ratus Sembilan Puluh Tiga Koma Tujuh Puluh Dua Rupiah) yang di dapat dari analisis dengan metode NPV (*Net Present Value*).

4. Berdasarkan hasil analisis sesitivitas didapatkan bahwa pembangunan Yanyan Resort Ubud Villa akan menjadi tidak layak secara finansial atau NPV (*Net Present Value*) bernilai negatif (-) Jika:

- *Annual benefit* (Ab) turun lebih besar dari 26,212% dari nilai awal.
- Tingkat hunian kamar atau *villa* untuk setiap tipe *villa* lebih kecil dari 58,5179% pertahun.
- Tarif sewa *villa* turun lebih besar dari 26,212% dari nilai awal.
- *Annual cost* (Ac) naik lebih besar dari 40,478% dari nilai awal.

Setelah penelitian studi kelayakan investasi Yanyan Resort Ubud Villa dilakukan ada beberapa saran yang ingin disampaikan yaitu:

1. Agar batas-batas sesitivitas tetap terjaga pihak *owner* dapat memanfaatkan lahan kosong sebagai tempat camping atau menyewakan kolam renang secara umum saat sepi penyewa *villa* untuk menambah penghasilan.
2. Tingkat pengembalian modal atau titik impas dapat dijadikan acuan dalam kinerja dan proses pengambilan keputusan pada Yanyan Resort Ubud Villa.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Bali di akses dari <http://www.bali.bps.go.id/>, diakses pada 12 Juni 2021 pada jam 06.15 WITA.

Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. (2021). *Statistik Perkembangan Pariwisata Bali No. 19/03/51/Th. XV, 1 Maret 2021*. Bali: Badan Pusat Statistik

Sindudarmo, dan Sedana. "Feasibility Study The Gangsa Ubud Private Villa & SPA di Desa Payogan, Kecamatan Ubud, Kabupaten Gianyar". FEB UNUD, Denpasar, 2018. JURNAL.

Frederika, Wirantara, dan Kamajaya. "Analisis Investasi Pembangunan Dedari Kenderan Villas". FT UNUD, Teknik Sipil, Denpasar, 2016. JURNAL.

Gunawan, I Wayan. "Analisis Investasi Pembangunan Komplek Villa Swagriya Di Nyanyi Tabanan". UNTAG, Surabaya, 2015. JURNAL.

Ogawa, Eiji. (1984). *Modern Production Management: A Japanese Experience*. Japan: Asian Productivity Organization.

Harjono, Dhaniswara K. (2016). *Hukum Properti*. Jakarta : PPHBI

Tokan, Matilda Relu Lama. "Kawasan Villa Dengan Penataan Landsekap Agrowisata di Kota Singkawang". FT. Arsitektur. UNTAN, Pontianak. 2014. JURNAL.

Sastraadmadja, Soedradjat. (1984). *Analisa Anggaran Pelaksanaan*. Bandung: Nova.

Sugianto, Rochmat Aldy Purnomo R. (2017). *Studi Kelayakan Bisnis*. Semarang: Unmuh Ponorogo Press.

Giatman. (2006). *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada

ANALISA MANAJEMEN ALAT BERAT PEKERJAAN CUT AND FILL DENGAN PENGGUNAAN ALAT BERAT PADA PROYEK DAMARA VILLAGE

Ketut Dewa Dharma Utama¹⁾, Kadek Adi Suryawan²⁾, I Wayan Darya Suparta³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

^{2), 3)} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali
E-mail: dewadharmal1@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the selection of tools and unit prices of work also determine the accuracy of daily work targets with productivity in the field, based on modernization of tools with the application of heavy equipment that takes a case study on the Damara Village project in earthworks.

This analysis uses descriptive analytic method by applying the independent variable and the dependent variable, where the independent variables are the productivity of heavy equipment and the price of ownership, operations and insurance, while the dependent variable is the analysis of the unit price of work. The research was carried out in four main stages, namely, (1) description of field condition survey data, data on specifications of tools and work methods, (2) analysis of heavy equipment productivity, (3) analysis of the cost of using heavy equipment, (4) analysis of unit prices of work.

The results showed that the planning tools used were Komatsu PC 200-8M0 (breaker) with productivity of 12.18 m³/hour, Komatsu PC 200-8M0 (bucket) with productivity of 64.90 m³/hour, Changlin ZL50H with productivity of 51.85 m³/hour and Hino 130 HD X-Power with 39.39 m³/hour productivity. The daily target is said to be fulfilled, because the field productivity has exceeded the daily target. The analysis of the unit price of the work obtained is Komatsu PC 200 (breaker) UPW per-m³ of Rp.39,060.71, Hyundai R220-9S (breaker) UPW per-m³ of Rp.39,644.27, Komatsu PC 200 (bucket) UPW per-m³. m³ Rp.12,532.61, Changlin ZL50H UPW per-m³ Rp.25,658.06 and Mitsubishi 125 PS UPW per-m³ Rp.20.210.41.

Keywords : *heavy equipment, productivity of heavy equipment, komatsu pc 200, unit price of work.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemilihan alat dan harga satuan pekerjaan serta mengetahui ketepatan target pengerjaan harian dengan produktivitas di lapangan, berdasarkan modernisasi alat dengan pengaplikasian alat berat yang mengambil studi kasus pada proyek Damara Village.

Analisis ini menggunakan metode deskriptif analitik dengan menerapkan variabel bebas dan variabel terikat, dimana variabel bebas yaitu produktivitas alat berat dan harga kepemilikan, operasional serta asuransi, sedangkan variabel terikat adalah analisa harga satuan pekerjaan. Penelitian dilakukan dengan empat tahapan utama yaitu, (1)

pendeskrisian data survei kondisi lapangan, data spesifikasi alat dan metode kerja, (2) analisis produktivitas alat berat, (3) analisis biaya penggunaan alat berat, (4) analisis harga satuan pekerjaan.

Hasil penelitian menunjukan alat rencana yang digunakan yaitu Komatsu PC 200-8M0 (*breaker*) dengan produktivitas 12.18 m³/jam, Komatsu PC 200-8M0 (*bucket*) dengan produktivitas 64.90 m³/jam, Changlin ZL50H dengan produktivias 51.85 m³/jam dan Hino 130 HD X-Power dengan produktivitas 39.39 m³/jam. Target harian dikatakan terpenuhi, karena produktivitas lapangan telah melebihi target harian. Analisa harga satuan pekerjaan yang didapat yaitu Komatsu PC 200 (*breaker*) HSP per-m³ sebesar Rp.39.060,71, Hyundai R220-9S (*breaker*) HSP per-m³ Rp.39.644,27, Komatsu PC 200 (*bucket*) HSP per-m³ Rp.12.532,61, Changlin ZL50H HSP per-m³ Rp.25.658,06 dan Mitsubishi 125 PS HSP per-m³ Rp.20.210,41.

Kata Kunci : alat berat, produktivitas alat berat , komatsu pc 200, harga satuan pekerjaan.

PENDAHULUAN

Pada sebuah proyek konstruksi tuntutan customer akan semakin tinggi dari waktu ke waktu dan untuk bisa mendukung tuntutan tersebut kontraktor perlu memikirkan metode konstruksi terbaru yang salah satunya yaitu modernisasi alat. Modernisasi alat yang salah satu pengaplikasiannya yaitu penggunaan alat berat yang menjadi sebuah faktor penting dalam memudahkan dan mempercepat proses suatu pekerjaan dengan hasil mutu pekerjaan yang baik. Pekerjaan dengan penggunaan alat berat tersebut bertujuan agar nantinya memudahkan pekerjaan, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Purwanto, 2016). Biaya yang besar dalam penggunaan alat berat membuat penerapan manajemen alat berat yang baik penting untuk dilakukan. Manajemen alat berat sendiri akan berfokus pada pemilihan alat berupa tipe alat dan produktivitas, serta biaya -biaya yang akan dikeluarkan nantinya.

Damara Village merupakan proyek pembangunan perumahan yang berlokasi di seputaran daerah Jimbaran yang memiliki jenis tanah keras berkapur dengan bentuk area kerja yang lumayan terjal, sehingga dalam hal ini membutuhkan penerapan manajemen alat berat untuk perencanaan pekerjaan khususnya di pekerjaan penggalian dan penimbunan. Penerapan manajemen alat berat ini bertujuan agar kedepannya perencanaan pekerjaan bisa lebih matang dari segi efisiensi waktu dan biaya serta metode – metode konvensional yang akan digunakan khususnya pada pekerjaan galian dan timbunan. Hasil akhir dari penelitian ini berupa sebuah analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) galian dan timbunan dengan penggunaan alat berat.

METODE PENELITIAN

Pada analisis ini menggunakan metode deskriptif analitik, dimana langkah pertama yang diterapkan yaitu melakukan studi pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui lebih detail mengenai kondisi lapangan atau lahan yang digunakan sebagai tempat penelitian yaitu lahan galian dan timbunan yang ada di proyek Damara Village. Dengan dilakukannya studi pendahuluan akan dapat diketahui kondisi dari lahan serta keadaan cuaca yang digunakan sebagai lahan untuk pekerjaan galian dan timbunan. Data Primer yang digunakan yaitu data untuk perhitungan produktivitas alat berat dimana didapatkan ketika melakukan survei langsung ke lapangan dengan memperhatikan kegiatan alat tersebut, data operator dengan cara pemberian form dan data survei biaya penggunaan

alat (pelumas, bahan bakar dan lainnya) secara daring dan kepada penyedia jasa. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi data spesifikasi alat, data gambar rencana proyek dan data peraturan tentang penggunaan alat berat dan HSP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Data – data yang akan digunakan pada analisis ini yaitu data kondisi lapangan yang bisa mempengaruhi faktor pemilihan maupun produktivitas alat, metode pengerjaan yang akan dilakukan oleh setiap alat, data spesifikasi alat yang didapatkan dari situs resmi penyedia alat, data operator alat, data jumlah siklus perjam setiap alat dan perancangan analisa harga satuan pekerjaan yang mengacu kepada Permen No. 28 tahun 2016 tentang penentuan Harga Satuan Pekerjaan. Proyek Damara Village memiliki tiga fase pengerjaan untuk pembuatan masing – masing kavling perumahan dan saat ini tengah berlangsung untuk fase dua yang merupakan studi kasus penulis tinjau. Proyek ini berlangsung dengan waktu kerja selama 150 hari yang memiliki total volume sebesar 14025,04 m³ untuk penggalian dan 9563,40 m³ untuk pekerjaan penimbunan.

Analisis Pemilihan Alat

Pada perencanaan pemilihan alat berat akan lebih berfokus kepada alat – alat yang memiliki fungsi *dozing*, *loading* dan *excavating*. Alat *dozing* sendiri kita akan menggunakan alat Changlin ZL50H, dikarenakan kontraktor telah memiliki alat tersebut. Alat yang memiliki fungsi untuk *excavating* akan lebih berfokus ke pemilihan alat *excavator*, sedangkan untuk fungsi alat *loading* akan berfokus ke pemilihan kendaraan *Dump truck*. Pemilihan tersebut akan mengacu kepada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi dari spesifikasi maupun jenis alat yang akan digunakan.

1. Pengembangan dan penyusutan material

Pekerjaan penggalian direncanakan secara langsung untuk menngali dalam dua keadaan tanah yaitu asli dan gembur. Berdasarkan dengan kriteria tadi sehingga pada tabel pengembangan dan penyusutan material untuk faktor konversi volume tanah/material tanah pada saat digali dengan keadaan asli memiliki faktor konversi Bank = 1.00, Loose = 1.65 dan Compact = 1.22, sedangkan faktor konversi untuk penggalian saat tanah gembur yaitu Bank = 0.61, Loose = 1.00 dan Compact = 0.74.

2. Bentuk Material

Pada proyek Damara Village bentuk material lebih kepada bongkahan – bongkahan *limestone* yang bercampur dengan bermacam ukuran agregat lainnya. Dilihat dari kondisi material di atas untuk kondisi operasi *dozing* bisa dikatakan sukar digusur, karena batuan berukuran besar dan tertanam kuat pada tanah, sehingga berdasarkan tabel faktor koreksi untuk nilai faktor koreksinya bisa di dapat 0.60-0.40. Pada kondisi untuk melakukan kegiatan penggalian dilihat dari bentuk material yang ada pada proyek bisa diklasifikasikan sebagai material tanah, batu besar dan berakar yang memiliki nilai faktor koreksi sebesar 0.80-1.00 sesuai dengan tabel faktor koreksi/muat.

3. Kekerasan Material

Kekerasan material bisa sangat berpengaruh kepada pekerjaan penggalian nantinya dan pada proyek Damara Village material batu kapur menjadi salah satu material yang dominan di proyek. Batu kapur sendiri termasuk kedalam kelompok batu sedimen sehingga memiliki karakteristik pelapisan batuan yang keras, sehingga saat penggalian harus diperhitungkan.

4. Analisa Beban dan Tenaga

Analisa beban dan tenaga dari alat yang digunakan, maka dapat diketahui tingkat kemampuan dan kecepatan bekerja yang optimal dari alat tersebut untuk kondisi pekerjaan tertentu. Sebagai dasar untuk melakukan analisa tersebut.

Tabel 1. Kesanggupan Alat Berat

No	Jenis Kendaraan	Berat Kendaraan Maksimum (Kg)	Beban Tahanan (Kg)		Kondisi Lapangan (Kg)			Kesanggupan
			Gelinding	Kelandaian	Menanjak	Datar	Menurun	
1	Komatsu PC 200-8M0	20500	717.5	1435	1435	0	-1435	Sanggup
2	Changlin ZL50H	16300	570.5	1141	1711.5	570.5	-570.5	Sanggup
3	Hino 130 HD X-Power	8250	288.75	577.5	866.25	288.75	-288.75	Sanggup

5. Waktu dan Target Penyelesaian Pekerjaan

Dengan penggabungan dari kedua data volume pekerjaan dengan data waktu pengerjaan (penyelesaian pekerjaan) akan di dapat suatu hasil yang disebut dengan target volume pekerjaan yang akan dilakukan. Hasil perhitungan tersebut di dapat dengan formula di bawah:

A. Target pengerjaan untuk penggalian

- $\text{Target} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pengerjaan}} \text{ (m}^3/\text{jam)}$
- $\text{Target} = \frac{14025.04}{1200} \text{ (m}^3/\text{jam)}$

- Target = 11.69 m³/ jam
- B. Target pengerjaan untuk pengurangan
 - Target = $\frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pengerjaan}}$ (m³/ jam)
 - Target = $\frac{9563.40 \times 1.65}{1200}$ (m³/ jam)
 - Target = 13.15 m³/ jam

Analisis Produksi Alat

Analisis produksi alat – alat berat adalah kegiatan perencanaan serta evaluasi lapangan tentang seberapa besar produktivas yang dihasilkan selama penggunaan alat berat. Produktivitas alat ini saya bedakan menjadi dua yaitu produktivitas rencana dan produktivitas dilapangan, agar memudahkan dalam proses perbandingan nanti.

1. Produktivitas Alat Rencana

Sesuai dengan tabel rumusan produksi alat berat, formula yang digunakan untuk pencarian produksi masing – masing alat yaitu :

Tabel 2. Produktivitas Alat Rencana

No	JENIS ALAT	Ct (menit)	JOB FAKTOR	BUCKET (m3)	PRODUKTIVITAS (m3/jam)
1	Komatsu PC 200-8M0 (Excavating)	0.25	0.51	0.10	12.18
2	Komatsu PC 200-8M0 (Loading)	0.41	0.48	0.93	64.90
3	Changlin ZL50H	1.37	0.39	3.00	51.85
4	Hino 130 HD X-Pov	5.41	0.51	7.00	39.39

2. Produktivitas Alat Lapangan

Produktivitas alat berat dimaksud sebagai kemampuan sebuah alat untuk mengerjakan tugas dalam satuan volume per jam. Dalam hal ini produktivitas yang didapatkan oleh alat – alat yang bekerja pada proyek Damara Village terlihat pada tabel -tabel di bawah ini.

Tabel 3. Produktivitas Alat Lapangan

No	JENIS ALAT	Ct (menit)	JOB FAKTOR	BUCKET (m3)	Produktivitas Alat (m3)
1	Komatsu PC 200 (Excavating)	0.27	0.51	0.1	11.49
2	Hyundai R220-9S (Excavating)	0.27	0.51	0.1	11.39
3	Komatsu PC 200 (Loading)	0.99	0.48	0.93	33.20
4	Changlin ZL50H	9.94	0.39	3.0	8.72
5	Mitsubishi 125 PS HD	9.57	0.51	7.0	19.79

Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan terdiri dari beberapa biaya yaitu biaya peralatan yang digunakan, bahan – bahan serta tenaga – tenaga (pengawas, pengatur dan pekerja). Dalam hal ini data yang digunakan untuk analisa adalah data lapangan, agar hasil yang didapat lebih aktual. Lebih jelasnya harga satuan pekerjaan setiap alat dapat dilihat pada tabel – tabel dibawah

Tabel 4. Harga Satuan Pekerjaan Rencana

No	JENIS ALAT	BIAYA - BIAYA			HARGA SATUAN PEKERJAAN
		Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya dari Keuntungan dan Pajak	
1	Komatsu PC 200 (Excavating)	Rp703,040	Rp140,608	Rp223,567	Rp87,620
3	Komatsu PC 200 (Loading)	Rp740,441	Rp148,088	Rp235,460	Rp17,318
4	Changlin ZL50H	Rp1,030,977	Rp206,195	Rp327,851	Rp30,183
5	Mitsubishi 125 PS HD	Rp503,372	Rp100,674	Rp160,072	Rp19,398

Tabel 5. Harga Satuan Pekerjaan Lapangan

No	JENIS ALAT	BIAYA - BIAYA			HARGA SATUAN PEKERJAAN
		Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya dari Keuntungan dan Pajak	
1	Komatsu PC 200 (Excavating)	Rp699,798	Rp139,960	Rp222,536	Rp92,486
2	Hyundai R220-9S (Excavating)	Rp713,059	Rp142,612	Rp226,753	Rp95,075
3	Komatsu PC 200 (Loading)	Rp739,334	Rp147,867	Rp235,108	Rp33,805
4	Changlin ZL50H	Rp1,101,334	Rp220,267	Rp350,224	Rp191,723
5	Mitsubishi 125 PS HD	Rp483,504	Rp96,701	Rp153,754	Rp37,089

Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan dalam hal ini akan menggunakan data harga satuan pekerjaan lapangan dan pekerja serta pengawas akan mengacu kepada permen No. 28 tahun 2016 tentang penentuan harga satuan pekerjaan. Lebih jelasnya analisa harga satuan pekerjaan setiap alat dapat dilihat pada tabel – tabel dibawah.

Tabel 6. AHSP Alat Komatsu PC 200 (Penggalian)

Menggali dengan Excavator (Breaker) yang bertujuan menghancurkan lapisan batu kapur, sehingga bisa dilanjutkan proses loading oleh Excavator lain

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	Jam	0.163	7,142.86	1,164.29
2	Mandor	Jam	0.0163	10,714.29	174.64
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1,338.93
B	Bahan				
Jumlah Harga Bahan					
C	Peralatan				
1	Komatsu PC 200	Jam	0.0871	92,485.90	8,052.05
Jumlah Harga Peralatan					8,052.05
D	Harga Sewa	Jam	1	26,118.75	26,118.75
Jumlah Harga Sewa					26,118.75
E	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, Peralatan dan Sewa (A+B+C+D)				35,509.74
F	Overhead + Profit (contoh 10%)		10% x D		3,550.97
G	Harga Satuan Pekerjaan per - m ³ (D+E)				39,060.71

Tabel 7. AHSP Alat Hyundai R220-9S (Penggalian)

Menggali dengan Excavator (Breaker) yang bertujuan menghancurkan lapisan batu kapur, sehingga bisa dilanjutkan proses loading oleh Excavator lain

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	Jam	0.163	7,142.86	1,164.29
2	Mandor	Jam	0.0163	10,714.29	174.64
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1,338.93
B	Bahan				
Jumlah Harga Bahan					
C	Peralatan				
1	Hyundai R220-9S	Jam	0.0878	95,074.53	8,350.86
Jumlah Harga Peralatan					8,350.86
D	Harga Sewa	Jam	1	26,350.46	26,350.46
Jumlah Harga Sewa					26,350.46
E	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, Peralatan dan Sewa (A+B+C+D)				36,040.25
F	Overhead + Profit (contoh 10%)		10% x D		3,604.02
G	Harga Satuan Pekerjaan per - m ³				39,644.27

Tabel 8. AHSP Alat Komatsu PC 200 (Loading)

Material hasil breaker akan diangkut oleh Excavator dan dimuat ke Dump Truck

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	Jam	0.163	7,142.86	1,164.29
2	Mandor	Jam	0.0163	10,714.29	174.64
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1,338.93
B	Bahan				
Jumlah Harga Bahan					
C	Peralatan				
1	Komatsu PC 200	Jam	0.0301	33,804.50	1,018.21
Jumlah Harga Peralatan					1,018.21
D	Harga Sewa	Jam	1	9,036.14	9,036.14
Jumlah Harga Sewa					9,036.14
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, Peralatan dan Sewa (A+B+C+D)				11,393.28
E	Overhead + Profit (contoh 10%)		10% x D		1,139.33
F	Harga Satuan Pekerjaan per - m ³ (D+E)				12,532.61

Tabel 9. AHSP Alat Changlin ZL50H

Material hasil breaker akan di dozing menggunakan Wheel Loader dan material ditumpuk di sekitar area yang akan di urug

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	Jam	0.163	7,142.86	1,164.29
2	Mandor	Jam	0.0163	10,714.29	174.64
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1,338.93
B	Bahan				
Jumlah Harga Bahan					
C	Peralatan				
1	Changlin ZL50H	Jam	0.1147	191,723.01	21,986.58
Jumlah Harga Peralatan					21,986.58
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)				23,325.51
E	Overhead + Profit (contoh 10%)		10% x D		2,332.55
F	Harga Satuan Pekerjaan per - m ³ (D+E)				25,658.06

Tabel 10. AHSP Alat Mitsubishi 125 PS HD

Dump Truck membawa material atau hasil galian sejauh 100 meter

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	Jam	0.163	7,142.86	1,164.29
2	Mandor	Jam	0.0163	10,714.29	174.64
Jumlah Harga Tenaga Kerja					1,338.93
B	Bahan				
Jumlah Harga Bahan					
C	Peralatan				
1	Mitsubishi 125 PS HD	Jam	0.0505	37,089.22	1,874.23
Jumlah Harga Peralatan					1,874.23
D	Harga Sewa	Jam	1	15,159.94	15,159.94
Jumlah Harga Sewa					15,159.94
E	Jumlah Harga Tenaga, Bahan, Peralatan dan Sewa (A+B+C+D)				18,373.10
F	Overhead + Profit (contoh 10%)		10% x D		1,837.31
G	Harga Satuan Pekerjaan per - m ³ (D+E)				20,210.41

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Analisa pemilihan alat berat pada proyek Damara Village yaitu alat Komatsu PC 200-8M0 yang menggunakan *rock drill breaker* melakukan pekerjaan *excating* dengan produktivitas alat sebesar 12.18 m³/jam, alat Komatsu PC 200-8M0 yang menggunakan *bucket* melakukan pekerjaan *loading* ke *Dump Truck* dengan produktivitas teoritis alat sebesar 64.90 m³/jam, alat Changlin ZL50H yang melakukan pekerjaan *dozing* dengan produktivitas teoritis alat sebesar 51.85 m³/jam, alat Hino 130 HD X-Power yang melakukan pekerjaan *hauling* dengan produktivitas teoritis alat sebesar 39.39 m³/jam.
- Ketepatan antara target pengerjaan harian dan produktivitas harian alat yang didapat bisa dikatakan terpenuhi, karena terlihat dari target pengerjaan harian untuk pekerjaan penggalian yaitu sebesar 11.69 m³/jam dan pekerjaan timbunan sebesar 13.15 m³/jam, dimana untuk alat yang melakukan pekerjaan penggalian yaitu alat Komatsu PC 200 dan Hyundai R220-9S masing – masing memiliki produktivitas sebesar 11.49 m³/jam dan 11.39 m³/jam dan kombinasi alat Komatsu PC 200 serta Mitsubishi 125 PS HD yang melakukan pekerjaan penggalian masing – masing memiliki produktivitas 33.20 m³/jam dan 19.79 m³/jam.

3. Analisa harga satuan pekerjaan untuk proyek Damara Village yaitu alat Komatsu PC 200 (*rock drill breaker*) dengan pengerjaan penggalian mendapat HSP per-m³ sebesar Rp.39.060,71, alat Hyundai R220-9S (*rock drill breaker*) dengan pengerjaan penggalian mendapat HSP per-m³ Rp.39.644,27, alat Komatsu PC 200 (*bucket*) melakukan pengerjaan pemuatan material ke DT mendapat HSP per-m³ Rp.12.532,61, alat Changlin ZL50H melakukan pengerjaan *dozing* untuk material hasil galian mendapat HSP per-m³ Rp.25.658,06 dan alat Mitsubishi 125 PS HD yang melakukan pengangkutan material sejauh 100 meter mendapat HSP per-m³ Rp.20.210,41.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan, maka ada beberapa hal yang bisa penulis rekomendasikan berupa saran – saran yakni :

1. Perlu dilakukan evaluasi berkala mengenai produktivitas alat dan harga – harga dalam operasional di lapangan dalam sebuah proyek, karena masih banyak faktor yang bisa mempengaruhi dari hal – hal tersebut diluar dari studi – studi yang telah ada.
2. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat diperdalam dan ditambah lagi mengenai faktor -faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan alat berat, sehingga perencanaan menjadi lebih efektif dan efisien dari segi waktu, mutu dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. T. Purwanto, "Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Larat - Lamdesar Provinsi Maluku," 2016.
2. Peraturan Menteri Nomor 28 Tahun 2016 Mengenai Penentuan Harga Satuan Pekerjaan
3. K. R. Santoso, "PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN," 2015.
4. R. M. Sokop, "Analisa Pehitungan Produktivitas Alat Berat Gali - Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Perumahan Residence," 2016.
5. PT UNITED TRACTORS Tbk, Manajemen Alat-Alat Berat, 2017.
6. K. A. Suryawan, Manajemen Alat Berat, 2019.

ANALISIS PROPORSI BIAYA KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) KONTRUKSI PADA PEMBANGUNAN LIGA TENNIS SANUR

I Wayan Wijaya Dharma¹⁾, I Nyoman Ardika²⁾, Ni Kadek Sri Ebtha Yuni³⁾

¹ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

E-mail: wijayadharmaaa@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali - 80364

Abstract : Indonesia is one of the world's developing countries which has lots of construction projects being done. Nowadays, K3 concerns (safety and occupational health) are often overlooked. This is indicated by the high record of accidents at work. The number of accidents at work reported in 2017 reached 123,041 cases, while throughout 2018, it reached 173,105. Moreover, many construction workers suffer yearly work accidents, material damage, production failures and delays in construction workers that make companies suffer severe losses. This research is aimed at figuring out how much the K3 cost on the construction project. The research is being carried out on the project of the tennis league. The method of this study is quantitative and descriptive. The study shows the cost of the K3 based on a shop price survey based on Circular Letter Number 11/SE/M/2019 of 2019 on the technical cost of a construction safety management system being made up of Rp. 116.914.000; (a hundred twelve million seven hundred thirty-eight thousand and one four one rupiah, or about 1.63 percent of the contract's worth.

Keywords: Work Accidents, Occupational Health and Safety (K3) costs.

Abstrak : Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang saat ini banyak sekali pembangunan yang sedang dilaksanakan. Saat ini permasalahan terkait K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) masih sering terabaikan. Hal ini ditunjukkan dengan masih tingginya angka kecelakaan kerja. pada tahun 2017 angka kecelakaan kerja yang dilaporkan mencapai 123.041 kasus, sementara sepanjang 2018 mencapai 173.105 kasus. Banyak pekerja konstruksi yang mengalami kecelakaan kerja tiap tahunnya, kerusakan material, kegagalan produksi serta keterlambatan pekerja konstruksi yang membuat perusahaan banyak mengalami kerugian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar biaya K3 pada proyek konstruksi. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Liga Tennis Sanur. Metode dari penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian ini menunjukkan jumlah biaya K3 berdasarkan survey harga toko berpedoman dari Surat Edaran Nomor 11/SE/M/2019 tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi adalah sebesar Rp. 116,914,000 (Seratus Enam Belas Juta Sembilan Ratus Empat Belas Ribu Rupiah) atau sekitar 1,57 % dari nilai kontrak.

Kata kunci: Kecelakaan Kerja, Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang saat ini banyak sekali pembangunan yang sedang dilaksanakan. Pembangunan yang cukup signifikan terjadi pada pembangunan di bidang konstruksi (Hasan, 2019). Saat ini pemerintah telah mengeluarkan kebijakan terkait penyelenggaraan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) konstruksi. Dasar hukum yang menjadi rujukan adalah Undang-Undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Menteri, SKB MenPU & Menaker, dan Permenaker. Dalam pembangunan proyek konstruksi di Indonesia, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja masih kurang maksimal. Banyak pekerja konstruksi yang mengalami kecelakaan kerja tiap tahunnya, kerusakan material, kegagalan produksi serta keterlambatan pekerja konstruksi yang membuat perusahaan banyak mengalami kerugian (Kurniawan, 2019). Menurut Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan mencatat, pada tahun 2017 angka kecelakaan kerja yang dilaporkan mencapai 123.041 kasus, sementara sepanjang 2018 mencapai 173.105 kasus dengan klaim Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) sebesar Rp 1,2 triliun (Widiastuti, 2019).

Penerapan biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam Surat Edaran (SE) Menteri PUPR 10/2018 tentang Pemberlakuan Standar Dokumen Pemilihan Pengadaan Jasa Konstruksi dalam Rangka Lelang Dini yang menyatakan Biaya penyelenggaraan K3 dan Keselamatan Konstruksi harus diperhitungkan tersendiri dalam total biaya penawaran, dengan besaran biaya berkisar antara 1.0 sampai 2.5% dari nilai pekerjaan atau sesuai dengan kebutuhan. Pentingnya penerapan K3 dalam suatu proyek sangat berpengaruh terhadap kinerja suatu perusahaan konstruksi, maka anggaran biaya untuk K3 sangat penting untuk diperhatikan.

Adapun penelitian lain menunjukkan nilai biaya K3 sudah memenuhi standar ideal Komite Keselamatan Konstruksi Rakyat yakni antara 1,5 % - 2,5 % dari total nilai proyek. Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Lt. II SDN 13 Kesiman. Dimana, biaya K3 pada proyek Pembangunan Gedung Lt. II SDN 13 Kesiman menurut Surat Edaran Nomor 66/SE/M/2015 adalah sebesar Rp 24.375.767 (Dua puluh Empat Juta Tiga Ratus Tujuh Puluh Lima Ribu Tujuh Ratus Enam Puluh Tujuh Rupiah) atau sekitar 1,68 % dari nilai kontrak, sementara biaya K3 berdasarkan survey harga toko adalah sebesar Rp. 26.768.128 (Dua Puluh Enam Juta Tujuh Ratus Enam puluh Delapan Ribu Seratus Dua Puluh Delapan Rupiah) atau sekitar 1,85 % (Athyastha, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian mengenai Analisis Proporsi Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Konstruksi Pada Pembangunan Liga Tennis Sanur.

METODE PENELITIAN

18. Lokasi penelitian dilakukan di pembangunan Liga Tennis Sanur Jalan By Pass Ngurah Rai, Sanur, Denpasar Selatan, yang dilaksanakan pada 16 maret 2021 sampai dengan 31 juli 2021. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Jenis data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung saat melakukan pengamatan lapangan dan data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian adalah Identifikasi resiko, harga satuan APK dan APD, dan perencanaan biaya kelengkapan K3, dan presentase biaya K3. Sedangkan data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya, yaitu Rencana anggaran Biaya (RAB), Gambar Rencana, dan item-item K3, berdasarkan SE (Surat Edaran) Menteri Pekerjaan

Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11/SE/M/2019 Tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cara Observasi (pengamatan) dilapangan untuk mendapatkan data identifikasi resiko bahaya dengan pengamatan langsung untuk menemukan risiko-risiko yang berpotensi menyebabkan kecelakaan, sedangkan data harga satuan APK dan APD didapat dengan melakukan survey harga toko, dan untuk perencanaan biaya kelengkapan K3 serta persentase biaya K3 didapatkan dengan melakukan analisis biaya.

Adapun tahap analisis proporsi biaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) konstruksi pada pembangunan Liga Tennis Sanur ini adalah:

1. Mengumpulkan semua data yang diperoleh dari perusahaan seperti RAB, gambar rencana dan jumlah pekerja.
2. Mengidentifikasi risiko bahaya yang bisa menyebabkan kecelakaan dan kesehatan kerja pada setiap tahapan pelaksanaan proyek.
3. Melakukan pengumpulan harga kelengkapan APD dan APK dengan cara survey harga ditoko.
4. Menentukan item-item alat keamanan berdasarkan SE (Surat Edaran) Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 11/SE/M/2019 Tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. dan menentukan biaya dari setiap harga yang dibutuhkan.
5. Menganalisis biaya K3 dengan cara volume dikalikan harga satuan
6. Menyimpulkan presentase biaya K3 pada proyek pembangunan Liga Tennis Sanur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Proyek konstruksi yang dijadikan objek dalam penelitian ini adalah proyek Pembangunan Liga Tennis Sanur yang berlatar di Jalan By Pass Ngurah Rai, Sanur, Denpasar Selatan. Data-data yang dikumpulkan berupa data sekunder yaitu item-item K3 berpedoman pada SE 11/SE/M/2019, Rencana anggaran Biaya (RAB), Gambar Rencana, dan data primer yaitu Identifikasi resiko bahaya, harga satuan APD dan APK dan perencanaan biaya kelengkapan K3, dan presentase biaya K3.

Setelah dilakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan data, yang pertama dilakukan oleh peneliti menentukan identifikasi resiko bahaya agar dapat menentukan alat pelindung diri yang digunakan yang kedua yaitu merencanakan anggaran biaya K3 dan yang terakhir yaitu menghitung presentase berapa persen pengaruh biaya K3 terhadap nilai kontrak. Pengolahan data tidak hanya berupa menganalisis APD dan APK tapi mengacu sesuai Surat Edaran Nomor 11/SE/M/2019 tahun 2019.

Pada Pembangunan Liga Tennis Sanur pekerjaan yg dikaji yaitu Pekerjaan Galian, Pekerjaan beton bertulang (pondasi, sloof, kolom, balok, tangga), Pekerjaan atap baja, Pekerjaan dinding, Pekerjaan plafon, Pekerjaan lantai.

Identifikasi Risiko

Tahapan identifikasi resiko adalah mencari resiko-resiko yang ada sampai kemudian menentukan potensi dan penyebabnya, melalui program survey dan penyelidikan terhadap masalah-masalah yang ada seperti, lokasi kerja, proses atau urutan kerja, mesin atau peralatan dan sumber tenaga dan bahan berbahaya. Identifikasi risiko ini untuk mengetahui, mengenal dan memperkirakan adanya risiko pada suatu sistem operasi,

peralatan, prosedur, unit kerja. Identifikasi risiko merupakan langkah penting dalam proses pengendalian risiko.

Perencanaan Anggaran Biaya K3

Pada perencanaan anggaran biaya K3 proyek Pembangunan Liga Tennis Sanur total pekerja yaitu 86 orang 3 pelaksana dan 1 *Site Manager*, lalu menentukan item-item kelengkapan K3 berpedoman dari Surat Edaran Nomor 11/SE/M/2019 tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan berdasarkan harga satuan yang didapat pada saat survey harga toko dengan menggunakan rumus:

$$\text{Volume} = \text{Volume Alat Dipakai} \times \text{Harga Satuan Kelengkapan K3}$$

Tabel. 2
Uraian Rencana Anggaran Biaya (RAB) K3

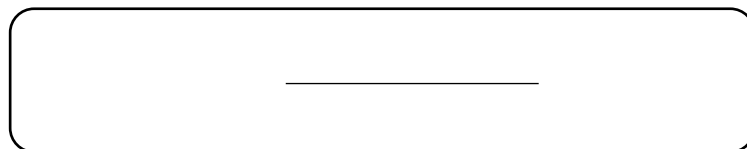
19. No	20. Uraian Pekerjaan	21. Volume	22. Satuan	23. Harga (Rp)	24. Total (Rp)
25. 1	26. Penyia pan RKK	27.	28.	29.	30.
31. a	Pembuatan dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi, Pembuatan prosedur dan instruksi kerja	33. 1	34. Set	35. 1,030,000	36. 1,030,000
37.				38. Jumlah	39. 1,030,000
40. 2	Sosialisai, Promosi dan Pelatihan	41.	42.	43.	44.
45. a	Pengarahan K3 (<i>Safety Briefing</i>)	46. 1	47. Ls	48. 4,375,000	49. 4,375,000
50. b	Simulasi K3	51. 1	52. Ls	53. 3,235,000	54. 3,235,000
55. c	Spanduk (banner)	56. 5	57. Lb	58. 200,000	59. 1,000,000
60. d	Poster	61. 5	62. Lb	63. 150,000	64. 750,000

65. e	Papan Informasi K3	66. 1	67. Bh	68. 421,120	69. 421,120
70.				71. Jumlah	72. 9,781,120
73. 3	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri	74.	75.	76.	77.
78. a	Jaring Pengaman (Safety net)	79. 203.66	80. M1	81. 11,500	82. 2,342,084
83. b	Tali Keselamatan (Life Line)	84. 1	85. Ls	86. 1,500,000	87. 1,500,000
88. c	Pagar Pengaman (Guard Railling)	89. 203.66	90. M1	91. 46,000	92. 9,368,337
93. d	Topi pelindung (Safety Helmet)	94. 95	95. Bh	96. 63,200	97. 6,004,000
98. e	Pelindung Mata (Goggles, Spectacles)	99. 90	100. B h	101. 21,200	102. 1,908,000
103. f	Tameng Muka (Face Sheild)	104. 3	105. B h	106. 218,000	107. 654,000
108. g	Pelindung Pernafasan dan Mulut (Masker)	109. 90	110. B h	111. 81,200	112. 7,308,000
113. h	Sarung Tangan (Safety gloves)	114. 90	115. P sg	116. 71,200	117. 6,408,000
118. i	Sepatu Keselamatan (Safety Shoes)	119. 90	120. P sg	121. 270,200	122. 24,318,000
123. j	Penunjang Seluruh Tubuh (full	124. 10	125. B h	126. 395,000	127. 3,950,000

197.	e Rambu informasi	198.	5	199.	B	200.	106,600	201.	533,000
202.	f Jalur Evakuasi (Escape route)	203.	1	204.	L	205.	446,600	206.	446,600
207.	g Tongkat Pengatur Lali lintas (warning Lights stick)	208.	1	209.	B	210.	150,000	211.	150,000
212.	h Lampu Putar (Rotary Lamp)	213.	1	214.	B	215.	356,000	216.	356,000
217.						218.	Jumlah	219.	3,617,600
220.	7 Lain-Lain Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi	221.		222.		223.		224.	
225.	a Alat Pemadam Api Ringan (APAR)	226.	3	227.	B	228.	633,000	229.	1,899,000
230.	b Sirine	231.	1	232.	B	233.	400,000	234.	400,000
235.	c Bendera K3	236.	1	237.	B	238.	243,000	239.	243,000
240.	d Pembuatan Kartu Identitas Pekerja (KIP)	241.	90	242.	L	243.	10,000	244.	900,000
245.						246.	Jumlah	247.	3,442,000
	248. Jumlah Total							249.	116,914,000

Presentase Biaya K3

Estimasi biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada proyek dihitung dari biaya peralatan keamanan, pengaman, termasuk rambu-rambu, fasilitas kesehatan, dan biaya lain-lain. Berdasarkan total biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang diperlukan pada proyek Pembangunan Liga Tennis Sanur, presentase biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja K3 dapat dilihat pada table 4.5 dan menghitung presentasinya menggunakan rumus:



Tabel. 2
Presentase Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

NILAI KONTRAK (Rp)	BIAYA K3 (Rp)	PERSENTASE (Rp)
Rp 7,191,914,141	Rp 116,914,000	1.63 %

Berdasarkan tabel 4.5 diketahui bahwa biaya RAB proyek Pembangunan Liga Tennis Sanur sesuai nilai kontrak adalah sebesar Rp 7,191,914,141 Dari hasil analisis, biaya K3 berdasarkan survey harga toko berpedoman dari Surat Edaran Nomor 11/SE/M/2019 tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi dengan sebesar Rp. 116,914,000 (**Seratus Enam Belas Juta Sembilan Ratus Empat Belas Ribu Rupiah**) atau sekitar **1.63 %**. Nilai biaya K3 tersebut sudah memenuhi standar ideal Komite Keselamatan Konstruksi Rakyat yakni antara 1,5 % - 2,5 % dari total nilai proyek.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, penulis dapat menarik kesimpulan tentang analisis proporsi biaya K3 pada pembangunan Liga Tennis Sanur sebagai berikut :

1. Komponen biaya K3 yang diperhitungkan pada Pembangunan Liga Tennis Sanur yaitu : Penyiapan RKK, Sosialisai, Promosi dan Pelatihan, Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri, Asuransi dan perizinan, Fasilitas, Sarana dan Prasarana Kesehatan, Rambu-Rambu yang diperlukan, Lain-Lain Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi.
2. Nilai biaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sudah memenuhi standar ideal Komite Keselamatan Konstruksi Rakyat yakni antara 1,5 % - 2,5 % dari total nilai proyek. Dimana biaya K3 berdasarkan survey harga toko berpedoman dari Surat Edaran Nomor 11/SE/M/2019 tahun 2019 tentang Petunjuk Teknis Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi dengan sebesar Rp. 116,914,000 (Seratus Enam Belas Juta Sembilan Ratus Empat Belas Ribu Rupiah) atau sekitar 1.63 % dari nilai kontrak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan, Febriyani. 2019. Analisis penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi.
- [2] Kurniawan, Fredy. 2019. Studi kasus pelaksanaan k3 (kesehatan dan keselamatan kerja) konstruksi jembatan di sumba.
- [3] Widiastuti, Retno. 2019. Identifikasi bahaya dan penilaian risiko untuk mengendalikan risiko bahaya di UPT laboratorium terpadu universitas sarjanawiyata tamansiswa.
- [4] Atyatistha Ananti, Gusti Ayu. 2019. Analisis biaya keselamatan dan kesehatan kerja (k3) pada proyek konstruksi (studi kasus: pembangunan gedung Lt. II SD N 13 Kesiman)

**ANALISIS METODE *LEAN CONSTRUCTION* DAN PENJADWALAN CCPM
DALAM MEREDUKSI *NONPHYSICAL CONSTRUCTION WASTE* (Studi Kasus
: Proyek Pembuatan Gedung PKP-PK di Bandara I Gusti Ngurah Rai)**

**Luh Eta Gandhi Mirayudia¹⁾, Ida Bagus Putu Bintana²⁾, dan I G A Putu Dewi
Paramita³⁾**

¹ Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email : gandhieta@gmail.com

² Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email : gusbint@yahoo.com

³ Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email : gustiayudewiparamita@pnb.ac.id

Abstract

The construction industry in Indonesia still faces inefficiencies in the implementation phase. There is still a lot of waste, but it does not add value. The waste in this study focused on nonphysical construction waste such as defects, waiting, unnecessary inventory, inappropriate processing, unnecessary motion, excessive transportation, and over production.

In this research, waste identification, improvement recommendations, through observation methods, questionnaires, and borda, and total duration through the CCPM method.

The results showed the highest waste was waiting, defects and inappropriate processing with a value of 0.305, 0.289, 0.166. Recommended improvements are quality at the sources, weekly work plan, six week lookahead, work standards, reducing set up time, building long-term relationships with suppliers, implementing 5S, Lean Supply, Just-in-time delivery, daily huddle meeting work balancing, check list equipment, creating IK Change workflows, scheduling, and workflow analysis. Then, from CCPM, the feeding buffer is obtained by 3.5 days and the project buffer by 33 days. So the estimated total duration of project completion is 158.5 days if the project buffer is consumed in its entirety.

Keywords: *Lean construction, waste, critical chain project management*

Abstrak

Industri konstruksi di Indonesia masih menghadapi permasalahan ketidakefisienan dalam tahap pelaksanaan. Masih banyak pemborosan (*waste*) namun tidak menambah nilai (*value*). *Waste* pada penelitian ini terfokus kepada *nonphysical construction waste* seperti cacat, *menunggu*, persediaan yang tidak perlu, proses yang tidak tepat, gerakan yang tidak perlu, transportasi berlebih, dan produksi berlebih.

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi *waste*, rekomendasi perbaikan, melalui metode observasi, kuesioner, dan borda serta durasi total melalui metode CCPM.

Hasil penelitian menunjukkan waste tertinggi yaitu *waiting*, *defect* dan *inappropriate processing* dengan nilai sebesar 0.305, 0.289, 0.166. Perbaikan yang direkomendasikan yakni *quality at the sources*, *weekly work plan*, *six week lookahead*, *work standards*, mengurangi *set up time reduction*, membangun *long term relationship* dengan *supplier*, menerapkan 5S, *Lean Supply*, *Just-in-time delivery*, *daily huddle meeting* *work balancing*, *check list* peralatan, membuat alur kerja *IK Change*, penjadwalan, *workflow analysis*. Kemudian dari CCPM, didapatkan *feeding buffer* sebesar 2.5 hari dan *project buffer* sebesar 26 hari. Sehingga estimasi durasi total penyelesaian proyek adalah 152 hari apabila *project buffer* terkonsumsi secara keseluruhan.

Kata Kunci: *Lean construction, waste, critical chain project management*

PENDAHULUAN

Pada Industri konstruksi di Indonesia, masih menghadapi permasalahan ketidakefisienan dalam tahap pelaksanaan proses konstruksinya. Masih banyak pemborosan (*waste*) berupa kegiatan yang menggunakan sumber daya namun tidak menambah nilai (*value*). *Waste* pada permasalahan ini terfokus kepada *nonphysical construction waste* atau *Waste* non fisik seperti *defect* (cacat), *waiting*, *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu), *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat), *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu), *Excessive Transportation*, dan *over production* (Arcia, I, 2002).

Ketidakefisienan dan pemborosan tersebut disebabkan antara lain, lemahnya perencanaan dan pengendalian, dan metoda kerja yang tidak tepat (Arcia, I, 2002). Kejadian resiko ini tentunya sangat berpengaruh terhadap kelancaran realisasi durasi pada proyek. Salah satu metode yang digunakan yakni menerapkan *Lean Construction*. Metode ini merupakan sebuah metode dalam mendesain sistem kerja proyek konstruksi yang dapat mengidentifikasi adanya *waste* (pemborosan) sehingga segala sesuatu yang tidak menambah nilai (*value*), dapat diminimalisir atau bahkan dihilangkan. Penerapan *Lean Construction* bertujuan untuk mengoptimalisasikan pelaksanaan proyek konstruksi.

Selain itu ketidaksesuaian perencanaan dengan realita pelaksanaan pekerjaan, memerlukan perencanaan penjadwalan, koordinasi dan pengawasan secara teliti. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM). CCPM merupakan perkembangan dari metode *Critical Path Management* (CPM),

Dengan menggunakan metode-metode tersebut, tujuan dari sebuah proyek konstruksi, yaitu kesuksesan yang memenuhi kriteria waktu (jadwal), biaya (anggaran), dan juga mutu (kualitas) dapat tercapai dengan baik. Untuk itulah penulis tertarik untuk mengkaji *waste* yang paling sering terjadi pada pelaksanaan proyek, perbaikan yang dapat direkomendasikan untuk mengurangi masing-masing potensi resiko, dan durasi total yang didapatkan dari penerapan metode CCPM pada pembangunan Gedung PKP-PK. Dengan tujuan dapat mengidentifikasi *waste* yang paling sering terjadi, menganalisis rekomendasi atau perbaikan dan menghitung durasi total penjadwalan pada proyek menggunakan metode *critical chain project management*.

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Pada Penelitian ini, dilakukan observasi mengenai *nonphysical construction waste* pada proyek pembuatan gedung PKP-PK. Kemudian hasil tersebut dijadikan pertimbangan dalam penyusunan kuesioner. Selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner yang hasilnya dianalisis menggunakan metode borda untuk mendapatkan *waste* tertinggi. Selanjutnya membuat penjadwalan menggunakan metode *critical chain project management* (CCPM) untuk mendapatkan durasi total, kemudian membandingkan penjadwalan proyek eksisting dengan penjadwalan proyek dengan menggunakan metode *critical chain project management* (CCPM) yang telah dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Instrument Penelitian

Uji Validitas instrumen penelitian, berdasarkan hasil uji tabel 4.1 tersebut data yang dihasilkan valid karena dilihat dari hasil *signifikan* (2 tailed) ke 7 instrumen pertanyaan menghasilkan data $> 0,05$. Kemudian jika berdasarkan nilai dari *person correlation* tiap-tiap butir pertanyaan dibandingkan dengan r tabel, r tabel yang digunakan yakni n jumlah sampel sebanyak 30 dengan signifikansi 5% didapatkan nilai r tabel 0,361. Sehingga berdasarkan hasil uji menggunakan SPSS tersebut didapatkan kesimpulan yakni ke 7 item pertanyaan valid karena r hitung $>$ dari r tabel, yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas

Item	r hitung	r tabel	keterangan
P1	0.63	0.361	Valid
P2	0.576	0.361	Valid
P3	0.518	0.361	Valid
P4	0.704	0.361	Valid
P5	0.729	0.361	Valid
P6	0.538	0.361	Valid
P7	0.498	0.361	Valid

Sumber : Data primer diolah, 2021 Uji Reliabilitas

Dari gambar *output* di bawah, diketahui bahwa nilai Alpha sebesar 0,702, Penilaian dari uji reliabilitas dinyatakan reliabel apabila nilai dari hasil pengujian minimal

reliabilitas *Cronbach's Alpha* > 0.60 maka kuesioner reliabel (Sugiyono, 2008).

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	30	100.0
	Excluded ^a	0	0
	Total	30	100.0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			
Reliability Statistics			
Cronbach's Alpha		N of Items	
.703		7	

Gambar 1. Hasil Uji Reliabilitas
Sumber : Data primer diolah, 2021

Identifikasi Waste

Identifikasi berdasarkan observasi

Observasi dilakukan dari pukul 09.00 – 17.00 WIB. Selama observasi kami melakukan observasi untuk mengetahui *waste* yang terjadi di lapangan.



Gambar 2. kerusakan pada dinding Ground Water Tank (GWT)
Sumber : Data primer, 2020

Penentuan *Critical Waste* berdasarkan hasil kuesioner

Tabel 3. Rekap *Waste* Tertinggi

No	Jenis waste	bobot
1	<i>Waiting</i>	0.305
2	<i>Defect</i>	0.289
3	<i>Inappropriate processing</i>	0.166
4	<i>Unnecessary motion</i>	0.070
5	<i>Overproduction</i>	0.070
6	<i>Excessive transportation</i>	0.059
7	<i>Unnecessary inventory</i>	0.043

Sumber : Data primer diolah, 2021

Berdasarkan hasil rekap pada tabel 3 diatas, maka didapatkan *waste* yang paling sering terjadi atau *waste* tertinggi yaitu *waiting*, *defect* dan *inappropriate processing* dengan bobot yaitu sebesar 0.305, 0.289, 0.166.

Root Cause Analysis (RCA) Critical Waste

Tabel 4. *Five Why Defect 's Waste*

WASTE	NO	SUB WASTE	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY5
DEFECT	1	Kerusakan hasil pekerjaan akibat pekerjaan lain	a). Pondasi padmasari retak akibat pekerjaan pipa <i>hydrant</i> (MEP)	Kesalahan metode kerja pada saat proses uji coba tekanan air pompa <i>hydrant</i>	Kebocoran pipa akibat tekanan air yang besar	Tanah dasar padmasana yang tidak dipadatkan dengan baik tidak kuat menahan tekanan air tersebut	Kurangnya kordinasi antar pelaksana gedung dengan pelaksana MEP
	2	Kerusakan hasil pekerjaan	a). Pemasangan rangka baja mengalami <i>defect</i> sehingga harus dilakukan tindakan perbaikan	Kurangnya keterampilan pekerja	Tidak melaksanakan SOP dengan benar	Kurangnya pengawasan	
			b). Perbaikan lantai rumah pompa yang cacat	Material yang digunakan kurang baik	Kelalaian dalam pengawasan kualitas produk	Kurangnya keterampilan pekerja	Kelalaian dalam pengawasan kualitas produk
			c). Perbaikan batu candi area pura kepuh	Metode pemasangan yang kurang baik	Material yang kurang baik	Kurangnya keterampilan pekerja	Pelaksanaan <i>check for quality</i> yang kurang serius.
			d). Perbaikan cat kolom dinding lantai 1 gedung PKP-PK	Material yang digunakan kurang baik	Kurangnya pengawas yang berpengalaman	Kurangnya keterampilan pekerja	
			e). Perbaikan <i>flashing</i> atap gedung PKP-PK	Material yang digunakan kurang baik	Kurangnya pengawas yang berpengalaman	Kurangnya keterampilan pekerja	
			f). Perbaikan pekerjaan <i>screed rooftop</i> gedung PKP-PK	Material yang digunakan kurang baik	Kurangnya pengawas yang berpengalaman	Kurangnya keterampilan pekerja	
			g). Perapihan <i>railing</i> tangga gedung PKP-PK	Tenaga kerja kurang terampil	Kurangnya pengawas yang berpengalaman	Kurangnya keterampilan pekerja	

Sumber : Data primer diolah, 2021

Tabel 5. *Five Why Waiting's Waste*

WASTE	NO	SUB WASTE	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY5
WAITING	1	Menunggu kedatangan material atau peralatan	a). Menunggu kedatangan material keramik granit tail	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Faktor lokasi pengiriman yang jauh	Kurangnya kordinasi dengan supplier	
			b). Menunggu kedatangan barang-barang elektronik seperti CCTV	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Faktor lokasi pengiriman yang jauh		
			c). Menunggu kedatangan barang elektrik seperti fate alarm	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Faktor lokasi pengiriman yang jauh		
			d). Menunggu material yang mengalami pergantian material	Menunggu keputusan pemilihan material pengganti	Lambat untuk membuat keputusan	Replacement material dikarenakan faktor keuangan	
			e). Menunggu material ready mix	Terjadi permasalahan di batching plan	Keterlambatan pengiriman dari pihak <i>supplier</i>	Kelalaian dari pihak <i>supplier</i>	
			f). Menunggu material plena VAS Controller, long plate 12F dan duplex patchcord	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Faktor lokasi tempat supplier yang jauh	Material susah didapatkan	
			g). Menunggu material sunda plafond	Akibat perubahan/penggantian material	Menunggu keputusan pemilihan material	Alur kordinasi yang tidak efisien antara owner dan kontraktor	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman
			i). Menunggu kedatangan besi d19	Jadwal pengiriman yang tidak tepat	Kesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Kurangnya kordinasi pihak yang bersangkutan	
			j). Menunggu kedatangan alat berat <i>roller</i>	Jadwal pengiriman yang tidak tepat	Pesalahan dalam estimasi waktu pengiriman	Kurangnya kordinasi pihak yang bersangkutan	

Sumber : Data primer diolah, 2021

Tabel 6. *Five Why Inappropriate Processing's Waste*

WASTE	NO	SUB WASTE	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY 5
Inappropriate Processing	1	Proses pengerjaan yang tidak	Proses pengerjaan ulang (<i>rework</i>) pekerjaan keramik	Hasil pekerjaan tidak sesuai spesifikasi	Akibat kesalahan proses pengerjaan pada pekerjaan	Tenaga kerja kurang terampil	Tidak adanya briefing
			Pekerjaan ulang (<i>rework</i>) untuk pekerjaan pemasangan dinding toilet lt 2	Kesalahan dalam proses pengukuran dilapangan	Tenaga kerja kurang terampil	Kurangnya pengawasan	Tidak adanya briefing
			Pekerjaan ulang (<i>rework</i>) jendela lt 1	Perubahan desain detail pekerjaan	Penyesuaian dengan arsitektur batu candi sebagai finishing dinding		
			Proses yang tidak sesuai karena kesalahan pembacaan gambar detail	Kesalahan dalam pembacaan detail gambar jenis jendela	Kesalahan memberikan instruksi terhadap pekerja mengenai detail	Kurangnya pengawasan dari pelaksana/mandor	
			Kesalahan dalam pengukuran bekisting tangga lantai	Kesalahan dalam membaca gambar kerja	Tenaga kerja kurang terampil	Kurangnya pengawasan	

Sumber : Data primer diolah, 2021

Identifikasi Risiko

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kejadian risiko (*risk event*), faktor risiko (*risk factor*) dan pengaruh risiko (*risk effect*) yang terjadi selama pengerjaan proyek berdasarkan tabel RCA yang telah dikerjakan sebelumnya.

Pengembangan Respon Risiko

Berdasarkan analisa alternatif kebijakan perbaikan, berikut ini merupakan salah satu rekomendasi perbaikan untuk *defect's waste*, yang tertuang pada tabel 7 berikut.

Tabel 7 Rekomendasi Perbaikan untuk *Defect's Waste*

NO	Risk Event	Risk faktor	Rekomendasi Perbaikan
1	Kerusakan hasil pekerjaan akibat pekerjaan lain	1. Kurangnya kordinasi antar pelaksana gedung dengan pelaksana MEP sehingga menyebabkan kerusakan pekerjaan pondasi padmasari akibat pekerjaan MEP	1. Menerapkan <i>Quality at The Sources</i>
		2. Standar Operasional Prosedur yang telah ditetapkan tidak dilakukan dengan baik atau benar sehingga salah dalam metode kerja yang mempengaruhi hasil pekerjaan lainnya. Contohnya tanah dasar padmasana yang tidak dipadatkan dengan baik tidak kuat menahan tekanan air dari pipa hydrant	2. Memaksimalkan sumber daya yang ada dengan melakukan <i>weekly work plan</i> ataupun <i>Six Week Lookahead</i> untuk menanggulangi kejadian – kejadian tak terduga.
		3. Kesalahan metode kerja contohnya pada saat proses uji coba tekanan air pompa hydrant terdapat kebocoran pipa akibat tekanan air yang besar	

Sumber : Data primer diolah, 2021

Kemudian dilakukan penjadwalan *critical chain project management* bertujuan untuk menghindari masalah-masalah yang mungkin terjadi seperti *student's syndrome*, *parkinson law* dan keterbatasan sumber daya

Penjadwalan awal proyek



Gambar 3. Penjadwalan Eksisting Proyek
Sumber : Data primer diolah, 2021

Penjadwalan ulang menggunakan *Critical Chain Project Management* (CCPM)



Gambar 4. Gantt Chart Pekerjaan Setelah Dilakukan Pemotongan Durasi 50%

Sumber : Data primer diolah, 2021

Menghitung *Feeding Buffer* dan memasukan *Buffer* pada Penjadwalan CCPM

Tabel 8. Perhitungan *Feeding Buffer*

No	Nama Item	Durasi (Day)		(S-A)/2	(((S-A)/2)2	B
		Optimistic (A)	Most Likely (S)			
1	Penyekat urinal	2.5	5	1.25	1.5625	
	TOTAL				1.5625	2.5

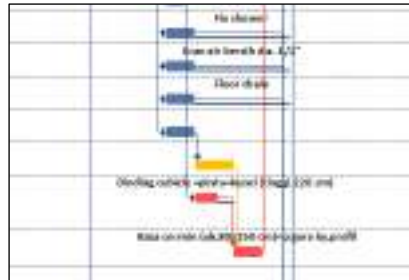
Sumber : Data primer diolah, 2021

Tabel 9. Perhitungan *Project Buffer*

	LANTAI 2	A	S	(S-A)/2	((S-A)/2)2	P
3 7	Dinding cubicle +pintu+kunci (tinggi 220 cm)	2	4	1	1	
3 8	Kaca cermin (uk.80x150 cm)+pigora ky.profil	2.5	5	1.25	1.5625	
	TOTAL				168.4375	2 6

Sumber : Data primer diolah, 2021

Setelah diketahui besar *feeding buffer* dan *project buffer*, langkah selanjutnya adalah memasukkan *buffer time* tersebut.



Gambar 5. Alokasi *Feeding Buffer*
Sumber : Data primer diolah, 2021

Dari gambar 5. diatas, dapat diketahui bahwa *feeding buffer* ditempatkan setelah pekerjaan penyekat urinal dan sebelum menuju ke salah satu pekerjaan kritis Kemudian langkah selanjutnya meletakkan *project buffer* seperti pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Alokasi *Project Buffer*
Sumber : Data primer diolah, 2021

Berdasarkan gambar 6 diatas *project buffer* diletakkan pada akhir proyek. Panjang dari *project buffer* sebesar 26 hari, sedangkan *feeding buffer* 2.5 hari. Dari hasil penjadwalan menggunakan metode CCPM, didapatkan waktu penyelesaian proyek sebesar 152 hari apabila *project buffer* terkonsumsi secara keseluruhan.

Analisa Perhitungan Zona Konsumsi *Project Buffer*

Tabel 10. Zona konsumsi *project buffer*

Zona Pemakaian Buffer	<i>Project Buffer</i>	Durasi yang telah terpakai
0-33%	26	0-8 hari
34-66%	26	9-17 hari
67-100%	26	18-26 hari

Sumber : Data primer diolah, 2021

KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Waste* yang paling sering terjadi pada proyek pembuatan Gedung PKP-PK adalah *waiting*, *defect* dan *inappropriate processing*, dengan nilai yakni *waiting* sebesar 0.305, *defect* sebesar 0.289 dan *inappropriate processing* sebesar 0.166.
2. Perbaikan yang dapat direkomendasikan untuk mengurangi masing-masing potensi resiko yang terjadi yakni dengan membangun kualitas sejak awal (*quality at the sources*), menerapkan rencana kerja mingguan (*weekly work plan*), menerapkan rapat perencanaan yang ingin dicapai selama enam minggu kedepan (*six week lookahead*), merencanakan *second plan* sebagai antisipasi jika *first plan* mengalami hambatan, menekankan standar pekerjaan, melakukan tindakan pengawasan serta arahan (*briefing*) mengenai SOP, mengurangi waktu persiapan (*set up time reduction*), memberikan arahan sebelum memulai pekerjaan (*daily huddle meeting*), melakukan penekanan kontrak dan penjelasan kosekuensi perubahan desain, membangun relasi (*long term relationship*) dengan *supplier*, melakukan survei material cadangan/alternatif yang memenuhi spesifikasi, menerapkan *lean supply/ logistics* (teknik mengatur, mengkoordinasikan, dan mengintegrasikan aliran material dengan aliran informasi), menerapkan *just-in-time delivery* (pengiriman yang tepat waktu), membentuk kesepakatan perjanjian bersama antar kontraktor dan owner dengan membuat alur kerja yang disebut *IK change*, lebih melibatkan kontraktor pelaksana dalam perencanaan, membuat penjadwalan, melakukan *controlling*, menerapkan 5S (*sort, straighten, shine, standardize, sustain*), *just-in-time delivery* (pengiriman yang tepat waktu), menerapkan *check list* peralatan, menerapkan *work/resource balancing* (keseimbangan jumlah pekerja, peralatan, dan material), membuat *workflow analysis* (analisis alur kerja).
3. Dari hasil penjadwalan menggunakan metode CCPM, didapatkan waktu penyangga yakni *feeding buffer* sebesar 2.5 hari dan *project buffer* sebesar 26 hari. Sehingga estimasi durasi total penyelesaian proyek adalah 152 hari apabila *project buffer* terkonsumsi secara keseluruhan.

250. SARAN

251. Berdasarkan hasil penelitian pada proyek Pembuatan Gedung PKP-PK, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. *Waste* yang terjadi pada Proyek Pembuatan Gedung PKP-PK tidak dapat sepenuhnya dihindari namun dapat diminimalisasi dengan menerapkan *Lean Construction* yang tertuang pada daftar rekomendasi perbaikan yangmana *Lean Construction* perlu disosialisasikan, diadakan pelatihan agar semua elemen pelaksanaan proyek konstruksi dapat memahami serta mengoptimalkan penerapannya di lapangan.
2. Dalam penerapan *Critical Chain Project Management* yang memampatkan durasi pekerjaan untuk menghindari adanya *multitasking* (menghentikan pekerjaan yang belum selesai untuk mengerjakan pekerjaan lain), *student syndrome* (penyelesaian pekerjaan mendekati batas akhir), dan *parkinson's law* (mengadakan pekerjaan kurang penting untuk mengisi waktu) perlu adanya pengawasan yang ketat dalam proses pelaksanaanya agar sistem ini dapat benar-benar terealisasi.
3. Bagi penelitian selanjutnya dapat dikembangkan sampai pada aspek perhitungan dampaknya terhadap biaya pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arcia, I. (2002). Penerapan Metode Lean Construction dan Penjadwalan Critical Chain Project Management Dalam Pembangunan Proyek Konstruksi Gedung Universitas Widya Mandala (UWM) Surabaya (Studi kasus PT. PP Persero Tbk).
- Sugiyono. (2008). Statistika Untuk Penelitian. 147.

ANALISIS RISIKO MANAJEMEN MATERIAL DOMINAN YANG MENYEBABKAN KETERLAMBATAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PADA PROYEK PASAR UMUM GIANYAR

I Putu Aditya Prasetya⁽¹⁾, Made Mudhina⁽²⁾, Ni Putu Indah Yuliana⁽³⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: adiitya86prasetya@gmail.com

⁽²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: mademudhina@yahoo.com

⁽³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: putuindah3107@pnb.ac.id

Abstract

The Gianyar Public Market development project is a government project with a 7-storey building that has a fast project implementation of 15 months. To get a timely completion of work, it is necessary to anticipate various risks that occur, one of which is material risk during construction. The purpose of this study is to determine the risk of material management, dominant assessment and risk mitigation actions and the allocation of material management risks that cause delays in project implementation time. This research was conducted at the Gianyar Public Market project with a qualitative descriptive method. Data was collected by distributing questionnaires with 25 respondents and interviews with 3 respondents. The results of the study showed that the identified risks were 50 risks with 13 source of risk, direct observations and interviews. From the 50 risks, there are 3 risks that have a high risk level, 35 risks have a moderate risk level, and 12 risks have a low risk level. Mitigation of the dominant risk consists of 11 actions which are divided into 4 mitigations for the risk of late delivery, 4 mitigation actions for warehouse fire risk, and 3 mitigation actions for the risk of damage to material transport equipment, and the entire allocation of dominant risk ownership rests with the contractor.

Keywords: risk management, dominant risk, material, mitigation and risk ownership

Abstrak

Proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar merupakan proyek pemerintah dengan 7 lantai gedung yang memiliki pelaksanaan proyek yang cepat yaitu 15 bulan, untuk mendapatkan waktu penyelesaian pekerjaan yang tepat waktu, perlu adanya antisipasi berbagai risiko yang terjadi salah satunya risiko material pada saat pembangunan. Tujuan pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui risiko manajemen material, penilaian dominan serta tindakan mitigasi risiko dan alokasi risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek. Penelitian ini dilakukan di proyek Pasar Umum Gianyar dengan metode deskriptif kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan

penyebaran kuisioner dengan jumlah responden 25 dan wawancara dengan jumlah responden 3. Hasil penelitian menunjukkan risiko yang teridentifikasi berjumlah 50 risiko dengan 13 sumber risiko, pengamatan langsung dan wawancara. Dari 50 risiko, 3 risiko memiliki tingkat risiko tinggi, 35 risiko memiliki tingkat risiko sedang, dan 12 risiko memiliki tingkat risiko rendah. Mitigasi dari risiko dominan tersebut berjumlah 11 tindakan yang dibagi menjadi 4 mitigasi untuk risiko keterlambatan pengiriman, 4 tindakan mitigasi untuk risiko kebakaran gudang, dan 3 tindakan mitigasi untuk risiko kerusakan alat angkut material, serta seluruh alokasi kepemilikan risiko dominan berada pada pihak kontraktor.

Kata kunci: manajemen risiko, risiko dominan, material, mitigasi dan kepemilikan risiko

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di perkotaan kini menitikberatkan pada bangunan bertingkat tinggi, sehingga menjadi peluang bagi penyedia jasa konstruksi untuk meningkatkan keuntungan perusahaan. Namun dalam pembangunan proyek gedung secara umum terdapat beberapa hambatan yang menyebabkan menurunnya kinerja proyek yang mengakibatkan waktu pelaksanaan proyek makin bertambah sehingga berkurangnya keuntungan perusahaan akibat kurangnya pengendalian. Salah satu variabel yang mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap terjadinya kerugian proyek adalah pengadaan bahan material proyek karena sumber daya material dapat menyerap 50%-70% dari biaya proyek [1].

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pasar Umum Gianyar, karena Proyek Pasar Umum Gianyar merupakan proyek gedung bertingkat, serta pada saat pembangunan gedung 7 lantai ini menargetkan waktu pembangunan adalah 15 bulan yang berarti pembangunan proyek ini sangat cepat, akan tetapi pasti banyak memiliki peluang mengalami risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang dapat diuraikan untuk penelitian ini adalah :

1. Faktor risiko manajemen material apa saja yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar ?
2. Bagaimana penilaian dominan risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek Pasar Umum Gianyar ?

3. Mitigasi risiko apakah yang dapat dilakukan dan alokasi kepemilikan resiko terhadap risiko dominan manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek Pasar Umum Gianyar ?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek pembangunan Pasar Umum Gianyar.
2. Mengetahui penilaian dominan risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek Pasar Umum Gianyar.
3. Mengetahui tindakan mitigasi yang dapat dilakukan dan alokasi kepemilikan resiko terhadap risiko dominan manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan pada proyek Pasar Umum Gianyar.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data skunder. Data primer diambil dengan cara pengamatan langsung dan survay kuisisioner dengan responden yang mempunyai kompetensi dalam manajemen material pada proyek Pasar Umum Gianyar. Survay kuisisioner dilakukan untuk mengetahui tingkat frekuensi terjadinya risiko, dan seberapa besar dampak risiko terhadap keterlmbatan waktu pelaksanaan proyek. Penulis menyebarkan 25 kuisisioner yang dilakukan dari bulan oktober 2020 sampai dengan februari 2021. Selanjutnya data yang digunakan dalam penelitian ini dianalisa dengan metode AHP (Analytic Hierarchy Process). Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan dibawah

kemudian Untuk mendapatkan variabel variabel risiko dilakukan dengan cara pengamatan langsung ke lapangan . Wawancara kepada para pakar manajemen material untuk mengetahui tindakan mitigasi yang dilakukan terhadap risiko dominan. Sedangkan data sekunder didapat dari studi pustaka dan penelitian terdahulu yang juga bertujuan untuk mendapatkan referensi mengenai variabel risiko manajemen material. Berikut merupakan variabel risiko manajemen material

Tabel 4 Daftar Variabel Risiko Manajemen Material

Kode	Sumber Risiko	Peristiwa yang memungkinkan terjadinya resiko	Sumber
X1	Perencanaan dan Penjadwalan	Kesalahan dalam mengestimasi dan merencanakan anggaran biaya untuk material	Winursito (2017)
X2		Kesalahan dalam memprediksi (forecasting) kondisi lapangan, cuaca, dan kejadian yang akan datang	Andani (2011)
X3		Spesifikasi material kurang jelas/lengkap	Andani (2011)
X4		Kesalahan dalam merencanakan lingkup pekerjaan	Andani (2011)
X5		Kesalahan dalam mengembangkan dan menerapkan metode standar untuk melakukan suatu pekerjaan	Andani (2011)
X6		Kurang akurat dan teliti dalam pembuatan schedule	Andani (2011)
X7		Kurang perencanaan material alternatif	Winursito (2017)
X8		Penggunaan komputer dalam menghitung volume & desain material tidak mempertimbangkan motivasi manusia	Andani (2011)
X9	Kontraktual	Salah tafsir spesifikasi material dalam kontrak	Andani (2011)
X10		Klausul sub kontrak yang kurang lengkap	Winursito (2017)
X11	Pengkoordinasian dan personil inti	Sistem Komunikasi/koordinasi antar personil yang kurang efektif	Pengamatan Langsung dan Wawancara
X12		Kesalahan dalam pendelegasian tugas dan wewenang	Andani (2011)
X13		Sistem prosedur dan birokrasi yang berbelit-belit	Andani (2011)
X14		Kurang adanya dukungan dari kantor pusat	Winursito (2017)
X15		Terbatasnya sumber pendanaan	Winursito (2017)
X16		Kurang tepat dalam penempatan personil proyek pada struktur organisasi	Andani (2011)
X17	Pembelian	Kinerja pemasok yang buruk	Andani (2011)
X18		Kurangnya komunikasi antara pemasok dan kontraktor	Andani (2011)

X19		Kelangkaan material di pasaran yang tidak diantisipasi kontraktor	Pengamatan Langsung dan Wawancara
X20		Pembelian material dengan cara tradisional (memesan sekaligus banyak tapi jarang, tidak menggunakan konsep just in time)	Pengamatan Langsung dan Wawancara
X21		Terjadinya perubahan kondisi sumber material terhadap lokasi proyek	Pengamatan Langsung
X22		Perubahan kebijaksanaan perusahaan dalam pembelian material	Winursito (2017)
X23		Keterlambatan dalam pembayaran material	Winursito (2017)
X24		Penentuan pemasok yang kurang tepat	Andani (2011)
X25	Pengiriman	Keterlambatan dalam pengiriman material ke lokasi	Pengamatan Langsung
X26		Perubahan kondisi material selama pengiriman	Andani (2011)
X27		Aksesibilitas selama proses pengiriman kurang baik	Pengamatan Langsung
X28	Quality Control	Kualitas dan kuantitas material tidak sesuai dengan pesanan	Andani (2011)
X29		Perbaikan pekerjaan/rework	Pengamatan Langsung
X30		mutu material tidak sesuai dengan spesifikasi	Andani (2011)
X31	Penyimpanan dan gudang	Tingginya potensi kebakaran di gudang	Winursito (2017)
X32		Tingginya tingkat kerusakan material selama penyimpanan	Winursito (2017)
X33		Kehilangan Material di gudang	Pengamatan Langsung
X34		Penyimpanan material tidak dikelompokkan berdasarkan jenis material	Andani (2011)
X35		Keterlambatan penyimpanan hingga mempengaruhi mutu	Andani (2011)
X36	Metode kerja	Salah menafsirkan gambar kerja di lapangan	Andani (2011)
X37		Penempatan tenaga kerja tidak sesuai	Andani (2011)
X38	Mobilisasi di lapangan	Permasalahan/kerusakan pada alat angkut material (misal : forklit, TC) saat distribusi material	Pengamatan Langsung
X39		Tidak jelasnya site layout menyebabkan kemacetan pada loading area	Winursito (2017)

X40		Perpindahan material dari satu section ke section selanjutnya	Pengamatan Langsung
X41		Tidak cukupnya peralatan untuk mobilisasi	Pengamatan Langsung
X42	Penggunaan	Pemborosan pemakaian material di lokasi	Winursito (2017)
X43	Change Order	Desain berubah	Pengamatan Langsung dan Wawancara
X44		Desain gambar yang kurang lengkap	Andani (2011)
X45		Sering terganggunya alur pekerjaan	Andani (2011)
X46		Intervensi pemilik pada tahap pelaksanaan	Andani (2011)
X47	Pengawasan dan Pengendalian	Sistem laporan (pencatatan aliran material) yang kurang baik	Winursito (2017)
X48		Rendah sistem evaluasi dan pengambilan keputusan	Winursito (2017)
X49		Kurang baik inventory control terhadap persediaan material	Winursito (2017)
X50	Faktor Eksternal	Sering terjadinya hal-hal yang tidak terduga selama pelaksanaan konstruksi (force majeure, bencana alam, politik, dll)	Pengamatan Langsung

Penyebaran kuisioner dilakukan untuk mengetahui penilaian risiko- risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek pada proyek pasar umum gianyar.

Penyebaran kuisioner akan dilakukan di Lokasi Proyek Pasar Umum Gianyar dan dimuali tanggal 1 Oktober 2020. Selanjutnya data yang digunakan dalam penelitian ini dianalisis dengan analisis AHP

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 50 variabel yang terbagi atas 13 sumber risiko, seluruh variabel risiko memiliki pengaruh terhadap keterlambatan waktu pelaksanaan proyek, ini dibuktikan dari hasil analisis deskriptif kuisioner yang telah dibagikan pada bagian kolom dampak bahwa seluruh variabel risiko memiliki modus diatas 2 yang artinya seluruh risiko bisa menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek.

Tabel 5 Hasil Beberapa Analisa Deskriptif

Varia bel	Analisis Deskriptif	Varia bel	Analisis Deskriptif	Varia bel	Analisis Deskriptif
--------------	------------------------	--------------	------------------------	--------------	------------------------

	Mea n	Me dia n	Mod us		Mea n	Me dia n	Mod us		Mean	Me dia n	Mod us
X1	2,92 0	3	3	X1	3,520	3	3	X1	3,280	3	3
X12	2,24 0	2	2	X12	2,920	3	3	X12	2,240	2	2
X25	3,16 0	3	3	X25	4,400	5	5	X25	3,760	4	4
X31	1,16 0	1	1	X31	4,280	5	5	X31	2,840	3	3
X38	2,52 0	2	2	X38	3,920	4	5	X38	3,120	4	4
X45	2,24 0	2	2	X45	2,960	3	3	X45	2,240	2	2
X50	2,20 0	2	2	X50	3,520	4	4	X50	2,800	3	2

Penelitian ini menggunakan matriks risiko 5x5, yang berarti memiliki 5 tingkatan frekuensi (probability) dan dampak (consequence). Selanjutnya dilakukan analisis risiko dengan pendekatan AHP, dimulai dengan cara mencari perbandingan nilai kelompok kriteria untuk mendapatkan bobot setiap elemen yang satu dengan yang lainnya dengan menggunakan skala sebagai berikut

Tabel 6 Skala Perbandingan Nilai

Nilai	Keterangan
1	Kriteria/alternatif A sama penting dengan kriteria/alternatif B
3	A sedikit lebih penting dari B
5	A jelas lebih penting dari B
7	A sangat jelas lebih penting dari B
9	A Mutlak lebih penting dari B
2,4,6,8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan

Perbandingan nilai dilakukan dengan memberikan penilaian 1-9 dimana kelompok risiko yang memiliki bobot lebih penting atau sama penting. Dimana semakin tinggi nilainya maka semakin mutlak lebih penting bobot elemen risiko tersebut terhadap elemen risiko lainnya.

Tabel 7 Perhitungan Pembobotan Elemen Untuk Frekuensi

	Sering	Agak Sering	Jarang	Agak Pernah	Tidak Pernah	Jumlah	Prioritas	%
Sering	0,560	0,642	0,524	0,429	0,360	2,514	0,503	100%
Agak Sering	0,186	0,214	0,315	0,306	0,280	1,301	0,260	51,75%
Jarang	0,112	0,071	0,105	0,184	0,200	0,672	0,134	26,72%
Agak Jarang	0,080	0,043	0,035	0,061	0,120	0,339	0,068	13,48%
Tidak Pernah	0,062	0,031	0,021	0,020	0,040	0,174	0,035	6,92%
Jumlah	1	1	1	1	1	5		

setelah didapatkan bobot setiap elemen maka selanjutnya melakukan perhitungan vektor eigen untuk mengetahui konsistensi matriks dengan syarat maka nilai faktor eigen maksimum (λ_{maks}) harus mendekati banyaknya elemen (n) dan vektor eigen sisa mendekati nol. Pembuktian konsistensi matriks berpasangan dilakukan dengan melakukan perhitungan dengan cara unsur-unsur pada tiap kolom dibagi dengan jumlah kolom yang bersangkutan

Tabel 8 Perhitungan Konsistensi Matriks Untuk Frekuensi

Matriks A (Nilai Rata-Rata)	Matriks B (Matriks Awal)					Matriks A x B	Matriks A	Hasil
0,503	1	3	5	7	9	2,743	: 0,503	= 5,455
0,260	0,333	1	3	5	7	1,413	: 0,260	= 5,432
0,134	0,200	0,333	1	3	5	0,699	: 0,134	= 5,204
0,068	0,143	0,200	0,333	1	3	0,341	: 0,068	= 5,029
0,035	0,111	0,143	0,200	0,333	1	0,177	: 0,035	= 5,094
						Jumlah		26,213

Selanjutnya, dari perhitungan diatas, dilakukan pemeriksaan konsistensi matriks. Banyaknya elemen dalam matriks (n) adalah 5, maka $\lambda_{\text{maks}} = 26,213/5 = 5,243$. Untuk Nilai Random Consistency Index (RI) = 1,12 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9 Nilai RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56

Untuk memeriksa konsistensi hirarki dilakukan evaluasi konsistensi matriks berpasangan dengan menghitung Consistency Ratio (CR) dimana persamaan yang digunakan adalah $CR = CI/RI$, dimana nilai CI adalah Consistency Index. CR dianggap nilai baik jika $CR \leq 0,1$ (10%). Nilai CR yang diperoleh adalah $5,4\% < 10\%$ sehingga dapat disimpulkan bahwa hirarki konsisten dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Setelah Memeriksa hirarki konsistensi maka dilanjutkan dengan perhitungan rata rata nilai frekuensi dan dampak

Tabel 10 Beberapa Nilai Lokal Frekuensi

Variabel	Jarang	Agak Jarang	Jarang	Agak Sering	Sering	Nilai Lokal	Rata-rata Nilai Lokal
	0,069	0,135	0,267	0,518	1		
X1	0	5	17	3	0	6,768	0,27072
X12	3	13	9	0	0	4,365	0,1746
X25	0	5	13	5	2	8,736	0,34944
X31	21	4	0	0	0	1,989	0,07956

X38	1	12	10	2	0	5,395	0,2158
X45	2	15	8	0	0	4,299	0,17196
X50	4	12	9	0	0	4,299	0,17196

Setelah itu untuk menentukan tingkat risiko maka menggunakan persamaan

$$FR = L + I - (L \times I)$$

Dimana :

FR = skala resiko dengan skala 0-1

L = frekuensi kejadian resiko

I = besaran (dampak) resiko terhadap kinerja waktu proyek

Dan perhitungan adalah sebagai berikut:

Tabel 11 Beberapa Nilai Faktor Resiko

Variabel	FR	Tingkat Risiko
X1	0,5741	Resiko Sedang
X12	0,413537	Resiko Sedang
X25	0,835903	Resiko Tinggi
X31	0,7316	Resiko Tinggi
X38	0,704639	Resiko Tinggi
X45	0,416265	Resiko Sedang
X50	0,5359	Resiko Sedang

Setelah mendapatkan penilaian risiko maka tahap terakhir adalah menentukan tindakan mitigasi terhadap risiko dominan yang didapat dari hasil wawancara oleh pakar manajemen material. Untuk tindakan mitigasi yang dicari adalah risiko dengan tingkatan sedang dan tinggi, sedangkan risiko rendah dapat diabaikan.

Tabel 12 Daftar Hasil Mitigasi Risiko Besar

Sumber Risiko	Peristiwa yang memungkinkan terjadinya resiko	Kode	Tindakan Mitigasi	Alokasi Kepemilikan Risiko
Pengiriman	Keterlambatan dalam pengiriman material ke lokasi	X25	1. menjadwalkan pengiriman material secara rinci, mencantumkan ketentuan mengenai pengiriman (franko on site)	Kontraktor
			2. melibatkan pihak kepolisian dalam proses pengiriman material	

			3. dalam kontrak harus diisikan kalusul jika terjadi keterlambatan pengiriman di kenakan denda (sesuai kesepakatan)	
			4. Memprediksi kemungkinan-keterlambatan pengiriman dan menyiapkan alternatifnya	
Penyimpanan dan gudang	Tingginya potensi kebakaran di gudang	X31	1. menambahkan alat pemadam api	Kontraktor
			2. melatih personil pergudangan dalam mengatasi kebakaran	
			3. penempatan barang harus selalu diperhatikan untuk menghindari kemungkinan kebakaran	
			4. Material yang mudah kebakar ditempatkan terpusat untuk memudahkan pengawasan dari kemungkinan kebakaran	
Mobilisasi di lapangan	Permasalahan/kerusakan pada alat angkut material (misal : forklit, TC) saat distribusi material	X38	1. Menyiapkan alat cadangan/alternatif untuk mobilisasi	Kontraktor
			2. Menyiapkan teknisi alat angkut agar jika terjadi kerusakan, bisa segera diperbaiki	
			3. Menyiapkan beberapa sperepart yang rawan mengalami kerusakan	

SIMPULAN

Berdasarkan uraian-uraian yang telah penulis paparkan sebelumnya dan sesuai dengan data-data yang telah diperoleh selama penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor resiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek di Pasar Umum Gianyar adalah seluruh faktor resiko yang diteliti.
2. Nilai dominan risiko manajemen material yang menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan proyek Pasar Umum Gianyar adalah variabel x25 yaitu risiko keterlambatan dalam pengiriman material ke lokasi pada sumber risiko pengiriman, variabel X31 yaitu tingginya potensi kebakaran di gudang pada sumber risiko penyimpanan dan gudang, variabel X38 yaitu permasalahan/kerusakan pada alat angkut material (misal : forklit,TC) saat distribusi material pada sumber risiko mobilisasi di lapangan.

3. Tindakan mitigasi terhadap resiko dominan manajemen material yang berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan proyek Pasar Umum Gianyar adalah pada risiko keterlambatan dalam pengiriman material ke lokasi dengan tindakan mitigasinya antara lain menjadwalkan pengiriman material secara rinci, mencantumkan ketentuan mengenai pengiriman (franko on site), melibatkan pihak kepolisian dalam proses pengiriman material, dalam kontrak harus berisikan klausul jika terjadi keterlambatan pengiriman maka akan dikenakan denda (sesuai kesepakatan), memprediksi kemungkinan keterlambatan pengiriman dan menyiapkan alternatifnya. Pada risiko tingginya potensi kebakaran di gudang, tindakan mitigasinya antara lain menambahkan alat pemadam api, melatih personil pergudangan dalam mengatasi kebakaran, penempatan barang harus selalu diperhatikan untuk menghindari kemungkinan kebakaran, material yang mudah terbakar ditempatkan terpusat untuk memudahkan pengawasan dari kemungkinan kebakaran. Pada risiko permasalahan/kerusakan pada alat angkut material (misal forklit,TC) saat distribusi material, tindakan mitigasinya antara lain menyiapkan alat cadangan/alternatif untuk mobilisasi, menyiapkan teknisi alat angkut agar jika terjadi kerusakan, bisa segera diperbaiki, menyiapkan beberapa sperepart yang rawan mengalami kerusakan. Seluruh alokasi kepemilikan risiko dominan ini tertuju kepada pihak kontraktor.

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Pihak perusahaan konstruksi dihimbau dapat lebih meningkatkan, memperhatikan dan mengevaluasi adanya faktor-faktor yang dapat menyebabkan pelaksanaan proyek konstruksi terlambat sehingga memberikan hasil sesuai dengan rencana.
2. Penelitian selanjutnya dihimbau dapat memberikan pengembangan tujuan didalam penelitian, dengan adanya penambahan variabel didalam penelitian, dan memberikan pengembangan terhadap jumlah responden yang digunakan dalam penelitian, sehingga diharapkan penelitian yang dilakukan dapat tercapai dengan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Ervianto, W.I., "Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi". Yogyakarta : Andi, 2004

Saputra Deni,” Analisis pelaksanaan dan penyelesaian proyek fisik pada PT. Diagonal Jaya Muktikreasi Pekanbaru,Pekan Baru: 2010

I Made Ryan Arismawan,”Analisis Faktor Resiko Terhadap Keterlambatan Proyek Konstruksi di Wilayah Kabupaten Badung, Bali”,Badung : 2019

Nyoman Norken, et al, “Pengantar Analisis dan Manajemen Risiko pada Proyek Konstruksi”. Denpasar : Udayana Univeristy Press,2015

Darmawi, Herman, 2000, Manajemen Asuransi, Jakarta: Bumi Aksara.

Djarwanto dan Pangestu Subagyo. “Statistik Induktif”. Edisi keempat. Cetakan Keempat. Yogyakarta : BPFE, 2002

Septi Winasih, Manajemen Material”. Banten : 2005

Andini, Stacia., “Analisis Resiko Manajemen Material Dominan Yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Waktu Pelaksanaan Proyek Gedung Bertingkat Bumh”,FT UI, Depok, 2011

dina arifianthy, 2015, Manajemen sumber daya material, <https://www.scribd.com/doc/292856640/Manajemen-Sumber-Daya-Material>

Afrinur,Hartanto,Sugiyarto,”Analisis Risiko Manajemen Material dan Pengaruh Tindakan Koreksi Pada Proyek Gedung Bertingkat,FT Sebelas Maret, 2017

Arya,Hartono,Sugiyarto,”Analisis Risiko Manajemen Material dan Pengaruh Tindakan Koreksi Pada Proyek Jalan, FT Sebelas Maret, 2017

Eka Sastrawan,”Analisis Manajemen Risiko Pelaksanaan Konstruksi Gedung Pada Pembangunan Gedung Satlantas Polres Badung” PNB , 2019

I Gede Putu Gita Bayunayasa, “Analisis Risiko Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Gedung di Kabupaten Badung, PNB, 2020

Mastura Labombang, “Manajemen Risiko Dalam Proyek Konstruksi” FT Universitas Tadulako, 2011

PMBOK, 2000

Subiyanto,Eddy. “Pengelolaan Resiko pada Pekerjaan Konstruksi”. Pola pikir dan implementasi pengelolaan resiko. (Materi Kuliah Topik Khusus Konstruksi). 2010

Sugiyono. “Metode Penelitian Pendidikan”, Bandung:Alfabeta, 2010

ANALISIS PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PUSKESMAS ABIANSEMAL I DENGAN METODE PERT DAN CPM

Ni Kadek Erra Sastriani¹

I Made Budiadi², I Gst Pt. Adi Suartika Putra³

¹Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi Politeknik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

²Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi Politeknik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

³Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi Politeknik Negeri
Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

Email : errasastriani99@gmail.com

Abstrak

Dalam pelaksanaan suatu proyek terkadang terdapat hal tidak terduga yang sudah sesuai dengan rencana awal. Oleh karena itu penjadwalan merupakan salah satu parameter yang menjadi tolok ukur keberhasilan suatu proyek konstruksi, disamping anggaran dan mutu.

Proyek yang dijadikan objek penelitian adalah pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I. Tujuan penelitian ini mengetahui durasi proyek menggunakan metode CPM dan PERT juga probabilitas keberhasilan jadwal eksisting proyek.

Dari analisis data primer dapat diketahui rata-rata durasi proyek yang didapat dari hasil *interview* kepada pihak kontraktor. Dari analisis data sekunder dapat diketahui RAB, *time schedule*, gambar rencana dan analisa harga satuan. Hasil yang diperoleh dengan metode CPM yaitu 153 hari dan PERT yaitu 105 sampai dengan 150 hari.

Kata Kunci : Durasi, CPM, PERT, *Time schedule*, Probabilitas

Abstract

In the implementation of a project sometimes there are unexpected things that are in accordance with the original plan. Therefore scheduling is one of the parameters that become a benchmark for the success of a construction project, in addition to budget and quality.

The project that was used as a research object is the construction of puskesmas Abiansemal I. The purpose of this research is to know the duration of the project using CPM and PERT methods as well as the probability of success of the existing schedule of projects.

From the analysis of primary data can be known the average duration of the project obtained from the results of interviews to the contractor. From secondary data analysis can be known RAB, time schedule, drawing plan and unit price analysis. The results obtained by CPM method are 153 days and PERT is 105 to 150 days.

Keywords : Duration, CPM, PERT, Time schedule, Probability

LATAR BELAKANG

Proyek adalah suatu usaha sementara yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang bersifat unik. Dalam kegiatan proyek terdapat aktifitas (*event*) yang harus diselesaikan tepat waktu sesuai dengan anggaran atau biaya yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasinya. Kegiatan proyek perlu dikelola secara terus menerus sehingga membentuk suatu siklus yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem selanjutnya di dalam manajemen proyek.

Dalam manajemen proyek seringkali dijumpai proyek-proyek berbentuk jaringan yang berskala besar. Untuk mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek yang berjenis jaringan tersebut, seorang manajer perlu menentukan kegiatan-kegiatan kritis yang sangat mempengaruhi penyelesaian suatu proyek. Perencanaan kegiatan-kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting karena perencanaan kegiatan tersebut merupakan dasar untuk proyek dapat berjalan dengan lancar, tanpa ada kendala dan proyek yang dilaksanakan dapat selesai dengan waktu yang optimal.

Perlunya dilakukan analisa metode PERT dan CPM pada proyek adalah untuk mengatasi masalah dalam waktu penyelesaian proyek karena adanya faktor eksternal yang menyebabkan implementasi proyek tidak seperti yang direncanakan, sehingga tingkat kemajuan proyek dapat kembali ke rencana semula dan menentukan durasi yang efektif dilakukan pada pelaksanaan pekerjaan proyek sehingga mendapatkan hasil berapa tingkat probabilitas keberhasilan dari jadwal proyek semula, serta mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek.

Metode PERT dan CPM mendeskripsikan aktifitas-aktifitas proyek dalam jaringan kerja, dari jaringan kerja tersebut mampu dilakukan berbagai analisis untuk pengambilan keputusan tentang waktu, biaya, serta penggunaan sumber daya dan bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai macam suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek.

Pada penelitian ini proyek yang dijadikan studi kasus adalah Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemai I, yang berlokasi di jln. Ciung Wanara, Desa Blakuh, Kecamatan Abiansemai, Kabupaten Badung, Bali. Penulis ingin membuat analisis penjadwalan proyek menggunakan metode PERT dan CPM.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah durasi yang efektif dilakukan pada pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemai I dengan menggunakan metode PERT dan CPM?
2. Seberapa besar probabilitas penyelesaian pelaksanaan proyek Gedung Puskesmas Abiansemai I yang dianalisis dengan menggunakan metode PERT dan CPM?

TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan uraian rumusan masalah masalah, maka tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui durasi proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemai I dengan menggunakan metode PERT dan CPM.
2. Untuk mengetahui penjadwalan yang paling efektif dengan metode PERT dan CPM pada proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemai I.
3. Untuk mengetahui seberapa besar probabilitas penyelesaian pelaksanaan pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemai I dengan menggunakan metode PERT dan CPM.

MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mempercepat waktu pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I.
2. Mengetahui penjadwalan yang paling efektif digunakan pada proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I.
3. Dapat menentukan seberapa besar probabilitas penyelesaian pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah proses penjadwalan percepatan ulang dengan menggunakan penjadwalan Probabilistik yaitu metode PERT dan Deterministik yaitu metode CPM, dimana hasil dari penelitian berupa grafik Probabilitas proyek. Metode penjadwalan PERT dan CPM bisa mempercepat dari rencana awal dari suatu pekerjaan supaya proses keterlambatan bisa diminimalisir dan mampu mengetahui apakah proses penjadwalan metode tersebut bisa efektif pada perencanaan penjadwalan suatu proyek.

Metode Pengumpulan Data

Data Primer : data primer didapatkan dari data berupa kumpulan hasil wawancara langsung pada orang proyek dalam penjadwalan proyek. Wawancara dilakukan untuk mencari waktu optimis, waktu paling mungkin dan waktu pesimis.

Data Sekunder : data sekunder diperoleh secara tidak langsung, yaitu data berupa data-data yang diperoleh dari proyek yaitu : *time schedule*, RAB dan gambar kerja.

Variabel Penelitian

Terdapat 2 jenis variabel penelitian yaitu :

- Variabel bebas jumlah pekerja
- Variabel terikat waktu pelaksanaan

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang dipakai pada proses penelitian ini adalah dengan program *Microsoft Office Excel* dan *Microsoft Project*.

Analisa Data

Langkah pengolahan data yang didapat pada proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Abiansema I :

1. Mengidentifikasi dan mengelompokkan lingkup kerja proyek.
2. Menentukan waktu yang diharapkan (t_e), deviasi standar (s) dan varian (v) kegiatan.
3. Pembuatan Network Diagram
 - a. Memasukkan komponen kegiatan ke *Microsoft Project*
 - b. Memasukkan durasi masing – masing pekerjaan, durasi yang digunakan adalah durasi rata- rata.
 - c. Menentukan hubungan antar kegiatan.
4. Menentukan pekerjaan yang merupakan lintasan kritis (CPM).
5. Mencari probabilitas dengan menggunakan metode (PERT)
 - a. Menghitung varian lintasan kritis (vLK).
 - b. Menghitung standar deviasi lintasan kritis (sLK).
 - c. Menghitung nilai probabilitas.
 - d. Membuat kurva probabilitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam metode CPM waktu yang dimasukkan dalam kolom *duration* yaitu waktu yang paling sering dilakukan atau waktu standar dilakukan untuk menyelesaikan suatu item pekerjaan sedangkan metode PERT durasi yang dicari adalah *optimistis time* (t_o), *most likely* (t_m) dan *pesimistis time* (t_p).

Menentukan rata-rata dari ketiga durasi aktivitas (t_e)

Rata-rata dari ketiga durasi aktivitas inilah yang nanti akan digunakan dalam penyusunan jaringan kerja. Formula yang digunakan dalam menghitung rata-rata durasi aktivitas tersebut adalah:

$$\text{Rata-rata durasi } (t_e) = (t_o + 4m + t_p)/6$$

Dimana: t_o : *optimistis time* (hari)

m : *most likely* / durasi yang paling mungkin terjadi (hari)

t_p : *pesimistis time* (hari)

Contoh perhitungan rata-rata durasi aktivitas (t_e) adalah sebagai berikut :

- Pek. Galian Tanah ≥ 2 m

$$t_o = 1, m = 2, t_p = 3$$

$$\text{maka } t_e = (t_o + 4m + t_p)/6$$

$$= (1 + (4 \times 2) + 3)/6$$

$$= 2 \text{ hari}$$

Menghitung standar deviasi dan varian

Setelah menghitung rata-rata durasi aktivitas, dilanjutkan dengan perhitungan standar deviasi dan varian. Formula yang digunakan dalam perhitungan standar deviasi dan varian adalah sebagai berikut :

$$\text{Standart deviasi (se)} = (t_p - t_o)/6$$

$$\text{Varian (ve)} = (\text{se})^2$$

Contoh perhitungan Standar deviasi dan varian adalah sebagai berikut :

- Pek. Pas. Pondasi Batu Kali

$$t_o = 2, m = 3, t_p = 4$$

$$\text{maka, Standar Deviasi (se)} = (t_p - t_o)/6$$

$$= (4 - 2)/6$$

$$= 0,33$$

$$\text{Varian (ve)} = (\text{se})^2$$

$$= (0,33)^2$$

$$= 0,11$$

Menentukan hubungan ketergantungan antar kegiatan

Pada tahap ini ditentukan hubungan tiap kegiatan dengan kegiatan lainnya. Menyusun urutan atau hubungan antar kegiatan berdasarkan urutan ketergantungan. Pada tahap penentuan hubungan antar kegiatan ini dapat

dilakukan dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project 2016* dengan cara memasukkan kegiatan pendahulu di kolom *Predecessors*.

Contoh hubungan antar kegiatan :

Pekerjaan Tanah dan Pondasi

- Kegiatan pendahulu (*predecessors*) : Pek. Galian Tanah ≥ 2 m
- Kegiatan pengikut (*successors*) : Pek. Urugan Pasir T=5 cm

Penyusunan Kurva Probabilitas

a. Menentukan Standar Deviasi Lintasan Kritis

Suatu kegiatan bisa disebut kritis bila kegiatan tersebut tidak mempunyai *delay* atau penundaan waktu, kegiatan kritis akan mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Selanjutnya nilai dari standar deviasi dapat dihitung menggunakan formula:

$$Se\ LK = \sqrt{Ve\ LK}$$

Dimana : $Se\ LK$: Standar deviasi lintasan krit

$Ve\ LK$: Jumlah varian dari kegiatan-kegiatan kritis

Contoh perhitungan standar deviasi lintasan kritis :

Dari tabel diatas diperoleh $Ve\ LK = 32,61$

$$\text{Maka } Se\ LK = \sqrt{Ve\ LK}$$

$$= \sqrt{32,61}$$

$$= 5,71$$

b. Menghitung Probabilitas Target Waktu Penyelesaian Proyek

Dari hasil analisis *bar chart* hubungan keterkaitan kegiatan pada tahapan sebelumnya didapatkan lintasan kritis, sehingga dapat kita lihat umur proyek dan kegiatan-kegiatan apa saja yang tergolong kegiatan kritis. Selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan probabilitas dari target waktu atau durasi yang diinginkan dengan formula :

$$Z = \frac{T_d - T_E}{Se\ LK}$$

Dimana Z = Nilai pada tabel distribusi norma

Td = Target durasi

TE = *Project Expected Time Completion*

Se LK = Standar deviasi lintasan kritis

Contoh perhitungan durasi probabilitas sebagai berikut :

Misal target durasi 150 hari.

$$Z = \frac{Td - TE}{Se LK}$$

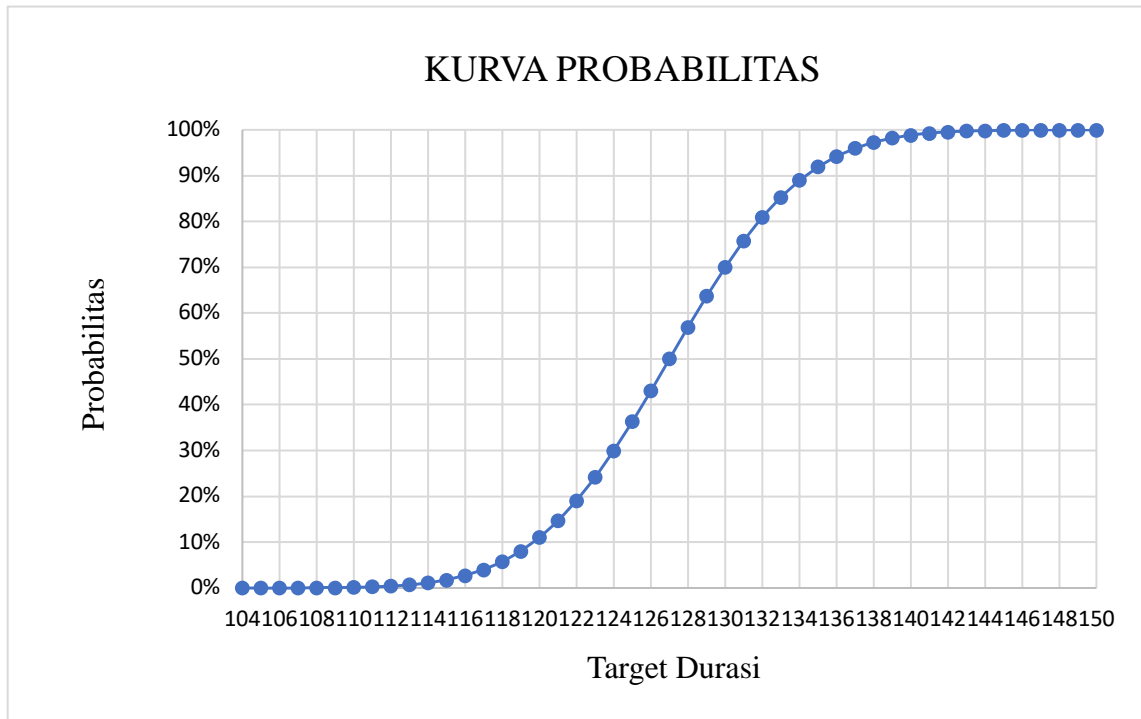
$$Z = \frac{150 - 127}{5,71}$$

$$Z = 4,028$$

Dari tabel distribusi normal didapat : P (Z= 4,028) = 100%

c. Membuat Kurva Probabilitas Waktu Penyelesaian Proyek

Dari probabilitas yang telah didapatkan, langkah selanjutnya yaitu membuat grafik probabilitas. Grafik probabilitas menggambarkan besarnya kemungkinan umur proyek.



Gambar 1. Kurva Probabilitas Waktu Penyelesaian Proyek.

Dari hasil kurva probabilitas diatas yaitu :

- Nilai minimum dari total durasi proyek adalah 104 hari dengan probabilitas 0%
- Nilai rata - rata dari total durasi proyek adalah 127 hari dengan probabilitas 50%
- Nilai minimum dari total durasi proyek adalah 150 hari dengan probabilitas 100%

KESIMPULAN

Dari hasil analisis tentang penjadwalan proyek dengan metode PERT dan CPM pada proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Durasi penyelesaian proyek pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I dengan menggunakan metode CPM adalah 153 hari sedangkan dengan menggunakan metode PERT didapat 105 sampai 150 hari.

2. Dari hasil analisis penjadwalan proyek menggunakan metode PERT diperoleh rata-rata waktu penyelesaian proyek 127 hari dengan probabilitas sebesar 50%. Artinya ada peluang sebesar 50% untuk menyelesaikan proyek tersebut dalam kurun waktu 127 hari. Selisih waktu percepatan dengan jadwal rencana proyek 165 hari didapat 15 hari lebih cepat dalam penyelesaian kurun waktu 150 hari dengan probabilitas 100%.

SARAN

Dari hasil analisis yang diperoleh dari penyusunan skripsi ini, diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Dalam pelaksanaan suatu proyek sangat diperlukan perencanaan jadwal dengan menggunakan beberapa metode seperti : PERT dan CPM, sehingga dapat mengurangi resiko terjadinya keterlambatan proyek.
2. Kepada praktisi proyek di lapangan disarankan menggunakan metode PERT, karena dengan metode PERT kita dapat mengetahui seberapa besar kemungkinan durasi yang kita inginkan tercapai di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusnanto, “Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung R.Kuliah dan Perpustakaan Pgsd Kleco Fkip Uns Tahap I)” Surakarta : Universitas Sebelas Maret, Teknik Sipil. 2010
- [2] Susilo, Yayuk Sundari. 2012. Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus pada Proyek Pelaksanaan Main Stadium University of Riau). Jurnal Fakultas Teknik Sipil Universitas Riau: 1-16.
- [3] Sumardito, “Penguasaan metode diagram panah sebagai langkah awal pemahaman terhadap dasar – dasar penyusunan *Network Planning* metode jalur kritis”. Teknik Sipil, FT- Universitas Negeri Yogyakarta 2011.
- [4] Levin, Richard I. & Kirkpatrick Charles A. 1972. Perencanaan dan Pengawasan dengan PERT dan CPM. Bhratara. Jakarta.

- [5] Soeharto, Iman, “*Manajemen Proyek Industri (Persiapan, Pelaksanaan, Pengelolaan)*”, Erlangga, Jakarta, 1990.
- [6] Sugiyarto, “*Analisis Network Planning Dengan CPM (Critical Path Method) Dalam Rangka Efisiensi Waktu Dan Biaya Proyek*”. Jawa Tengah : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- [7] Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta : Erlangga.
- [8] Hayun, Anggara. 2005. “Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode PERT-CPM : Studi Kasus Fly Over Ahmad Yani, Karawang.” *Journal The Winners*, Vol. 6, No.2, h. 155-174.
- [9] Handoko, T.H.. 1999. *Dasar-dasar Manajemen Produksi Dan Operasi*, Edisi Pertama. BPFE : Yogyakarta.
- [10] Sandyavitri, Ari. 2008. “Pengendalian Dampak Perubahan Desain Terhadap Waktu dan Biaya Pekerjaan Konstruksi”. *Jurnal Teknik Sipil*, h.57-70. Diakses tanggal 6 Mei 2010, dari PDF Search Engine.

EVALUASI FAKTOR-FAKTOR RISIKO TERHADAP KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung SMAN 9 Denpasar)

N Tryananda Mahardhi⁽¹⁾, Kt. Wiwin Andayani⁽²⁾, A A Putri Indrayanti⁽³⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: tryanandam@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: wiwin.andayani74@gmail.com

⁽³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: ajung_putri@yahoo.com

Abstract : *Construction projects are a dynamic and risky field. Denpasar is currently being pushed to have a priority scale for the construction of public high schools. Because so far in Denpasar it has always been crucial with the acceptance of new students at the SMA/SMK level. One of the efforts of the Bali provincial government to anticipate these problems is the construction of the SMAN 9 Denpasar building. In this study, we want to evaluate the risk factors for construction project delays with the aim of knowing the dominant risk factors that cause delays and solutions to deal with the dominant risks that occur. This research uses quantitative descriptive analysis method. The measuring instrument of this study used a questionnaire and interviews with respondents. From the analysis results, it is found that the most dominant risk that has an impact on the time of project implementation is the risk of labor with an average frequency value of 13.20 and an average consequence value of 16.40, where the dominant of the labor risk statement is low labor productivity. due to lack of experience with the percentage of frequency who answered often 80% and 20% answered very often, while the percentage of consequences who answered large was 47% and 53% answered very large. Solutions to dominant risk can be done by recruiting new workers who have good skills and skills and placing workers according to their respective skills, recruiting workers who have at least a competency certificate, and providing training to workers according to field needs.*

Keywords: *Evaluation, Construction Project, Risk Factors, Dominant Risk, Solution.*

Abstrak : Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Denpasar saat ini didorong ada skala prioritas untuk pembangunan SMA Negeri. Karena selama ini di Denpasar selalu krusial dengan penerimaan siswa baru tingkat

SMA/SMK. Salah satu upaya pemerintah Provinsi Bali untuk mengantisipasi permasalahan tersebut maka dilakukan Pembangunan Gedung SMAN 9 Denpasar. Pada penelitian ini ingin melakukan evaluasi faktor-faktor risiko keterlambatan proyek konstruksi yang tujuannya untuk mengetahui faktor risiko dominan yang menyebabkan keterlambatan dan solusi untuk menangani risiko dominan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif. Alat ukur penelitian ini menggunakan kuesioner dan wawancara kepada responden. Dari hasil analisa diperoleh risiko paling dominan yang berdampak terhadap waktu pelaksanaan proyek adalah risiko tenaga kerja dengan nilai rata-rata frekuensi 13,20 dan nilai rata-rata konsekuensi 16,40, dimana yang dominan dari pernyataan risiko tenaga kerja tersebut adalah rendahnya produktifitas tenaga kerja karena kurang berpengalaman dengan persentase frekuensi yang menjawab sering 80% dan 20% menjawab sangat sering sedangkan persentase konsekuensi yang menjawab besar 47% dan 53% menjawab sangat besar. Solusi terhadap risiko dominan dapat dilakukan dengan merekrut tenaga kerja yang baru yang memiliki skill dan keterampilan yang baik dan penempatan pekerja sesuai dengan keterampilan masing-masing, merekrut tenaga kerja yang minimal memiliki sertifikat kompetensi, dan memberikan pelatihan kepada tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan lapangan.

Kata Kunci; Evaluasi, Proyek konstruksi, Faktor risiko, Risiko dominan, Solusi.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Pada pelaksanaan proyek konstruksi tidak terlepas dari berbagai risiko dan ketidakpastian yang mempengaruhi kualitas maupun kuantitas. Semakin tinggi kompleksitas suatu proyek maka semakin besar risiko yang akan terjadi. Risiko dapat dikatakan sebagai akibat yang mungkin terjadi secara tak terduga. Risiko adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan, sehingga terjadi konsekuensi yang tidak diinginkan. Risiko muncul karena ketidakpastian. Dampak risiko dapat mempengaruhi produktifitas, prestasi, kualitas, penggunaan waktu dan anggaran biaya proyek. Walaupun suatu kegiatan telah direncanakan sebaik mungkin, namun tetap mengandung ketidakpastian bahwa nanti akan berjalan sepenuhnya sesuai rencana. Risiko pada proyek konstruksi bagaimanapun tidak dapat dihilangkan tetapi dapat dikurangi atau ditransfer dari satu pihak ke pihak lainnya [1].

Manajemen resiko pada proyek meliputi langkah memahami dan mengidentifikasi masalah potensial yang mungkin terjadi, mengevaluasi, memonitoring dan menangani resiko. Manajemen resiko yang proaktif artinya menjawab bagaimana

orang secara aktif berusaha mengurangi resiko serta memperbaiki tingkat probabilitas keberhasilan pelaksanaan proyek.

Denpasar saat ini didorong ada skala prioritas untuk pembangunan SMA Negeri. Karena selama ini di Denpasar selalu krusial dengan penerimaan siswa baru tingkat SMA/SMK. Proyek pembangunan gedung SMAN 9 Denpasar yang berlokasi di JL. WR Supratman kesiman kertelangu, Kecamatan Denpasar Timur, merupakan salah satu upaya pemerintah Provinsi bali untuk mengantisipasi permasalahan penerimaan peserta didik baru (PPDB) khususnya pada tingkat SMA. Tambahan SMA Negeri di Denpasar ini adalah solusi atas kekurangan kelas dan rebutan sekolah yang selama ini terjadi. Pembangunan sekolah baru ini dilakukan bertahap setiap tahun, maka dari itu perlu dilakukannya pengendalian risiko, karena setiap tahunnya pembangunan akan terus meningkat. Pengendalian risiko ini bertujuan untuk mengurangi dampak yang merugikan bagi pencapaian fungsional proyek tersebut, misalnya keterlambatan pada pelaksanaan pekerjaan. Keterlambatan pekerjaan merupakan salah satu konsekuensi dari risiko pada proyek konstruksi [2]. Keterlambatan pada pelaksanaan proyek konstruksi memberikan dampak negatif yang merugikan proyek konstruksi. Dampak yang sering terjadi mulai dari penurunan keuntungan yang didapatkan, peningkatan biaya proyek, penambahan waktu yang tidak terencana sehingga mengakibatkan terjadinya konflik antara kedua belah pihak [3].

Mengingat pelaksanaan proyek pembangunan Gedung SMAN 9 denpasar tahap pertama sudah berakhir sehingga pada penelitian ini ingin melakukan evaluasi faktorfaktor risiko teradap keterlambatan proyek konstruksi untuk mengetahui faktor risiko dominan dan upaya atau solusi untuk menanggulangi risiko dominan. Dengan tujuan dari penelitian ini dapat mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang dominan terjadi serta dapat memberikan solusi untuk mengantisipasi keterlambatan proyek konstruksi pada tahap berikutnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yaitu metode penelitian yang bersifat induktif, objektif dan ilmiah dimana data yang diperoleh berupa angka-angka (score, nilai) atau pernyataan-pernyataan yang dinilai, dan

dianalisis dengan analisis statistik. Pada tahap pengumpulan data dilakukan dengan survey menggunakan kuesioner dan wawancara kepada pihak kontraktor pada proyek pembangunan Gedung SMAN 9 Denpasar. Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh melalui survey dengan menggunakan kuesioner dan wawancara, sedangkan data sekunder berupa data jumlah responden. Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Sampel yang diambil dari populasi tersebut harus betul-betul *representative* (mewakili) [4]. Pada penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh yaitu teknik pengambilan sampel apabila semua populasi digunakan sebagai sampel [5]. Setelah data diperoleh kemudian dilakukan analisa data guna memperoleh faktor risiko dan uraian risiko dominan. setelah didapat faktor risiko dan uraian risiko dominan, maka dapat ditentukan upaya atau solusi untuk menanggulangi risiko keterlambatan yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN Analisis Faktor-Faktor Risiko

Penelitian ini terdapat 4 faktor risiko penyebab terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek konstruksi yang diperoleh dari hasil wawancara di tempat penelitian.

Faktor tersebut ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. faktor-Faktor Risiko Terhadap Keterlambatan Proyek Konstruksi

No	Faktor Risiko Keterlambatan Proyek Konstruksi (variabel)	Sumber
<u>1</u>	<u>Risiko Manajemen Konstruksi</u>	<u>Wawancara</u>
<u>2</u>	<u>Risiko Material dan Peralatan</u>	<u>Wawancara</u>
<u>3</u>	<u>Risiko Tenaga Kerja</u>	<u>Wawancara</u>
<u>4</u>	<u>Risiko Pelaksanaan Konstruksi</u>	<u>Wawancara</u>

Pengujian Instrument Penelitian

Uji validitas dan reliabilitas yang bertujuan untuk mengukur ketepatan dan kecermatan atau valid tidaknya sebuah kuisisioner. Berdasarkan hasil uji tabel 4.1 tersebut nilai dari *person correlation* tiap-tiap butir pertanyaan dibandingkan dengan r tabel, r tabel yang digunakan yakni n jumlah sampel sebanyak 15 dengan

signifikansi 5% didapatkan nilai r tabel 0,514. Dapat dilihat pada tabel uji validitas, dimana butir-butir pertanyaan tersebut dapat dinyatakan valid dimana butir- butir pertanyaan tersebut telah memenuhi standar kriteria pengujian validitas item instrument yaitu tingkat (α) <0.05 atau 5% dan nilai r hitung > r tabel.

Tabel 2. Hasil Uji Validitas

Variabel	Butir Kuesioner	r-Hitung (frekuensi)	r-Hitung (konsekuensi)	r-Tabel	Keterangan
Risiko Manajemen Konstruksi	Butir ke 1	0,846	0,826	0,514	Valid
	Butir ke 2	0,690	0,725	0,514	Valid
	Butir ke 3	0,626	0,933	0,514	Valid
	Butir ke 4	0,727	0,946	0,514	Valid
	Butir ke 5	0,828	0,926	0,514	Valid
Risiko Material dan Peralatan	Butir ke 1	0,792	0,916	0,514	Valid
	Butir ke 2	0,815	0,917	0,514	Valid
	Butir ke 3	0,819	0,830	0,514	Valid
	Butir ke 4	0,728	0,830	0,514	Valid
	Butir ke 5	0,590	0,896	0,514	Valid
Risiko Tenaga Kerja	Butir ke 1	0,667	0,690	0,514	Valid
	Butir ke 2	0,707	0,609	0,514	Valid
	Butir ke 3	0,539	0,892	0,514	Valid
Risiko Pelaksanaan Konstruksi	Butir ke 4	0,782	0,541	0,514	Valid
	Butir ke 5	0,530	0,719	0,514	Valid
	Butir ke 1	0,765	0,797	0,514	Valid
	Butir ke 2	0,762	0,815	0,514	Valid
	Butir ke 3	0,778	0,790	0,514	Valid
	Butir ke 4	0,760	0,835	0,514	Valid
	Butir ke 5	0,756	0,553	0,514	Valid

Sumber : Data primer diolah, 2021

Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas adalah alat untuk mengukur suatu kuesioner, kuesioner dapat dikatakan *reliable* apabila jawaban seseorang terhadap pernyataan tersebut konsisten dari waktu-kewaktu [6]. Tingkat reliabilitas pada suatu variabel penelitian dapat dilihat dari hasil statistic *Cronbach-Alpha* suatu variabel dapat dikatakan *reliabel* apabila memberikan nilai *Cronbach-Alpha* > 0,60.

Tabel 3. Hasil Uji Reliabilitas

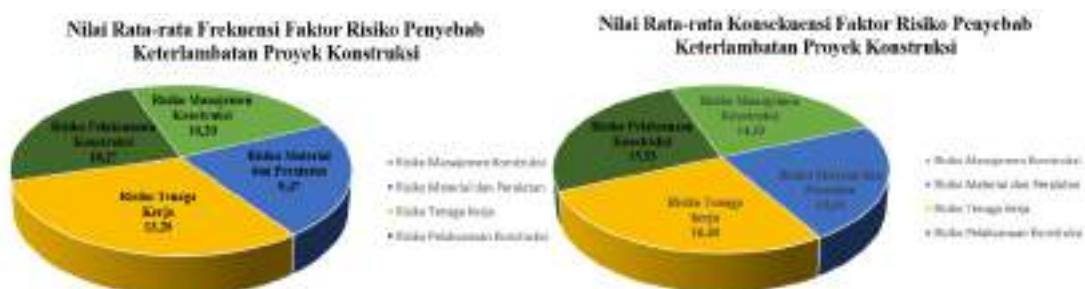
Variabel	Jumlah Butir Kuesioner	Cronbach Alpha Frekuensi	Cronbach Alpha Konsekuensi	Keterangan
Risiko Manajemen Konstruksi	5 Butir	0,792	0,919	Reliabel
Risiko Material dan Peralatan	5 Butir	0,790	0,920	Reliabel
Risiko Tenaga Kerja	5 Butir	0,612	0,734	Reliabel
Risiko Pelaksanaan Konstruksi	5 Butir	0,800	0,813	Reliabel

Sumber : Data primer diolah, 2021

Berdasarkan pada tabel Analisa reliabilitas diatas maka butir-butir pertanyaan tersebut dapat dikatakan reliabel karena sudah memenuhi standar kriteria pengujian reliabilitas item instrument yang digunakan yaitu nilai *Cronbach-Alpha* $> 0,6$. Dari hasil tersebut maka dapat dikatakan butir-butir pertanyaan pada kuesioner adalah reliabel sehingga dapat atau layak untuk digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian.

Faktor Risiko Dominan

Risiko dominan merupakan risiko yang paling sering terjadi yang harus segera ditangani dengan strategi yang tepat agar dapat mengurangi dampak negatif yang dapat menyebabkan kerugian pada proyek konstruksi [7].



Gambar 1. Nilai Rata-Rata Frekuensi dan Rata-Rata Konsekuensi Faktor Risiko

Dari hasil gambar diatas didapat faktor risiko dominan yaitu faktor risiko tenaga kerja dengan nilai rata-rata frekuensi 13,20 dan nilai rata-rata konsekuensi 16,40. Dari variabel risiko tenaga kerja ini terdapat 5 butir Pernyataan, selanjutnya

dilakukan analisis terhadap faktor tersebut guna mencari strategi yang tepat untuk mencari solusi agar nantinya tidak terjadi lagi keterlambatan proyek konstruksi.

Tabel 4. Faktor Risiko Dominan

Frekuensi			Konsekuensi		
Skala Likert	Total Skor	Persentase (%)	Skala Likert	Total Skor	Persentase (%)
Sangat Jarang (A)	0	0	Sangat Kecil (A)	0	0
Jarang (B)	0	0	Kecil (B)	0	0
Sering (C)	12	80	Besar (C)	7	47
Sangat Sering (D)	3	20	Sangat Besar (D)	8	53
Total	15	100	Total	15	100



Gambar 2. Faktor Risiko Dominan

Dari tampilan tabel dan pie chart diatas didapatkan faktor risiko dominan adalah rendahnya produktifitas tenaga kerja karena kurang berpengalaman dengan skor hasil total penelitian frekuensi kepada 15 responden terhadap butir pernyataan pertama yaitu sebesar 0% menjawab sangat jarang, 0% menjawab jarang, 80% menjawab sering, dan 20% menjawab sangat sering, sedangkan skor hasil total konsekuensi 0% menjawab sangat kecil, 0% menjawab kecil, 47% menjawab besar, dan 53% menjawab sangat besar.

Solusi Untuk Mengatasi Keterlambatan Proyek

Dalam penelitian ini dari 4 faktor risiko setelah dianalisis didapat faktor risiko dominan yaitu faktor risiko tenaga kerja, faktor risiko tenaga kerja tersebut terdiri dari 5 pernyataan dimana yang menjadi risiko dominan dari ke 5 pernyataan

tersebut adalah rendahnya produktifitas tenaga kerja karena kurang berpengalaman, maka dari itu perlu adanya upaya atau solusi untuk mengatasi keterlambatan. Berikut adalah upaya atau solusi dari faktor risiko tenaga kerja dengan pernyataan rendahnya produktifitas tenaga kerja karena kurang berpengalaman:

1. Merekrut tenaga kerja baru yang memiliki skill dan keterampilan yang baik dan ditempatkan sesuai dengan keterampilan masing-masing.
2. Merekrut tenaga kerja yang minimal memiliki sertifikat kompetensi.
3. Memberikan pelatihan kepada tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan lapangan.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan hasil analisis yang dilakukan, saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Risiko paling dominan yang berdampak terhadap waktu pelaksanaan proyek adalah risiko tenaga kerja dengan nilai rata-rata frekuensi 13,20 dan nilai rata-rata konsekuensi 16,40 dimana yang dominan dari pernyataan risiko tenaga kerja tersebut adalah rendahnya produktifitas tenaga kerja karena kurang berpengalaman dimana persentase frekuensi sebesar 80% yang menjawab sering, 20% menjawab sangat sering, dengan persentase konsekuensi sebesar 47% menjawab besar, dan 53% menjawab sangat besar.
2. Solusi terhadap risiko dominan dapat dilakukan dengan merekrut tenaga kerja yang baru yang memiliki skill dan keterampilan yang baik dan penempatan pekerja sesuai dengan keterampilan masing-masing, merekrut tenaga kerja yang minimal memiliki sertifikat kompetensi, dan memberikan pelatihan kepada tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan lapangan.

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka dapat disarankan sebagai berikut:

1. Pihak kontraktor dihimbau dapat lebih meningkatkan, memperhatikan dan mengevaluasi adanya faktor-faktor risiko yang dapat menyebabkan terlambatnya pelaksanaan konstruksi sehingga dapat memberikan hasil sesuai dengan rencana.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya objek lokasi penelitian ditambah, sehingga dapat meneliti risiko konstruksi dibeberapa proyek yang sedang

berlangsung. Selain pada objek lokasi, sebaiknya pada penelitian selanjutnya objek identifikasi penelitian ditambah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kangari, R. (1995). *Management Risk Perceptions and Trends of U.S. Construction*. Journal of Construction Engineering and Management: ASCE.
- [2] Alijoyo. 2013. *Analisa Risiko Konstruksi*. Skripsi. Universitas Jember, Jember.
- [3] Darmawi, H. 2014, *Manajemen Risiko*. Bumi Aksara, Jakarta.
- [4] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- [5] Riduwan. (2006). *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- [6] Sugiyono. (2013). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- [7] Hanafi, M. (2016). *Manajemen Risiko*. Yogyakarta: YKPN.

PENGARUH PENERAPAN MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA PADA PT. DAWAN SAKTI TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK

Gede Eka Adi Putra¹⁾, Lilik Sudiajeng²⁾, I Wayan Dana Ardika³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung E-mail: eka05adiputra@gmail.com

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung
E-mail: sudiajeng@pnb.ac.id

³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung
E-mail: wayandanaardika@pnb.ac.id

Abstract

Human resources are one of the important factors that affect the implementation of construction development. Therefore, competent human resources are needed based to the needs in the field to achieve implementation activities. Although human resource management has been implemented, in generally there are still delays in implementation and additional costs. For that reason, it is necessary to conduct research to analyze the influence of human resource management on PT. Dawan Sakti on the cost and time of project implementation. This research was conducted with a descriptive correlative design with saturated sampling technique and a total of 30 samples. The research instrument used a questionnaire which was analyzed using multiple linear regression. The results of this study indicate that the application of human resource management has a positive and significant effect on the time and cost of project implementation, with an R^2 value of 0.932 or 93.2% of time and 0.913 or 91.3% of costs. It implies that the application of human resource management has a strong influence on the projects undertaken by PT. Dawan Sakti.

Keywords: Implementation of Human Resource Management, Time Schedule, Costs

Abstrak

Sumber daya manusia adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi pelaksanaan pembangunan konstruksi. Oleh karenanya, perlu sumber daya manusia yang kompeten sesuai kebutuhan dilapangan untuk mencapai kegiatan pelaksanaan. Walaupun manajemen sumber daya manusia sudah diterapkan, namun secara umum masih terjadi keterlambatan pelaksanaan dan penambahan biaya. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis besar pengaruh manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Pada penelitian ini dilakukan

dengan rancangan deskriptif korelatif dengan teknik sampling jenuh dan jumlah sebanyak 30 sampel. Instrumen penelitian menggunakan kuesioner yang dianalisis menggunakan regresi linier berganda. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa penerapan manajemen sumber daya manusia berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu dan biaya pelaksanaan proyek, dengan nilai R^2 terhadap waktu sebesar 0.932 atau 93.2% dan terhadap biaya sebesar 0.913 atau 91.3%. artinya penerapan manajemen sumber daya manusia memiliki pengaruh yang kuat pada proyek yang dikerjakan oleh PT. Dawan Sakti.

Kata Kunci: Penerapan Manajemen Sumber Daya Manusia, Waktu Pelaksanaan, Biaya

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan aktivitas pelaksanaan pembangunan dan berkaitan dengan biaya, mutu, dan waktu yang terbatas. Biaya, mutu dan waktu tersebut erat kaitannya dalam dunia konstruksi. Sumber daya manusia merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi, karena sumber daya manusia yang dapat mengendalikan, mengevaluasi dan mengatur sumber daya lainnya. Bertan (2016) menyatakan sumber daya manusia adalah sumber daya yang paling berpengaruh pada pelaksanaan pembangunan konstruksi, namun dalam mencapai suatu kegiatan tersebut diperlukan sumber daya manusia yang kompeten sesuai kebutuhan dilapangan. Seperti halnya mengendalikan metode pekerjaan yang dapat mempercepat pekerjaan sehingga menghemat waktu dan juga biaya. Selain itu mengendalikan sumber daya material, agar suatu proyek tidak terjadi keterlambatan maka tentu sumber daya manusia harus membuat jadwal mobiliasi material sehingga tidak terjadi keterlambatan yang menyebabkan pembengkakan terhadap biaya. Sehingga pada suatu proyek konstruksi perlu adanya penerapan manajemen sumber daya manusia.

Manajemen sumber daya manusia merupakan proses untuk mengatur pihak-pihak yang terlibat dengan jumlah yang terbatas agar bekerja secara maksimal sehingga bisa mencapai tujuan bersama. Penerapan manajemen sumber daya manusia dimulai dari tahap perencanaan. Perencanaan merupakan suatu proses untuk mengidentifikasi tentang tujuan dalam suatu organisasi dimana pada suatu proyek tujuan perusahaan adalah terselesaikannya proyek dengan waktu yang efisien dan biaya yang efektif.

Walaupun penerapan manajemen sumber daya manusia sudah diterapkan, namun secara umum masih terjadi keterlambatan pelaksanaan dan penambahan biaya yang disebabkan

oleh kurangnya penerapan manajemen sumber daya manusia. Hal tersebut terjadi pada PT. Dawan Sakti terkait dimana penerapan manajemen sumber daya manusia yaitu tingkat penerapan manajemen sumber daya manusianya terbilang cukup baik. Terlihat pada proyek yang dikerjakan pada tahun 2013 yang terjadi keterlambatan pada bulan IV dan V dan tahun 2020 hampir terjadi keterlambatan yang disebabkan material terlambat masuk. Oleh karenanya, perlu diidentifikasi besar pengaruh manajemen sumber daya manusia terhadap waktu dan biaya pelaksanaan proyek.

Dengan demikian penelitian ini dilakukan untuk menganalisis besar pengaruh manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT.

Dawan Sakti terhadap waktu pelaksanaan proyek.

2. Seberapa besar pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT.

Dawan Sakti terhadap biaya pelaksanaan proyek.

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap waktu pelaksanaan proyek
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap biaya pelaksanaan proyek.

METODE PENELITIAN Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan deskriptif korelatif yaitu menggambarkan objek berdasarkan hasil dilapangan dan mengukur tingkat hubungan antar variabel bebas dan variabel terikat.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PT. Dawan Sakti yang berlokasi di Jl. Gunung Sanghyang No. 200Z, Kerobokan Kaja, Kec. Kuta Utara, Kabupaten Badung.

Jenis Data

Jenis data pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer data yang diperoleh langsung dari responden. Data sekunder adalah data yang didapat dari buku, jurnal, dan data dari perusahaan.

Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini adapun metode untuk mengumpulkan data, adalah:

1. Kuesioner untuk meminta pendapat terkait keadaan dilapangan
2. Wawancara sebagai pelengkap dan juga untuk memastikan kepastian jawaban kuesioner.

Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah karyawan maupun pekerja pada PT. Dawan Sakti yang berjumlah 30 orang. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini adalah teknik sampling jenuh hal tersebut dikarenakan jumlah populasi kecil. Sehingga sampel pada penelitian ini sebanyak 30 orang.

Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dan reliabilitas dilakukan setelah data didapat. Uji validitas bertujuan mengukur ketepatan dan kecermatan kuesioner. Sedangkan reliabilitas dilakukan untuk mengukur tingkat konsistensi suatu kuesioner yang merupakan indikator dari variabel. Jika $r\text{-hitung} > r\text{ tabel}$ maka kuesioner valid, dan jika nilai *Cronbach Alfa* > 0.60 maka kuesioner dikatakan reliabel.

Uji Asumsi Klasik Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui suatu variabel dependent dan independent pada suatu metode regresi memiliki distribusi normal (Ghozali, 2013). Dalam pengujian ini, nilai residual berdistribusi normal apabila nilai signifikansi dari hasil uji Kolmogorov-Smirnov(K-S) lebih dari 0.05.

Uji Autokorelasi

Autokorelasi dapat diartikan sebagai terdapatnya korelasi antara kesalahan pengganggu pada suatu periode dengan kesalahan pengganggu pada periode sebelumnya (Ghozali, 2013). Jika $dU < dw < 4-dU$, berarti tidak ada gejala autokorelasi.

Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas digunakan untuk mengetahui terjadinya perbedaan varians residual terhadap pengamatan satu dengan pengamatan lainnya (Ghozali, 2013). Model regresi tidak terjadi gejala heteroskedastisitas jika nilai signifikansinya lebih dari 0.05.

Uji Multikolinearitas

Model regresi terdapat gejala multikolinearitas apabila terdapat korelasi yang kuat antara variabel bebas dengan variabel bebas lainnya (Ghozali, 2013). Model regresi memiliki nilai *tolerance* lebih dari 0,100 dan nilai VIF < 10.00, sehingga variabel bebas dinyatakan tidak terjadi multikolinearitas.

Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui bentuk hubungan antara satu variabel terikat dengan beberapa variabel bebas (Sugiono, 2008). Analisis regresi linear berganda akan menghasilkan model regresi yang dapat dilihat dibawah ini.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \text{ Keterangan:}$$

Y : Variabel Terikat (Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek)

a : Konstanta

b_1 : Koefisien variabel X_1 b_2 : Koefisien variabel X_2

X_1 : Penempatan Tenaga Kerja sesuai Kompetensi X_2 : Motivasi Kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN Uji Validitas dan Reliabilitas

Tabel 1 Hasil Uji Validitas

No	Variabel	Instrument	Nilai <i>Perason Correlations</i>	r-tabel	Kesimpulan
1	Penempatan Tenaga Kerja Sesuai Kompetensi	X1.1	0.720	0.361	Valid
		X1.2	0.804	0.361	Valid
		X1.3	0.714	0.361	Valid
		X1.4	0.800	0.361	Valid
		X1.5	0.638	0.361	Valid
2		X2.1	0.721	0.361	Valid

1	Motivasi Kerja	X2.2	0.676	0.361	Valid
		X2.3	0.760	0.361	Valid
		X2.4	0.640	0.361	Valid
		X2.5	0.631	0.361	Valid
	Waktu	Y1.1	0.591	0.361	Valid
		Y1.2	0.686	0.361	Valid
		Y1.3	0.532	0.361	Valid
		Y1.4	0.821	0.361	Valid
		Y1.5	0.763	0.361	Valid
	Biaya	Y2.1	0.763	0.361	Valid
		Y2.2	0.656	0.361	Valid
		Y2.3	0.709	0.361	Valid
		Y2.4	0.646	0.361	Valid
		Y2.5	0.644	0.361	Valid

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa semua variabel dinyatakan valid.

Tabel 2 Hasil Uji Reliabilitas

N of Item	Variabel	Instrument	Nilai <i>Cronbach's Alpha</i>	Kesimpulan
5	Penempatan Tenaga Kerja Sesuai Kompetensi	X1	0.785	Reliabel
5	Motivasi Kerja	X2	0.713	Reliabel
5	Waktu	Y1	0.708	Reliabel
5	Biaya	Y2	0.712	Reliabel

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa semua variabel dinyatakan reliabel.

Uji Normalitas

Tabel 3 Hasil Uji Normalitas

Variabel	Jumlah subjek(n)	Test Statistik	Signifikansi
Waktu (Y1)			
	30	0.078	0.200
Biaya (Y2)			
	30	0.097	0.200

Hasil *Kolmogorov-Smirnov Test* variabel terikat waktu (Y1) yang dapat dilihat dari tabel 3 didapat hasil test statistik 0.078 Asymp. sig sebesar 0.200, dan untuk variabel terikat biaya (Y2) dengan test statistik sebesar 0.097 dan Asymp sig sebesar 0.200 lebih besar

dari 0.05, maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa data penempatan tenaga kerja dan motivasi kerja terhadap waktu dan terhadap biaya dapat dinyatakan berdistribusi normal.

Uji Autokorelasi

Tabel 4 Hasil Uji Autokorelasi

Variabel	Jumlah subjek(n)	Durbin-Watson
Waktu (Y1)	30	2.176
Biaya (Y2)	30	2.105

Diketahui dari tabel 4 nilai dW Y1 sebesar 2.176, nilai tabel dL sebesar 1.2837, nilai tabel dU sebesar 1.5666 dan nilai 4-dU= 2.433. Dengan demikian, persamaan yang didapat yaitu $1.5666 < 2.176 < 2$ sehingga tidak ada gejala autokorelasi. Diketahui dari tabel 4 nilai dW Y2 sebesar 2.105, nilai tabel dL sebesar 1.2837, nilai tabel dU sebesar 1.5666 dan nilai 4-dU= 2.433. Dengan demikian, persamaan yang didapat yaitu $1.5666 < 2.105 < 2.433$ sehingga tidak ada gejala autokorelasi.

Uji Heteroskedastisitas

Tabel 5 Hasil Uji Heteroskedastisitas

Variabel	Jumlah subjek(n)	Sig Waktu(Y1)	Sig Biaya(Y2)
Penempatan Tenaga Kerja Sesuai Kompetensi	30	0.809	0.083
Motivasi Kerja	30	0.993	0.074

Setelah dilakukan uji heteroskedastisitas glejser dengan meregres nilai *absolute* residual terhadap variabel bebas dan berdasarkan tabel 5 didapat nilai p signifikansi terhadap waktu, untuk penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi kerja sebesar 0.809, dan motivasi kerja sebesar 0.993, dan terhadap biaya didapat nilai p signifikansi untuk penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi kerja sebesar 0.083, dan motivasi kerja sebesar 0.074 yang menyatakan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari 0.05, dengan demikian tidak terjadi heteroskedastisitas dan data dapat digunakan untuk model regresi.

Uji Multikolinieritas

Tabel 6 Hasil Uji Multikolinieritas

subjek(n)	Variabel	Jumlah	Waktu (Y1)		Biaya (Y2)	
			<i>Tolerance</i>	VIF	<i>Tolerance</i>	VIF
	Penempatan Tenaga Kerja Sesuai Kompetensi	30	0.249	4.019	0.249	4.019
	Motivasi Kerja	30	0.249	4.019	0.249	4.019

Diketahui dari tabel 6 hasil uji multikolinieritas, dengan nilai *tolerance* untuk variabel penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi (X1) sebesar 0.249 dan untuk variabel motivasi kerja dengan nilai sebesar 0.249 sedangkan nilai *Variance Inflation Factor (VIF)* untuk variabel penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi sebesar 4.019 dan untuk variabel motivasi kerja sebesar 4.019. Sehingga variabel bebas terhadap waktu dan biaya tidak terjadi multikolinieritas karena sesuai dengan pengambilan keputusan dimana nilai *tolerance* lebih dari 0.100 dan nilai *Variance Inflation Factor (VIF)* < 10.00. Dengan demikian data dapat digunakan dalam model regresi karena telah memenuhi uji multikolinieritas

Analisis Regresi Linier Berganda

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi Linier Berganda

Variabel	Waktu		Biaya	
		B		B
(Constant)	1.868		2.976	
Penempatan Tenaga Kerja Sesuai Kompetensi		0.478		0.403
Motivasi Kerja		0.408		0.421
R	0.966		0.956	
R ²	0.932		0.913	
Sig. F	0.000		0.000	
t hitung	5.782		4.171	
Sig. t	0.000		0.000	

Dari tabel 7 diperoleh persamaan untuk variabel $Y1 = 1.868 + 0.478 \cdot X1 + 0.408 \cdot X2$ dan $Y2 = 2.976 + 0.403 \cdot X1 + 0.421 \cdot X2$. Persamaan tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. 1.868 = Apabila nilai penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi dan motivasi kerja di anggap konstan maka tingkat waktu pelaksanaan proyek 1.868
2. 0.478 = Apabila nilai motivasi kerja dianggap konstan, dan penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi di naikkan maka akan menaikkan waktu pelaksanaan proyek sebesar 0.478.
3. 0.408 = Apabila penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi dianggap konstan, dan motivasi kerja ditingkatkan, maka akan menaikkan waktu pelaksanaan proyek sebesar 0.408. Demikian juga terhadap biaya atau $Y2$)

Uji Determinasi

Dari tabel 7 didapat hasil koefisien R^2 untuk pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap waktu adalah 0.932 maka dapat dinyatakan besar pengaruh langsung penerapan manajemen sumber manusia terhadap waktu adalah 93.2% dan sisanya 6.8 % dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dan terhadap biaya adalah 0.913 maka dapat dinyatakan besar pengaruh langsung penerapan manajemen sumber manusia terhadap biaya adalah 91.3% dan sisanya 8.7 % dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Uji F

Dari tabel 7 diperoleh nilai signifikan untuk uji F terhadap waktu dan biaya sebesar 0.000 nilai tersebut kurang dari 0.05 sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk hasil uji F secara simultan penempatan tenaga kerja dan motivasi kerja memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu dan biaya pelaksanaan proyek.

Uji t

Dari tabel 7 diperoleh nilai signifikan untuk uji t untuk penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi dan motivasi kerja terhadap waktu dan biaya sebesar 0.000 Sehingga dapat disimpulkan bahwa 0.000 kurang dari 0.05 maka penempatan tenaga kerja sesuai kompetensi dan motivasi kerja secara parsial berpengaruh positif dan signifikansi terhadap waktu pelaksanaan proyek pada PT. Dawan Sakti

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah: 0.913

1. Penerapan manajemen sumber daya manusia berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pelaksanaan proyek yang dikerjakan oleh PT. Dawan Sakti. Hal ini dilihat dari nilai R^2 sebesar 0.932, yang berarti bahwa penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap waktu pelaksanaan proyek menunjukkan sangat kuat. Berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan proyek sebesar 93.2%.
2. Penerapan manajemen sumber daya manusia berpengaruh positif dan signifikan terhadap biaya pelaksanaan proyek yang dikerjakan oleh PT. Dawan Sakti. Hal ini dilihat dari nilai R^2 sebesar 0.913, yang berarti bahwa penerapan manajemen sumber daya manusia pada PT. Dawan Sakti terhadap biaya pelaksanaan proyek menunjukkan sangat kuat. Berpengaruh terhadap biaya pelaksanaan proyek sebesar 91.3%.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Penerapan manajemen sumber daya manusia lebih ditingkatkan tidak hanya dengan menempatkan tenaga kerja sesuai kompetensi dan motivasi kerja melainkan aspek lainnya seperti rekrutmen yang tepat, disiplin kerja, dan evaluasi.
2. Dengan besarnya pengaruh penerapan manajemen sumber daya manusia terhadap waktu dan biaya pelaksanaan proyek, maka perusahaan perlu lebih meningkatkan pengelolaan dari manajemen sumber daya manusia agar waktu dan biaya lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertan, C. V. 2016. Pengaruh Pendayagunaan Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja Terhadap Hasil Pekerjaan (Studi Kasus Perumahan Taman Mapanget Raya Mapanget Raya(Tamara)). *Jurnal Sipil Statistik*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado
- Dewi, Diah Parami., dkk. 2016. Analisis Aspek Sumber Daya Manusia Terhadap Kinerja Pada Proyek Konstruksi Di Kabupaten Badung. Bali: Universitas Udayana
- Ghozali, Iman. 2013. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS*. Yogyakarta: Universitas Diponegoro

Masram, dan Mu'ah. 2017. *Manajemen Sumber Daya Manusia Profesional*. Sidoarjo: Zifatama Publisher

Riantini, Leni Sagita., dkk. 2005. "Penentuan Peringkat Faktor Risiko dalam Rekrutmen Tenaga Kerja yang Mempengaruhi Biaya Tenaga Kerja pada Proyek". *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Indonesia

Sugiono. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan: (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D)*. Bandung: Alfabeta

Wulfran I., E. 2011. *Manajemen Proyek Konstruksi* (Revisi ed.). Yogyakarta: Andi.

**ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN
PEKERJAAN BEKISTING ANTARA PENGGUNAAN BEKISTING
MULTIPLEK DENGAN BEKISTING TEGOFILM Studi Kasus: Proyek
Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan**

Luh Garini Yogiani¹⁾, I Nyoman Suardika²⁾, I.G.A Neny Purnawirati³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit
Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

^{2), 3)}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit
Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: gariniyogiani@gmail.com

Abstract

Formwork is one of the jobs that has work methods and material choices that continue to develop from time to time. In the construction project of the Tabanan Hospital NICU-PONEK Building which consists of a basement and 3 floors, the hospital planner used multiplex material for column formwork. In fact, currently there are new materials such as tegofilm with a higher number of uses. From these problems, a research will be conducted on the comparison of costs and time on the use of multiplex formwork with tegofilm formwork. From the results of the analysis, it will be known which formwork material is more appropriate to use. The research method used is a comparative descriptive method. Based on the results of the analysis, the cost of tegofilm formwork is cheaper by Rp. 9,175,996.11 or 13% compared to multiplex formwork. Meanwhile, in the analysis of time, tegofilm formwork has an execution time of 2 days faster than the multiplex formwork. So it can be concluded that tegofilm formwork is a better alternative for the use of column formwork in the construction project of the NICU-PONEK building at Tabanan Hospital.

Keywords: formwork, multiplex, tegofilm, cost, time.

Abstrak

Pekerjaan bekisting merupakan salah satu pekerjaan yang memiliki metode kerja dan pilihan material yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Pada proyek pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan yang terdiri dari basement dan 3 lantai, pihak perencana rumah sakit ini menggunakan material multiplek untuk bekisting kolom. Padahal saat ini sudah ada material terbaru seperti tegofilm dengan jumlah penggunaan yang lebih banyak. Dari permasalahan tersebut maka akan dilakukan penelitian mengenai perbandingan biaya dan waktu pada penggunaan bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm. Dari hasil analisis akan diketahui material bekisting manakah yang lebih tepat untuk digunakan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif komparatif. Berdasarkan hasil analisis didapat biaya bekesting tegofilm lebih murah sebesar Rp. 9.175.996,11 atau 13% dibandingkan dengan bekesting multiplek. Sedangkan pada analisis waktu, bekisting tegofilm memiliki waktu pelaksanaan 2 hari lebih cepat dibandingkan dengan bekisting multiplek. Maka dapat disimpulkan bahwa bekisting

tegofilm menjadi alternatif yang lebih baik untuk penggunaan bekisting kolom pada proyek pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan.

Kata kunci : bekisting, multiplek, tegofilm, biaya, waktu.

PENDAHULUAN

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, metode kerja pada hakekatnya adalah penjabaran tata cara dan teknik-teknik pelaksanaan pekerjaan, yang merupakan inti dari seluruh kegiatan dalam sistem manajemen konstruksi [1]. Pekerjaan bekisting merupakan salah satu pekerjaan yang memiliki metode kerja dan pilihan material yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Saat ini bekisting yang masih umum digunakan adalah bekisting multiplek.

Formwork atau bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan [2]. Bekisting berfungsi sebagai acuan untuk mendapatkan bentuk profil yang diinginkan serta sebagai penampung dan penumpu sementara beton basah selama proses pengeringan.

Pada proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan yang terdiri dari basement dan 3 lantai yang didirikan dengan tujuan menunjang fasilitas kesehatan, khususnya bagi ibu bersalin dan bayi yang memerlukan perawatan khusus, pihak perencana rumah sakit ini menggunakan material multiplek pada pekerjaan bekisting kolom. Padahal saat ini sudah ada teknologi material baru seperti tegofilm yang dapat digunakan 6 hingga 12 kali.

Dari permasalahan di atas maka akan dilakukan penelitian mengenai perbandingan biaya dan waktu penggunaan bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm. Dari hasil analisis akan diketahui pemilihan material bekisting manakah yang lebih unggul dari segi biaya dan waktu dan lebih tepat untuk digunakan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa biaya yang diperlukan untuk penggunaan material bekisting multiplek dan bekisting tegofilm serta berapa perbandingan biayanya ?
2. Berapa waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan penggunaan material bekisting multiplek dan bekisting tegofilm serta berapa perbandingan waktunya ?
3. Alternatif manakah yang lebih baik diantara bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm untuk struktur kolom ?

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif komparatif. Yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk membandingkan objek tertentu. Dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan atau komparasi mengenai dua material bekisting. Nantinya hasil penelitian akan menemukan manakah material yang lebih unggul sehingga dapat digunakan untuk bahan pengambilan keputusan terkait topik yang sedang diteliti.

Pada studi kasus Proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan dipilih pelaksanaan pekerjaan bekisting. Jenis material yang digunakan adalah multiplek, lalu dibandingkan dengan penggunaan bekisting tegofilm dari segi biaya dan waktunya. Selanjutnya hasil analisis inilah yang akan menentukan material manakah yang lebih unggul dan lebih tepat digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN Detail Kolom

Pada proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan terdiri dari 1 buah basement, 3 lantai dan 1 lantai atap. Terdapat satu jenis kolom saja yaitu kolom persegi dengan berbagai macam ukuran. Rekapitulasi kolom struktur pada proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan dapat dilihat pada tabel berikut. Tabel 4. 1 Rekapitulasi Detail Kolom Pada Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan

Dimensi Kolom (cm)	Jumlah (buah)					Total
	<i>Basement</i>	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai Atap	
K1 (60 x 60 x 338)	7	12	12			31
K2 (50 x 50 x 338)						
K3 (40 x 40 x 338)		4	4	4	14	26
K3' (40 x 40 x 95)						
K4 (25 x 25 x 338)		1			6	7
K4' (25 x 25 x 317)						
JUMLAH	7	28	27	21	20	103

Menghitung Luasan Kolom

Perhitungan luas seluruh kolom pada tiap-tiap lantai dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Perhitungan Luas Kolom Per-Lantai

Jenis Kolom	Luas Bekisting Kolom					Luas Total (m ²)
	<i>Basement</i>	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai Atap	
K1	56,784	97,344	97,344			251,472
K2		74,36	74,36	114,92		264
K3		21,632	21,632	21,632		86,176
K3'					21,28	
K4		3,38				22,4
K4					19,02	
Luas Total (m ²)	56,784	196,716	193,336	136,552	40,3	623,688

Analisa Harga Material, Peralatan dan Tenaga Kerja

Analisa harga ini diambil dari AHSP Kabupaten Tabanan tahun 2020 sesuai dengan tahun pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan. Tabel 4. 3

Harga Satuan Material, Peralatan dan Tenaga Kerja Untuk Pekerjaan

Bekisting Multiplek

Kebutuhan		Satuan	Harga Satuan (Rp)
A. Material	Multiplek tebal 9 mm	lbr	122.738,88
	Kayu usuk 4/6	m3	3.142.115,20
	Kayu dolken gelam	btg	12.000,00
	Paku 5 cm dan 7 cm	kg	19.638,22
	Minyak bekisting	lt	19.638,22
B. Peralatan	Main frame	pcs	30.400,00
	Cross brace	pcs	15.200,00
	Pipe support	pcs	50.000,00
	Tie rod	pcs	50.000,00
C. Tenaga Kerja	Pekerja	OH	95.000,00
	Tukang Kayu	OH	110.000,00
	Kepala Tukang	OH	115.000,00
	Mandor	OH	120.000,00

Tabel 4. 4 Harga Satuan Material, Peralatan dan Tenaga Kerja Untuk Pekerjaan Bekisting Tegofilm

Kebutuhan		Satuan	Harga Satuan (Rp)
A. Material	Multiplek tegofilm 12 mm	lbr	265.000,00
	Kayu usuk 4/6	m3	3.142.115,20
	Kayu dolken gelam	btg	12.000,00
	Paku 5 cm dan 7 cm	kg	19.638,22
	Minyak bekisting	lt	19.638,22
B. Peralatan	Min frame	pcs	30.400,00
	Cros brace	pcs	15.200,00
	Pipe support	pcs	50.000,00
	Tie rod	pcs	50.000,00
C. Tenaga Kerja	Pekerja	OH	95.000,00
	Tukang Kayu	OH	110.000,00
	Kepala Tukang	OH	115.000,00
	Mandor	OH	120.000,00

Analisis Biaya

Pada analisis biaya dilakukan *setting* pada kedua jenis bekisting untuk mengetahui berapa jumlah pembuatan bekisting yang optimal. Dari total 103 kolom pada seluruh lantai didapat total 28 bekisting multiplek dengan penggunaan 4 kali pakai dan 16 bekisting tegofilm dengan penggunaan 8 kali pakai. Dimana jumlah pembuatan bekisting ini sangat diminimalkan namun tetap sesuai dengan durasi yang telah ditentukan dan dengan sisa penggunaan yang seminimal mungkin.

Berdasarkan hasil perhitungan, maka total seluruh biaya pekerjaan bekisting menggunakan multiplek dengan 4 kali pemakaian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Biaya Peralatan} + \text{Biaya Material dan Tenaga Kerja} \\
 &= \text{Rp. 22.997.600,00} + \text{Rp. 47.228.845,00} \\
 &= \text{Rp. 70.226.445,00}
 \end{aligned}$$

Jadi, total biaya yang diperlukan untuk bekisting dengan material multiplek adalah **Rp. 70.226.445,00.**

Sedangkan total seluruh biaya pekerjaan bekisting menggunakan tegofilm dengan 8 kali pemakaian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Biaya Peralatan} + \text{Biaya Material dan Tenaga Kerja} \\
 &= \text{Rp. } 15.859.200,00 + \text{Rp. } 45.191.248,89 \\
 &= \text{Rp. } 61.050.448,89
 \end{aligned}$$

Jadi, total biaya yang diperlukan untuk bekisting dengan material tegofilm adalah **Rp. 61.050.448,89**.

Setelah melakukan analisis kebutuhan biaya pada bekisting multiplek dan bekisting tegofilm maka selanjutnya akan dilakukan perbandingan biaya antara keduanya.

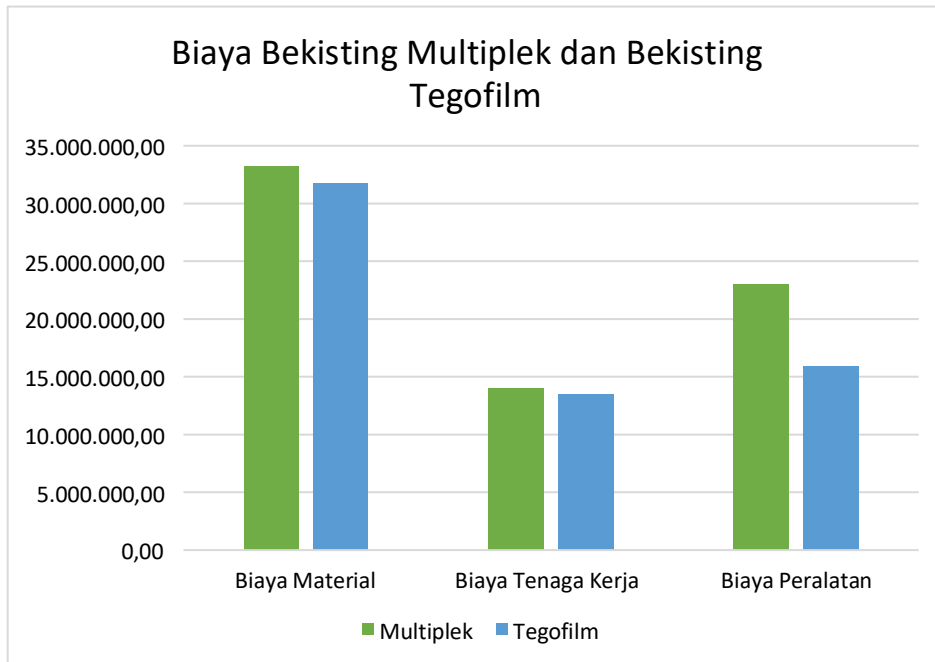
Rekapitulasi perbandingan biaya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perbandingan Biaya Bekisting Multiplek Dengan Bekisting Tegofilm

No	Rincian	Total Biaya Multiplek (Rp)	Total Biaya Tegofilm (Rp)
1	Biaya Material	33.241.428,33	31.712.998,89
2	Biaya Tenaga Kerja	13.987.416,67	13.478.250,00
3	Biaya Peralatan	22.997.600,00	15.859.200,00
Total Biaya (Rp)		70.226.445,00	61.050.448,89
Selisih Biaya (Rp)		9.175.996,11	

Hasil ini menunjukkan bahwa biaya pekerjaan bekisting untuk struktur kolom menggunakan tegofilm lebih murah 13% dibandingkan menggunakan material multiplek. Terlebih lagi tegofilm menjadi pilihan terbaik karena dengan hasil akhir permukaan beton yang lebih halus dan menghemat waktu terutama pada kolom expose yang tidak membutuhkan pekerjaan plester dan acian.

Berikut grafik yang menunjukkan perbandingan biaya material, tenaga kerja serta peralatan antara bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm.



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Biaya Antara Bekisting Multiplek Dengan Bekisting Tegofilm

Analisis Waktu

Secara teknis pengerjaannya, waktu pelaksanaan antara bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm tidak terdapat perbedaan. Hal ini dikarenakan keduanya merupakan material berjenis *plywood* sehingga tidak terdapat perbedaan proses pengerjaan yang signifikan. Namun, dari hasil *setting* penggunaan bekisting multiplek dan bekisting tegofilm didapat waktu pelaksanaan yang berbeda. Hal ini dikarenakan jumlah penggunaan yang berbeda 2 kali lipat. Hal inilah yang mempengaruhi total waktu pelaksanaan bekisting multiplek dan bekisting tegofilm.

Berdasarkan *time schedule* dan rencana kerja, pengerjaan kolom struktur pada setiap lantai diberi durasi 4 hari mulai dari proses pabrikasi, pemasangan, pengecoran hingga pembongkaran bekisting. Berikut merupakan hasil analisis waktu pelaksanaan pada bekisting multiplek dan bekisting tegofilm.

Pada analisis waktu bekisting multiplek, pada lantai basement dengan jumlah 7 kolom maka waktu pelaksanaan yang diperlukan adalah 2 hari, dimana pada hari pertama merupakan proses pabrikasi dan pemasangan lalu hari kedua merupakan proses pembongkaran. Selanjutnya 7 bekisting dari lantai basement ini digunakan kembali pada pengerjaan kolom lantai 1 dan dengan tambahan 1 bekisting baru yang dipasang pada hari

ke 1 dan dibongkar pada hari ke 2. Selanjutnya digunakan kembali sejumlah 4 bekisting pada hari ke 3 hingga hari ke 4 dan begitu seterusnya.

Berdasarkan hasil *setting* maka waktu pelaksanaan yang diperlukan pada setiap lantai adalah sebagai berikut.

1. Lantai Basement : 2 hari
2. Lantai 1 : 4 hari
3. Lantai 2 : 4 hari
4. Lantai 3 : 4 hari
5. Lantai Atap : 4 hari

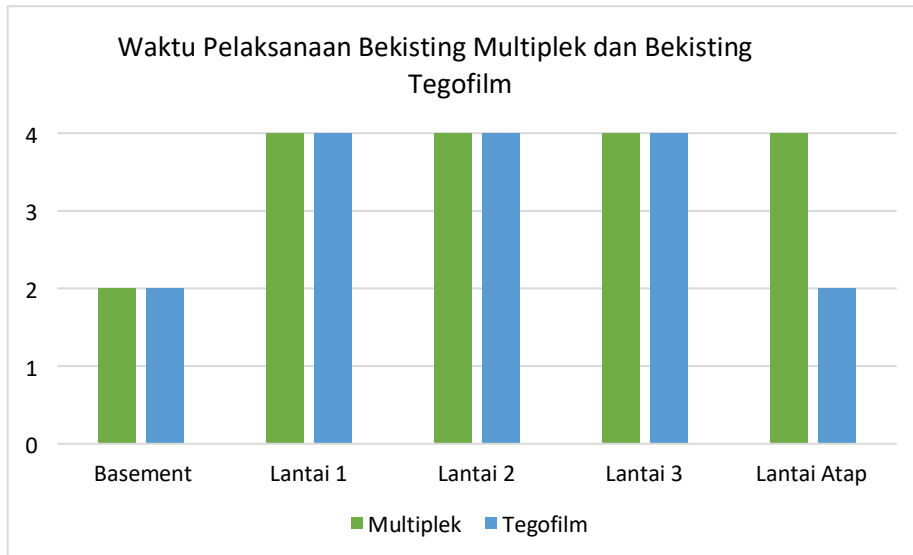
Pada analisis waktu bekisting tegofilm, pada lantai basement dengan jumlah 7 kolom maka waktu pelaksanaan yang diperlukan adalah 2 hari, dimana pada hari pertama merupakan proses pabrikan dan pemasangan lalu hari kedua merupakan proses pembongkaran. Selanjutnya 7 bekisting dari lantai basement ini digunakan kembali pada pengerjaan kolom lantai 1 yang dipasang pada hari ke 1 dan dibongkar pada hari ke 2. Selanjutnya digunakan kembali sejumlah 5 bekisting pada hari ke 3 hingga hari ke 4 dan begitu seterusnya.

Berdasarkan hasil *setting* diatas maka waktu pelaksanaan yang diperlukan pada setiap lantai adalah sebagai berikut.

1. Lantai Basement : 2 hari
2. Lantai 1 : 4 hari
3. Lantai 2 : 4 hari
4. Lantai 3 : 4 hari
5. Lantai Atap : 2 hari

Total waktu pelaksanaan pada bekisting multiplek adalah 18 hari, sedangkan total waktu pelaksanaan pada bekisting tegofilm adalah 16 hari. Perbandingan tersebut terletak pada waktu pelaksanaan di lantai atap dengan selisih 2 hari. Hal ini dikarenakan pada penggunaan bekisting multiplek tidak terdapat sisa penggunaan bekisting, sehingga

diperlukan waktu untuk pabrikan dan penggunaan berulang. Sedangkan pada penggunaan tegofilm terdapat cukup banyak sisa penggunaan bekisting sehingga hanya memerlukan waktu 2 hari untuk pengerjaan seluruh bekisting pada lantai atap. Berikut merupakan grafik perbandingan waktu pelaksanaan antara bekisting multiplek dengan bekisting tegofilm.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Waktu Pelaksanaan Bekisting Multiplek Dengan Bekisting Tegofilm

SIMPULAN

Dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan biaya pada pekerjaan bekisting kolom pada proyek pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan menggunakan material multiplek adalah sebesar Rp. 70.226.445,00 dan menggunakan material tegofilm adalah sebesar Rp. 61.050.448,89. Dengan selisih Rp. 9.175.996,11 atau 13% lebih murah maka material tegofilm menjadi pilihan yang lebih baik dari segi biaya dibandingkan dengan material multiplek.
2. Waktu pelaksanaan pada pekerjaan bekisting kolom untuk penggunaan material bekisting multiplek adalah 18 hari dan untuk penggunaan material tegofilm adalah 16 hari. Dengan selisih 2 hari maka bekisting tegofilm memiliki waktu pelaksanaan lebih cepat dibandingkan dengan bekisting multiplek.
3. Berdasarkan 2 kesimpulan di atas maka dapat disimpulkan bekisting tegofilm menjadi alternatif terbaik untuk penggunaan bekisting kolom pada proyek pembangunan Gedung NICU-PONEK RSUD Tabanan. Hal ini dikarenakan selisih biaya yang cukup jauh serta waktu pelaksanaan yang lebih cepat. Selain itu penggunaan material tegofilm memberikan hasil akhir permukaan beton yang lebih halus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Wayan Jawat (2015). *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi (Studi: Proyek Fave Hotel Kartika Plaza)*.
- [2] Sony Prakos Nugroho (2018). *Analysis Of Cost Comparison Between Multiplex Formwork And Tegofilm Formwork For High Rise Building Columns*.

PENYUSUNAN HARGA SATUAN PEKERJAAN (HSP) BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH BATU TABAS DAN LIMBAH BETON MELALUI RANGKAIAN JOBMIX BETON

I Gede Aristyawan, I Komang Sudiarta, Fajar Surya Herlambang.

Program Studi S1 Terapan Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik sipil,
Politeknik Negeri Bali, Jalan Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten
Badung, Bali.

E-mail: aristyawan1104@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan beton untuk infrastruktur menimbulkan inovasi tentang pemanfaatan material sebagai pengganti agregat pada beton. Salah satu bahan alternative yang dapat digunakan sebagai material pengganti agregat kasar pada beton yaitu limbah batu tabas dan limbah beton. Pemanfaatan limbah sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton telah dikaji menyangkut kuat tekan beton umur 28 hari. Untuk jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 27 buah dengan mutu 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran $d = 150$ mm dan $h = 300$ mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dan biaya yang dihasilkan menggunakan limbah batu tabas dan limbah beton. Hasil penelitian ini mendapatkan kuat tekan rata-rata yaitu untuk batu tabas $f'c$ 20 MPa mendapatkan 26,16 MPa, $f'c$ 25 MPa mendapatkan 24,97 MPa, $f'c$ 30 MPa mendapatkan 27,82 MPa, untuk limbah beton $f'c$ 20 MPa mendapatkan 23,51 MPa, $f'c$ 25 MPa mendapatkan 25,67 MPa, $f'c$ 30 MPa mendapatkan 31,14 MPa. Biaya beton yang dihasilkan yaitu untuk batu tabas $f'c$ 20 MPa didapatkan Rp5.088.419, $f'c$ 25 MPa didapatkan Rp5.146.982, $f'c$ 30 MPa didapatkan Rp5.070.214, untuk limbah beton $f'c$ 20 MPa didapatkan Rp4.597.459, $f'c$ 25 MPa didapatkan Rp4.684.702, dan $f'c$ 30 MPa didapatkan Rp4.666.371

Kata Kunci : *Kuat Tekan, Limbah Batu Tabas, Limbah Beton*

ANALYSIS OF UNIT OF WORK PRICE (HSP) CONCRETE WITH COARD AGGREGATE WASTE ABOUT STONE AND WASTE CONCRETE

Abstract

The increasing need for concrete for infrastructure has led to innovations regarding the use of materials as a substitute for aggregate in concrete. One alternative material that can be used as a substitute for coarse aggregate in concrete is tabas stone waste and concrete waste. Utilization of waste as a substitute for coarse aggregate in concrete mixtures has been studied regarding the compressive strength of 28-day-old concrete. For the number of specimens made as many as 27 pieces with a quality of 20 MPa, 25 MPa, and 30 MPa. The test object is made in the form of a cylinder with a size of $d = 150$ mm and $h = 300$ mm.

This study aims to determine the compressive strength of concrete and the costs produced using tabas stone waste and concrete waste. The results of this study get the average compressive strength, namely for tabas stone $f'c$ 20 MPa gets 26.16 MPa, $f'c$ 25 MPa gets

24.97 MPa, f'_c 30 MPa gets 27.82 MPa, for waste concrete f'_c 20 MPa gets 23.51 MPa, f'_c 25 MPa gets 25.67 MPa, f'_c 30 MPa gets 31.14 MPa. The cost of concrete produced is for tabas stone f'_c 20 MPa obtained Rp. 5,088,419, f'_c 25 MPa is Rp. 5,146,982, f'_c 30 MPa is Rp. 5,070,214, for waste concrete f'_c 20 MPa is Rp. 4,597,459. , f'_c 25 MPa got IDR 4,684,702, and f'_c 30 MPa got IDR 4,666.371

Keywords: *Compressive Strength, Tabas Stone Waste, Concrete Waste*

PENDAHULUAN

Beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen dan air sebagai bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2019). Agregat penyusun beton berasal dari tambang hasil vulkanisme gunung berapi (seperti pasir, koral) dan daur ulang limbah beton (bongkaran konstruksi bangunan). Sifat beton yang kuat menahan beban, mudah dikerjakan dan biaya pemeliharaan yang murah menyebabkan beton menjadi pilihan dalam mendirikan suatu bangunan. Seiring dengan kebutuhan beton yang meningkat maka kebutuhan agregat penyusun beton akan semakin bertambah. Meningkatnya kebutuhan material dalam jumlah yang banyak menyebabkan ketersediaan bahan semakin sulit didapatkan.

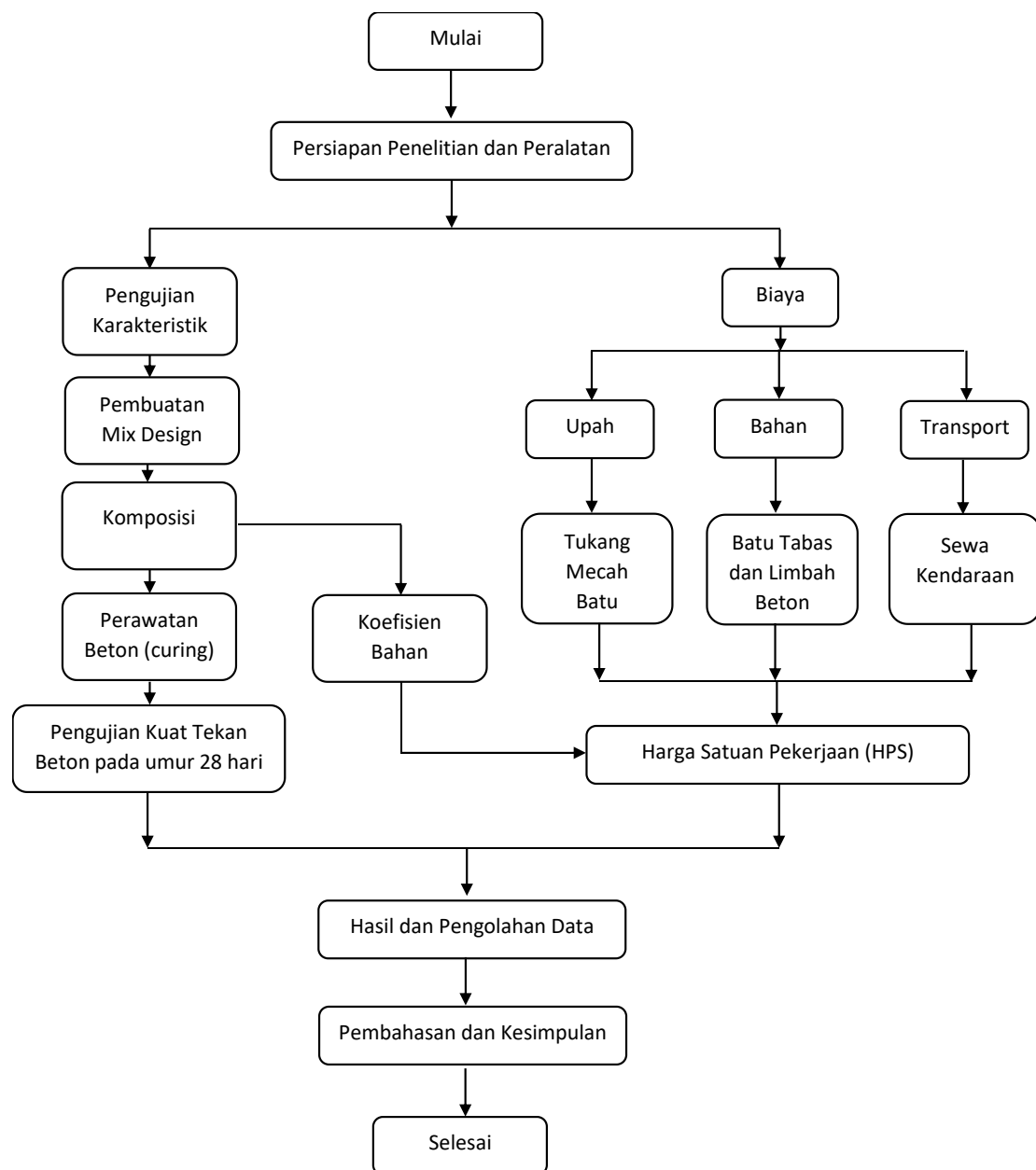
Karena sulitnya material penyusun beton maka bahan alternatif sebagai bahan penyusun beton sangat diperlukan. Beberapa diantaranya yaitu Batu Tabas dan Limbah Beton. Batu tabas merupakan salah satu limbah dari hasil pembuatan bangunan tradisional Bali. Limbah tersebut banyak dijumpai dan tidak ada tindak lanjut dari bahan sisa tersebut. Limbah batu tabas tersebut bisa menghasilkan kerikil dan abu batu (fly ash). Batu tabas biasanya diolah oleh pengerajin ukir untuk dipergunakan sebagai bahan ornamen bangunan tradisional. dalam proses pengolahan batu tabas oleh pengerajin terdapat material sisa berupa limbah berupa potongan-potongan batu tabas. Sekitar 30% dari jumlah batu tabas yang diolah oleh pengerajin berakhir menjadi limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran untuk membuat beton $f'c$ 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa dengan agregat kasar limbah batu tabas dan limbah beton dan HSP beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar kerikil batu tabas dan limbah beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui komposisi beton dengan menggunakan agregat kasar limbah batu tabas dan limbah beton dengan mutu $f'c$ 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa. dan untuk mengetahui HSP yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar batu tabas dan limbah beton.

METODE PENELITIAN

Penelitian kuat tekan beton yang menggunakan kerikil Batu Tabas dan Limbah Beton dengan tujuan untuk mengetahui apakah dengan menggunakan batu tabas dan limbah beton tersebut dapat memenuhi mutu rencana. Pada penelitian ini penulis akan membuat beton normal dengan mutu $f'c$ 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa. Jumlah benda uji dalam penelitian ini yaitu sebanyak 27 buah benda uji dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kemudian dilakukan pembuatan benda

uji dengan agregat kasar Batu Tabas dan kerikil Limbah Beton. Jika sudah maka akan dilanjutkan untuk melakukan pengujian kuat tekan beton untuk benda uji silinder pada umur beton 28 hari. Pada akhir penelitian akan didapat HSP beton menggunakan agregat kasar Batu Tabas dan Limbah Beton. Dari hasil pengujian tersebut akan muncul kuat tekan rata-rata dan HSP yang menunjukkan apakah biaya beton menggunakan krikil batu tabas dan limbah beton lebih tinggi atau sebaliknya jika dibandingkan dengan biaya beton normal.



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Umum

Dalam pembahasan ini, peneliti akan membahas tentang studi eksperimen dengan penggunaan limbah beton dan limbah batu tabas sebagai pengganti agregat kasar pada material penyusun beton yang dilaksanakan di Laboratorium Material Politeknik Negeri Bali. Seluruh tahapan-tahapan penelitian yang direncanakan telah selesai dilakukan. Dimulai dari pengujian propertis bahan pembuat beton (Pasir, Kerikil dan Semen), pembuatan benda uji beton dengan menggunakan perbandingan campuran, hingga mendapatkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilaksanakan pada umur beton 28 hari. Hasil yang berupa data-data pengujian akan dianalisis apakah dengan menggunakan limbah beton dan limbah batu tabas dapat dipakai sebagai pengganti agregat kasar.

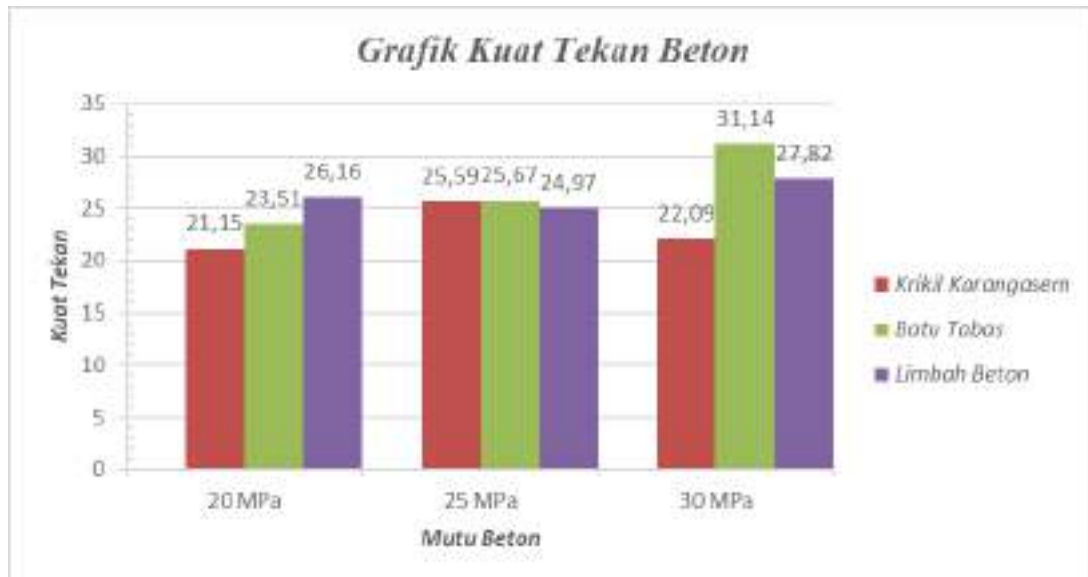
B. Hasil Kuat Tekan Beton

Dari hasil kuat tekan rata-rata yang didapatkan, untuk beton normal tidak sesuai dengan mutu yang ditargetkan karena kadar lumpur dari material yang melebihi 5% dan penggunaan standar deviasi penulis yang terlalu kecil. nilai standar deviasi 3 penulis tetapkan untuk proses pencampuran beton dengan mesin molen sedangkan pada saat pencampuran dilakukan secara manual. Berikut adalah hasil rata-rata kuat tekan beton:

Tabel 13 Rata-rata kuat tekan beton

No	Mutu Beton	KK	BT	LB
1	20 MPa	21,15	23,51	26,16
2	25 MPa	25,59	25,67	24,97
3	30 MPa	22,09	31,14	27,82

Sumber: Data primer hasil analisis penulis, 2021



Gambar 3 Grafik kuat tekan rata-rata beton

Sumber: Data primer hasil analisis penulis, 2021

Dari hasil kuat tekan rata-rata yang didapatkan, mutu beton tidak sesuai dengan mutu beton yang ditargetkan karena kurangnya trial dan error sebelum melaksanakan pengecoran beton yang sesungguhnya, kadar lumpur dari material melebihi 6% dan penggunaan standar deviasi penulis yang kecil, karena nilai standar deviasi 4, untuk proses pencampuran beton menggunakan molen sedangkan pada saat pelaksanaan mesin molen rusak, sehingga pencampuran beton dilakukan secara manual yang menyebabkan campuran beton tidak homogen.

C. Perbedaan Harga Satuan Pekerjaan Beton

Dalam perhitungan AHSP beton, diperlukan adanya menentukan harga beton yang bertujuan untuk mengetahui biaya yang dihasilkan dengan menggunakan bahan agregat kasar limbah batu tabas dan limbah beton, untuk mengetahui apakah biaya yang dihasilkan lebih kecil dari beton normal atau sebaliknya. Sehingga didapatkan Harga Satuan Pekerjaan Beton normal $f'c$ 20 MPa didapatkan jumlah harga Rp. 1.017.766, $f'c$ 25 MPa didapatkan jumlah harga Rp. 1.055.461, dan $f'c$ 30 MPa didapatkan jumlah harga Rp. 1.103.937, sedangkan Beton dari krikil limbah beton untuk $f'c$ 20 MPa didapatkan harga Rp. 4.238.225, $f'c$ 25 MPa didapatkan harga 4.320.497, $f'c$ 30 MPa didapatkan harga Rp. 4.309.077, dan untuk Beton dari limbah batu tabas $f'c$ 20 MPa didapatkan harga Rp. 5.241.424, $f'c$ 25 MPa didapatkan harga Rp. 5.300.849, dan $f'c$ 30 MPa didapatkan harga 5.219.434. Sehingga hasil dari beton yang dibuat dari batu tabas dan limbah beton

untuk harga 1 m³ lebih mahal jika dibandingkan dengan beton normal, karena biaya upah pekerja untuk memecah batu tabas dan limbah beton terlalu mahal.

Tabel 14 Resume Harga Satuan Pekerjaan Beton

NO	Agregat	Harga Satuan (Rp)		
		20 MPa	25 MPa	30 MPa
1	Krikil Karangasem	Rp 1.017.767	Rp 1.055.462	Rp 1.103.938
2	Krikil Limbah Beton	Rp 4.238.226	Rp 4.320.497	Rp 4.309.077
3	Krikil Batu Tabas	Rp 5.241.424	Rp 5.300.849	Rp 5.219.434

Sumber: Data primer hasil analisis penulis, 2021

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah penulis sampaikan , adapun simpulan yang dapat penulis ambil dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Komposisi campuran untuk membuat beton f'c 20 MPa, 25 MPa, dan 30 MPa dengan agregat kasar limbah batu tabas dan limbah beton sebagai berikut :

a. Krikil Limbah Batu Tabas

- f'c 20 MPa mendapatkan komposisi 371,29 kg : 646,23 kg : 822,48 kg
- f'c 25 MPa mendapatkan komposisi 403,95 kg : 598,94 kg : 827,11 kg
- f'c 30 MPa mendapatkan komposisi 447,02 kg : 580,85 kg : 802,13 kg

b. Krikil Limbah Beton

- f'c 20 MPa mendapatkan komposisi 371,29 kg : 690,94 kg : 879,38 kg
- f'c 25 MPa mendapatkan komposisi 403,95 kg : 645,60 kg : 891,55 kg
- f'c 30 MPa mendapatkan komposisi 447,02 kg : 633,35 kg : 874,63 kg

2. Biaya beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar batu tabas dan limbah beton disimpulkan sebagai berikut :

a. Krikil Limbah Batu Tabas

- f'c 20 MPA didapatkan jumlah harga Rp5.088.419
- f'c 25 MPa didapatkan jumlah harga Rp5.146.982
- f'c 30 MPa didapatkan jumlah harga Rp5.070.214

b. Krikil Limbah Beton

- f'c 20 MPa didapatkan jumlah harga Rp4.597.459
- f'c 25 MPa didapatkan jumlah harga Rp4.684.702
- f'c 30 MPa didapatkan jumlah harga Rp4.666.371

Sehingga dapat disimpulkan, karena biaya upah pekerja untuk memecah batu tabas dan limbah beton terlalu mahal dibandingkan dengan harga beton normal. Sehingga tidak disarankan untuk membuat beton menggunakan limbah beton dan batu tabas

SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik maka diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang disebutkan sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh benda uji yang baik harus lebih diperhatikan pada saat proses pembuatan beton, karena kurangnya trial dan error sebelum melaksanakan pengecoran beton yang sesungguhnya, kadar lumpur dari material melebihi 6% dan penggunaan standar deviasi penulis yang kecil, karena nilai standar deviasi 4, untuk proses pencampuran beton menggunakan molen sedangkan pada saat pelaksanaan mesin molen rusak, sehingga pencampuran beton dilakukan secara manual yang menyebabkan campuran beton tidak homogen, yang menyebabkan kuat tekan tidak sesuai dengan yang direncanakan.
2. Untuk sampel benda uji terlalu sedikit sehingga jika ada data yang dieliminasi yang menyebabkan kekurangan sampel. Saran penelitian kedepannya dibuatkan sampel uji sebanyak minimal 10 buah agar data yang didapatkan lebih mencerminkan karakteristik benda uji dan tidak terlalu terpengaruh bila ada data yang dieliminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (SNI 03-2874-2019), *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung*.
- [2] Intara, I W dkk. 2010. “Pemanfaatan Serbuk Batu Tabas Sebagai Pengganti Sebagian Semen” . Badung:Politeknik Negeri Bali.
- [3] SNI 03-1968-1990 “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”
- [4] Aulia Fira Riza, 2015. Studi Pengaruh Penggunaan Agregat Halus Daur Ulang dan Agregat Kasar Daur Ulang dari Limbah Beton Padat dengan Mutu K350-K400 menggunakan *Admixture* Conplast SP 337 terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur, dan Susut pada Beton [Skripsi] ID : Universitas Indonesia.
- [5] I Gede Hendraba. Analisis Kuat Tekkan Beton Dari Limbah Pekerjaan Struktur
- [6] Intara, I W dkk. 2010. “Pemanfaatan Serbuk Batu Tabas Sebagai Pengganti Sebagian Semen” . Badung:Politeknik Negeri Bali.
- [7] Mulyono, Tri. 2003. “Teknologi Beton”. Andi, Yogyakarta

ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN JALAN DAN BIAYA PERBAIKAN JALAN (Studi Khusus Di Jalan Kebo Iwa Selatan, Denpasar, Bali)

I Putu Ribawa ⁽¹⁾, P.D. Pariawan ⁽²⁾, Wayan Suparta ⁽³⁾

- (4) Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali
Phone: 081338636379, Email: dinata4L@gmail.com
- (5) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali
- (6) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Uluwatu No.4, Jimbaran, Kec. Kuta Selatan, Kab Badung, Bali

Abstract : *Roads are a basic need in community activities. This is because roads as part of transportation infrastructure have an important role in the economic, socio-cultural, environmental, political, defense and security fields. Therefore, it is necessary to plan optimal road construction and meet technical requirements according to function, volume and traffic characteristics so that the development can be of maximum use for the development of the surrounding area. but over time the road will experience a decrease in conditions according to the increasing age of the road so that it will become an obstacle in the smooth running of a journey. One of the damaged roads, namely the road on Jalan Kebo Iwa Selatan, after conducting a site survey there were several examples of damage on the road, including: Cracks, holes, bumps and patches. To handle the widening of road damage, the selection of a good method to deal with these problems is carried out using the Bina Marga method. From the results of the traffic volume survey, the average daily volume is 1621.53 Smp/day. The road damage that occurred was 2520.15 m² or 32% of the total road. From the assessment of the Bina Marga method, the category of periodic repairs and road repair methods is determined using the standard and overlay method, where with CBR data obtained in the field and looking for CBR 90% with a graph, the design CBR results are 7.22 and after the count, the overlay layer thickness is 7cm thick. The budget plan for road repairs using AHSP Denpasar was obtained at a cost of Rp. 501,268,214.86 with a processing time of 3 weeks.*

Keyword : *Road Damage, Road Repair Method*

Abstrak : Jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Hal ini dikarenakan jalan sebagai bagian prasarana transportasi yang mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan. Oleh karena itu diperlukan perencanaan konstruksi jalan yang optimal dan memenuhi syarat teknis menurut fungsi, volume maupun sifat lalu lintas sehingga pembangunan tersebut dapat berguna maksimal bagi perkembangan daerah sekitarnya. namun seiring berjalannya waktu jalan raya akan mengalami penurunan kondisi sesuai dengan bertambahnya umur dari jalan tersebut sehingga akan menjadi suatu hambatan dalam kelancaran suatu perjalanan. Salah satu ruas jalan yang mengalami kerusakan, yaitu ruas jalan di Jalan Kebo Iwa Selatan, setelah melakukan survey lokasi ada

beberapa contoh kerusakan yang ada di jalan tersebut antara lain: Retak, berlubang, bergelombang dan tambalan. Untuk penanganan kerusakan jalan yang melebar maka dilakukannya pemilihan metode yang baik untuk menangani permasalahan tersebut dengan menggunakan metode Bina Marga. Dari hasil survey volume lalu lintas di dapat volume harian rata-rata 1621,53 smp/hari. Kerusakan jalan yang terjadi adalah 2520,15 m² atau 32% dari total keseluruhan jalan. Dari penilaian metode Bina Marga maka di dapatkan kategori perbaikan berkala dan metode perbaikan jalan di tentukan dengan menggunakan metode standar dan overlay , dimana dengan data CBR yang di dapat di lapangan dan di cari CBR 90% dengan grafik maka di dapat hasil CBR desain 7,22 dan setelah di hitungan di dapat tebal lapisan overlay dengan tebal 7cm. Rencana anggaran biaya dari perbaikan jalan dengan menggunakan AHSP Denpasar di dapat biaya sebesar Rp.501.268.214,86 dengan waktu pengerjaan selama 3 minggu.

Kata Kunci : Kerusakan Jalan, Metode Perbaikan jalan

PENDAHULUAN

Salah satu prasarana transportasi adalah jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Hal ini dikarenakan jalan sebagai bagian prasarana transportasi yang mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan. Dengan melihat hal ini maka diperlukan peningkatan baik kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satu jenis transportasi adalah transportasi darat, dimana transportasi darat yang paling berperan adalah jalan raya. Jalan raya sebagai sarana transportasi memegang peranan yang sangat penting bagi pengembangan suatu daerah. Jalan raya juga untuk mendukung keberhasilan pembangunan daerah itu sendiri.

Jalan raya merupakan fasilitas yang penting bagi masyarakat agar dapat mencapai suatu tujuan yang diinginkan, untuk itu masyarakat membutuhkan jalan raya yang aman dan nyaman bagi penggunaanya. perkerasan jalan yang baik juga diharapkan dapat memberi rasa aman dan nyaman dalam mengemudi. Oleh karena itu diperlukan perencanaan konstruksi jalan yang optimal dan memenuhi syarat teknis menurut fungsi, volume maupun sifat lalu lintas sehingga pembangunan tersebut dapat berguna maksimal bagi perkembangan daerah sekitarnya. namun seiring berjalannya waktu jalan raya akan mengalami penurunan kondisi sesuai dengan bertambahnya umur dari jalan tersebut sehingga akan menjadi suatu hambatan dalam kelancaran suatu perjalanan.

Salah satu ruas jalan yang mengalami kerusakan, yaitu ruas jalan di Jalan Kebo Iwa Selatan, setelah melakukan survey lokasi ada beberapa contoh kerusakan yang ada di jalan tersebut antara lain: Retak, berlubang, bergelombang dan tambalan kerusakan ini dikarenakan adanya peningkatan volume kendaraan pada ruas jalan ini. Hal ini mengakibatkan penurunan kecepatan yang berpengaruh terhadap perkerasan jalan, waktu tempuh dan juga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Pengaruh kendaraan dalam arus lalu lintas diruas jalan tersebut tidak bisa diabaikan kondisi ruas jalan tersebut mengalami kerusakan.

Dari kerusakan ini kita juga perlu menganalisa berapa biaya yang diperlukan untuk perbaikan tersebut, Melihat masalah-masalah yang terjadi di jalan raya khususnya di Jalan Kebo Iwa Selatan selama ini, maka perlu diadakan penelitian untuk mengukur tingkat kerusakan jalan pada jalan tersebut. Maka dari itu sangat penting untuk melakukan pemeliharaan yang bersifat pencegahan. Berdasarkan pertimbangan yang telah dikemukakan di atas, maka pada Tugas Akhir ini akan meneliti tentang “ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN JALAN DAN BIAYA PERBAIKAN JALAN (Studi Kasus Di Jalan Kebo Iwa Selatan)” Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Seberapa besar tingkat kerusakan yang terjadi pada ruas jalan di Jalan Kebo Iwa Selatan ?
2. Berapa biaya yang di perlukan untuk perbaikan jalan pada ruas jalan di Jalan Kebo Iwa Selatan ?
3. Berapa waktu yang di perlukan untuk perbaikan jalan di ruas jalan Kebo Iwa Selatan ? Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, antara lain:
 1. Untuk mengetahui seberapa besar nilai kerusakan jalan Jalan Kebo Iwa Selatan.
 2. Untuk mengetahui perkiraan biaya yang di perlukan untuk perbaikan jalan di Kebo Iwa Selatan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi. Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain:

1. Untuk memberikan referensi mengenai perkiraan biaya perbaikan jalan kepada mahasiswa Teknik sipil.
2. Sebagai informasi yang dapat digunakan untuk wawasan bagi orang-orang di bidang konstruksi mengenai kerusakan jalan. Agar penyusunan dan pembahasan dari proposal ini terarah maka adapun Batasan masalah yang terdapat di sini yaitu:
 1. Batasan Lokasi tinjauan yang digunakan pada proposal ini adalah sepanjang Jalan Kebo Iwa Selatan.
 2. Penelitian ini fokus meninjau rencana perbaikan pada lapisan perkerasan Jalan Kebo Iwa Selatan.
 3. Penelitian ini membahas mengenai tingkat kerusakan jalan serta rencana biaya yang diperlukan untuk perbaikan jalan yang ditinjau.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini rancangan penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif untuk mengungkapkan kejadian atau fakta, keadaan, variabel dan keadaan yang terjadi saat penelitian berlangsung dengan menyuguhkan apa yang sebenarnya terjadi di lapangan. Lokasi penelitian dalam tugas akhir ini berlokasi di Kota Denpasar, Provinsi Bali yang tepatnya Politeknik Negeri Bali – Jalan Kebo Iwa Selatan : 20,8 Km. ada beberapa data yang perlu dicari sebagai berikut: Data primer yang digunakan sebagai Survei kondisi geometrik jalan, Survei volume lalu lintas, Survei kerusakan jalan, Survey data DCP dan data sekunder seperti, Peta lokasi dan peta teknis penelitian, Jumlah penduduk tahun 2020, AHSP Denpasar. Pada pencarian data volume lalu lintas harian dilakukan dengan form yang sudah dibuat lalu dilakukan di jam-jam sibuk pada penelitian ini dilakukan pada jam pagi yaitu 07:00-09:00, siang 12:00-14:00, dan sore 17:00-19:00 yang dilakukan selama 6 hari, pencarian data geometrik jalan dengan menggunakan alat ukur meteran roll dan meteran roda untuk mendapatkan data panjang jalan dan lebar jalan, pengujian DCP dilakukan di beberapa titik untuk mendapatkan data penetrasi tanah yang nantinya dihitung untuk mendapatkan CBR desain, data kerusakan jalan dicari menggunakan alat ukur meteran dan form untuk mencatat berapa luas kerusakan yang ada beserta jenis kerusakannya. Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data data lapangan yang sudah terkumpul untuk mendapatkan data tingkat kerusakan jalan, data volume lalu lintas harian, data CBR desain, dan Rencana anggaran biaya serta Time Schedule.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometric Jalan

Hasil dari pengukuran di lapangan diperoleh panjang jalan 1,3 km di mana STA 0+000 saya petakan di pertigaan sebelah pertamanya dan STA 1+300 berakhir di perempatan MCD Kebo Iwa dengan lebar jalan 5 meter dengan lebar bahu adalah 2,5 meter dan bahu jalan 0,5 meter

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang didapat pada saat survei di jalan kebo iwa selatan dengan panjang STA 0+000 – STA 1+300 yang dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (Smp) menurut masing-masing jenis kendaraan, berikut merupakan hasil rekaman data harian rata-rata selama 6 hari survei, Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa volume lalu

lintas tertinggi adalah pada hari senin dengan jumlah 1678,08 smp/hari sedangkan volume lalu lintas terendah berapa pada hari sabtu dengan jumlah 1478,38 smp/hari dan mendapatkan hasil rata rata per hari dengan jumlah 1621,53 smp/hari. Berikut merupakan rekapan data volume per jam tertinggi dan terendah :

253. *Tabel 4. 2 Rekapitulasi volume perjam tertinggi dan terendah*

Waktu	Max	Min	Rata-Rata
07:00-08:00	1580,6	1107,3	1425,60
08:00-09:00	1857,8	1624,9	1766,18
12:00-13:00	1597,9	1402,8	1484,47
13:00-14:00	1591,7	1421,1	1491,87
17:00-18:00	2070,9	1780,2	1969,07
18:00-19:00	1637,1	1482	1592,02

Pada grafik diatas menjelaskan bahwa volume lalu lintas maximal, minimal dan rata-rata per jam yaitu pagi, siang, sore,dan malam ,volume rata lalulintas yang paling tinggi pada pukul 17:00 – 18:00 dengan jumlah kendaraan 2070,9 smp/jam dan volume maximal paling rendah pada pukul 13:00 – 14:00 dengan jumlah kendaraan 1591,7 smp/jam.

Data Kerusakan Jalan

Total dari kerusakan jalan keseluruhan sepanjang jalan kebo iwa selatan adalah 32% atau 2520,15 m² dari luas keseluruhan jalan 7800 m² dengan kondisi kerusakan kategori sedang dengan nilai 5.

Metode Bina Marga

254. *Tabel 4. 3 Rekap kategori perbaikan*

Segmen	STA	Nilai Kondisi Jalan	Nilai LHR	Urutan Prioritas	Kategori Perbaikan Kerusakan
1	0+000 - 0+100	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
2	0+100 - 0+200	5	4	8	Pemeliharaan Rutin
3	0+200 - 0+300	4	4	9	Pemeliharaan Rutin
4	0+300 - 0+400	5	4	8	Pemeliharaan Rutin
5	0+400 - 0+500	4	4	9	Pemeliharaan Rutin
6	0+500 - 0+600	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
7	0+600 - 0+700	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
8	0+700 - 0+800	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
9	0+800 - 0+900	4	4	9	Pemeliharaan Rutin
10	0+900 - 1+000	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
11	1+000 - 1+100	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
12	1+100 - 1+200	7	4	6	Pemeliharaan Berkala
13	1+200 - 1+300	5	4	8	Pemeliharaan Rutin

Metode Perbaikan Jalan

Metode Perbaikan Jalan Standar

Untuk menentukan perbaikan kerusakan jalan di ruas jalan kebo iwa selatan, maka harus diadakan pemilihan terhadap jenis dan luas kerusakan yang terjadi. Penanganan kerusakan permukaan jalan pada lapis lentur menggunakan Metode Perbaikan Standar Bina Marga 1995. Berikut merupakan luas kerusakan jalan yang di perbaiki dengan metode standar :

255. Tabel 4. 4 Rekap luas kerusakan jalan

No	Ruas Jalan (STA)	Luas Kerusakan
1	0+000 - 0+100	21,84
2	0+100 - 0+200	124,74
3	0+200 - 0+300	33,70
4	0+300 - 0+400	45,87
5	0+400 - 0+500	141,00
6	0+500 - 0+600	93,08
7	0+600 - 0+700	222,63
8	0+700 - 0+800	112,52
9	0+800 - 0+900	125,22
10	0+900 - 1+000	236,78
11	1+000 - 1+100	32,52
12	1+100 - 1+200	158,47
13	1+200 - 1+300	219,65
Total		1568,01

Metode Perbaikan Overlay

Metode perbaikan jalan yang di gunakan pada rusa jalan kebo iwa selatan yaitu menggunakan metode overlay dengan ketebalan yang akan di hitung sebagai berikut :

Hasil data CBR di jalan kebo iwa selatan dapat di lihat di bawah :

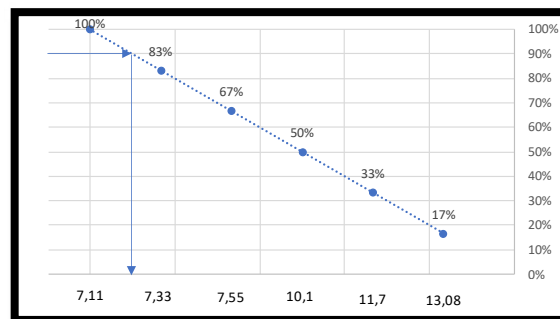
Pengujian dilakukan dengan konus 30° sehingga rumus untuk perhitungannya adalah $\text{Log}(\text{CBR}) = 1,352 - 1,125 * \text{LOG DCP (mm/tumbukan)}$ berikut merupakan hasil perhitungan excel dari data yang di dapat :

Perhitungan CBR desain :

256. Tabel 4. 3 Rekapitulasi data CBR

CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen sama atau lebih besar
7,11	6	100%
7,33	5	83%
7,55	4	67%
10,16	3	50%
11,73	2	33%
13,08	1	17%

Sumber : Perhitungan Excel



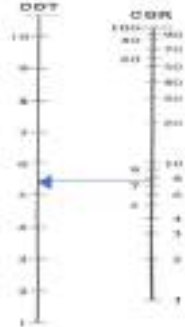
257. Gambar 4. 1 Grafik CBR 90%

Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentasi pada nilai

CBR yang mewakili adalah didapat dari angka persentase 90% dan diperoleh CBR desainnya 7,22%

Penentuan DDT dengan grafik :

Dengan nilai CBR yang di dapat adalah 7,22% maka dari grafik hubungan antara CBR dan DDT diperoleh DDT dengan besar 5,4 dapat di lihat seperti berikut :



258. Gambar 4. 2 Hubungan CBR dan DDT Kebo Iwa Selatan

Faktor Regional (FR)

% Kendaraan berat = Total kendaraan berat / Total seluruh kendaraan

% Kendaraan berat = $447,53 / 2592,03 = 0,172 = 17\%$

Dan curah hujan = < 900 mm/thn

259. Tabel 4. 5 Faktor Regional (FR)

Curah hujan (mm / th)	Kelandaian < 6 %		Kelandaian 6 – 10 %		Kelandaian > 10 %	
	% Kend. Berat	% Kend. berat	% Kend. Berat	% Kend. Berat	% Kend. Berat	% Kend. berat
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

Jadi hubungan antara %kendaraan berat dan iklim di dapatkan angka 0,5 berdasarkan tabel 4.29 di atas maka diperoleh FR = 0,50

Lintas Ekuivalen Rencana

a. Angka Ekuivalen (E) Masing Masing Kendaraan

260. Tabel 4. 6 Angka ekivalen masing masing kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000		0,0002	--
2000		0,0036	0,0003
3000		0,0183	0,0016
4000		0,0577	0,0050
5000		0,1410	0,0121
6000		0,2923	0,0251
7000		0,5415	0,0466
8000		0,9238	0,0794
8160		1,0000	0,0860
9000		1,4798	0,1271
10000		2,2555	0,1940
11000		3,3022	0,2840
12000		4,6770	0,4022
13000		6,4419	0,5540
14000		8,6647	0,7452
15000		11,4184	0,9820
16000		14,7815	1,2712

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

Jenis kendaraan	Beban Sumbu (Kg)	
	Depan	Belakang
Mobil Penumpang	1000	1000
Pick Up	1000	1000
Bus	4000	6000
Truck Berat	6000	2x7000

b. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR \times C \times E$$

261. Tabel 4. 7 Perhitungan LEP

No	Jenis Kend	Perhitungan	Jumlah LEP
1	LV	407 x 0,5 x 0,0004	0,0814
2	HV	41 x 0,5 8,957	183,6185
Total			183,6999

Jadi LEP yang di dapat adalah 183,6999 Kendaraan

c. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{ur} \times C_j \times E_j$$

$$LEA = \sum_{j=1}^n LEP (1 + i)^{ur}$$

$$LEA = 183,6999 (1+0,1)^{10}$$

$$LEA = 476,4702305 \text{ Kendaraan}$$

d. Lintas Ekivalen Tengah

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA)$$

$$LET = \frac{1}{2} (183,6999 + 476,4702305)$$

$$LET = 330,0850653 \text{ Kendaraan}$$

e. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$F_p = UR/10 = 10/10 = 1$$

$$LER = LET \times F_p$$

$$LER = 330,0850653 \times 1$$

$$LER = 330,0850653 \text{ Kendaraan}$$

Indeks Permukaan (IP)

Direncanakan lapisan permukaan menggunakan LASTON (Lapis Tipis Aspal Beton) dengan roughness < 1000 mm/km dan mendapat IP0 dari tabel 4.32 adalah ≥ 4 yang dapat dilihat seperti di bawah :

262. Tabel 4. 8 Indek permukaan

Jenis Lapis perkerasan	IPo	Roughness *) (mm/ km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Kelas Jalan Kolektor dengan LER = 330,0850653 Kendaraan maka dari tabel 4.33 di peroleh IPt = 2 yang dapat di lihat seperti di bawah :

263. Tabel 4. 9 Indeks Permukaan Akhir (IPt)

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Local	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 –	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2	2,0 –	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

Menentukan Indek Tebal Perkerasan (ITP)

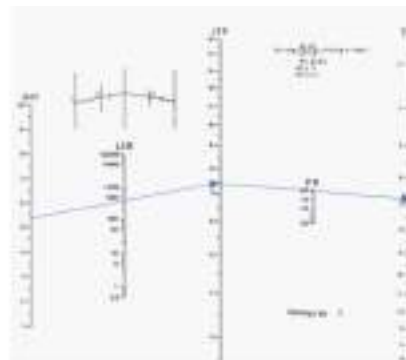
$$IP0 = \geq 4$$

$$IPt = 2$$

$$LER = 330,0850653 \text{ Kendaraan}$$

$$DDT = 5,4$$

$$FR = 0,5$$



264. Gambar 4. 3 Grafik Nomogram IP0=4 dan IPt=2

Dari grafik di atas diperoleh $ITP = 6,8 = 7$

Menentukan Tebal Masing Masing Perkerasan

265. Tabel 4. 10 Nilai koefisien kekuatan relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Batas			Jenis Batas
k_1	k_2	k_3	MPS (kg)	kg/m ² (cm)	CMR (%)	
0,01	—	—	122	—	—	Lentur
0,15	—	—	500	—	—	
0,35	—	—	454	—	—	
0,50	—	—	500	—	—	Lentur
0,11	—	—	500	—	—	
0,41	—	—	500	—	—	
0,28	—	—	454	—	—	Lentur
0,26	—	—	300	—	—	
0,80	—	—	300	—	—	
0,26	—	—	300	—	—	Aspal macadam, Aspal (berkurva), Aspal (normal)
0,28	—	—	—	—	—	
0,20	—	—	—	—	—	
—	0,28	—	900	—	—	Lentur
—	0,26	—	454	—	—	
—	0,24	—	300	—	—	
—	0,21	—	—	—	—	Lentur
—	0,19	—	—	—	—	
—	0,17	—	—	22	—	
—	0,13	—	—	18	—	Stuk, Tanah dengan semen
—	0,09	—	—	22	—	
—	0,03	—	—	18	—	
—	0,04	—	—	—	100	Rata-rata (kelas A)
—	0,03	—	—	—	80	
—	0,02	—	—	—	60	
—	—	8,15	—	—	70	Setrajan (kelas A)
—	—	8,12	—	—	50	
—	—	8,11	—	—	30	
—	—	8,08	—	—	20	Tanah berongga berpasir

Catatan: — Kait tidak stabilisasi tanah dengan semen diposisikan pada hari ke-7. Kait tidak stabilisasi tanah dengan kapur diposisikan pada hari ke-21.

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

266. Tabel 4. 11 Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum D1 (cm)	Batas
< 3,00	5	Lapis Pelindung : Berum, Butas, Barde
3,00 - 6,70	5	Lapis / Aspal Macadam, HRA, Lasbata, Lentur
6,71 - 7,49	7,5	Lapis / Aspal Macadam, HRA, Lasbata, Lentur
7,50 - 9,09	7,75	Lasbata, Lentur
≥ 10	10	Lentur

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

267. Tabel 4. 12 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimal (mm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,40	20 ¹⁾	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
	10	Lantai Atas
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi susut
	15	Lantai
10 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi susut, lapisan, lantai atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi susut, lapisan, lantai atas

Sumber : Ditjen Bina Marga Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen

268. Tabel 4. 13 Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi Bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm

Sesuai tabel 4.34 – 4.36 diatas maka penentuan tebal lapisan akan di gunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_1 &= 0,40 & D_1 &= ? \\ a_2 &= 0,23 & D_2 &= 10 \\ a_3 &= 0,13 & D_3 &= 15 \end{aligned}$$

Maka perhitungan tebal lapisan dapat di lihat seperti di bawah :

$$\begin{aligned} ITP &= a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \\ 7 &= 0,40 \times D_1 + 0,23 \times 10 + 0,13 \times 15 \\ 7 &= 0,40 \times D_1 + 2,3 + 1,95 \\ 7 - 4,25 &= 0,40 D_1 \\ D_1 &= 2,75/0,40 \\ D_1 &= 6,875 = 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi tebal lapisan overlay yang akan di gunakan adalah **7 cm**

Rencana Anggaran Biaya

Data harga upah, bahan dan sewa peralatan yang digunakan dalam analisis biaya ini adalah data dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Denpasar tahun 2020 yang nilainya dapat dilihat di Lampiran, berikut merupakan rekap RAB rencana perbaikan jalan pada ruas Jalan Kebo Iwa Selatan:

269. Tabel 4. 14 Rekapitulasi RAB

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
a	b	c	d	e	f = (d x e)
Pekerjaan Umum					
1	Pekerjaan Pembersihan	M1	1300	Rp 18.991,64	Rp 24.689.128,10
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	LS	1	Rp 9.750.000,00	Rp 9.750.000,00
3	Rambu - Rambu Kerja	LS	1	Rp 1.678.600,00	Rp 1.678.600,00
4	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	LS	1	Rp 550.000,00	Rp 550.000,00
	Sub Total			Rp	36.667.728,10
Pekerjaan Pemeliharaan dan Perbaikan					
1	Pekerjaan Perbaikan Kerusakan	M3	78,401	Rp 256.029,88	Rp 20.072.902,41
2	Pekerjaan Lapisan Tack Coat	Liter	2340	Rp 91.599,38	Rp 214.342.544,36
3	Pekerjaan Lapisan AC-WC	Ton	1255,8	Rp 1.372.581,15	Rp 1.723.687.411,06
4	Pekerjaan Marka Jalan Thermoplastic	M2	370,37	Rp 180.851,82	Rp 66.982.774,77
	Sub Total			Rp	2.025.085.632,59
	Total			Rp	2.061.753.360,69

Sumber : Perhitungan Excel

Dari rekapitulasi pada tabel 4.38 dapat di lihat total anggaran rencana biaya yang di perlukan sebesar Rp. 2.061.753.360,69 terbilang (Dua Miliar Enam Puluh Satu Juta Tujuh Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Tiga Ratus Enam Puluh Rupiah).

Time Schedule

Berikut merupakan time schedule dari rencana perbaikan pada ruas Jalan Kebo Iwa Selatan :

270. Tabel 4. 15 Time Schedule

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN			KET
				Minggu - 1	Minggu - 2	Minggu - 3	
A	PEKERJAAN UMUM						
1	Pekerjaan Pembersihan	Rp 24.689.128,10	1,2%	1,2%			100%
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	Rp 9.750.000,00	0,5%	0,5%			90%
3	Rambu - Rambu Kerja	Rp 1.678.600,00	0,1%	0,1%			80%
4	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	Rp 550.000,00	0,0%	0,0%			70%
							60%
B	PEKERJAAN PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN						50%
1	Pekerjaan Perbaikan Kerusakan	Rp 20.072.902,41	1,0%	0,0049	0,0049		40%
2	Pekerjaan Lapisan Tack Coat	Rp 214.342.544,36	10,4%		0,1040		30%
3	Pekerjaan Lapisan AC-WC	Rp 1.723.687.411,06	83,6%		0,4180	0,4180	20%
4	Pekerjaan Marka Jalan Thermoplastic	Rp 66.982.774,77	3,2%			0,0325	10%
Total			100%				0%
Rencana				2,3%	52,7%	45,1%	
Kumulatif rencana				2,3%	54,9%	100,0%	
Realisasi							
Kumulatif realisasi							

Sumber : Perhitungan Excel

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan pada Ruas Jalan Kebo Iwa Selatan STA 0+000 – STA 1+30 dan setelah dilakukan analisa dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

1. Tingkat Kerusakan Jalan yang terjadi di ruas Jalan Kebo Iwa Selatan adalah 32% atau 2520,15 m² dari luas keseluruhan jalan 7800 m²
2. Berdasarkan Analisa perhitungan biaya maka di peroleh jumlah biaya perbaikan yaitu sebesar Rp. 2.061.753.360,69 terbilang (Dua Miliar Enam Puluh Satu Juta Tujuh Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Tiga Ratus Enam Puluh Rupiah).
3. Durasi waktu rencana perbaikan jalan di ruas Jalan Kebo Iwa Selatan di lakukan 7 jam per hari selama 3 minggu. Dari hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan yang ada maka dapat disampaikan beberapa saran untuk perbaikan pada Ruas Jalan Kebo Iwa Selatan agar lebih efektif dan efisien antara lain:
 1. Perbaikan pada Ruas Jalan Kebo Iwa Selatan sebaiknya tidak hanya dipusatkan pada perbaikan perkerasannya saja tetapi juga perbaikan drainase dan trotoar yang baik untuk mengurangi kerusakan pada jalan agar pada saat hujan air tidak menggenang dan dapat di buang melalui saluran drainase dan juga pembuatan trotoar yang baik agar para pejalan kaki mendapatkan jalan yang layak dan tidak menghambat karena berjalan di daerah badan jalan.
 2. Perlunya pemantauan dan pendataan kerusakan secara rutin apabila ada kemungkinan jalan rusak maka segera diadakan perbaikan dengan metode perbaikan yang sesuai agar kerusakan dikemudian hari tidak bertambah luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jendral Bina Marga “Geometrik Jalan Perkotaan” ,Jakarta, 1999.
- [2] UU RI No.22 Tahun 2009. “Pengertian Jalan Raya”.
- [3] Pasal 11 PP No.43/1993. “Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan”.
- [4] Miro 2005. “Pengertian Transportasi”.
- [5] Sukirman 1994. “Pengertian Volume Lalu lintas”.
- [6] Bina Marga, 1997. “Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)” Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [7] UU 34 tahun 2004 dan PP 38 tahun 2006. “Jenis-Jenis Jalan Berdasarkan Hak Penggunaannya”.
- [8] Bina Marga, 1990. “Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan”.
- [9] Eko Agus Nugroho, 2013. “Pengaruh Jumlah Kendaraan Terhadap Kerusakan Jalan Aspal Jalan Aspal Kelas II di Kabupaten Semarang”. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [10] Andre R. Saudale,2014. “Analisa Faktor Penyebab Kerusakan Jalan (studi kasus ruas jalan W.J.Lalamentik dan jalan GOR Flambamora)”. Kupang : Teknik Sipil FST Undana-Kupang.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, 2004. “Geometri Jalan Perkotaan”.

**MODEL PENGARUH VOLUME LALU LINTAS DAN KECEPATAN
TERHADAP TINGKAT KEBISINGAN DI RSUD MANGUSADA BADUNG**
I Putu Gede Yudhastra Pramana¹⁾, I Gede Made Oka Aryawan²⁾,

Fransiska Moi ³⁾

^{1 2 3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta
Selatan, Kabupaten Badung, Bali

E-mail: tudeyudha18@gmail.com

ABSTRACT

Mangusada Badung Hospital is one of the biggest hospital in Badung, located in the busy vehicle zone. Impact of the growth transportation it cause many problems, one of them is noise level that distrub the hospital performance. This research is to analyse the number of the noise, wether the noise has exceeded the noise threshold.

By finding the mathematical to predict the noise due to vehicles in Mangusada Hospital road section primary data is needed obtained by observation using a Sound Level Meter, and supporting data regarding vehicle volume, and vehicle speed. While the secondary data includes the road map of the Mangusada Hospital and will be analyzed using the multiple regression analysis method on Microsoft Excel and SPSS programs. The data results from this analysis include noise values, and noise level models based on vehicle volume and based on vehicle speed.

Based on the results of multiple analysis on the Mangusada Hospital road section, the noise model obtained at point 1 is $Y = 52.036 + 0.029 X_1 + 0.029 X_2 + 0.051 X_3 + 0.071 X_4$ with R^2 of 80.2 % and the noise level of point 2 is $Y = 48.994 + 0.029 X_1 + 0.029 X_2 + 0.050 X_3 + 0.072 X_4$ with an R^2 of 80.3 %.

Keywords: Noise Level, Traffic Noise, Sound Level Meter.

ABSTRAK

RSUD Mangusada Badung adalah Rumah Sakit terbesar di daerah Badung, dimana lokasi tersebut berada di zona yang sangat padat kendaraan, akibat dari pertumbuhan transportasi yang pesat itu menimbulkan berbagai masalah salah satunya adalah tingkat kebisingan yang dapat mengganggu kinerja rumah sakit tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kebisingan apakah sudah melampaui ambang batas kebisingan.

Dengan mencari model matematis untuk memprediksi kebisingan akibat kendaraan di ruas jalan RSUD Mangusada dibutuhkan data primer diperoleh dengan observasi menggunakan Sound Level Meter, dan data penunjang mengenai volume kendaraan, dan kecepatan kendaraan. Sedangkan data sekunder meliputi peta jalan RSUD Mangusada dan nantinya dianalisis menggunakan metode analisis regresi berganda pada program microsoft excel dan SPSS. Data yang dihasilkan dari analisis ini meliputi nilai kebisingan, dan model tingkat kebisingan berdasarkan volume kendaraan dan berdasarkan kecepatan kendaraan.

Berdasarkan hasil dari analisis berganda pada ruas jalan RSUD Mangusada diperoleh model kebisingan yang di dapat di titik 1 sebesar $Y = 52,036 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 +$

$0.051 X_3 + 0,071 X_4$ dengan R^2 sebesar 80,2 % dan tingkat kebisingan titik 2 sebesar $Y = 48,994 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 + 0.050 X_3 + 0,072 X_4$ dengan R^2 sebesar 80,3 %.

Kata Kunci: Tingkat Kebisingan, Kebisingan Lalu Lintas, *Sound Level Meter*.

PENDAHULUAN

Semakin hari pertumbuhan penduduk semakin meningkat, mengakibatkan mobilitas orang yang memerlukan sarana dan prasarana transportasi yang memadai, aman nyaman dan terjangkau bagi masyarakat. Hal ini menimbulkan dampak, salah satunya adalah dampak polusi suara atau kebisingan yang ditimbulkan oleh lalu lintas. RSUD Mangusada adalah RSUD terbesar di daerah Badung, yang dimana lokasi tersebut berada di zona yang sangat padat kendaraan dan dapat mengakibatkan terjadinya polusi kebisingan yang dapat mengganggu kinerja rumah sakit tersebut. Banyaknya volume dan suara knalpot brong dari kendaraan yang melintas di ruas jalan tersebut bisa mengakibatkan kebisingan yang dapat mempengaruhi pasien yang ada di RSUD Mangusada tersebut. Umumnya kebisingan pada lingkungan Rumah Sakit yaitu sebesar 55 dB Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996.

Permasalahan tersebut dibutuhkan suatu pemodelan dan analisis terhadap tingkat kebisingan di ruas Jalan RSUD Mangusada, dalam penelitian ini penulis melakukan survei volume lalu lintas, kecepatan kendaraan dan mengukur tingkat kebisingan dengan alat yang dinamakan *Sound Level Meter* (SLM). Hasil yang diharapkan nantinya dapat memberikan masukan dan solusi terhadap tingkat kebisingan yang berada di ruas Jalan RSUD Mangusada seperti penanaman pohon di halaman depan RSUD Mangusada agar bisa mengurangi dari kebisingan tersebut. Dimana selanjutnya data hasil yang sudah didapatkan akan dianalisa dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan SPSS untuk mendapatkan pengaruh peningkatan kebisingan, serta peningkatan jumlah kendaraan yang melintas di ruas Jalan RSUD Mangusada. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu untuk melakukan perhitungan tingkat kebisingan di ruas Jalan RSUD Mangusada, dimana perhitungan tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah tingkat kebisingan yang terjadi masih dapat ditolerir atau sudah mencapai ambang batas tertinggi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan ini menggunakan metode observasi kuantitatif dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan yang nantinya bertujuan untuk mendapatkan tingkat kebisingan, dan model tingkat kebisingan kendaraan yang melalui ruas jalan RSUD Mangusada Badung. Kemudian dibutuhkan pengamatan volume kendaraan, kecepatan kendaraan, dan tingkat kebisingan menggunakan alat *sound level meter*.

Data yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah data primer dengan metode observasi secara langsung dan dalam situasi yang sebenarnya. Perhitungan data volume lalu lintas, waktu tempuh kendaraan pengukuran tingkat kebisingan lalu lintas dilakukan secara simultan dan bersamaan selama 900 detik (15 menit) untuk satu kali pengamatan/satu sampel. Kegiatan survei bertujuan untuk pengumpulan data dalam bentuk observasi langsung ke lokasi dilakukan pada dua titik kebisingan yang ada di depan dan di halaman dekat ruang inap RSUD Mangusada Badung. Dalam survei kebisingan ini dipilih yaitu hari Senin tanggal 28 Juni 2021, karena hari tersebut mewakili hari kerja, penelitian akan dimulai dari pukul 06.00 – 19.00 WITA, yaitu selama 13 jam. Dimana sebelum menentukan waktu penelitian tersebut dilakukan survei pendahuluan terlebih dahulu. Dimana selanjutnya data hasil yang sudah didapatkan akan dianalisa dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan SPSS untuk mendapatkan model tangka kebisingan kendaraan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data tingkat kebisingan yang diperoleh ada 2 titik yaitu titik 1 di luar RSUD Mangusada Badung dan titik 2 di halaman dekat ruang inap RSUD Mangusada Badung. Data yang diperoleh dari pengukuran *Sound Level Meter* dicatat secara manual setiap detik dengan kumulatif setiap periode yaitu 15 menit.

Tabel 1. Distribusi Kumulatif Tingkat Kebisingan RSUD Mangusada Titik 1

Interval Waktu : 18.15-18.30								
Interval J (dBA)	LJ	MJ	PJ	Pj	$10^{0.1 \times LJ}$	$PJ \times 10^{0.1 \times LJ}$	PJ.LJ	(PJ.LJ) x LJ
66-68	67	4	0,00	1,00	5011872,34	22274,99	0,30	19,95
68-70	69	5	0,01	0,99	7943282,35	44129,35	0,38	26,45
70-72	71	13	0,01	0,98	12589254,12	181844,78	1,03	72,81
72-74	73	18	0,02	0,96	19952623,15	399052,46	1,46	106,58
74-76	75	30	0,03	0,93	31622776,60	1054092,55	2,50	187,50
76-78	77	27	0,03	0,90	50118723,36	1503561,70	2,31	177,87
78-80	79	38	0,04	0,85	79432823,47	3353830,32	3,34	263,51
80-82	81	43	0,05	0,81	125892541,18	6014865,86	3,87	313,47
82-84	83	106	0,12	0,69	199526231,50	23499756,15	9,78	811,37
84-86	85	94	0,10	0,58	316227766,02	33028233,34	8,88	754,61
86-88	87	123	0,14	0,45	501187233,63	68495588,60	11,89	1034,43
88-90	89	69	0,08	0,37	794328234,72	60898498,00	6,82	607,28
90-92	91	24	0,03	0,34	1258925411,79	33571344,31	2,43	220,83
92-94	93	191	0,21	0,13	1995262314,97	423439002,40	19,74	1835,51
94-96	95	67	0,07	0,06	3162277660,17	235414003,59	7,07	671,86
96-98	97	42	0,05	0,01	5011872336,27	233887375,69	4,53	439,09
98-100	99	6	0,01	0,00	7943282347,24	52955215,65	0,66	65,34
Jumlah		900	1,00			1177762669,74	86,97	7608,46

Keterangan :

LJ = Titik tengah tingkat kebisingan interval J

MJ = Jumlah kejadian tingkat kebisingan interval J

PJ = Pembagian waktu pengukuran pada interval J

Pj = Pembagian waktu kumulatif pengukuran pada interval J

Tingkat kebisingan sinambung setara (Leq) dihitung dengan persamaan (2.1) :

$$Leq = 10 \log \left| \sum_{j=1}^N P_j \times 10^{(L_j/10)} \right| \quad Leq = 10 \log 1177762669,74 = 90,71 \text{ dBA.}$$

Tabel 2. Distribusi Kumulatif Tingkat Kebisingan RSUD Mangusada Titik 2

Interval Waktu : 18.15-18.30								
Interval J (dBA)	LJ	MJ	PJ	Pj	$10^{0.1 \times LJ}$	$PJ \times 10^{0.1 \times LJ}$	$PJ \cdot LJ$	$(PJ \cdot LJ) \times LJ$
66-68	67	12	0,01	1,00	5011872,34	66824,96	0,89	59,85
68-70	69	17	0,02	0,98	7943282,35	150039,78	1,30	89,93
70-72	71	36	0,04	0,94	12589254,12	503570,16	2,84	201,64
72-74	73	23	0,03	0,92	19952623,15	509900,37	1,87	136,19
74-76	75	15	0,02	0,90	31622776,60	527046,28	1,25	93,75
76-78	77	43	0,05	0,85	50118723,36	2394561,23	3,68	283,27
78-80	79	28	0,03	0,82	79432823,47	2471243,40	2,46	194,16
80-82	81	118	0,13	0,69	125892541,18	16505910,95	10,62	860,22
82-84	83	70	0,08	0,61	199526231,50	15518706,89	6,46	535,81
84-86	85	212	0,24	0,38	316227766,02	74489207,11	20,02	1701,89
86-88	87	122	0,14	0,24	501187233,63	67938713,89	11,79	1026,02
88-90	89	104	0,12	0,12	794328234,72	91789040,46	10,28	915,32
90-92	91	45	0,05	0,07	1258925411,79	62946270,59	4,55	414,05
92-94	93	16	0,02	0,06	1995262314,97	35471330,04	1,65	153,76
94-96	95	18	0,02	0,04	3162277660,17	63245553,20	1,90	180,50
96-98	97	9	0,01	0,03	5011872336,27	50118723,36	0,97	94,09
98-100	99	12	0,01	0,01	7943282347,24	105910431,30	1,32	130,68
Jumlah		900	1,00			590557073,98	83,86	7071,13

Keterangan :

LJ = Titik tengah tingkat kebisingan interval J

MJ = Jumlah kejadian tingkat kebisingan interval J

PJ = Pembagian waktu pengukuran pada interval J

Pj = Pembagian waktu kumulatif pengukuran pada interval J

Tingkat kebisingan sinambung setara (Leq) dihitung dengan persamaan (2.1) :

$$Leq = 10 \log \left| \sum_{j=1}^N P_j \times 10^{(L_j/10)} \right| \quad Leq = 10 \log 590557073,98 = 87,71 \text{ dBA.}$$

Tingkat kebisingan kendaraan yang tertinggi dari interval waktu 06.00 – 19.00 terjadi pada interval waktu 18.15 – 18.30, tingkat kebisingan di titik 1 dengan nilai tingkat kebisingan yaitu 90,71 dBA dan untuk tingkat kebisingan di titik 2 yaitu 87,71 dBA.

Analisis Statistik

Setelah mendapatkan data Tingkat Kebisingan jalan RSUD Mangusada Badung, maka selanjutnya adalah menganalisa serta menghasilkan pemodelan dengan menggunakan aplikasi SPSS. Berikut merupakan analisis statistik pada masing – masing titik lokasi penelitian:

Tabel 3. Gabungan Data Tingkat Kebisingan Kendaraan, Volume Kendaraan dan Kecepatan Rata-Rata Titik 1

No	Interval Waktu	VOLUME			KECEPATAN RATA-RATA	LEQ Y1
		MOTOR X1	MOBIL X2	TRUK/BUS X3	X4	
1	06.00 - 06.15	724	287	24	42,25	85,60
2	06.15 - 06.30	714	239	37	42,82	87,20
3	06.30 - 06.45	739	293	39	43,58	84,80
4	06.45 - 07.00	701	288	45	40,72	85,00
5	07.00 - 07.15	597	230	40	41,76	81,50
6	07.15 - 07.30	540	196	44	42,72	77,70
7	07.30 - 07.45	503	188	43	40,18	78,80
8	07.45 - 08.00	491	202	44	42,15	75,30
9	08.00 - 08.15	523	228	48	41,35	77,00
10	08.15 - 08.30	546	258	44	41,22	82,10
11	08.30 - 08.45	532	230	46	43,20	80,60
12	08.45 - 09.00	547	262	51	41,70	80,80
13	09.00 - 09.15	521	246	43	41,70	78,10
14	09.15 - 09.30	572	229	45	42,42	77,50
15	09.30 - 09.45	561	234	38	42,42	78,90
16	09.45 - 10.00	553	245	32	42,09	79,30
17	10.00 - 10.15	543	270	25	42,93	82,70
18	10.15 - 10.30	653	247	30	42,22	81,50
19	10.30 - 10.45	655	265	29	42,93	82,50
20	10.45 - 11.00	708	271	27	42,35	86,30
21	11.00 - 11.15	550	206	29	40,06	78,72
22	11.15 - 11.30	513	198	30	41,03	75,82
23	11.30 - 11.45	501	212	27	41,60	76,32
24	11.45 - 12.00	533	238	29	41,76	76,21
25	12.00 - 12.15	556	268	31	42,45	83,12
26	12.15 - 12.30	542	240	36	42,55	81,62
27	12.30 - 12.45	557	272	38	42,65	81,82
28	12.45 - 13.00	531	256	36	42,86	79,12
29	13.00 - 13.15	582	239	36	43,27	78,52
30	13.15 - 13.30	571	244	32	43,41	79,92
31	13.30 - 13.45	587	244	40	42,69	78,59
32	13.45 - 14.00	576	249	34	42,79	79,98
33	14.00 - 14.15	568	260	30	42,96	80,40
34	14.15 - 14.30	558	285	32	43,51	83,77
35	14.30 - 14.45	668	262	33	42,32	82,60
36	14.45 - 15.00	670	280	36	42,32	83,59
37	15.00 - 15.15	723	286	38	41,57	87,38
38	15.15 - 15.30	555	211	32	42,39	78,79
39	15.30 - 15.45	518	203	36	41,96	75,81
40	15.45 - 16.00	506	217	37	42,93	76,42
41	16.00 - 16.15	538	243	31	41,38	78,09
42	16.15 - 16.30	561	273	37	42,25	83,21
43	16.30 - 16.45	547	245	39	41,19	81,72
44	16.45 - 17.00	733	296	34	42,96	86,64
45	17.00 - 17.15	723	313	32	43,65	88,24
46	17.15 - 17.30	748	302	30	42,22	85,87
47	17.30 - 17.45	710	297	32	42,06	86,06
48	17.45 - 18.00	834	315	34	42,69	86,77
49	18.00 - 18.15	852	212	42	42,82	88,67
50	18.15 - 18.30	912	265	55	40,15	90,71
51	18.30 - 18.45	687	205	52	40,75	86,92
52	18.45 - 19.00	601	198	44	43,13	84,29

Tabel 4. Gabungan Data Tingkat Kebisingan Kendaraan, Volume Kendaraan dan Kecepatan Rata-Rata Titik 2

No	Interval Waktu	VOLUME		TRUCK/BUS	KECEPATAN RATA-RATA	LEQ
		MOTOR	MOBIL			
		X1	X2		X4	Y1
1	06.00 - 06.15	724	287	24	42,25	82,56
2	06.15 - 06.30	714	239	37	42,82	84,18
3	06.30 - 06.45	739	293	39	43,58	81,75
4	06.45 - 07.00	701	288	45	40,72	81,99
5	07.00 - 07.15	597	230	40	41,76	78,42
6	07.15 - 07.30	540	196	44	42,72	74,65
7	07.30 - 07.45	503	188	43	40,18	75,74
8	07.45 - 08.00	491	202	44	42,15	72,27
9	08.00 - 08.15	523	228	48	41,35	73,94
10	08.15 - 08.30	546	258	44	41,22	79,06
11	08.30 - 08.45	532	230	46	43,20	77,58
12	08.45 - 09.00	547	262	51	41,70	77,74
13	09.00 - 09.15	521	246	43	41,70	75,02
14	09.15 - 09.30	572	229	45	42,42	74,45
15	09.30 - 09.45	561	234	38	42,42	75,83
16	09.45 - 10.00	553	245	32	42,09	76,28
17	10.00 - 10.15	543	270	25	42,93	79,64
18	10.15 - 10.30	653	247	30	42,22	78,45
19	10.30 - 10.45	655	265	29	42,93	79,47
20	10.45 - 11.00	708	271	27	42,35	83,21
21	11.00 - 11.15	550	206	29	40,06	75,69
22	11.15 - 11.30	513	198	30	41,03	72,79
23	11.30 - 11.45	501	212	27	41,60	73,29
24	11.45 - 12.00	533	238	29	41,76	73,32
25	12.00 - 12.15	556	268	31	42,45	80,04
26	12.15 - 12.30	542	240	36	42,55	78,57
27	12.30 - 12.45	557	272	38	42,65	78,80
28	12.45 - 13.00	531	256	36	42,86	76,06
29	13.00 - 13.15	582	239	36	43,27	75,45
30	13.15 - 13.30	571	244	32	43,41	76,91
31	13.30 - 13.45	587	244	40	42,69	75,59
32	13.45 - 14.00	576	249	34	42,79	76,99
33	14.00 - 14.15	568	260	30	42,96	77,39
34	14.15 - 14.30	558	285	32	43,51	80,74
35	14.30 - 14.45	668	262	33	42,32	79,57
36	14.45 - 15.00	670	280	36	42,32	80,52
37	15.00 - 15.15	723	286	38	41,57	84,31
38	15.15 - 15.30	555	211	32	42,39	75,78
39	15.30 - 15.45	518	203	36	41,96	72,84
40	15.45 - 16.00	506	217	37	42,93	73,39
41	16.00 - 16.15	538	243	31	41,38	75,09
42	16.15 - 16.30	561	273	37	42,25	80,19
43	16.30 - 16.45	547	245	39	41,19	78,69
44	16.45 - 17.00	733	296	34	42,96	83,66
45	17.00 - 17.15	723	313	32	43,65	85,24
46	17.15 - 17.30	748	302	30	42,22	82,85
47	17.30 - 17.45	710	297	32	42,06	83,03
48	17.45 - 18.00	834	315	34	42,69	83,76
49	18.00 - 18.15	852	212	42	42,82	85,67
50	18.15 - 18.30	912	265	55	40,15	87,71
51	18.30 - 18.45	687	205	52	40,75	83,92
52	18.45 - 19.00	601	198	44	43,13	81,29

- Uji Statistik F

Pengambilan keputusan dalam pengujian ini berdasarkan jika nilai F hitung > F tabel, atau jika nilai nilai sig < 0,05 berarti variabel bebas (X) secara bersama – sama berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y).

Tabel 5. Hasil Uji Statistik F Lokasi Penelitian Titik 1

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	627,235	4	156,809	47,687	.000 ^b
	Residual	154,551	47	3,288		
	Total	781,786	51			

Tabel 6. Hasil Uji Statistik F Lokasi Penelitian Titik 2

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	628,185	4	157,046	48,013	.000 ^b
	Residual	153,734	47	3,271		
	Total	781,919	51			

Hasil Uji statistik F menunjukkan bahwa jika variabel bebas secara signifikan berpengaruh terhadap variabel terikat.

- Uji Statistik t

Pengambilan keputusan dalam pengujian ini berdasarkan jika nilai t hitung > t tabel, atau jika nilai nilai sig < 0,05 berarti variabel bebas (X) secara individu berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y).

Tabel 7. Hasil Uji Statistik t Lokasi Penelitian Titik 1

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	52,036	13,329		3,904	0,000
	MC	0,029	0,003	0,736	9,137	0,000
	LV	0,029	0,010	0,242	2,824	0,007
	HV	0,051	0,040	0,092	1,284	0,205
	Kec. Rata-Rata	0,071	0,312	0,016	0,227	0,821

Berdasarkan hasil uji statistik t dijelaskan bahwa X₁ dan X₂ berpengaruh secara signifikan terhadap Y, sedangkan X₃ dan X₄ tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

Tabel 8. Hasil Uji Statistik t Lokasi Penelitian Titik 2

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		

1	(Constant)	48,994	13,293		3,686	0,001
	MC	0,029	0,003	0,738	9,189	0,000
	LV	0,029	0,010	0,240	2,807	0,007
	HV	0,050	0,039	0,091	1,270	0,210
	Kec. Rata-Rata	0,072	0,311	0,016	0,231	0,818

Berdasarkan hasil uji statistik t dijelaskan bahwa X_1 dan X_2 berpengaruh secara signifikan terhadap Y , sedangkan X_3 dan X_4 tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

Pada Lokasi Penelitian 1 pemodelan yang dihasilkan adalah $Y = 52,036 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 + 0,051 X_3 + 0,071 X_4$ dengan pemodelan tersebut menjelaskan bahwa jumlah lalu lintas memiliki pengaruh positif terhadap tingkat kebisingan, dengan $R^2 = 80,2 \%$.

Lokasi Penelitian 2 pemodelan yang dihasilkan adalah $Y = 48,994 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 + 0,050 X_3 + 0,072 X_4$ dengan pemodelan tersebut menjelaskan bahwa jumlah lalu lintas memiliki pengaruh positif terhadap tingkat kebisingan, dengan $R^2 = 80,3 \%$.

SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan data maka, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis pengaruh volume lalu lintas pada tingkat kebisingan pada ruas Jalan RSUD Mangusada dengan penggunaan alat *Sound Level Meter* dapat disimpulkan sebagai berikut di titik 1 pada interval waktu pukul 18.15 – 18.30 rata-rata data tingkat kebisingan telah melampaui batas ambang kebisingan yang telah ditetapkan dari KepMen No.48/MENLH/1 1/1996, sedangkan titik 2 pada interval waktu pukul 18.15 – 18.30 rata-rata keseluruhan data telah melampaui batas ambang kebisingan dan masih berada dalam daerah batas ambang kebisingan yang telah ditetapkan oleh KepMen No.48/MENLH/1 1/1996. Dengan hasil yang didapatkan masih tergolong tinggi walaupun saat pandemi covid-19 mengakibatkan kebisingan belum pada puncaknya dibandingkan dengan hari normal sehingga hal ini cukup berpengaruh untuk mengetahui ambang nilai tertinggi pada hari normal pada ruas Jalan RSUD Mangusada yang biasanya cukup tinggi.

2. Pemodelan regresi linear berganda yang dihasilkan pada masing – masing titik lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi Penelitian Titik 1

Lokasi penelitian titik 1 berada di depan RSUD Mangusada, variabel bebas yang digunakan adalah (MC) Sepeda Motor (X_1), (LV) Kendaraan Ringan (X_2), (HV)

Kendaraan Berat (X_3), dan Kec. Rata-Rata Kendaraan (X_4). Variabel terikatnya adalah Tingkat Kebisingan Kendaraan (Y). Pemodelan yang dihasilkan adalah:

$$Y = 52,036 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 + 0,051 X_3 + 0,071 X_4$$

Dengan R^2 sebesar 80,2 %

b. Lokasi Penelitian Titik 2

Lokasi penelitian titik 2 berada di halaman dekat ruang inap RSUD Mangusada, variabel bebas yang digunakan adalah (MC) Sepeda Motor (X_1), (LV) Kendaraan Ringan (X_2), (HV) Kendaraan Berat (X_3), dan Kec. Rata-Rata Kendaraan (X_4). Variabel terikatnya adalah Tingkat Kebisingan Kendaraan (Y). Pemodelan yang dihasilkan adalah:

$$Y = 48,994 + 0,029 X_1 + 0,029 X_2 + 0,050 X_3 + 0,072 X_4$$

Dengan R^2 sebesar 80,3 %

DAFTAR PUSTAKA

- Selamat Zulkipli, 2015. *Pengaruh Volume Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kebisingan Pada Jalan Bung Tomo Samarinda Seberang*. Samarinda
- Pemerintahan Indonesia. 1996. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 48 tahun 1996. Tentang Buku Tingkat Kebisingan*. Jakarta: Kementrian Kesehatan
- Bendesa, G.O. 2003. Model Kebisingan Suara Akibat Pengaruh Kendaraan Yang Melintasi Jalan Cokroaminoto (skripsi). Denpasar: Universitas Udayana.
- I. Ghozali, *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25*, 9th ed. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2018.
- A. Ifadah, “Analisis Metode Principal Component Analysis (Komponen Utama) Dan Regresi Ridge Dalam Mengatasi Dampak Multikolinearitas Dalam Analisis Regresi Linear Berganda,” Universitas Negeri Semarang, 2011.
- Y. S. Nugroho, S. P. Hadi, and T. Haryono, “Penggunaan Software Spss Untuk Analisis Faktor Dengan Metode Regresi Linear Berganda (Studi Kasus Kota Salatiga),” 2009, pp. 82–88.

ANALISIS POTENSI LAHAN PERTANIAN GUNA MENINGKATKAN PEREKONOMIAN MASYARAKAT DI DESA LETBAUN KECAMATAN SEMAU KABUPATEN KUPANG PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Sutirto⁽¹⁾Yunus Fallo⁽²⁾; Amy Wadu⁽³⁾

Politeknik Negeri Kupang⁽¹⁾, Politeknik Negeri Kupang⁽²⁾, Politeknik Negeri Kupang⁽³⁾

Email.: sutirtojatayu@gmail.com, yunus_fallo@yahoo.co.id, awd.ub15@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan pertanian di Indonesia tetap dianggap penting dari keseluruhan pembangunan terutama untuk menunjang laju pekonomian pada umumnya. Hal ini dapat dilihat dari sektor pertanian memberikan kontribusi yang besar dibandingkan sektor-sektor lainnya terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia. Air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa dan salah satu unsur utama bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, maupun tumbuh-tumbuhan, disamping terdapat unsur lain dalam menunjang keberlangsungan hidup manusia. Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang terdiri dari kepulauan yang tersebar di beberapa Wilayah merupakan salah satu Propinsi di Indonesia yang mempunyai lahan yang banyak di terlantarkan. Pemerintah Nusa Tenggara Timur dengan berbagai upaya untuk meningkatkan hasil pertanian, dalam hal ini sarana dan prasarana yang mendukung sangat diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut. Pulau Semau adalah Pulau Kecil yang berpenduduk kurang lebih 8.000 jiwa, yang berasal dari suku Helong salah satu suku yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Letak Pulau Semau ini terletak diperairan sebelah Barat Pulau Timor yakni di sebelah Barat Kota Kupang, Kota Kupang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi NusaTenggara Timur. Di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur terdapat lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian, oleh karena terkendalanya akan ketersediaan air yang sangat terbatas lahan tersebut tidak dimanfaatkan dan diterlantarkan menjadi hamparan tumbuhan rumpun dan ilalang serta semak belukar. Jika dilihat sumber daya air di lokasi tersebut memungkinkan untuk dibuat Embung guna kebutuhan air minum dan sarana air bersih. Embung merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang memiliki multifungsi serta dibangun untuk digunakan sebagai pengendali kelebihan air ketika musim penghujan dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau. Secara operasional sebenarnya embung berfungsi untuk mendistribusikan dan menjamin kontinuitas ketersediaan pasokan air untuk keperluan tanaman ataupun ternak di musim kemarau dan penghujan. Hasil analisis Potensi lahan pertanian di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang seluas = 900,126 Ha dari luas total keshuruhan = 1379,634 Ha berarti 65,24 % dari total luas daerah. Dan untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di bangun Waduk (Embung) di Sub DAS 10 pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS dengan Wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha Dalam hal ini penyediaan lahan dengan mengoptimalkan lahan yang tidak produktif menjadikan lahan produktif akan menuntaskan permasalahan kekurangan akan persediaan pangan.

Kata Kunci : *Potensi Lahan Pertanian, persediaan kebutuhan air, meningkatkan perekonomian masyarakat*

ABSTRACT

The agricultural development in Indonesia is considered important from all the developments especially to support the economic rate in general. This can be seen that agricultural sector gives the big contribution if it is compared by the other sectors to the Indonesia economic growth. Water is a blessing from the Almighty God and one of the primary elements to the continuity of human life, animals, or plants, beside there are the other elements in supporting the continuity of human life. East Nusa Tenggara province which consists of islands that spread in some regions is one of the provinces in Indonesia that has a lot of displaced land. The government of East Nusa Tenggara has various efforts to improve agricultural product, in this case the supporting facilities and infrastructure are needed to achieve the goal. Semaui island is a small island that populated at least 8000 people who come from Helong tribe is one of the tribes in East Nusa Tenggara. The location of Semaui island is in Western waters of Timor island that is in the West of Kupang city. Kupang city is government centre of East Nusa Tenggara province. In Letbaun Village Semaui Sub-District Kupang District, East Nusa Tenggara province, there is productive land to be made as farm. Because there is the obstacle of limited water availability, so that the land is not used and displaced so it becomes the field of bushes. If it is seen the water resource in that location, it is enable to make retention basin to supply the water and clean water facility. The retention basin is a reservoir in micro size in the farm (small farm reservoir) that has multifunctions and it is built to be used as the excess water control in rainy season and it becomes the irrigation water resource in the dry season. Operationally, in fact, retention basin is functioned to distribute and to ensure the continuity of water supply availability to the need of plants and livestock in dry season and rainy season. The analysis result of farm potency in Letbaun Village Semaui Sub-District Kupang District is 900,126 Ha from the total area of 1379,634 Ha, it means that 65,24 % from the total region. And to fulfill the water supply, it is built retention basin in Sub DAS 10 at coordinates 123°24'23.41" East Longitude and 10°11'44.23" South Latitude with its area coverage is 215,571 Ha. In this case, the land supply by optimizing non-productive land becomes productive land will overcome the problem of food supply shortage.

Keywords : *Farm Potency, Improving Community Economy, Water Needs Supply*

1.

Pendahuluan

Salah satu target pemerintah saat ini adalah menjadikan Indonesia sebagai negara swasembada pangan. Sehingga dicanangkan berbagai program pemerintah untuk mencapai tujuan tersebut, bahkan daerah-daerah terpencil dan tertinggal diupayakan untuk berkembang seperti Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang diketahui Dasar 1945. Hal ini perlu didukung oleh beberapa faktor diantaranya sumber daya alam dan sumber daya manusia. Indonesia sangat terkenal dengan letak yang sangat strategis sehingga memiliki tanah yang bahwa pertanian merupakan mata pencaharian pokok masyarakat Faktor yang sangat dominan dalam meningkatkan pertanian adalah ketersediaan air, wilayah NTT merupakan salah satu daerah yang selalu mengalami kekeringan dan kekurangan air. Untuk menjawab hal tersebut maka pengelolaan air sangat diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pemerintah berupaya membangun Daerah Irigasi pada lahan kering maupun basah yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, sistem irigasi tetes sangat diperlukan sebagai salah satu alternatif yang lebih efektif untuk menghemat kebutuhan air secara efisien.

Terbatasnya ketersediaan air merupakan salah satu kendala dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Kupang melalui sektor pertanian yang merupakan sumber pendapatan terbesar bagi masyarakat secara umum di Kabupaten Kupang maupun di Kecamatan Kupang Tengah, tetapi hasil panen atau hasil produksi pertanian masih tergolong rendah. Presiden Joko Widodo mengatakan masalah Nusa Tenggara Timur (NTT) hanyalah air, berkembang-tidaknya NTT bergantung pada ketersediaan air. Masyarakat di daerah Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki beragam mata pencaharian, salah satunya adalah bertani. Untuk menjawab hal

tersebut maka pengelolaan air sangat diperlukan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pemerintah berupaya membangun Daerah Irigasi pada lahan kering maupun basah yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. (Sumber : Tempo.co, 28 Des 2016)

Pulau Semaui adalah Pulau Kecil yang berpenduduk kurang lebih 8.000 jiwa, yang berasal dari suku Helong salah satu suku yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Letak Pulau Semaui ini terletak diperaian sebelah Barat Pulau Timor yakni di sebelah Barat Kota Kupang, Kota Kupang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi Nusa Tenggara Timur. Di Desa Letbaun Kecamatan Semaui terdapat lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian.

Sesuai latar belakang dan permasalahan diatas diperlukan suatu Kajian Analisis Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Guna Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Di Desa Letbaun Kecamatan Semaui Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur

Tinjauan Pustaka **Pengelolaan DAS**

Pengelolaan DAS adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumber daya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air dan tanah. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah identifikasi keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS (Asdak,2004:5).

Sistem Tata Ruang Berbasis Konservasi Tanah dan Air

Sistem tata ruang merupakan suatu cara untuk mengatur, menata, merencanakan, menjalankan, dan mengontrol wilayah. Di dalam sistem penataan ruang yang berkelanjutan, variabel ekonomi, sosial dan konservasi sumber daya air dan tanah menjadi satu kesatuan

Syarat batas untuk perencanaan ruang yang berbasis konservasi tanah dan air adalah menggunakan batas Daerah Aliran Sungai (DAS).

Konservasi Tanah

Konservasi tanah adalah usaha-usaha untuk memanfaatkan dan menjaga serta melindungi sumber daya tanah, atau suatu tindakan pengembangan dan proteksi terhadap sumber daya tanah. Pada umumnya konservasi tanah dimaksudkan untuk melindungi tanah dari curahan langsung air hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, mengurangi limpasan permukaan, meningkatkan stabilitas agregat tanah (Hardjowigeno, 1995 :163).

Dengan demikian, hal yang sangat penting dalam memanfaatkan sumber daya tanah adalah analisis kemampuan tanah atau lahan tersebut. Berdasarkan analisis kemampuan lahan atau tanah inilah arahan penggunaan lahan dapat diketahui, sehingga konservasi tanah dapat dijadikan sebagai salah satu landasan dalam penataan ruang.

Konservasi Air

Konservasi air merupakan usaha-usaha dalam pemanfaatan serta perlindungan terhadap sumberdaya air. Memberdayakan prinsip konservasi air dalam perencanaan ruang adalah merupakan cara yang efektif untuk menjaga keadaan alam dan keseimbangan lingkungan.

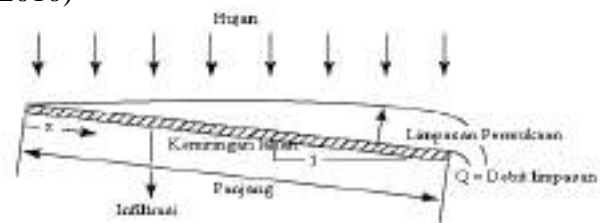
Dari uraian di atas, maka dapat diartikan bahwa konservasi air adalah upaya untuk memasukkan air ke dalam tanah dalam rangka pengisian airtanah, baik secara alami (*natural recharge*) atau secara buatan (*artificial recharge*).

Model AGWA (*Automated Geospatial Watershed Assessment*) Tool

Metode Kinos, adalah bagian dari extension AGWA yang merupakan alat untuk menganalisis fenomena hidrologi untuk penelitian tentang daerah pengaliran sungai. Model ini dirancang untuk mensimulasikan proses infiltrasi, kedalaman limpasan permukaan dan erosi yang terjadi pada suatu DAS dengan skala yang relatif kecil yaitu $\leq 100 \text{ km}^2$ (AGWA *theoretical documentation*, 2000).

Dasar Filosofis Metode Kinos

Dasar pemikiran dari Metode Kinos adalah, apabila suatu lahan menerima hujan dengan intensitas tertentu, maka air yang jatuh ke permukaan tanah sebagian akan terinfiltrasi ke dalam tanah sampai batas kejenuhan tertentu, sedangkan sebagian lagi akan melimpas di atas permukaan tanah atau menggenang, keadaan ini tergantung dari kemampuan tanah dalam menyerap air berdasarkan berbagai faktor yang mempengaruhinya, antara lain kemiringan dari suatu lahan, komponen-komponen penyusun tanah dan sifat-sifat fisik tanah (Kinos, 2010)



Gambar 1. Dasar Filosofi Limpasan Air Permukaan

Sumber : Kinos, 2010

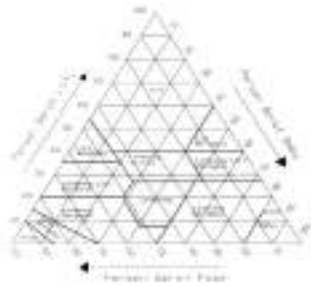
Data-data yang diperlukan dalam metode Kinos terdiri dari data utama dan data sementara. Data utama merupakan sekumpulan data yang digunakan untuk membuat sketsa DAS, permukaan tanah, parameterisasi

tanah serta untuk menuliskan *file-file* presipitasi yang terdiri dari: *Digital Elevation Model* (DEM), tekstur tanah, permukaan tanah dan parameter hujan, sedangkan data sementara adalah semua data yang dihasilkan selama berlangsung proses pengerjaan metode Kinos, yaitu pola arah aliran, pola akumulasi aliran, pola jalur arus, batas dan bentuk DAS. Data-data tersebut harus tersimpan dalam bentuk *file* untuk memudahkan dalam proses metode Kinos.

Pengolahan Peta Jenis Tanah dan Pendefinisian Tekstur Tanah

Setiap satu luasan poligon tekstur tanah, memiliki kandungan beberapa komponen tanah yang berbeda. Komponen tersebut dicatat pada suatu bentuk tabel yang diberi nama *Comp.dbf*. Selanjutnya untuk setiap kedalamannya dan dicatat pada suatu bentuk tabel komponen tersebut memiliki komponen tanah yang berbeda tiap yang dinamakan *Layer.dbf*.

Penentuan propertis penyusun tanah di sini berdasarkan dari data tekstur tanah yang telah diperoleh dengan menggunakan segitiga tekstur berikut:



Gambar 2. Diagram Segitiga Kelas Tekstur Tanah

Sumber : Kinos, 2010

Hasil Penelitian - Penelitian Terdahulu

Herawati, 2010, Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat bahaya erosi di DAS Cisadane meliputi sangat ringan hingga sangat berat dengan persentase luas lahan berturut-turut dari yang sangat ringan hingga sangat berat 55,85%; 15,74%; 6,33%; 0,81%; dan 0,30%. Lahan dengan tingkat

bahaya erosi sangat berat meliputi luas 316 ha dan tingkat berat meliputi 851 ha. Tamansari merupakan kecamatan yang memiliki luas wilayah dengan tingkat bahaya erosi sangat berat terluas yaitu 87 ha. Beberapa kecamatan lain yang memiliki luas lahan dengan tingkat bahaya erosi berat adalah Tenjolaya, Caringain, Cijeruk, dan Nanggung. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar untuk membuat rencana pengelolaan DAS yang baik.

Sulaiman dkk, 2017 hasil penelitiannya Kota Kupang memiliki potensi air tanah yang tinggi, hal itu terbukti dari 49 % dari total luas Kota Kupang atau sekitar 8070.74 Ha memiliki potensi air tanah tinggi. Serta hanya sekitar 561.85 Ha atau sekitar 3.42 % yang memiliki potensi air sangat rendah. Sebaran air tanah di Kota Kupang sebagian besar dipengaruhi oleh kondisi topografi Kota Kupang. Memiliki relief bergelombang membuat persebaran air tanah di Kota Kupang tersebar secara acak pada daerah dengan topografi datar sampai landai. Selain kondisi topografi, sebaran air tanah di Kota Kupang juga dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang ada di Kota Kupang, jenis penggunaan lahan akan sangat berpengaruh pada aliran permukaan dan kapasitas infiltrasi yang terjadi beberapa kawasan di Kota Kupang yang memiliki potensi air tanah tinggi

Roeska.dkk, 2010, Lokasi penelitian ini berada di 3 titik pengamatan pada KM.35, KM.104, dan KM.129. Metode *USLE* (*Universal Soil Loss Equation*) digunakan untuk menghitung laju erosi. Parameter *USLE* dalam penelitian ini meliputi, erosivitas hujan (*R*) selama 10 tahun, erodibilitas tanah (*K*) dengan pengambilan sampel tanah secara

terganggu/disturbed sample (T1) dan tidak terganggu/undisturbed sampel (T2) dengan bor tangan, mengukur panjang dan kemiringan lereng (LS) dengan *Theodolite Station*, pengamatan visual untuk penutup dan pengelolaan lahan (CP). Hasil analisis menunjukkan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) di KM.35 (T1) = 11,82; KM.35 (T2) = 19,38; KM.104 (T1) = 15,45; KM.104 (T2) = 20,02; KM.129 (T1) = 17,81; dan KM.129 (T2) = 19,46. Hasil pengukuran terhadap TBE memperlihatkan bahwa keseluruhan titik lokasi pengujian berada dalam kriteria sangat berat (SB). Hasil perhitungan terhadap faktor keamanan lereng (Fs) pada titik pengujian adalah KM.35 (T2) = 0,287; KM.104 (T2) = 0,227; dan di KM.129 (T2) = 0,436. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng (Fs) pada semua lokasi penelitian berada pada kondisi tidak aman ($F_s < 1$)

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Uitiuh Tuan Kecamatan Semau Selatan Kabupaten Kupang untuk mencapai lokasi penelitian ditempuh melalui Kapal Penyebrangan dengan kendaraan Perahu Motor atau Kapal Ferry di lanjutkan dengan kendaraan roda 2 maupun roda 4 dari Pelabuhan Semau menuju Desa Letbaun Kecamatan Semau selama kurang lebih 30 menit dengan jarak yang ditempuh sejauh 60 Km.



Gambar 3 : Lokasi Penelitian



2. Gambar 4 : Road Map Lokasi Penelitian

3. Data dan Sumber Data yang diperlukan

1. Data curah hujan harian tahun 2011 s.d. 2020 yang bersumber dari Badan Meterologi dan Geofisika Kupang. Data curah hujan hasil pengamatan Stasiun yang berada disekitar DAS Semau

2. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) dan jaringan sungai Pulau Timor yang bersumber dari BP DAS Benain Noelmina sebagai alat pembanding dalam pembuatan batas DAS.

3. Peta RBI dengan skala 1: 50.000 digunakan untuk mengetahui kondisi alam, elevasi, dan arah aliran.

4. Citra penginderaan jauh Satelit Lansat 7 ETM+ dan Lansat 8 (OLI) lokasi ditahun perekaman 2004, 2009, dan 2020 yang bersumber dari USGS (*U.S. Geological Survey*) yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisitata guna lahan di DAS Noel Amabi.

5. Peta tata guna lahan tahun 2020 Kabupaten Kupang sebagai alat pembanding peta tataguna lahan yang diperoleh dari pengolahan citra penginderaan jauh.

6. Peta jenis tanah digunakan untuk mengetahui jenis tanah pada DAS

Semau dan menentukan nilai erodibilitas tanah.

7. Peta stasiun hujan digunakan mengetahui penyebaran stasiun penakar hujan. Selain itu untuk mengetahui luas daerah pengaruh stasiun hujan.

4. Langkah Pengerjaan Penelitian

Secara garis besar langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan data-data untuk input data yang diatur dan diolah sedemikian rupa sehingga sesuai dengan format yang diminta program AVSWAT agar dapat bekerja dengan baik pada saat menjalankan program simulasinya. Data-data yang disesuaikan formatnya adalah :

5.
a. Data curah hujan
b. Data jenis tanah
c. Data penggunaan lahan

2. Menampilkan peta lokasi studi

a. Peta topografi
b. Peta tataguna lahan
c. Peta jenis tanah
d. Peta sungai

3. Metode pengolahan DEM (*Digital Elevation Model*)

a. Kalibrasi dan Verifikasi
b. Peta potensi lokasi Embung sesuai DAS di Pulau Semau.

c. Analisa Debit Limpas Permukaan pada suatu lahan di DAS Semau

4. Penataan tata ruang untuk lahan pertanian Desa Letbaun Kecamatan Semau

Hasil dan Pembahasan

Analisa Hidrologi

6. Data Curah Hujan

Lokasi penelitian terletak di DAS Uitao terdapat tiga stasiun hujan terdekat yang berpengaruh terhadap wilayah DAS Uitao. Stasiun tersebut merupakan stasiun yang terdekat di wilayah DAS Uitao. Data hujan yang digunakan dalam analisa tersebut meliputi data curah hujan harian dengan

periode pengamatan tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Adapun letak koordinat dan elevasi masing-masing stasiun hujan di wilayah penelitian sbb :

Tabel 1. Stasiun Hujan Wilayah Penelitian

Nama Stasiun Hujan	Elevasi (m)	Koordinat (Geografi)	
		BT	LS
Stasiun Tenau	418	123,912	-101,631
Stasiun Marulai	20	124,476	-101,855
Stasiun Barakto	380	124,140	-102,038

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi Lasiana, 2021

Sedangkan untuk Peta Sebaran Stasiun Hujan di Wilayah Penelitian DAS Uitao dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 : Peta Pengaruh Stasiun Hujan DAS Uitao

Tabel 2 : Curah Hujan Maksimum Tahunan Wilayah Studi (2011-2020)

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum		
		Stasiun Batakte (mm)	Stasiun Tenau (mm)	Stasiun Manulai (mm)
1	2011	180,00	161,00	53,50
2	2012	159,00	102,00	72,00
3	2013	94,00	108,00	125,00
4	2014	74,00	80,00	154,00
5	2015	289,00	310,00	63,00
6	2016	98,00	90,00	275,00
7	2017	145,00	190,00	204,00
8	2018	171,00	210,00	130,00
9	2019	195,00	201,00	75,00
10	2020	125,00	183,00	140,00

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang, 2021

Tabel 3 : Total Curah Hujan dan Hari Hujan Wilayah Studi Tahun 2011-2020

No.	Tahun	Total Curah Hujan dan Hari Hujan Bulanan					
		Stasiun Batakte		Stasiun Tenau		Stasiun Manulai	
		Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)	Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)	Total Curah Hujan (mm)	Total Hari Hujan (hari)
1	2011	1.383,00	76,00	1.412,30	36,00	1.276,30	84,00
2	2012	1.715,30	69,00	1.346,00	71,00	1.009,80	68,00
3	2013	1.317,20	70,00	1.483,30	69,00	1.350,50	81,00
4	2014	1.065,50	67,00	387,50	42,00	1.331,50	74,00
5	2015	1.999,00	98,00	4.241,00	62,00	1.222,00	58,00
6	2016	914,00	60,00	1.950,30	79,00	2.055,00	95,00
7	2017	2.015,00	71,00	2.445,00	67,00	1.047,50	85,00
8	2018	1.635,50	82,00	1.951,00	90,00	1.277,60	56,00
9	2019	1.737,00	80,00	2.288,00	112,00	1.006,50	50,00
10	2020	1.555,00	88,00	1.662,00	81,00	1.179,00	79,00

Sumber : BMG Stasiun Klimatologi Lasiana Kupang, 2021

7. Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, antara lain adanya pembangunan gedung-gedung baru, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus, dan lain-lain, pemindahan alat pengukur hujan, perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru. Uji konsistensi data dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*) yaitu memperbandingkan data kumulatif tahunan dari stasiun hujan yang diamati dengan data kumulatif tahunan stasiun di sekitarnya. Berikut ini adalah hasil

per hitungan uji konsistensi data di Stasiun Batakte, Stasiun Tenau, dan Stasiun Manulai. Pada ketiga stasiun-stasiun tersebut tidak dilakukan koreksi curah hujan dikarenakan tidak terdapat penyimpangan data hujan. Hasil perhitungan dari 3 Stasiun Hujan disajikan di tabelkan di bawah ini:

8.

9.

10.

11.

12.

Tabel 3 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Batakte

Tahun	Stasiun Batakte	Kumulatif Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.383,00	1.383,00	1.412,30	1.276,30	1.344,30	1.344,30
2012	1.715,30	3.098,30	1.346,00	1.009,80	1.177,90	2.522,20
2013	1.317,20	4.415,50	1.483,30	1.350,50	1.416,90	3.939,10
2014	1.065,50	5.481,00	387,50	1.331,50	859,50	4.798,60
2015	1.999,00	7.480,00	4.241,00	1.222,00	2.731,50	7.530,10
2016	914,00	8.394,00	1.950,30	2.055,00	2.002,65	9.532,75
2017	2.015,00	10.409,00	2.445,00	1.047,50	1.746,25	11.279,00
2018	1.635,50	12.044,50	1.951,00	1.277,60	1.614,30	12.893,30
2019	1.737,00	13.781,50	2.288,00	1.006,50	1.647,25	14.540,55
2020	1.555,00	15.336,50	1.662,00	1.179,00	1.420,50	15.961,05

14.

15. Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

16. Keterangan :

[1] : Tahun

[2] [4] [5] : Hasil perhitungan curah hujan tahunan

[3] : Komulatif stasiun yang diuji Tahun 2012=1.383 + 1.715,30 = 3.098,30 mm

[6] : $([4] + [5]) / 2 = (1.412,30 + 1.276,30) / 2 = 1.344,3 \text{ mm}$

[7] : Komulatif [6]

Misal Stasiun Batakte tahun 2012 = 1.344,3 + 1.177,9 = 2.522,2 mm

Tabel 4 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan

Tenau

Tahun	Stasiun Tenau	Kumulatif Stasiun Tenau	Stasiun Batakte	Stasiun Manulai	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.412,30	1.412,30	1.383,00	1.276,30	1.329,65	1.329,65
2012	1.346,00	2.758,30	1.715,30	1.009,80	1.362,55	2.692,20
2013	1.483,30	4.241,60	1.317,20	1.350,50	1.333,85	4.026,05
2014	387,50	4.629,10	1.065,50	1.331,50	1.198,50	5.224,55
2015	4.241,00	8.870,10	1.999,00	1.222,00	1.610,50	6.835,05
2016	1.950,30	10.820,40	914,00	2.055,00	1.484,50	8.319,55
2017	2.445,00	13.265,40	2.015,00	1.047,50	1.531,25	9.850,80
2018	1.951,00	15.216,40	1.635,50	1.277,60	1.456,55	11.307,35
2019	2.288,00	17.504,40	1.737,00	1.006,50	1.371,75	12.679,10
2020	1.662,00	19.166,40	1.555,00	1.179,00	1.367,00	14.046,10

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 5 : Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Manulai

Tahun	Stasiun Manulai	Kumulatif Stasiun Manulai	Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2011	1.276,30	1.276,30	1.383,00	1.412,30	1.397,65	1.397,65
2012	1.009,80	2.286,10	1.715,30	1.346,00	1.530,65	2.928,30
2013	1.350,50	3.636,60	1.317,20	1.483,30	1.400,25	4.328,55
2014	1.331,50	4.968,10	1.065,50	387,50	726,50	5.055,05
2015	1.222,00	6.190,10	1.999,00	4.241,00	3.120,00	8.175,05
2016	2.055,00	8.245,10	914,00	1.950,30	1.432,15	9.607,20
2017	1.047,50	9.292,60	2.015,00	2.445,00	2.230,00	11.837,20
2018	1.277,60	10.570,20	1.635,50	1.951,00	1.793,25	13.630,45
2019	1.006,50	11.576,70	1.737,00	2.288,00	2.012,50	15.642,95
2020	1.179,00	12.755,70	1.555,00	1.662,00	1.608,50	17.251,45

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

17. Curah Hujan Rerata Daerah

Penentuan curah hujan rerata daerah menggunakan metode Poligon Thiessen. Penggambaran Polygon Thiessen dilakukan dengan menginputkan masing-masing koordinat stasiun hujan kedalam *table* untuk mendapatkan peta sebaran stasiun hujan. Setelah itu dilakukan pembuatan Polygon Thiessen dengan mengaktifkan *extension spatial analyst* dengan batasan daerah pengaruh adalah peta Stasiun Hujan DAS Uitao dengan menghasilkan Peta Polygon Thiessen DAS Uitao (Gambar 4.5). Luas pengaruh Polygon Thiessen dengan koefisien Thiessen masing-masing Stasiun Hujan di wilayah penelitian DAS Uitao tabel 6

Tabel 6 : Pengaruh Sebaran Luas Terhadap Stasiun Hujan di DAS Uitao

No	Nama Stasiun Hujan	Elevasi (m)	Koordinat Geografis		Luas Pengaruh (Ha)	Koefisien Thiessen
			BT	LS		
1	Stasiun Tenau	418	1.213,812	-100,834	526,057	0,581422
2	Stasiun Manulai	30	1.214,416	-100,858	41,053	0,197656
3	Stasiun Batakte	380	1.214,04	-100,858	440,615	0,520922
Jumlah					1.008,724	1,00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021.



Gambar 6 : Peta Polygon Thiessen DAS Uitao

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari data Curah Hujan Maksimum Tahunan Wilayah Penelitian (2010-2019) Tabel 6. dikalikan dengan prosentase Koefisien Thiessen Hasil Perhitungan *Software ArcView GIS* didapat Nilai Curah Hujan Maksimum Rerata Daerah dapat dilihat pada Tabel dibawah :

Tabel 7 : Curah Hujan Maksimum Tahunan Rerata Wilayah Penelitian (2011-2020)

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			Curah Hujan Maksimum Rerata (mm)
		Stasiun Batakte	Stasiun Tenau	Stasiun Manulai	
		C = 321	C = 381	C = 298	
1	2011	186,00	161,00	53,50	135,10
2	2012	159,00	102,00	72,80	111,36
3	2013	94,00	108,00	125,00	108,57
4	2014	74,00	80,00	154,00	100,10
5	2015	289,00	310,00	63,00	229,74
6	2016	98,00	90,00	275,00	147,63
7	2017	145,00	190,00	204,00	179,73
8	2018	173,00	210,00	130,00	173,67
9	2019	191,00	201,00	73,00	161,57
10	2020	125,00	183,00	140,00	151,59

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 8 : Total Curah Hujan Bulanan Rerata Wilayah Penelitian (2010-2019) dengan Pengaruh Koefisien Theissen

No.	Bulan	Koefisien Theissen			Total Curah Hujan Bulanan Rerata
		St. Hutan	St. Teras	St. Mambak	
		0,321	0,301	0,298	
		Rata - Rata Total Curah Hujan Bulanan 10 Tahun			
1	Januari	329,8	480,86	400,75	403,253
2	Februari	328,3	482,28	395,52	405,806
3	Maret	172,85	277,63	320,7	297,325
4	April	89,05	86,5	78,64	88,188
5	Mai	24,3	20,2	11,3	21,928
6	Juni	35,52	15,3	8,25	19,634
7	Juli	14,8	4,5	7,6	8,728
8	Agustus	4,2	8,8	1,06	1,969
9	September	11,7	3,83	2,85	5,759
10	Oktober	4,5	24,8	3,7	11,928
11	November	105,2	119,84	109,8	122,153
12	Desember	409,33	593,28	337,4	322,270

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 9 : Total Hari Hujan Bulanan Rerata Wilayah Penelitian (2010-2019) dengan Pengaruh Koefisien Theissen

No	Bulan	Koefisien Theissen			Total Hari Hujan Bulanan Rerata
		Stasiun Rancate	Stasiun Teras	Stasiun Mambak	
		0,321	0,301	0,298	
		Rata - Rata Total Hari Hujan Bulanan 10 Tahun			
1	Januari	14,80	17,30	15,30	15,947
2	Februari	15,40	17,79	16,20	16,496
3	Maret	8,30	11,19	6,70	8,795
4	April	6,80	4,60	5,20	5,408
5	Mai	2,50	1,80	1,20	1,702
6	Juni	3,80	1,19	1,70	1,859
7	Juli	1,20	0,79	0,60	1,152
8	Agustus	1,20	0,30	0,60	0,678
9	September	1,10	0,79	0,80	0,898
10	Oktober	0,90	1,10	0,70	0,917
11	November	6,30	6,79	6,60	6,448
12	Desember	11,80	14,79	8,20	11,578

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021.

Dari hasil perhitungan Curah Hujan Maksimum Tahunan Rerata Wilayah Penelitian dengan Pengaruh Koefisien Thiessen didapat curah hujan rerata tahunan dan sudah diurutkan disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 10 : Curah Hujan Rerata Setelah diurutkan

No	Tahun	Curah Hujan Rerata (mm)
1	2014	160,16
2	2013	168,57
3	2012	111,36
4	2011	135,10
5	2020	151,59
6	2019	161,57
7	2018	173,67
8	2016	147,63
9	2017	179,73
10	2015	229,74

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

18. Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Analisa curah hujan rancangan adalah suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi suatu kejadian hujan pada masa lalu dan masa mendatang. Dengan analisa frekuensi curah hujan, dapat diketahui jenis distribusi hujan yang dapat mewakili persebaran dari data hujan harian, sehingga dapat ditetapkan hujan rancangan dengan berbagai periode ulang (Suripin, 2004).

19. Parameter Statistik

Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, dan koefisien skewness dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan

Tabel 11 : Penentuan Parameter Statistik Wilayah Penelitian

No	Tahun	X_i (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2014	100,10	-49,80	2.480,52	-123.541,88	6.152.981,62
2	2013	108,57	-41,34	1.708,88	-70.642,66	2.920.267,91
3	2012	111,36	-38,54	1.485,56	-57.257,88	2.206.888,14
4	2011	135,10	-14,81	219,23	-3.245,96	48.060,75
5	2020	151,59	1,68	2,83	4,75	7,99
6	2019	161,57	11,66	136,05	1.586,86	18.509,15
7	2018	173,67	23,77	564,81	13.423,11	319.010,07
8	2016	147,63	-2,27	5,16	-11,73	26,65
9	2017	179,73	29,82	889,22	26.516,53	790.719,26
10	2015	229,74	79,83	6.373,43	508.815,02	40.620.621,80
Jumlah		1.499,06	0,00	13.865,69	295.646,19	53.077.093,35
X		149,906				
Standar Deviasi (Sd)		39,251				
Cs		0,679				
Ck		4,437				

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

20. Langkah Perhitungan pada Tabel 11 untuk menentukan jenis distribusi probabilitas tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Nilai Rata-rata

$$21. \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$22. \quad \bar{x} = \frac{1.499,06}{10}$$

$$23. \quad \bar{X} = 149,906$$

2. Menentukan Nilai Standar Deviasi (Sd)

$$24. \quad Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$25. \quad Sd = \sqrt{\frac{13.865,69}{10-1}}$$

$$26. \quad Sd = 39,251$$

3. Menentukan Nilai Koefisien Skewness (Cs)

$$27. \quad Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$28. \quad Cs = \frac{10 \times 295.646,19}{9 \times 8 \times 39,251^3}$$

$$29. \quad Cs = 0,679$$

4. Menentukan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

$$30. \quad Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$31. \quad Ck = \frac{10^2 \times 53.077.093,35}{9 \times 8 \times 7 \times 32,036^4}$$

$$Ck = 4,437$$

32. **Pemilihan Jenis Distribusi**

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi *Gumbel* dan Distribusi *Log-Person Type III* (Suripin, 2004).

Tabel 12 : . Pemilihan Jenis Distribusi Wilayah Penelitian

No.	Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Normal	$Cs = 0$	$Cs = 0,679$	Tidak Memenuhi
		$Ck = 0$	$Ck = 4,437$	
2	Gumbel	$Cs = 1,34$	$Cs = 0,679$	Tidak Memenuhi
		$Ck = 5,4$	$Ck = 4,437$	
3	Log Normal	$Cs = 0,888$	$Cs = 0,679$	Tidak Memenuhi
		$Ck = 5,34$	$Ck = 4,437$	
4	Log-Person Type III	Selanjut dan nilai data	$Cs = 0,679$	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Tabel 13. Perhitungan Standard Deviasi dan Koefisien Kemencengan (Cs) Wilayah Penelitian

NO.	Tahun	Curah Hujan X_i (mm)	$\log X_i$	$\log X_i - \log \bar{X}$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$
1	2014	100,101	2,000	-0,162	0,026	-0,004
2	2013	108,567	2,036	-0,127	0,016	-0,002
3	2012	111,363	2,047	-0,116	0,013	-0,002
4	2011	135,099	2,131	-0,032	0,001	0,000
5	2020	151,587	2,181	0,018	0,000	0,000
6	2019	161,570	2,208	0,046	0,002	0,000
7	2018	173,672	2,240	0,077	0,006	0,000
8	2016	147,634	2,169	0,006	0,000	0,000
9	2017	179,726	2,255	0,092	0,008	0,001
10	2015	229,740	2,361	0,199	0,039	0,008
Jumlah		1499,058	21,627	0,000	0,113	0,001
Log X			2,163			
SLog X			0,112			
Cs			0,1			

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 13 : Perhitungan Hujan Rancangan dengan berbagai kala ulang

No	Tr (tahun)	Log X	Std Deviasi (SLogX)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	LogX	X (mm)
1	1,01	2,163	0,112	0,1	99	-2,252	1,910	81,319
2	2	2,163	0,112	0,1	50	-0,03	2,159	144,334
3	5	2,163	0,112	0,1	20	0,84	2,257	180,688
4	10	2,163	0,112	0,1	10	1,29	2,307	202,951
5	25	2,163	0,112	0,1	4	1,79	2,363	230,920
6	50	2,163	0,112	0,1	2	2,11	2,399	250,811
7	100	2,163	0,112	0,1	1	2,40	2,432	270,314
8	1000	2,163	0,112	0,1	0,1	3,24	2,526	335,788

Sumber : Hasil Perhitungam, 2021

Keterangan		
[1] = Nomor	[6] = $(1/Ts)^{1/100}$	
[2] = Kelas	[7] = Tabel faktor uji distribusi log persan III	
[3] = $(S \log X)/n$	Berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kelas	
[4] = $(S \log X)/n - \log X / (n-1)^{1/2}$	[8] = $\log X + K.S \log X$	[9] = Angka dari Log X
[5] = $(n.S.(S \log X - \log X)^2)/(n-1)(n-2)(S \log X)^2$		

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak, untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi digunakan dua metode statistik, yaitu Uji Chi Square dan Uji Smirnov Kolmogorov.

Uji Chi Square

Uji Chi Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 . Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995 :194)

Tabel 14 :. Interpolasi Nilai G

No.	Pr (%)	G
1	80	-0,830
2	75	-0,697
3	50	-0,032
4	25	0,695

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 15 : Rekapitulasi Curah Hujan untuk masing-masing Kelas Wilayah Penelitian

No.	Pr (%)	LogX	St.Dev (SlogX)	Kemencengan (Cs)	G (tabel)	Curah Hujan mm
1	25	2,153	0,112	0,1	0,695	170,15
2	50	2,153	0,112	0,1	-0,032	141,58
3	75	2,153	0,112	0,1	-0,697	118,84
3	80	2,153	0,112	0,1	-0,830	114,83

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

33. Tabel 16 :. Perhitungan Uji Chi-Square

No	Kelas	Batas Kelas		Frekuensi Teoritis	Frekuensi Pengamatan
		(%)	(mm)	(Ei)	(Oi)
1	I	0 - 25	0 - 118,62	2	5
2	II	25 - 50	118,62 - 141,58	2	0
3	III	50 - 75	141,58 - 170,15	2	2
4	IV	75 - 80	170,15 - 185,59	2	5
5	V	80 -	185,59 -	2	2
Jumlah				10	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 17 :. Perhitungan Uji Chi-Square

No.	A	N^2_{adj}	N^2_{in}	Keterangan	
1	1%	13,277	3,00	$F^2_{adj} < F^2_{in}$	Distribusi dapat diterima
2	5%	14,886	3,00	$F^2_{adj} < F^2_{in}$	Distribusi dapat diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 18 :. Interpolasi Nilai Pr

Interpolasi -1.393		Interpolasi -1.278		Interpolasi -0.830		Interpolasi -0.414		Interpolasi -0.122	
Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr
-1,645	95	-1,282	90	-0,830	80	-0,43	80	-0,83	80
-1,393	91,535	-1,278	89,918	-0,830	80,008	-0,414	64,410	-0,122	53,465
-1,282	90	-0,83	80	-0,03	50	-0,03	50	-0,03	50

Interpolasi 0.265		Interpolasi 0.563		Interpolasi 0.635		Interpolasi 0.902		Interpolasi 1.714	
Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr	Cs	Pr
-0,03	50	-0,03	50	-0,03	50	0,84	20	1,29	10
0,265	39,817	0,563	29,555	0,635	27,086	0,902	18,628	1,714	4,910
0,84	20	0,84	20	0,84	20	1,29	10	1,79	4

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Selengkapnya perhitungan nilai K disajikan dalam Tabel sebagai berikut

Tabel 19 :. Interpolasi Nilai Pr

No.	K	Pr	Pr (%)
			(Pr/100)
1	-1,606	94,462	0,943
2	-1,235	88,955	0,890
3	-1,119	80,000	0,800
4	-0,235	57,696	0,577
5	0,291	37,955	0,380
6	0,583	28,871	0,289
7	0,913	17,485	0,175
8	0,170	43,091	0,431
9	1,070	14,898	0,149
10	2,192	-0,823	-0,008

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 20 :. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof

No.	Tahun	CH Rencana (mm)	Log Xi	Pe	K	Pr	Pt	(Pt-Pe)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2014	100,101	2,000	0,091	-1,606	0,945	0,055	-0,036
2	2013	108,567	2,036	0,182	-1,235	0,890	0,110	-0,071
3	2012	111,363	2,047	0,273	-1,119	0,800	0,200	-0,073
4	2011	135,099	2,131	0,364	-0,235	0,577	0,423	0,059
5	2020	151,587	2,181	0,455	0,291	0,380	0,620	0,166
6	2019	161,570	2,208	0,545	0,583	0,289	0,711	0,166
7	2018	173,672	2,240	0,636	0,913	0,175	0,825	0,189
8	2016	147,634	2,169	0,727	0,170	0,431	0,569	-0,158
9	2017	179,726	2,255	0,818	1,070	0,149	0,851	0,033
10	2015	229,740	2,361	0,909	2,192	-0,008	1,008	0,099
Jumlah			21,627					
Log X			2,153					
SLogX			0,095					
Cs			0,10					
							D max =	0,189

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 21 :. Keputusan Uji *Smirnov Kolmogorof*

C	Δkritis	Δmax	Keterangan
0,2	0,32	0,189	Diterima
0,1	0,37	0,189	Diterima
0,05	0,41	0,189	Diterima
0,01	0,49	0,189	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

34. Penggambaran Peta DAS Uitao

Penggambaran peta batas DAS Uitao dengan menggunakan bantuan *software ArcView GIS* dan *extension ArcSWAT*. Penggambaran ini dengan membangkitkan *DEM (Digital Elevation Model)* yang diambil dari peta topografi yang berbentuk garis kontur yang diubah kedalam bentuk sel (*grid*). Penggunaan model permukaan digital dalam proses analisis limpasan permukaan yang mempresentasikan permukaan relief bumi akan membantu ketelitian dalam mengidenti fikasi kemiringan lahan, arah aliran, akumulasi aliran, panjang lintasan aliran dan penentuan daerah pengaliran.

Penggambaran daerah tangkapan air dilakukan setelah pembangkitan *DEM* selesai, yaitu dalam hal ini adalah penggambaran DAS Uitao. Penggambaran ini bertujuan untuk mencari Sub-sub DAS dari DAS Uitao beserta atributnya serta pembangkitan jaringan sungai sintetik. Komputer akan menterjemahkan daerah-daerah yang berupa cekungan atau gundukan dengan menggunakan *DEM*. Hasil dari penggambaran DAS Uitao dapat dilihat pada Gambar 7 dan Sub-sub DAS dapat dilihat pada Gambar 8 sedangkan data atributnya disajikan pada Tabel 22



Gambar 7 : Peta DAS Wilayah Penelitian Uitao

Sumber: Hasil Analisis, 2021



Gambar 8. Peta Sub – Sub DAS Wilayah Penelitian Uitao

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 22: Data Atribut Sub-sub DAS Hasil dari Pembuatan Batas DAS dengan menggunakan DEM

Subbasin	Luas Subbasin (ha)	Stream Reach Length Panjang Lereng (LEN1) (m)	Subbasin Slope (SLO1) (%)	Stream Reach Slope (SLL) (%)	Stream Reach Width (WID1) (m)	Stream Reach Depth (DEP1) (m)	Elevation Of Subbasin Centroid (ELEV) (m)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	98,125	1.967,615	3,466	91,436	1,2754	0,1290	51,9484
2	234,438	3.132,412	3,209	91,436	2,1508	0,1828	64,0555
3	138,688	2.646,168	20,434	15,239	1,5697	0,1482	116,3659
4	157,000	3.117,767	8,183	60,957	1,6909	0,1557	91,9773
5	61,750	1.484,772	25,522	15,239	0,9660	0,1072	115,6407
6	63,500	2.098,681	17,625	18,287	0,9823	0,1084	85,5157
7	104,438	3.277,082	2,058	91,436	1,3240	0,1323	3,7135
8	83,000	1.489,949	1,317	121,914	1,1536	0,1207	29,6032
9	19,375	851,777	3,307	91,436	0,4819	0,0674	24,1000
10	215,571	400,000	1,494	121,914	0,0844	0,0211	12,0000
11	203,750	4.297,056	4,728	91,436	1,9772	0,1728	37,8644
Jumlah	1379,634						

Sumber : Hasil Analisis, 2021

35. Analisa Debit Limpasan

Metode Rasional

36. Penentuan Koefisien Limpasan (C)

Nilai koefisien limpasan/pengaliran (C) yang besar menunjukkan jumlah limpasan permukaan yang terjadi pada lahan tersebut besar, dengan kata lain kondisi tata air dan penggunaan lahan pada lahan tersebut rusak

Tabel 23 : Koefisien Limpasan Pada Penggunaan Lahan Existing di DAS Uitao

Sub-Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Koef Limpasan (C)	Koef Limpasan R (Cm)
1	Padang Rumput	10,8929	0,200	0,034
	Semak Belukar	84,9673	0,010	
	Sawah Tadah Hujan	1,4434	0,150	
	Tegalan/Ladang	0,8213	0,020	
2	Semak Belukar	190,9824	0,010	0,026
	Padang Rumput	17,3568	0,200	
	Perkebunan/Kebun	8,8219	0,020	
	Tegalan/Ladang	15,6944	0,020	
3	Semak Belukar	5,3534	0,010	0,031
	Hutan Rimba	132,2407	0,030	
	Padang Rumput	1,0934	0,200	
	Semak Belukar	132,2926	0,010	0,021
4	Perkebunan/Kebun	5,2532	0,020	
	Padang Rumput	3,0872	0,200	
	Hutan Rimba	15,2375	0,030	
	Permukiman	1,1295	0,700	0,019
5	Semak Belukar	35,4504	0,010	
	Hutan Rimba	26,2996	0,030	
	Semak Belukar	32,3945	0,010	0,020
	Hutan Rimba	31,1055	0,030	
7	Padang Rumput	20,1485	0,200	0,095
	Semak Belukar	56,5264	0,010	
	Sawah Tadah Hujan	25,7082	0,150	
	Permukiman	2,0545	0,700	0,050
8	Padang Rumput	17,6150	0,200	
	Semak Belukar	65,3850	0,010	
	Semak Belukar	182,3029	0,010	0,014
	Permukiman	1,0399	0,700	
9	Padang Rumput	0,1049	0,200	
	Semak Belukar	181,5992	0,01	0,058
	Permukiman	9,7486	0,7	
	Padang Rumput	16,0342	0,2	
10	Tegalan/Ladang	3,4027	0,02	0,079
	Sawah Tadah Hujan	2,7872	0,15	
	Semak Belukar	136,1688	0,010	
	Padang Rumput	50,8111	0,200	0,079
11	Permukiman	6,1475	0,700	
	Sawah Tadah Hujan	0,0544	0,150	
	Perkebunan/Kebun	7,7680	0,020	
	Danau/Situ	2,5736	0,000	

Sumber : Hasil Analisis, 2021



Gambar 9 Peta Tata Guna Lahan DAS Wilayah Penelitian Uitao
Sumber : Hasil Analisis, 2021

37. Penentuan Waktu Konsentrasi (Tc) dan Intensitas Hujan (I)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc) dan Intensitas Hujan (I) pada Sub DAS 1.

Data-data :

Lereng lahan (Slo_{lahan}) = 3,466 Panjang lereng (L) = 1.967,61 m, Lereng sungai (Slo_{sungai}) = 0,100

Panjang sungai (S) = 268,57 m.

Angka kekasaran manning (n) = 0,025

R₂₄ kala ulang 2 tahun = 144,34 mm

R₂₄ kala ulang 5 tahun = 180,688 mm

R₂₄ kala ulang 10 tahun = 202,951 mm

R₂₄ kala ulang 25 tahun = 230,920 mm

R₂₄ kala ulang 50 tahun = 250,811 mm

Analisa perhitungan sbb.:

1. Menghitung To (*Overland flow time*)

$$38. To = \left[\frac{2}{3} x 3,28 x L x \frac{n}{\sqrt{S}} x \frac{1}{60} \right]$$

$$39. To =$$

$$\left[\frac{2}{3} x 3,28 x 1.967,61 x \frac{0,025}{\sqrt{0,100}} x \frac{1}{60} \right]$$

$$40. To = 0,963 \text{ jam}$$

2. Menghitung v (kecepatan aliran)

$$41. v = 4,918(S)^{1/2}$$

$$42. v = 4,918 (0,100)^{1/2} = 1,555 \text{ m/dt}$$

3. Menghitung Td (*Drain flow time*)

$$Td = \frac{1}{3.600v} = \frac{1}{3.600 x 1,555}$$

$$Td = 0,351 \text{ jam}$$

4. Menghitung Tc (Waktu konsentrasi)

$$T_c = T_o + T_d$$

$$T_c = 0,963 + 0,351$$

$$T_c = 1,314 \text{ jam}$$

Tabel 24. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Sub-Sub Das	Slope Lahan (S _l)	Slope Sugai (S _s)	Panjang Lereng (L)	Panjang Sungai (S)	Angka Kekasaran Manning (n)	Overland flow time (T _o)	Kecepatan Aliran (V)	Drain flow time (T _d)	Waktu Konsentrasi (T _c)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,466	0,100	1,967,61	268,57	0,025	0,963	1,555	0,351	1,314
2	3,209	0,688	3,132,41	1,817,09	0,025	1,593	4,079	0,213	1,806
3	20,434	1,916	2,646,17	130,50	0,025	0,533	6,807	0,108	0,641
4	8,183	2,776	3,117,77	1,682,63	0,025	0,993	8,195	0,106	1,099
5	25,522	0,100	1,484,77	138,39	0,025	0,268	1,555	0,265	0,533
6	17,625	2,053	2,096,68	121,75	0,025	0,455	7,047	0,083	0,538
7	2,058	0,514	3,277,08	1,996,02	0,025	2,081	3,524	0,258	2,340
8	1,317	0,245	1,489,95	919,97	0,025	1,183	2,432	0,170	1,353
9	3,307	2,929	851,78	426,78	0,025	0,427	8,417	0,028	0,455
10	1,494	0,100	400,00	425,00	0,025	0,298	1,555	0,071	0,370
11	4,728	0,646	4,297,06	387,03	0,025	1,801	3,953	0,302	2,103

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

$$43. I = \frac{144,34}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 40,902$$

mm/jam

$$b). I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}, \text{ dengan } R_{24} \text{ untuk kala}$$

ulang

$$I = \frac{180,688}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 49,472$$

mm/jam

$$c) I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}, \text{ dengan } R_{24} \text{ untuk kala}$$

ulang

$$I = \frac{202,951}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 54,587 \text{ mm/jam}$$

$$d) I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}, \text{ dengan } R_{24} \text{ untuk}$$

kala ulang

$$I = \frac{230,920}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 60,893$$

mm/jam

Sub DAS	Waktu Konsentrasi (T _c) (jam)	R ₂₄ (2 Tahun) (mm)	R ₂₄ (5 Tahun) (mm)	R ₂₄ (10 Tahun) (mm)	R ₂₄ (25 Tahun) (mm)	R ₂₄ (50 Tahun) (mm)	Intensitas Hujan 2 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 5 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 10 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 25 Tahun (mm/jam)	Intensitas Hujan 50 Tahun (mm/jam)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,314	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,902	49,472	54,587	60,893	65,307
2	1,806	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	33,085	40,017	44,155	49,256	52,826
3	0,641	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	66,008	79,838	88,093	98,271	105,393
4	1,099	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	46,095	55,754	61,518	68,625	73,599
5	0,533	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,681	90,329	99,668	111,183	119,241
6	0,538	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,198	89,744	99,023	110,463	118,469
7	2,340	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	27,841	33,674	37,156	41,449	44,453
8	1,353	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,116	48,521	53,538	59,723	64,052
9	0,455	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	83,008	100,401	110,782	123,580	132,537
10	0,370	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	95,332	115,306	127,229	141,928	152,214
11	2,103	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	29,898	36,163	39,902	44,512	47,738

Tabel 25 : Perhitungan Intensitas Curah Hujan (I)

Perhitungan intensitas hujan metode Mononobe

$$a). I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}, \text{ dengan } R_{24} \text{ untuk kala}$$

ulang

$$2 \text{ th} = 144,34 \text{ mm}$$

$$e). I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3}, \text{ dengan } R_{24} \text{ untuk}$$

kala ulang

$$50 \text{ th} = 250,811$$

$$I = \frac{250,811}{24} \left(\frac{24}{1,314} \right)^{2/3} = 65,307$$

mm/jam

Besarnya Intensitas Hujan (I) ditambahkan pada data atribut peta

Sub-Sub DAS Utao. Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 25

Sub DAS	Waktu	R24	R24	R24	R24	R24	Intensitas	Intensitas	Intensitas	Intensitas	Intensitas
	Konsentrasi	(2 Tahun)	(5 Tahun)	(10 Tahun)	(25 Tahun)	(50 Tahun)	Hujan	Hujan	Hujan	Hujan	Hujan
	(Tc)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun
	(jam)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,314	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,902	49,472	54,587	60,893	65,307
2	1,806	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	33,085	40,017	44,155	49,256	52,826
3	0,641	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	66,008	79,838	88,093	98,271	105,393
4	1,099	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	46,095	55,754	61,518	68,625	73,599
5	0,533	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,681	90,329	99,668	111,183	119,241
6	0,538	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	74,198	89,744	99,023	110,463	118,469
7	2,340	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	27,841	33,674	37,156	41,449	44,453
8	1,353	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	40,116	48,521	53,538	59,723	64,052
9	0,455	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	83,008	100,401	110,782	123,580	132,537
10	0,370	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	95,332	115,306	127,229	141,928	152,214
11	2,103	141,427	171,060	188,747	210,553	225,813	29,898	36,163	39,902	44,512	47,738

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

44. Penentuan Debit Limpasan dan Penggambaran Peta Sebaran Debit Limpasan

Rumus yang digunakan persamaan debit limpasan Metode Rasional Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

Contoh perhitungannya sebagai berikut :

Pada Sub DAS 1 dengan data – data

1. Luas lahan untuk Sub DAS 1 = 98,125 Ha

45. 2. Koefisien Limpasan (C) = 0,034

46. 3. Intensitas Curah Hujan (I) : 2 th = 40,902 mm/jam, 5 th = 49,472 mm/jam, 10 th = 54,587 mm/jam, 25 th = 60,893 mm/jam, 50 th = 65,307 mm/jam

Perhitungan debit limpasan permukaan (Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50}) pada lokasi Sub DAS 1 adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278.C.I.A$$

$$Q_2 = 0,278 \times 0,034 \times 40,902 \times 98,125 = 37,395 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_5 = 0,278 \times 0,034 \times 49,472 \times 98,125 = 45,230 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{10} = 0,278 \times 0,034 \times 54,587 \times 98,125 = 49,907 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{25} = 0,278 \times 0,034 \times 60,893 \times 98,125 = 55,673 \text{ m}^3/\text{detik}$$

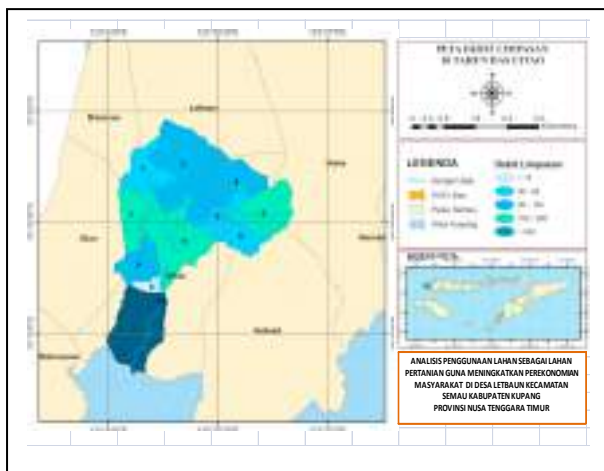
$$Q_{50} = 0,278 \times 0,034 \times 65,307 \times 98,125 = 59,708 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil rekapitulasi perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 26 dan Grafik Debit Limpasan (Q) DAS Uitao disajikan pada Gambar 10. Adapun hasil penggambarannya untuk Debit Limpasan dengan kala ulang 10 tahun dapat dilihat pada Gambar di bawah ini

Tabel 26 : Perhitungan Debit Limpasan DAS Uitao

Sub DAS	Q (2 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (5 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (10 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (25 Tahun) (m ³ /dtk)	Q (50 Tahun) (m ³ /dtk)
1	3	4	5	6	7
1	37,395	45,230	49,907	55,673	59,708
2	56,186	67,959	74,985	83,649	89,711
3	77,795	94,095	103,824	115,819	124,213
4	42,201	51,043	56,321	62,827	67,381
5	24,358	29,462	32,508	36,264	38,892
6	26,196	31,685	34,961	39,000	41,827
7	76,791	92,880	102,484	114,324	122,610
8	46,282	55,979	61,767	68,903	73,897
9	6,259	7,571	8,354	9,319	9,994
10	331,361	400,790	442,230	493,321	529,075
11	133,787	161,819	178,551	199,179	213,614
Jumlah	858,610	1,038,513	1,145,892	1,278,277	1,370,921

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021



Gambar 10 : Peta Debit Limpasan Kala Ulang 10 Tahun DAS Uitao

Sumber : Hasil Analisis, 2021.

47. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S) dan Penggambaran Peta Kemiringan Lereng DAS Uitao

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi. Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu lereng, maka persentase kemiringan lereng semakin besar, sehingga semakin cepat laju limpasan permukaan. Besarnya panjang lereng rata-rata di DAS Uitao didapat melalui pengukuran pada peta kontur *digital* dengan bantuan *software ArcView* dan fasilitas *measure*. Kemiringan lereng dapat diketahui dari data atribut peta sub-sub DAS yang telah dibuat dengan metode *DEM*.

$$L = \left(\frac{Lo}{22,1} \right)^m$$

Dengan :

L = Nilai faktor panjang lereng

Lo = Panjang lereng (diperoleh dari atribut hasil pembuatan batas DAS /subbasin melalui perangkat lunak).

Data pada Sub-sub DAS 1 :

Lo = 1.967,615 m dari pengukuran Analisa

maka ;

$$L = \left(\frac{1.967,615}{22,1} \right)^{0,5} = 9,436\%$$

Kemiringan mempengaruhi kecepatan dan volume limpasan permukaan. Pada dasarnya makin curam suatu

= 9,436%

Faktor kemiringan lereng (S) dapat dihitung

$$S = \frac{(0,43 + 0,30s + 0,04s^2)}{6,61}$$

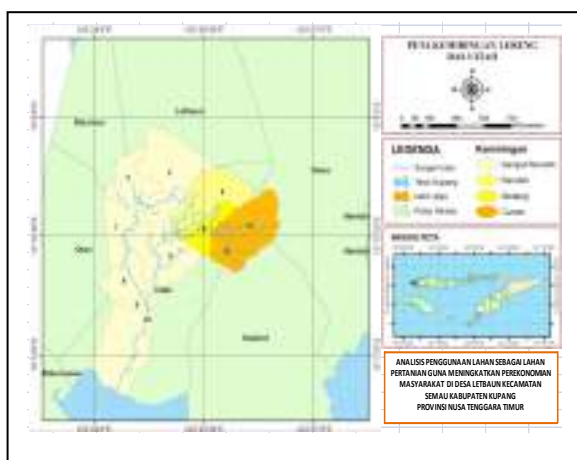
$$S = \frac{(0,43 + 0,30 \times 3,466 + 0,04 \times 3,466^2)}{6,61} = 0,295$$

Tabel 5.37. Perhitungan Faktor LS

Subbasin	Panjang Lereng Len1 (m)	Slope Slo1 (%)	Faktor L	Faktor S	Faktor LS
1	1.967,615	3,466	9,436	0,295	2,831
2	3.132,412	3,209	11,905	0,273	3,301
3	2.646,168	20,434	10,942	3,519	40,493
4	3.117,767	8,183	11,878	0,842	10,340
5	1.484,772	25,522	8,197	5,165	44,660
6	2.098,681	17,625	9,745	2,745	28,062
7	3.277,082	2,058	12,177	0,184	2,261
8	1.489,949	1,317	8,211	0,135	1,116
9	851,777	3,307	6,208	0,281	1,775
10	400,000	1,494	4,254	0,146	0,626
11	4.297,056	4,728	13,944	0,415	5,917

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Penggambaran peta panjang lereng dan kemiringan lereng telah dilakukan bersamaan dengan pembuatan peta Batas DAS melalui pembangkitan *DEM*. Untuk data faktor L dan faktor S ditambahkan pada data atribut peta batas Sub-Sub DAS Uitao. Hasil dari penggambaran dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11 : Peta Kelas Kemiringan Lereng DAS Uitao

Sumber : Hasil Analisis, 2021

48. Potensi Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Di Desa Letbaun

Di Desa Letbaun Kecamatan Semau terdapat DAS Uitao yang berpengaruh terhadap Desa Letbaun itu sendiri dan memiliki lahan produktif untuk diolah menjadi lahan pertanian, Penggunaan lahan pertanian yang ideal adalah daerah dataran rendah dengan kemiringan lereng < 10%, Lahan yang curam tidak ideal dalam penggunaan lahan sebagai pertanian. Sesuai hasil perhitungan dari masing-masing Sub - Sub DAS Uitao dengan masing-masing kemiringan (*Slope*) lereng, terdapat beberapa sub-sub DAS dengan kemiringan lereng < 10% yang ideal sebagai lahan pertanian, seluas = 900,126 Ha dari Luas total DAS = 1379,634 Ha. Adapun Potensi Lahan untuk lahan pertanian sesuai Sub DAS di bawah ini :

Sub DAS 1 Kemiringan lereng 2,831 %

Luas areal = 98,125 Ha

Sub DAS 2 Kemiringan lereng 3,301 %

Las areal = 234.438 Ha

Sub DAS 4 Kemiringan lereng 8,183 %
 Luas areal = 157.000 Ha
 Sub DAS 7 Kemiringan lereng 2,058 %
 Luas areal = 104.438 Ha
 Sub DAS 8 Kemiringan lereng 1,317 %
 Luas areal = 83.000 Ha
 Sub DAS 9 Kemiringan lereng 3,307 %
 Luas areal = 19.375 Ha
 Sub DAS 11 Kemiringan lereng 4,728 %
 Luas areal = 203.750 Ha



Gambar 12 : Peta Potensi Penggunaan Lahan Sebagai Lahan Pertanian Di Desa Letbaun
 Sumber : Hasil Analisis,2021

Lokasi Waduk Guna Penyediaan Air Pertanian

Untuk mendukung terkendalanya akan ketersediaan air yang sangat terbatas lahan diperlukan pemanfaatan sumber daya air di lokasi tersebut untuk pengendali kelebihan air ketika musim penghujan dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau.



Gambar 13 : Letak dan koordinat Bangunan Waduk di Sub DAS 10
 Sumber : Hasil Analisis, 2021

Di Sub DAS 10 sesuai hasil perhitungan debit limpasan permukaan yang cukup besar dan kemiringan lahan > dari 10 % di rencanakan Waduk (Embung) untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di lahan seluas 900,126 Ha. Adapun wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha.

Adapun letak bangunan Waduk (Embung) terletak pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS yang disajikan pada gambar 13.

Kesimpulan

Potensi lahan pertanian di Desa Letbaun Kecamatan Semau Kabupaten Kupang seluas = 900,126 Ha dari luas total keseluruhan = 1.379,634 Ha berarti 65,24 % dari total luas daerah. Dan untuk memenuhi persediaan kebutuhan air di bangunan Waduk (Embung) pada Sub DAS 10 pada koordinat 123°24'23.41" BT dan 10°11'44.23" LS dengan Wilayah cakupan (*Chatment Arealnya*) seluas 215,571 Ha

Saran

Pada DAS yang kemiringan lahan > dari 10 % dibuat perlakuan pembuatan kontruksi parit jebakan air yang dibuat searah garis kountur dengan jarak 10 - 20 m dan ukuran lebar 0,50 kedalam 0,50 m untuk memperkecil debit limpasan permukaan:

Daftar Pustaka

- [1] Aronoff. 1989. *Geographic Information System – A Management Perspective*. Ottawa : WDL Publications.
- [2] Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- [3] ESRI (Environmental System Research Institute, Inc). 1996. *ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone*. New York : ESRI.
- [4] Marwan, Achmad. 2003. “Implementasi Sistem Informasi Geografis Dalam Penentuan Batas Genangan Bendungan Genteng Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang”. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw, 2003.
- [5] Prahasta, Eddy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : CV Informatika
- [6] Prahasta, Eddy. 2005. *Sistem Informasi Geografis*. Bandung : CV Informatika.
- [7] Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga
- [8] Sulaiman dkk, 2017 Pemetaan Potensi Air Tanah Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Prosiding Seminar Nasional seri 7 “Menuju Masyarakat Madani dan Lestari”* Yogyakarta, 22 November 2017, e-ISBN: 978-602-450-211-9, p-ISBN: 978-602-450-210-2

UJI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN KUAT TEKAN MORTAR NORMAL DENGAN MORTAR MENGGUNAKAN BAHAN SUBSTITUSI KACA

I Gusti Ngurah Gede Dirgayusa Putra¹⁾ I Wayan Suasira²⁾ I Komang Sudiarta³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi D-III Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Unud Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali.

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Unud Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali.

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Unud Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali.

E-mail : dirgayusaputra29@gmail.com

Abstrak

Dalam pembangunan konstruksi, beton dan mortar merupakan salah satu komponen yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Jika semakin lama semakin banyak beton dan mortar yang digunakan, maka kebutuhan bahan seperti semen, pasir dan krikil akan semakin banyak. Maka dalam kurun waktu bahan-bahan tersebut akan menjadi langka. Dari alasan tersebut terpikirkan sebuah ide untuk memanfaatkan limbah kaca yang banyak terbuang dari pecahan-pecahan gelas minuman maupun botol minuman yang ada di lingkungan sekitar untuk dicampurkan kedalam mortar sebagai pengganti agregat halus. Penelitian ini menggunakan benda uji kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm, pembuatan benda uji menggunakan beberapa variasi campuran 1pc : 2ps, 1pc : 5ps, 1pc : 8ps, dan menggunakan bahan substitusi kaca sebesar 15% dan 30%. Metode yang digunakan dalam pengujian ini yaitu SNI 03-6882-2002 tentang spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan. Benda uji ini akan diuji pada umur 28 hari. Pada penelitian kuat tekan mortar, terjadi perubahan kuat tekan pada mortar substitusi 15% dan 30% yaitu untuk variasi 1 15% 25,76 Mpa dan 30% 30,18 Mpa, untuk variasi 2 15% 5,82 Mpa dan 30 % 8,22 Mpa, untuk variasi 3 15% 2,20 Mpa dan 30% 2.31 Mpa dari kuat tekan normal variasi 1 normal 28,09 Mpa, Variasi 2 normal 8,21 Mpa dan variasi 3 normal 2,33 Mpa. Berdasarkan hasil yang didapatkan, penambahan serbuk kaca sebagai pengganti parsial pasir dapat berpengaruh dengan kuat tekan mortar, dimana dengan menggantikan parsial pasir dengan jumlah yang tertentu bisa menaikkan ataupun menurunkan kuat tekan dari mortar.

Kata kunci : Kuat tekan mortar, pemanfaatan limbah kaca, perbandingan kuat tekan.

Abstract

In construction, concrete and mortar are one of the most widely used components in the construction world. If more and more concrete and mortar are used, the need for materials such as cement, sand and gravel will increase. So in time these materials will become scarce. From this reason, an idea came up to utilize glass waste which was wasted from broken drinking glasses and beverage bottles in the surrounding environment to be mixed into mortar as a substitute for fine aggregate. This study uses a cube test object measuring

5 x 5 x 5 cm, the manufacture of the test object uses several variations of a mixture of 1pc: 2ps, 1pc: 5ps, 1pc: 8ps, and uses glass substitution materials of 15% and 30%. The method used in this test is SNI 03-6882-2002 concerning mortar specifications for masonry work. This test object will be tested at the age of 28 days. In the mortar compressive strength research, there was a change in the compressive strength of the 15% and 30% substitution mortar, namely for variations 1 15% 25.76 Mpa and 30% 30.18 Mpa, for variations 2 15% 5.82 Mpa and 30% 8, 22 Mpa, for variation 3 15% 2.20 Mpa and 30% 2.31 Mpa from normal compressive strength variation 1 normal 28.09 Mpa, variation 2 normal 8.21 Mpa and variation 3 normal 2.33 Mpa. Based on the results obtained, the addition of glass powder as a partial substitute for sand can affect the compressive strength of the mortar, where by replacing the partial sand with a certain amount can increase or decrease the compressive strength of the mortar.

Keywords : compressive strength of mortar, utilization of glass waste, comparison of compressive strength.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman atau globalisasi sangat erat hubungannya dengan pembangunan. Pembangunan menjadi tolak ukur kemajuan dari suatu wilayah. Pembangunan khususnya di daerah Bali sudah bisa dikatakan pesat terutama pada daerah pariwisata. Ini yang menyebabkan daerah pariwisata yang umumnya disekitaran daerah pinggiran pantai terlihat padat dari segi pembangunan infrastrukturnya. Dalam pembangunan struktur bangunan, beton merupakan salah satu komponen yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi saat ini karena beton memiliki sifat yang mudah dibentuk sesuai dengan yang dikehendaki. Jika semakin lama semakin banyak beton yang digunakan, maka kebutuhan bahan seperti semen, pasir dan krikil akan semakin banyak. Maka dalam kurun waktu bahanbahan tersebut akan menjadi langka.

Dari alasan penggunaan limbah tersebut terpikirkan sebuah ide untuk memanfaatkan limbah kaca yang banyak terbuang dari pecahan-pecahan gelas minuman maupun botol minuman yang ada di lingkungan sekitar untuk dicampurkan kedalam mortar sebagai pengganti agregat halus. Sebelum menggunakan limbah kaca pada campuran mortar maka sebelumnya harus dilakukan penelitian di laboratorium untuk mengetahui perilaku mortar tersebut. Hal yang paling sederhana adalah kuat tekan mortar normal tanpa adanya bahan tambah serbuk kaca dan mortar dengan bahan tambah serbuk kaca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka di buat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa kuat tekan mortar dengan campuran variasi 1pc : 2psr, 1pc : 5psr, 1pc : 8psr.
2. Berapa kuat tekan mortar dengan substitusi serbuk kaca 15% dan 30%.

Berapa perbandingan kuat tekan mortar normal dengan mortar substitusi serbuk kaca.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kuat tekan mortar dengan campuran variasi 1pc : 2psr, 1pc : 5psr, 1pc : 8psr.
2. Untuk mengetahui kuat tekan mortar dengan menggunakan substitusi 15% dan 30% serbuk kaca.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan mortar normal dengan mortar substitusi serbuk kaca.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian kuat tekan mortar dengan limbah serbuk kaca yang digunakan sebagai pengganti sebagian tertentu agregat halus pada penyusunan mortar dengan tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan mortar yang dihasilkan dari limbah kaca. Sebelum melakukan pembuatan mortar tersebut harus dilakukan pengujian material atau disebut dengan pengujian propertis material pada material penyusun mortar. Pengujian yang dilakukan seperti pengujian berat jenis dan berat volume pada semen, kemudian pengujian kadar lumpur pada pasir, Analisa ayakan, berat jenis dan berat volume dan berat volume pada pasir (agregat halus).

Jumlah benda uji yang dibuat dalam pengujian kuat tekan adalah 54 buah, terdiri dari penelitian kuat tekan mortar akan digunakan benda uji kubus 5x5x5 sebanyak 54 buah, yaitu 18 untuk mortar normal dengan campuran variasi 1pc : 2psr, 1pc : 5psr, 1pc : 8psr dengan 6 buah disetiap campurannya, 18 untuk mortar dengan bahan substitusi serbuk limbah kaca sebesar 15% dengan 6 buah benda uji di setiap variasinya dan 18 untuk mortar dengan bahan substitusi serbuk limbah kaca sebesar 30% dengan 6 buah benda uji. Substitusi serbuk kaca merupakan bahan pengganti sebagian dari gregat halus. Setelah pembuatan benda uji, akan dilaksanakan pengujian kuat tekan mortar untuk benda

uji kubus pada umur 28 hari. Pada akhirnya penelitian akan mendapatkan nilai kuat tekan mortar normal dan mortar yang ditambah dengan serbuk kaca.

Nanti hasil dari pengujian kuat tekan beton dan kuat tekan mortar tersebut akan dibandingkan, apakah mortar yang ditambahkan serbuk kaca memiliki kuat tekan yang lebih besar atau lebih kecil dari kuat tekan mortar normal.

III. HASIL PEMBAHASAN

Hasil konsistensi yang di dapat dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4. 1 Konsistensi

No	Benda Uji	Awal					Rata-rata	Konsistensi	penambahan air	Air Total	
			1	2	3	4					
1	Benda Uji V1N	10.35	23.50	21.20	20.85	20.61	21.54	108.12	+20 ml	=541.73	ml
2	Benda Uji V2N	10.16	20.91	21.13	20.95	21.1	21.0225	106.91	+290ml	=811.73	ml
3	Benda Uji V3N	10.16	20.57	21.68	20.9	21.05	21.05	107.19	+450ml	=971.73	ml
4	Benda Uji V1K 15%	10.19	21.16	20.6	21.55	21.07	21.095	107.02	+110ml	=318.69	ml
5	benda Uji V2K 15%	10.12	21	20.32	21.03	21.1	20.8625	106.15	+370ml	=578.69	ml
6	Benda Uji V3K 15%	10.34	22.71	21.17	22.9	21.52	22.075	113.49	+410ml	=618.69	ml
7	Benda Uji V1K 30%	10.17	20.61	20.98	21.28	21.24	21.0275	106.76	+50ml	=180.43	ml
8	benda Uji V2K 30%	10.02	20.85	20.41	21.11	20.54	20.7275	106.86	+320ml	=450.43	ml

9	benda Uji V3K 30%	10.53	21.95	21.2	22.26	22.36	21.9425	108.38	+400ml	=530.43	ml
---	-------------------	-------	-------	------	-------	-------	---------	--------	--------	---------	----

Hasil penelitian kuat tekan mortar, kuat tekan mortar benda uji diperoleh dari nilai kuat tekan rata-rata, yang diambil pada umur 28 hari. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4. 2 Kuat Tekan Variasi 1 Normal

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V1N 1	28	5.06	5.06	5.06	262.5	7647.87	298.70	29.30
V1N 2	28	5.02	5.03	5.03	261	7138.01	282.69	27.73
V1N 3	28	5	5.01	5.02	260.5	7647.87	305.30	29.95
V1N 4	28	5.05	5	5	260	7138.01	282.69	27.73
V1N 5	28	5	5	5	259	6934.07	277.36	27.21
V1N 6	28	5.04	4.85	5	261.5	6628.15	271.16	26.60
RATA - RATA							286.32	28.09

Tabel 4. 3 Kuat Tekan Variasi 2 Normal

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V2N 1	28	5.08	5.03	5.05	240.5	2039.43	79.81	7.83
V2N 2	28	5.06	5.2	5.08	254	2549.29	96.89	9.50
V2N 3	28	5.1	5.15	5.07	253	2039.43	77.65	7.62
V2N 4	28	5.09	5.1	5.07	252	2243.38	86.42	8.48
V2N 5	28	5	4.99	5	238	2039.43	81.74	8.02
V2N 6	28	5.04	5.08	5	240	2039.43	79.66	7.81
RATA - RATA							83.69	8.21

Tabel 4. 4 Kuat Tekan Variasi 3 Normal

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				

V3N 1	28	5.02	5.1	5.09	231.5	1019.72	39.83	3.91
V3N 2	28	5.09	5.1	5.03	235	509.86	19.64	1.93
V3N 3	28	5.05	5.2	5.1	236	611.83	23.30	2.29
V3N 4	28	5.07	5.2	5.1	235.5	509.86	19.34	1.90
V3N 5	28	4.97	5.02	5.05	230.5	509.86	20.44	2.00
V3N 6	28	5.03	5.1	4.97	224	509.86	19.88	1.95
RATA - RATA							23.74	2.33

Hasil penelitian kuat tekan mortar, kuat tekan mortar diperoleh dari nilai kuat tekan rata-rata, yang diambil pada umur 28 hari. Setiap benda uji ditambahkan serbuk kaca sebanyak 15% dari berat pasir sebagai substitusi dari agregat halus. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4. 5 Kuat Tekan Variasi 1 Substitusi Kaca 15%

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V1K 15% 1	28	5	5.11	5.05	262.5	7138.01	279.37	27.41
V1K 15% 2	28	5	5.19	5.03	264.5	6118.3	235.77	23.13
V1K 15% 3	28	5.03	5.04	5.01	262	6628.15	261.45	25.65
V1K 15% 4	28	5.11	5.03	5.05	265	7647.87	297.54	29.19
V1K 15% 5	28	5.05	5.16	5.1	263	6322.24	242.62	23.80
V1K 15% 6	28	5.02	5.1	5.06	261.5	6628.15	258.89	25.40
RATA - RATA							262.61	25.76

Tabel 4. 6 Kuat Tekan Variasi 2 Substitusi Kaca 15%

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V2K 15% 1	28	5	5	5.08	235.5	1529.57	61.18	6.00
V2K 15% 2	28	5.06	5.01	4.92	238	1529.57	60.34	5.92
V2K 15% 3	28	4.98	4.99	5.03	232.5	1529.57	61.55	6.04
V2K 15% 4	28	5	5.09	5	236.5	1529.57	60.10	5.90
V2K 15% 5	28	5.06	5.06	5	239	1529.57	59.74	5.86
V2K 15% 6	28	5	5	5.05	236	1325.63	53.03	5.20
RATA - RATA							59.32	5.82

Tabel 4. 7 Kuat Tekan Variasi 3 Substitusi Kaca 15%

Benda Uji		Ukuran (cm)					Mpa
-----------	--	-------------	--	--	--	--	-----

	Umur (hari)	Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)	Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	
V3K 15% 1	28	5.08	5.17	5.1	235.5	509.86	19.41	1.90
V3K 15% 2	28	5.08	5.1	5.1	235.5	509.86	19.68	1.93
V3K 15% 3	28	5.13	5.09	5.1	236.5	611.83	23.43	2.30
V3K 15% 4	28	5.07	5.02	5	226	509.86	20.03	1.97
V3K 15% 5	28	5	5.05	4.99	226.5	815.77	32.31	3.17
V3K 15% 6	28	5.07	5.08	4.98	221	509.86	19.80	1.94
RATA - RATA							22.44	2.20

Hasil penelitian kuat tekan mortar, kuat tekan mortar diperoleh dari nilai kuat tekan rata-rata, yang diambil pada umur 28 hari. Setiap benda uji ditambahkan serbuk kaca sebanyak 30% dari berat pasir sebagai substitusi dari agregat halus. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4. 8 Kuat Tekan Variasi 1 Substitusi Kaca 30%

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V1K 30% 1	28	5.05	5.07	5.05	267	8157.73	318.62	31.26
V1K 30% 2	28	5	5.04	5	259.5	7647.87	303.49	29.77
V1K 30% 3	28	5.12	5.1	4.99	263	8157.73	312.41	30.65
V1K 30% 4	28	5.09	5.15	5	262	7138.01	272.30	26.71
V1K 30% 5	28	5.07	5.07	5	262	8667.59	337.20	33.08
V1K 30% 6	28	5	5.07	5.05	262.5	7647.87	301.69	29.60
RATA - RATA							307.62	30.18

Tabel 4. 9 Kuat Tekan Variasi 2 Substitusi Kaca 30%

Benda Uji	Umur (hari)	Ukuran (cm)			Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	Mpa
		Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)				
V2K 30% 1	28	5.15	5.11	5.11	246	2039.43	77.50	7.60
V2K 30% 2	28	5	5.05	4.97	237	2243.38	88.85	8.72
V2K 30% 3	28	5.08	5.07	5.1	248.5	2039.43	79.18	7.77
V2K 30% 4	28	5.1	5.15	5.08	248	2243.38	85.41	8.38
V2K 30% 5	28	5.07	5.05	5	239	2345.35	91.60	8.99
V2K 30% 6	28	5.01	5.06	5	236.5	2039.43	80.45	7.89
RATA - RATA							83.83	8.22

Tabel 4. 10 Kuat Tekan Variasi 3 Substitusi Serbuk Kaca 30%

Benda Uji		Ukuran (cm)					Mpa
-----------	--	-------------	--	--	--	--	-----

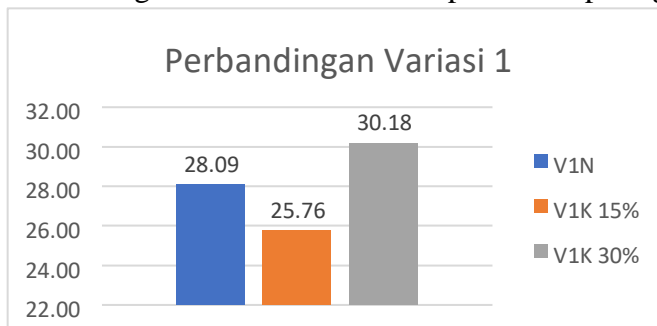
	Umur (hari)	Panjang (p)	Lebar (l)	Tinggi (t)	Berat (gr)	Beban Tekan P (kg)	Kuat Tekan $P/(p \times l)$ (kg/cm ²)	
V3K 30% 1	28	4.97	5.05	5.05	218	509.86	20.31	1.99
V3K 30% 2	28	5.01	5.01	5.03	220.5	611.83	24.38	2.39
V3K 30% 3	28	5	5.06	5.02	221	611.83	24.18	2.37
V3K 30% 4	28	5.02	5.04	5.03	218.5	509.86	20.15	1.98
V3K 30% 5	28	5.04	5.03	5.02	226	815.77	32.18	3.16
V3K 30% 6	28	5.03	5.03	5.07	221	509.86	20.15	1.98
RATA - RATA							23.56	2.31

Dari pengujian yang telah dilakukan, nilai rata-rata dari ke Sembilan jumlah variasi tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah :

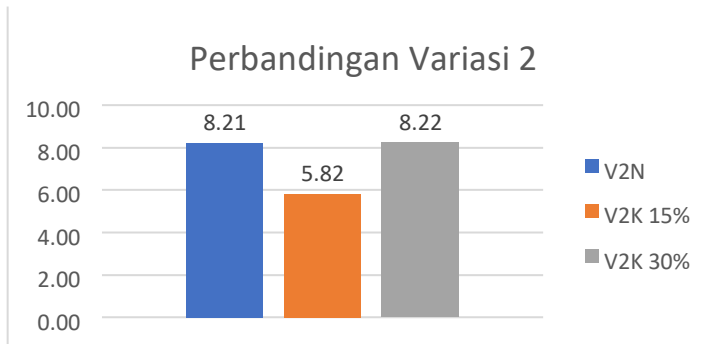
Tabel 4. 11 Kuat Tekan Rata-rata Benda Uji

Benda Uji	Umur	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Mpa
V1N	28	286.32	28.09
V2N	28	83.69	8.21
V3N	28	23.74	2.33
V1K 15%	28	262.61	25.76
V2K 15%	28	59.32	5.82
V3K 15%	28	22.44	2.20
V1K 30%	28	307.62	30.18
V2K 30%	28	83.83	8.22
V3K 30%	28	23.56	2.31

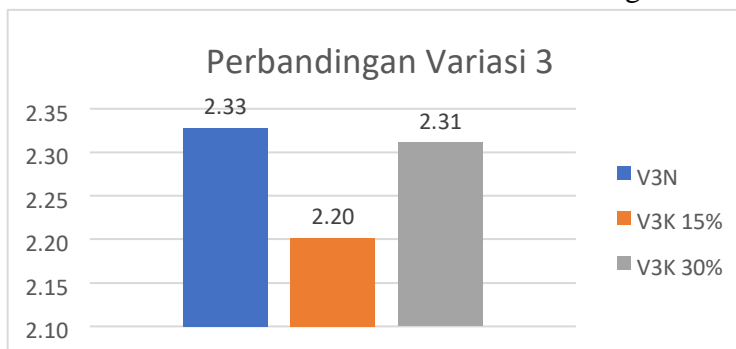
Perbandingan dari data tersebut dapat dilihat pada grafik berikut :



Grafik 4. 1 Perbandingan Variasi 1



Grafik 4. 2 Perbandingan Variasi 2



Grafik 4. 3 Perbandingan Variasi 3

Dimana di dapatkan dari perbandingan kuat tekan di atas dari variasi 1 dengan substitusi serbuk kaca 30% dapat melebihi nilai dari kuat tekan mortar normal variasi 1 dengan nilai kuat tekan sebesar 30,18 Mpa, untuk variasi 2 substitusi serbuk kaca 30% juga melebihi nilai dari kuat tekan mortar normal variasi 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 8,22 Mpa, dan untuk variasi 3 mortar normal masih memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi di variasi 3 yaitu sebesar 2,33 Mpa.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah penulis sampaikan, adapun simpilan yang dapat penulis ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai Kuat tekan mortar yang dihasilkan dari hasil pengujian kuat tekan beberapa variasi campuran untuk mortar normal tanpa adanya bahan substitusi serbuk kaca sebagai pengganti pasir pada umur 28 hari yaitu, variasi 1pc : 2ps sebesar 28,09 Mpa, variasi 1pc : 5ps sebesar 8,21 Mpa, variasi 1pc : 8ps sebesar 2,33 Mpa.
2. Nilai kuat tekan mortar yang dihasilkan dari hasil kuat tekan beberapa variasi campuran untuk mortar dengan substitusi serbuk kaca 15% dan 30 % sebagai pengganti

sebagian dari berat pasir pada umur 28 hari yaitu, variasi 1pc : 2ps dengan substitusi 15% sebesar 25,76 Mpa, Variasi 1pc : 5ps dengan substitusi 15% sebesar 5,82 Mpa, variasi 1pc : 8ps dengan substitusi 15% sebesar 2,20 Mpa, variasi 1pc : 2ps dengan substitusi 30% sebesar 30,18 Mpa, variasi 1pc : 5ps dengan substitusi 30% sebesar 8,22 Mpa, variasi 1pc : 8ps dengan substitusi 30% sebesar 2,31 Mpa.

3. Dalam penelitian didapatkan hasil perbandingan selisih kuat tekan yang didapat dari beberapa variasi yang menggunakan substitusi serbuk kaca terjadi penurunan dan kenaikan kuat tekan. Hasil tersebut yaitu, terjadi penurunan kuat tekan terhadap V1K 15% sebesar 8,28% dan kenaikan kuat tekan V1K 30% sebesar 7,44 %. Terjadi penurunan kuat tekan terhadap V2K 15% sebesar 29,12% dan terjadi kenaikan kuat tekan pada V2K 30% sebesar 0,16%. Terjadi penurunan kuat tekan pada V3K 15% sebesar 5,45% dan penurunan kuat tekan pada V3K 30% sebesar 0,75%.

V. DAFTAR PUSTAKA

GeSTRAM (Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil), Vol. 1, Nomor 1, Maret 2018.

“Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan.

Trysha Amandania Putri, 2015. Kajian Eksperimental Kuat Tekan Mortar yang Mengandung Air Laut dan NaCl.

Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (Modulus), Volume 1, No 1, juni 2019.

“Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Normal Berdasarkan Gradasi Pasir Zona 3”.

Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 5, Juli 2014 (252-259) ISSN :2337-6732

Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). “Konsistensi dan Kuat tekan Mortar yang

Menggunakan Air Laut Sebagai Mixing Water (038M)”

SNI 03-1970-1990 “Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan”

SNI 03-6882-2002 “Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan”

ANALISIS EFEKTIVITAS BIAYA DALAM PEMILIHAN PONDASI BORE PILE ATAU PONDASI RAKIT PADA STRUKTUR GEDUNG

I Made Andi Setiawan¹⁾, I Wayan Arya²⁾, dan I Wayan Intara³⁾

¹ Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
Email : andi.setiawan1234512@gmail.com

² Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
Email : wayanarya@pnb.ac.id

³ Jurusan Teknik Sipil Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politenik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
Email : intarajoist@yahoo.com

Abstract

In a building there is a very important main structure that is a structure called a foundation. The showroom building, which has 4 floors and a basement, will be built in an area that has a relatively low land carrying capacity. Generally use deep foundations such as bore pile foundations, but nowadays many use shallow foundations, such as raft foundations on soil with relatively low soil carrying capacity. The selection of foundation alternatives aims to save construction costs, so in this research we calculated foundation dimensions, cost calculation, and effectiveness analysis in terms of cost.

This research was conducted using the structural modeling method in the SAP 2000 v.14 program so that the placement reaction was obtained for calculating the dimensions of the foundation. Furthermore, the dimensions that have been obtained are calculated to calculate the cost of the work.

The results of the analysis show the dimensions of the foundation obtained for bore pile foundations produce 9 types of pile groups, with the highest number of piles being 10 piles. As for the raft foundation, it produces an area of 575.36 m² with a thickness of 1.3 m. Analysis of the cost of foundation work and work that has changed shows the alternative cost of bore pile foundation is Rp. 2.503.973.000,00 and for an alternative raft foundation of Rp. 3.517.755.000,00. So, the alternative bore pile foundation is more effectively used on soils that have a relatively low bearing capacity than the alternative raft foundation.

Keywords: *Bore pile foundation, Raft foundation, Carrying capacity, Construction costs*

Abstrak

Pada sebuah bangunan terdapat struktur utama yang sangat penting yaitu struktur yang bernama pondasi. Bangunan gedung showroom yang memiliki 4 lantai dan 1 *basement* ini, akan dibangun di daerah yang memiliki daya dukung tanah relatif rendah. Umumnya menggunakan pondasi dalam seperti pondasi *bore pile*, namun saat ini sudah banyak yang menggunakan pondasi dangkal, seperti pondasi rakit pada tanah dengan daya dukung tanah relatif rendah. Pemilihan alternatif pondasi bertujuan untuk menghemat biaya

konstruksi, sehingga pada penelitian ini dilakukan perhitungan dimensi pondasi, perhitungan biaya dan analisis efektifitas dari segi biaya.

Penelitian ini dilakukan dengan metode pemodelan struktur pada program SAP 2000 v.14 sehingga didapatkan reaksi perletakan untuk perhitungan dimensi pondasi. Selanjutnya dimensi yang telah didapatkan dihitung biaya pekerjaannya.

Hasil analisis menunjukkan dimensi pondasi yang didapatkan, untuk pondasi *bore pile* menghasilkan 9 jenis kelompok tiang dengan jumlah tiang terbanyak adalah 10 tiang. Sedangkan untuk pondasi rakit menghasilkan luas 575,36 m² dengan tebal 1,3 m. Analisis biaya pekerjaan pondasi dan pekerjaan yang mengalami perubahan menunjukan biaya alternatif pondasi *bore pile* sebesar Rp. 2.503.973.000,00 dan untuk alternatif pondasi rakit sebesar Rp. 3.517.755.000,00. Sehingga alternatif pondasi *bore pile* lebih efektif digunakan pada tanah yang memiliki daya dukung relatif rendah daripada alternatif pondasi rakit.

Kata Kunci: *Pondasi bore pile, Pondasi rakit, Daya dukung, Biaya konstruksi*

PENDAHULUAN

Pada sebuah bangunan terdapat struktur utama yang sangat penting yang bernama pondasi. Pondasi adalah bagian dari struktur bawah yang kekuatannya ditentukan oleh tanah yang mendukungnya, sehingga pemilihan jenis pondasi berdasarkan jenis tanahnya (Badan Standarisasi Nasional, 2002). Pondasi *bore pile* digunakan bila letak tanah keras terdapat pada posisi yang cukup dalam sehingga pemilihan pondasi langsung tidak ekonomis untuk digunakan (Saptowati, Prayogo, & Gunawan, 2017). Pada kondisi tanah keras yang tidak terlalu dalam dapat menggunakan pondasi langsung, contohnya adalah pondasi *full plate* atau sering disebut juga pondasi rakit.

Dalam konstruksi bangunan bertingkat seperti gedung showroom yang memiliki 4 lantai dan 1 *basement* ini, akan dibangun di daerah dengan daya dukung tanah relatif rendah. Sehingga umumnya menggunakan pondasi dalam untuk mencapai lapisan tanah kerasnya, namun saat ini sudah banyak yang menggunakan pondasi rakit untuk pondasi bangunan bertingkat dikarenakan pondasi tipe ini bisa digunakan pada kondisi tanah di lokasi proyek yang memiliki daya dukung yang relatif rendah atau tidak mampu memikul beban bangunan secara keseluruhan (Sollar, Balamba, Sarajar, & Mandagi, 2019).

Dari perbedaan itu pemilihan pondasi pada perencanaan gedung menjadi sangat penting karena pemilihan alternatif jenis pondasi yang sesuai akan memperlancar proses pekerjaan gedung tersebut. Oleh karena itu diperlukan perencanaan dengan beberapa alternatif perencanaan pondasi, yaitu dengan menggunakan metode konvensional. Perhitungan struktur pondasi yang sesuai akan membuat perencanaan pondasi menjadi lebih efektif dari segi dimensi, kekuatan dan akan berpengaruh terhadap biaya nantinya. Dari hasil penelitian ini diharapkan, penulis mendapatkan hasil dimensi pondasi yang diperlukan, biaya untuk setiap alternatif pondasi dan keefektifan antara pemakaian pondasi rakit dan pondasi *bore pile* ditinjau dari kasus kedalaman tanah keras yang cukup dalam. Sehingga nantinya mampu mengoptimalkan dari segi biaya pada proyek tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif eksperimental dimana metode deskriptif eksperimental ini menganalisis pemodelan struktur pada tanah lunak dengan bantuan program SAP 2000 untuk mendesain dua jenis alternatif pondasi yaitu pondasi *bore pile* dan pondasi rakit sehingga nantinya didapat perhitungan biaya yang dibutuhkan

untuk menyelesaikan pekerjaan pondasi dan pekerjaan yang mengalami pengaruh akibat pemilihan jenis pondasi, sehingga memberi pengetahuan mengenai pengaruh alternatif pemilihan jenis pondasi pada tanah lunak terhadap biaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Pemodelan struktur pada gedung showroom dilakukan secara tiga dimensi dengan menempatkan gedung pada lokasi tanah lunak. Dengan beban yang bekerja diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983), beban hidup yang bekerja diambil dari SNI-1727-2018 (beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain), beban gempa yang bekerja diambil dari puskim (desain spektra Indonesia) yaitu nilai S_s dan S_1 pada lokasi gempa kuta yang memiliki tanah lunak, dan beban tekanan tanah yang membebanani DPT pada bangunan disebabkan urugan kembali di sekitar bangunan menggunakan material limestone yang Data yang dipergunakan sebagai perhitungan tekanan tanah aktif akibat dari urugan kembali ini diambil dari buku kumpulan korelasi parameter geoteknik dan pondasi.

Hasil Analisis SAP 2000

Model struktur 3D yang telah selesai dibebankan dan di analisis menggunakan program SAP 2000 v14 kemudian dikeluarkan hasilnya berupa tabel *joint reaction*. *Joint reaction* merupakan hasil dari perletakan jepit dibawah kolom yang menghasilkan F3 (gaya aksial tekan), M1 (momen arah x), dan M2 (momen arah y).



Gambar 1. Model 3D Gedung showroom pada SAP 2000

Sumber : Analisis SAP 2000 v.14, 2021

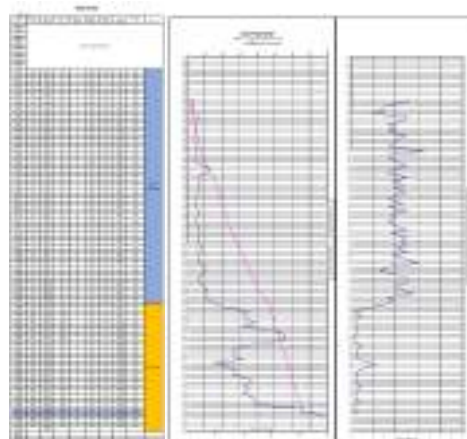
Tabel 1. Hasil *joint reaction* tahap 1

TABLE: Joint Reactions						
Joint	Output Case	Case Type	Node Type	FX	MY	MZ
1	Envelope	Combination	Max	348560,58	23088,8	32888,38
2	Envelope	Combination	Max	447993,98	8241,2	-5478,41
3	Envelope	Combination	Max	192254,85	18675,44	-8797,55
4	Envelope	Combination	Max	262241	18449,87	28458,63
5	Envelope	Combination	Max	338230,53	58927,35	-20573,66
6	Envelope	Combination	Max	490182,5	1091,92	-27094,42
7	Envelope	Combination	Max	580915,97	8454,01	-9283,68
8	Envelope	Combination	Max	337367,68	-15720,61	-10375,88
9	Envelope	Combination	Max	583810,21	-12333,27	31845,58
10	Envelope	Combination	Max	272592,64	-8025,84	27514,19
11	Envelope	Combination	Max	416917,34	12604,22	38678,22
12	Envelope	Combination	Max	328131,41	21629,24	37104,83
13	Envelope	Combination	Max	538728,75	42981,18	15378,08
14	Envelope	Combination	Max	488670,21	13259,84	8186,24
15	Envelope	Combination	Max	624676,67	2526,28	-1968,81
16	Envelope	Combination	Max	89991,08	12450,32	-4482,18
17	Envelope	Combination	Max	123231,51	27889,21	656,44
18	Envelope	Combination	Max	313810,16	6966,54	-2018,5
19	Envelope	Combination	Max	118846,71	-2528,24	12574,63
20	Envelope	Combination	Max	25485,1	7038,83	58711,22

Sumber : Analisis SAP 2000 v.14, 2021

Perhitungan Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi *Bore Pile*

Hasil data pengujian tanah menghasilkan lapisan tanah lempung berada pada kedalaman 2,20 meter hingga 13,20 meter ditandai dengan warna biru pada gambar dibawah, sedangkan lapisan tanah pasir berada pada kedalaman 13,40 meter hingga 19,40 meter ditandai dengan warna orange pada gambar dibawah.



Gambar 2. Identifikasi tanah dan grafik hasil uji sondir

Sumber : Data sekunder diolah, 2021

Perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi *bore pile* dengan menggunakan rumus Skempton untuk tanah lempungnya dan rumus Meyerhof untuk tanah pasirnya dengan diameter bore pile 0,4 m dengan panjang tiang 14,25 m, menghasilkan :

Kapasitas dukung ijin tiang tekan

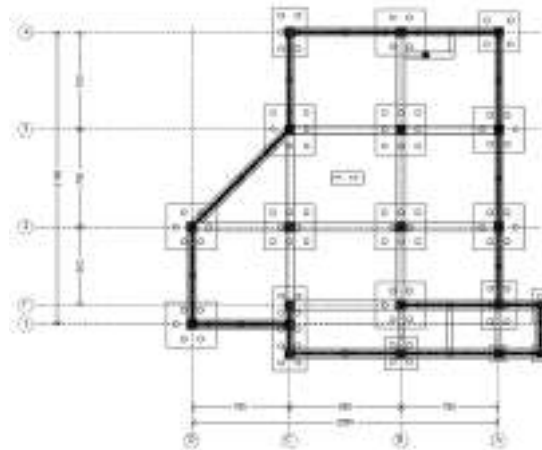
$$Q_a = 100.298,508 \text{ kg}$$

Kapasitas dukung ijin tiang Tarik

$$271. \quad Q_a = 38.259,958 \text{ kg}$$

Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pondasi *Bore Pile*

Dimensi pondasi *bore pile* yaitu jumlah tiang yang digunakan dalam 1 kelompok tiang dan ukuran *pile cap*. Untuk mendapatkan jumlah tiang dan ukuran *pile cap* dilakukan dengan mencocokkan nilai *joint reaction* setiap kolom dengan daya dukung tiang yang sudah dikalikan dengan efisiensi kelompok tiang.



Gambar 3. Denah pondasi bore pile

Sumber : Data diolah, 2021

Jumlah tiang pada suatu kelompok tiang yang telah didapat kemudian dilanjutkan dengan perencanaan penulangannya. Untuk penulangan *pile cap* terlebih dahulu mengontrol tebal *pile cap*nya terhadap geser satu arah dan geser dua arah. Kemudian jika kontrol geser satu arah dan dua arah sudah aman maka dilanjutkan dengan perhitungan penulangan seperti pada perhitungan penulangan balok kantilever. Hasil dari perhitungan yaitu dimensi dari *pile cap* dan pembesian untuk *pile cap*.

Tabel 2. Rekap tulangan *pile cap*

No	Nama Pile Cap	Jumlah Tiang Boc	Dimensi Pondasi (m)			Diameter Tulangan Maksud	Jarak Tulangan X (mm)	Jarak Tulangan Y (mm)	Diameter Tulangan Sikat	Jarak Tulangan Sikat X (mm)	Jarak Tulangan Sikat Y (mm)
			B	L	T						
1	P1	2	1,2	1,2	0,5	Ø19	170	200	Ø16	170	180
2	P2	2	1,2	2,4	0,6	Ø19	150	250	Ø16	150	140
3	P3	4	2,4	2,4	0,5	Ø19	180	200	Ø16	180	180
4	P4	6	2,88	2,88	0,7	Ø19	120	180	Ø16	120	180
5	P5	8	2,4	3,6	0,8	Ø21	130	150	Ø19	130	130
6	P6	7	3,6	2,28	0,8	Ø21	150	140	Ø19	150	140
7	P7	8	3,6	2,28	0,8	Ø21	150	130	Ø19	150	130
8	P8	9	3,6	3,6	0,85	Ø21	120	120	Ø19	120	120
9	P9	10	2,4	6	0,85	Ø21	120	120	Ø19	120	120

Sumber : Data diolah, 2021

Perhitungan tulangan tiang *bore pile* ini menggunakan tulangan longitudinal minimum dan Sengkang spiral minimum sesuai SNI 2847-2019 Pasal 10.6.1 dan 18.7.5.4. menghasilkan untuk tiang bore pile dengan diameter 0,4 m menggunakan tulangan sengkang D10-120 dan tulangan longitudinal 7D16.

Perencanaan Biaya Pekerjaan Pondasi *Bore Pile*

Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga analisa satuan pekerjaan Kabupaten Badung triwulan ke IV tahun 2020 dan untuk harga kesepakatan alat berat mengambil dari harga analisa satuan pekerjaan Kota Denpasar tahun 2021.

Tabel 3. Perhitungan biaya pekerjaan alternatif pondasi *bore pile*

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJAAN TANAH DAN PASIR			
1	Pekerjaan Galian Basement	2.535,00 m ³	11.294,29	28.521.830,00
2	Pekerjaan Galian Pile Cap	284,15 m ³	11.754,29	3.341.781,35
3	Pekerjaan Urugan Tanah Aspalbet	283,00 m ³	33.283,00	9.419.089,00
4	Pekerjaan Urugan Tanah Aspalbet	881,04 m ³	336.863,00	296.780.731,24
5	Pekerjaan Urugan Pasir Ordebet Pile Cap	25,30 m ³	888.123,00	22.468.499,00
6	Pekerjaan Urugan Pasir Ordebet Tie Beam	65,17 m ³	888.123,00	57.871.254,91
7	Pekerjaan Urugan Pasir Ordebet Pile Basement	84,39 m ³	888.123,00	74.884.861,11
8	Pekerjaan Pemasangan Lapisan Pasir Urug	84,39 m ³	45.283,00	3.821.724,86
9	Pemasangan Lapisan Tanah	148,14 m ³	45.283,00	6.711.284,47
10	Pemasangan Tanah Galian Setelah Malar	2.584,05 m ³	17.891,00	46.147.080,05
	Jumlah			371.040.753,62
II	PEKERJAAN PELAT BASEMENT			
1	Pekerjaan Beton 10 Mpa	885,00 m ²	1.307.863,76	1.167.444.181,17
2	Pekerjaan Pemasangan Plat	824,40 kg	14.880,42	12.261.636,16
3	Pekerjaan Lantai Kerja Pile Basement 1000	34,24 m ²	337.520,27	11.657.500,08
	Jumlah			1.191.363.317,41
III	PEKERJAAN KOLOM			
1	Pekerjaan Beton 10 Mpa	5,80 m ³	1.307.863,76	7.585.602,91
2	Pekerjaan Pemasangan Roda	333,28 kg	14.880,42	4.959.679,88
3	Pekerjaan Boring, Batang Kaki	14,08 m ³	337.520,27	4.750.044,00
	Jumlah			12.535.326,79
IV	PEKERJAAN TIE BEAM			
1	Pekerjaan Beton 10 Mpa	30,38 m ³	1.307.863,76	39.751.284,34
2	Pekerjaan Boring, Tie Beam	112,88 m ³	337.520,27	38.144.863,58
3	Pekerjaan Pemasangan Tie Beam	343,88 kg	14.880,42	5.111.188,77
4	Pekerjaan Lantai Kerja Tie Beam 1000	30,17 m ²	337.520,27	10.180.676,00
	Jumlah			126.187.912,69
V	PEKERJAAN BORE PILE			
1	Pekerjaan Beton 10 Mpa Pile Cap	1.000,00 m ³	1.307.863,76	1.307.863.760,00
2	Pekerjaan Pemasangan Pile Cap	14.880,42 kg	14.880,42	221.211.828,44
3	Pekerjaan Boring, Batang Pile Cap	112,88 m ³	337.520,27	38.144.863,58
4	Pekerjaan Pemasangan Lantai Kerja Pile Cap 1000	30,00 m ²	337.520,27	10.125.608,00
5	Pekerjaan Boring Pile	3.000,00 m ³	337.520,27	1.012.560.810,00
6	Pekerjaan Boring Pile	30,38 m ³	337.520,27	10.250.078,10
	Jumlah			2.503.973.000,00

Sumber : Data diolah, 2021

Tabel 4. Rekap biaya pekerjaan alternatif pondasi *bore pile*

NO	PEKERJAAN	HARGA
I	PEKERJAAN TANAH DAN PASIR	Rp. 371.040.753,62
II	PEKERJAAN PELAT BASEMENT	Rp. 308.250.327,86
III	PEKERJAAN KOLOM	Rp. 58.393.335,79
IV	PEKERJAAN TIE BEAM	Rp. 126.187.912,69
V	PEKERJAAN BORE PILE	Rp. 2.503.973.000,00
	REAL COST	Rp. 2.276.389.666,96
	PMW 30 %	Rp. 227.638.966,96
	TOTAL	Rp. 2.503.973.635,44
	DIBULATKAN	Rp. 2.503.973.000,00
TERbilang :		dua milyar lima ratus tiga juta sembilan ratus tujuh puluh tiga ribu

Sumber : Data diolah, 2021

Gedung showroom yang menggunakan alternatif pondasi bore pile memiliki biaya sebesar Rp. 2.503.973.000,00 untuk pekerjaan pondasi dan pekerjaan yang mengalami perubahan akibat pemilihan alternatif pondasi bore pile.

Perhitungan Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Rakit

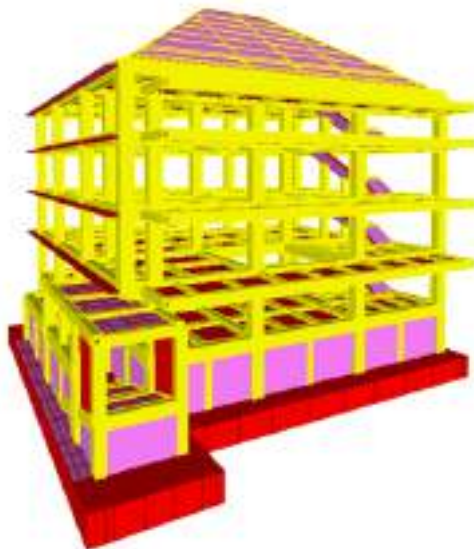
Hasil identifikasi tanah menunjukkan bahwa pada lokasi proyek terdapat 2 lapis tanah sehingga perhitungan daya dukung pondasi rakit perlu mempertimbangkan pengaruh daya dukung terhadap 2 lapis tanah. Daya dukung pondasi rakit dipilih dari hasil nilai terkecil perhitungan daya dukung pondasi pada lapis atas dengan daya dukung pondasi 2 lapis tanah. Pada perhitungan nilai terkecil dimiliki daya dukung pondasi lapis atas sehingga untuk perhitungan daya dukung ijin menggunakan daya dukung lapisan tanah atas (tanah lempung).

$$Q_{all} = 24595,92 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{all \text{ neto}} = 21571,92 \text{ kg/m}^2$$

Perencanaan Dimensi dan Tulangan Pondasi Rakit

Pondasi rakit yang direncanakan sangat kaku dengan metode perhitungan konvensional kaku pada dari buku (Das, 2007). pada perancangan dimensi pondasi rakit dilakukan menggunakan hasil joint reaction dari analisa program SAP 2000 sama seperti pada perhitungan pondasi *bore pile*. Hasil Analisa dengan joint reaction tahap 1 didapat tebal pondasi rakit adalah 1,3 m. Kemudian tebal tersebut dimodel kembali pada model gedung showroom di SAP 2000 sehingga mendapatkan hasil joint reaction tahap 2 untuk menghitung dimensi pondasi rakit dan pembesian pondasi rakit.



Gambar 4. Model 3D gedung showroom dengan pondasi rakit pada SAP 2000

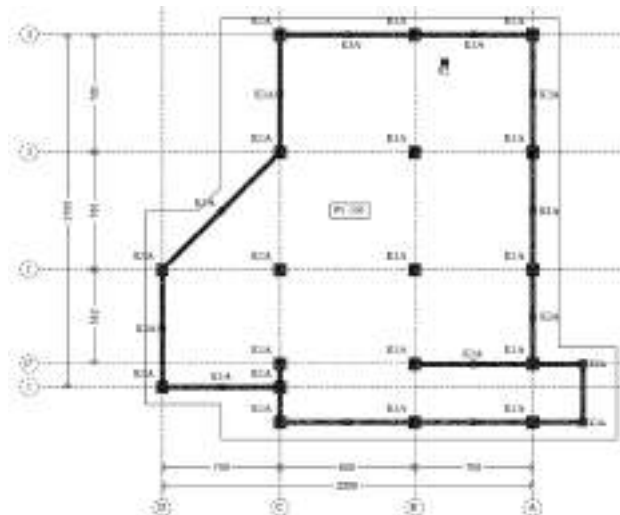
Sumber : Data analisis SAP 2000 v.14, 2021

Tabel 5. Hasil *joint reaction* tahap 2

Joint	Output Case	Case Type	Stat Type	R ₁	R ₂	R ₃
Test	Test	Test	Test	R ₁	R ₂	R ₃
1	Envelope	Combination	Max	314701,14	33071,36	55971,04
2	Envelope	Combination	Max	555082,85	14378,81	-17075,35
3	Envelope	Combination	Max	241722,11	25888,43	-19925,48
4	Envelope	Combination	Max	325069,65	11418,21	81108,21
5	Envelope	Combination	Max	479089,44	113091,42	-48297,28
6	Envelope	Combination	Max	675227,64	47187,41	-57823,3
7	Envelope	Combination	Max	861400,77	30582,65	184836,32
8	Envelope	Combination	Max	641625,11	-86548,38	147208,16
9	Envelope	Combination	Max	538345,63	-8643,62	84170,48
10	Envelope	Combination	Max	882856,51	-25116,84	-4996,72
11	Envelope	Combination	Max	982313,73	5187,98	-17831,62
12	Envelope	Combination	Max	586564,14	12654,59	17077,58
73	Envelope	Combination	Max	709861,7	47188,71	48145,74
74	Envelope	Combination	Max	641366,11	12314,12	58943
75	Envelope	Combination	Max	661890,11	43185,2	39118,1
80	Envelope	Combination	Max	203272,43	-9818,15	18990,76
81	Envelope	Combination	Max	815177,06	-6644,81	3421,29
88	Envelope	Combination	Max	784820,41	-17885,89	31482,07
90	Envelope	Combination	Max	216227,71	-4624,88	-10206,54
901	Envelope	Combination	Max	159971,16	2758,55	-18900,84

Sumber : Analisis SAP 2000 v.14, 2021

Hasil perhitungan yang didapat penulangan pondasi rakit menggunakan tulangan atas D25 dengan jarak 80 mm dan tulangan bawah D25 dengan jarak 80 mm untuk arah x. Sedangkan D25 dengan jarak 90 mm dan tulangan bawah D25 dengan jarak 90 mm untuk arah y.



Gambar 5. Denah pondasi rakit

Sumber : Data diolah, 2021

Perencanaan Biaya Pekerjaan Pondasi Rakit

Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga analisa satuan pekerjaan kabupaten Badung triwulan ke IV tahun 2020 dan untuk harga kesepakatan alat berat mengambil dari harga analisa satuan pekerjaan kota Denpasar tahun 2021.

Tabel 6. Perhitungan biaya pekerjaan alternatif pondasi rakit

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	PEKERJAAN TANAH DAN PASIR			
1	Galian Basement oleh Pondasi	2.832,00 m ³	31.334,34	88.831.547,72
2	Unguan Tanah Basah/Or	80,00 m ³	39.375,00	3.150.000,00
3	Unguan Tanah Basah/Or	1.188,00 m ³	284.068,00	338.418.808,00
4	Pekerjaan Unguan Pasir Pondasi/Rakit	19,00 m ³	249.117,00	4.733.223,00
5	Pekerjaan Pondasi Rakit Layar 7500 X 100	20,00 m ³	31.335,00	626.700,00
6	Pekerjaan Tatalah Rakit-Rakit 1000	2.345,00 m ³	37.831,00	88.811.085,00
Jumlah A				336.434.403,72
B	PEKERJAAN FONDASI RAKIT			
1	Pekerjaan Layar 7500 X 1000 Rakit 1200	28,00 m ³	384.200,21	10.757.605,88
2	Pekerjaan Rakit 1000 X 1000	100,00 m ³	1.301.040,34	130.104.034,00
3	Pekerjaan Pondasi Rakit Pondasi Rakit	111.028,55 m ³	14.390,01	1.600.981.597,01
4	Pekerjaan Rakit Layar 7500 X 1000	128,00 m ³	137.090,00	17.547.520,00
Jumlah B				1.849.386.156,89
C	PEKERJAAN KULUM			
1	Pekerjaan Perbaikan Kulam	1204,10 m ²	14.480,01	17.416.262,09
Jumlah C				17.416.262,09

Sumber : Data diolah, 2021

Tabel 7. Rekap biaya pekerjaan alternatif pondasi rakit

NO	PEKERJAAN	HARGA
I	PEKERJAAN TANAH DAN PASIR	Rp. 336.434.403,72
II	PEKERJAAN FONDASI RAKIT	Rp. 1.849.386.156,89
III	PEKERJAAN KULUM	Rp. 17.416.262,09
	REAL COST	RP 3.517.755.622,29
	PMW 10 %	RP 319.795.961,23
	TOTAL	RP 3.517.755.573,52
	DIBULATKAN	Rp. 3.517.755.000,00
TERbilang :		Diga nilai lima ratus tiga puluh dua juta tujuh ratus lima puluh lima ribu

Sumber : Data diolah, 2021

Gedung showroom yang menggunakan alternatif pondasi rakit memiliki biaya sebesar Rp. 3.517.755.000,00 untuk pekerjaan pondasi dan pekerjaan yang mengalami perubahan akibat pemilihan alternatif pondasi rakit.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

4. Pada hasil analisis daya dukung dan perhitungan dimensi pondasi *bore pile* dan pondasi rakit pada gedung showroom menghasilkan dimensi pondasi untuk pondasi *bore pile* yang didapat berupa 9 jenis kelompok tiang dengan ukuran *pile cap* yang berbeda beda dengan panjang tiang *bore pile* bervariasi dipengaruhi oleh tebal *pile cap*nya. Untuk dimensi pondasi rakit memiliki dimensi yang sangat lebar yaitu seluas 575,36 m² dengan tebal pondasi rakit yaitu 1,3 m.

5. Dari hasil perhitungan rancangan anggaran biaya pekerjaan pondasi dan pekerjaan yang mengalami perubahan, untuk alternatif pondasi bore pile memiliki total biaya sebesar Rp. 2.503.973.000,00 dan untuk alternatif pondasi rakit memiliki total biaya sebesar Rp. 3.517.755.000,00.

6. Dari biaya yang didapat pada alternatif pondasi bore pile jauh lebih ekonomis daripada alternatif pondasi rakit yaitu memiliki selisih Rp. 1.013.7782.000,00, hal ini menunjukkan bahwa alternatif pemilihan pondasi gedung pada tanah lunak lebih efektif menggunakan alternatif pondasi bore pile daripada menggunakan alternatif pondasi rakit.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Agar perencanaan pondasi dapat lebih sempurna, sebaiknya ditambahkan pengujian laboratorium dan pengujian tanah lapangan lainnya untuk mendapatkan parameter tanah yang lebih banyak sehingga perancangan pondasi dapat dilakukan dengan beberapa metode.
2. Perbandingan biaya pekerjaan antara alternatif pondasi *bore pile* dengan alternatif pondasi rakit hanya memperhitungkan total biaya pekerjaan yang mengalami perubahan akibat pemilihan alternatif pondasi dan biaya pondasi itu sendiri. Agar dapat mengetahui secara pasti berapa perbandingan harga diantara pemilihan alternatif pondasi *bore pile* dan alternatif pondasi rakit maka biaya konstruksi kedua pondasi perlu dianalisis secara lebih detail dengan menganalisis biaya biaya konstruksi yang belum diperhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Das, B. M. (2007). *Principles of Foundation Engineering*.
- Saptowati, H., Prayogo, K., & Gunawan, H. A. (2017). EVALUASI TES BEBAN PONDASI BORE PILE. *Prima*, 14, 20-29.
- Sollar, J., Balamba, S., Sarajar, A., & Mandagi, A. (2019). Pengaruh Tebal Plat Pada Daya Dukung Pondasi Rakit Di Tanah Pasir Dan Tanah Lempung Akibat Beban Aksial Statis. *Jurnal Tekno*, 17, 65-70.
- Warman, R. S. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Fondasi*. Jakarta.

ANALISIS MUTU BETON ASPAL AC-BC MENGGUNAKAN BAHAN PENGISI PARUTAN KARET BAN BEKAS

D.A. Anggitha Pitaloka¹⁾, I.G.A.G. Suryanegara D.R.S.²⁾, I Nyoman Ramia³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

^{2,3)}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: da.anggithapitaloka@gmail.com

Abstract

The endurance of asphalt concrete pavement against traffic loads and temperature, depends on the type and composition of aggregates, asphalt and filler used. Many attempts have been made to improve the quality of the mixture, such as add some different material into the mixture. In this research, we used rubber crumb for addition material on AC-BC mixture. The goal is to determine the characteristic of Marshall on the mixture with addition of rubber crumb. In this study we just modified the filler (1%) with rubber crumb from 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; and 1%.

The results showed that the changing a half and all filler with rubber crumb influenced Marshall parameters value. The highest stability value was found in the mixture of 0,25% rubber crumb and 0,75% Portland cement. The highest flow value was found in the mixture of 1% rubber crumb and 0% Portland cement. The lowest VIM value is in the mixture of 0,75% rubber crumb and 0,25% portland cement. The lowest VMA value is in the mixture of 0,75% rubber crumb and 0,25% portland cement. The highest VFB value was found in the mixture of 0,75% rubber crumb and 0,25% portland cement.

Keywords: asphalt concrete, rubber crumb, Marshall parameter.

ABSTRAK

Ketahanan perkerasan beton aspal terhadap beban lalu lintas dan temperatur sangat tergantung pada jenis dan komposisi agregat, aspal serta filler yang digunakan. Banyak usaha telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas campuran, salah satunya dengan menambahkan bahan tambah. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah parutan ban bekas sebagai bahan pengisi pada campuran AC-BC. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana karakteristik Marshall pada campuran dengan menggunakan bahan pengisi (*filler*) parutan ban bekas. Penelitian ini dilakukan dengan mengganti sebagian atau seluruh bahan pengisi dari semen yang mempunyai proporsi sebesar 1%, dengan 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1% parutan ban bekas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mengganti sebagian atau seluruh bahan pengisi dengan parutan ban bekas mempengaruhi nilai parameter Marshall. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada campuran 0,25% ban dan 0,75% semen. Nilai *flow* tertinggi pada campuran 1% ban dan 0 % semen. Nilai VIM terkecil pada campuran 0,75% ban dan 0,25% semen. Nilai VMA terkecil pada campuran 0,75% ban dan 0,25% semen. Nilai VFB terbesar pada campuran 0,75% ban dan 0,25% semen.

Kata kunci: aspal beton, parutan ban bekas, parameter Marshall.

PENDAHULUAN

Bertambahnya pengguna kendaraan maka akan semakin banyak limbah ban bekas yang dihasilkan. Jumlah limbah ban bekas di Indonesia cukup besar yaitu diperkirakan 11 juta ton pertahun (Nastain, 2010). Limbah ban bekas tersebut akan merusak lingkungan karena tidak dapat terurai akibat berbahan dasar karet. Hal ini bertolak belakang dengan adanya sistem go green yang terus berkembang di setiap negara. Salah satu alternatif yang cocok untuk mengurangi limbah ban bekas adalah dengan mengubahnya menjadi bahan pengisi pada campuran beton aspal.

Dengan peningkatan intensitas beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan yang ekstrim seperti cuaca yang tidak menentu dan perubahan temperatur pada siang dan malam hari, maka para rekayasawan dituntut untuk dapat memberikan kualitas perkerasan beton aspal yang lebih baik lagi. Para rekayasawan bidang perkerasan jalan biasanya menambahkan bahan aditif dan material pengganti ke dalam campuran aspal (Mashuri, 2011). Campuran pada aspal dapat dimodifikasi dengan menambahkan parutan karet ban dalam bekas sebagai bahan tambah (aditif).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dengan memodifikasi bahan pengisi campuran beton aspal AC-BC menggunakan parutan karet ban bekas akan diperoleh mutu yang setara dengan campuran pada umumnya. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali dan Lab dari AMP PT Sanur Jaya Utama.

Proses pengumpulan data dimulai dengan mempersiapkan bahan yakni aspal penetrasi 60/70, batu pecah 20-25 mm (*cold bin I*), batu pecah 10-20 mm (*cold bin II*), batu pecah 5-10 mm (*cold bin III*), abu batu (*cold bin IV*), parutan karet ban bekas (*filler I*), semen

(*filler* II). Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sifat-sifat fisis material campuran beton aspal. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut

- Agregat : uji gradasi, berat jenis, dan penyerapan (data sekunder)
- Aspal (bitumen) : uji penetrasi, titik leleh, dan berat jenis
- Semen : uji gradasi dan berat jenis
- Parutan ban bekas : uji gradasi, berat jenis, penyerapan, titik lembek, dan titik nyala

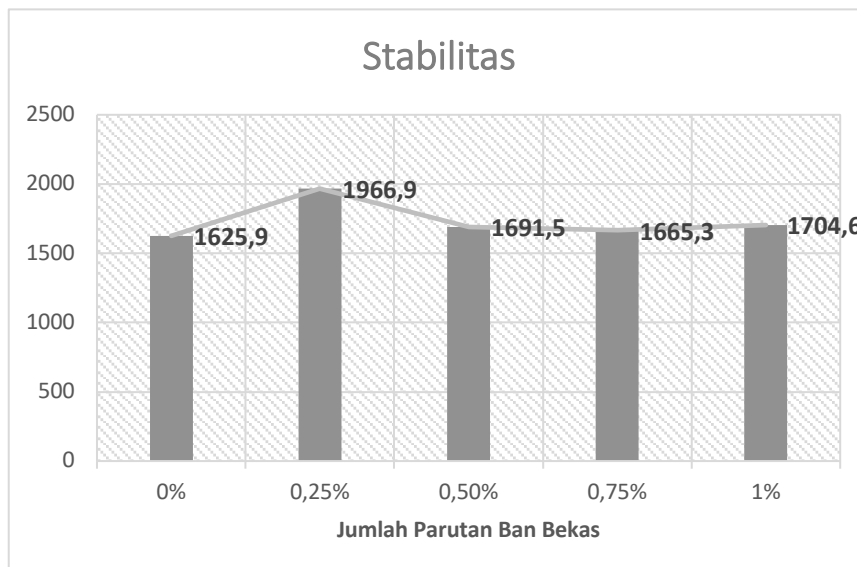
Setelah menguji sifat fisis kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan yang terakhir yaitu pengujian Marshall.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

Camp.	Proporsi		VIM	VMA	VFB	BJ Bulk	BJ maks camp.	Lp	Film Th.	Stab	Flow
	FF	Ban									
	%	%	%	%	%	Gr/cm3	Gmm	m2/Kg	micron	Kg	mm
1	1	0	5,96	15,88	62,46	2,326	2,214	5,920	8,442	1.625,9	1,8
2	0,75	0,25	6,32	16,17	60,94	2,320	2,208	5,797	8,654	1.966,9	1,0
3	0,5	0,5	6,31	16,14	60,91	2,313	2,203	5,675	8,840	1.691,5	0,8
4	0,25	0,75	5,46	15,35	64,46	2,307	2,197	5,552	8,954	1.665,3	1,2
5	0	1	6,69	16,44	59,28	2,300	2,192	5,429	9,278	1.704,6	1,5

1. Tinjauan Terhadap Nilai Stabilitas



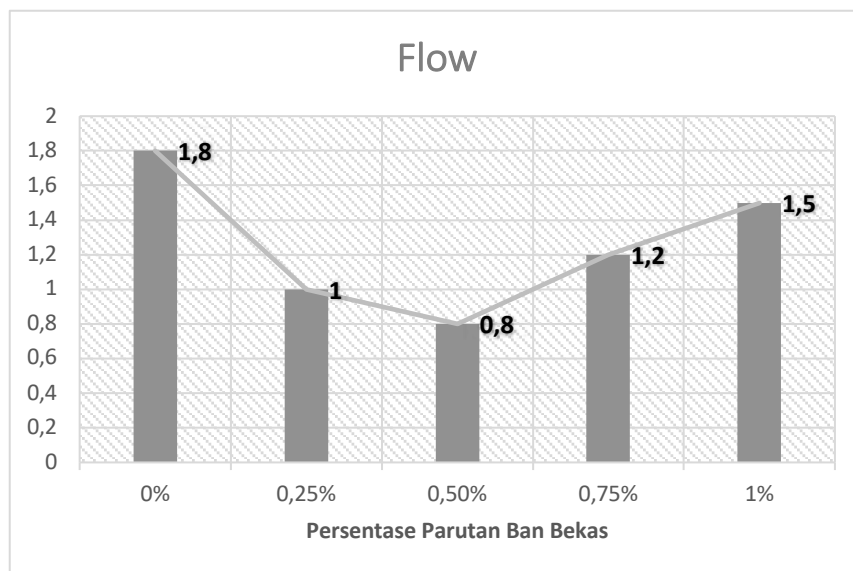
Gambar 1 Diagram Nilai Stabilitas

Gambar 1 menunjukkan nilai stabilitas akan meningkat apabila sebuah campuran memiliki ketahanan untuk melawan beban dengan kata lain campuran tersebut makin

kaku. Penambahan parutan karet ban bekas disini menyebabkan stabilitas meningkat, sehingga dapat diperkirakan parutan karet ban bekas disini berperan sebagai agregat. Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai stabilitas seluruh campuran telah memenuhi persyaratan yaitu >800 kg.

2. Tinjauan Terhadap Nilai Kelelahan Plastik (*Flow*)

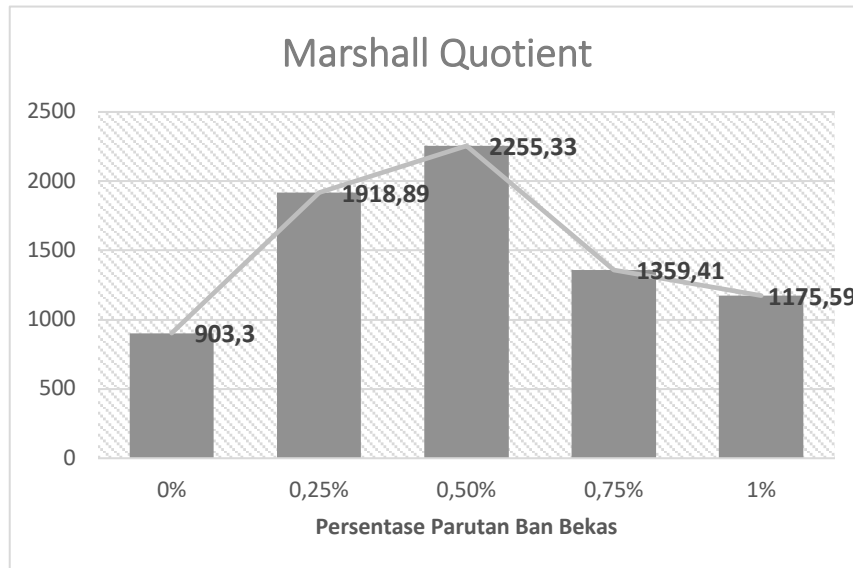
Nilai *flow* campuran beton aspal lapis antara (AC-BC) menggunakan bahan pengisi parutan karet ban bekas diperlihatkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2 Diagram Nilai Flow

Gambar 2 menunjukkan semua variasi campuran tidak memenuhi persyaratan yaitu >3 mm. Perbandingan nilai flow pada campuran normal dengan campuran berisi parutan karet ban menunjukkan penurunan. Hal ini diperkirakan terjadi akibat bertambahnya agregat sehingga kadar aspal seolah-olah berkurang dan menyebabkan nilai flow menurun.

3. Tinjauan Terhadap Nilai Marshall *Quotient* (MQ)

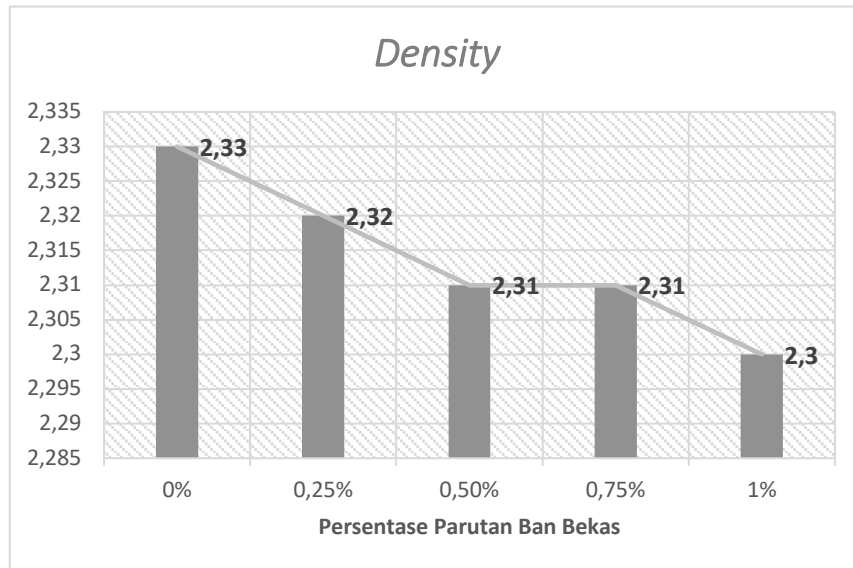


Gambar 3 Diagram Marshall *Quotient*

Dapat dilihat dari hasil pengujian nilai MQ akan membesar ketika ada penambahan parutan karet ban bekas dikarenakan nilai stabilitasnya menjadi tinggi sedangkan nilai kelelahan sebagai pembaginya semakin mengecil, sehingga diperoleh hasil MQ yang besar. Hasil pengujian nilai MQ pada campuran AC-BC untuk semua campuran dengan variasi karet ban bekas memenuhi persyaratan yaitu $>250 \text{ kg/mm}$. Namun semakin besar nilai MQ maka campuran akan cenderung bersifat kaku dan menjadi lebih mudah retak diakibatkan repitisi lalu lintas.

4. Tinjauan Terhadap Nilai Kepadatan (*density*)

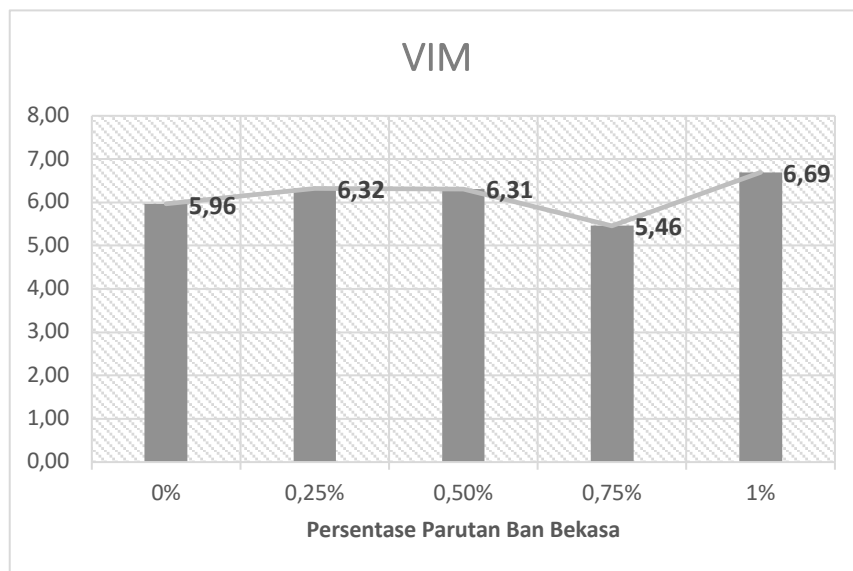
Gambar 4 menunjukkan semakin banyak ban yang ditambahkan maka berat jenis menjadi semakin menurun, hal ini diakibatkan oleh berat jenis ban yang sangat kecil. Sehingga semakin banyak menggunakan ban maka volume benda uji semakin kecil dikarenakan mudah untuk dipadatkan sedangkan berat keringnya tidak berubah. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *density* pada semua variasi persentase *filler* memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$.



Gambar 4 Diagram Nilai *Density*

5. Tinjauan Terhadap Nilai Rongga Dalam Campuran (VIM)

Nilai VIM campuran beton aspal lapis antara (AC-BC) menggunakan bahan pengisi parutan karet ban bekas diperlihatkan pada Gambar 5

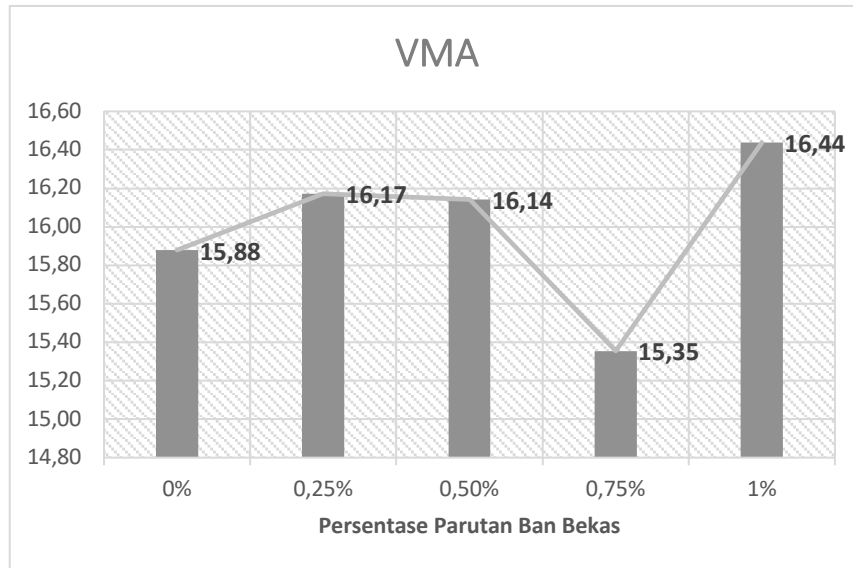


Gambar 5 Diagram Nilai VIM

Dari gambar 5 terlihat persentase VIM meningkat ketika adanya penambahan parutan karet ban bekas, hal ini terjadi karena ban tersebut berperan sebagai agregat. Ketika jumlah agregat bertambah, hal ini menyebabkan kadar aspal seolah-olah berkurang dikarenakan aspal menyelimuti penambahan agregat tersebut sehingga ruang kosong tidak terisi oleh aspal secara maksimum. Persyaratan nilai VIM tanpa penambahan zat

aditif yaitu antara 3,5% sampai 5%, namun dalam penelitian ini persyaratan VIM tidak terpenuhi.

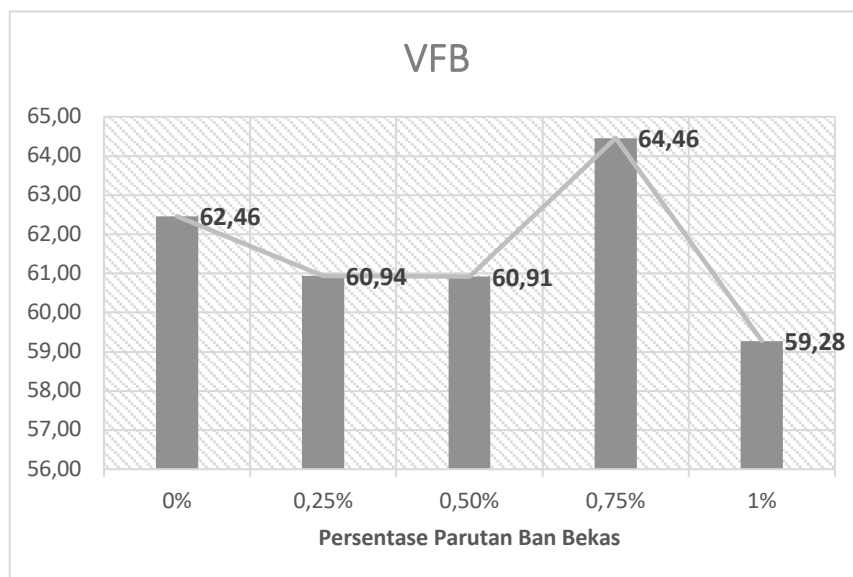
6. Tinjauan Terhadap Nilai Rongga Dalam Agregat (VMA)



Gambar 6 Diagram Nilai VMA

Gambar 6 menunjukkan pengaruh penambahan parutan karet ban terhadap VMA sudah memenuhi persyaratan yaitu $>14\%$. Persentase VMA meningkat saat parutan karet ban bekas ditambahkan, hal ini terjadi karena ketika ban dipanaskan akan menggumpal sehingga filler berkurang dan ban tidak dapat mengisi pori-pori yang sempit.

7. Tinjauan Terhadap Nilai Rongga Terisi Aspal (VFB)

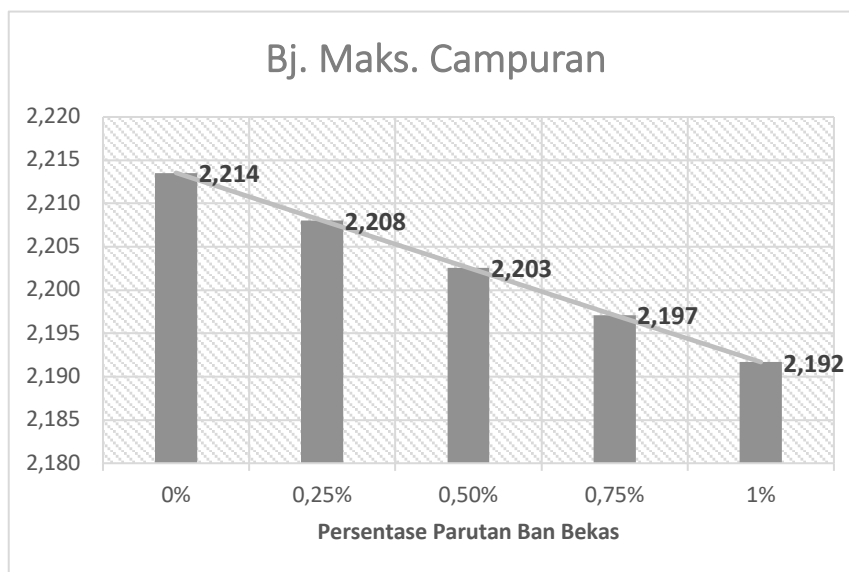


Gambar 7 Diagram Nilai VFB

Pada gambar 7 terlihat bahwa penambahan parutan karet ban bekas menyebabkan nilai VFB tidak terpenuhi yaitu dengan persyaratan $>65\%$. Persentase VFB menurun ketika adanya penambahan parutan karet ban bekas, hal ini terjadi karena ban tersebut berperan sebagai agregat. Ketika jumlah agregat bertambah, sehingga menyebabkan kadar aspal seolah-olah berkurang dikarenakan aspal menyelimuti penambahan agregat tersebut dan ruang kosong tidak terisi oleh aspal secara maksimum.

8. Tinjauan Terhadap Nilai Berat Jenis Maksimum Campuran

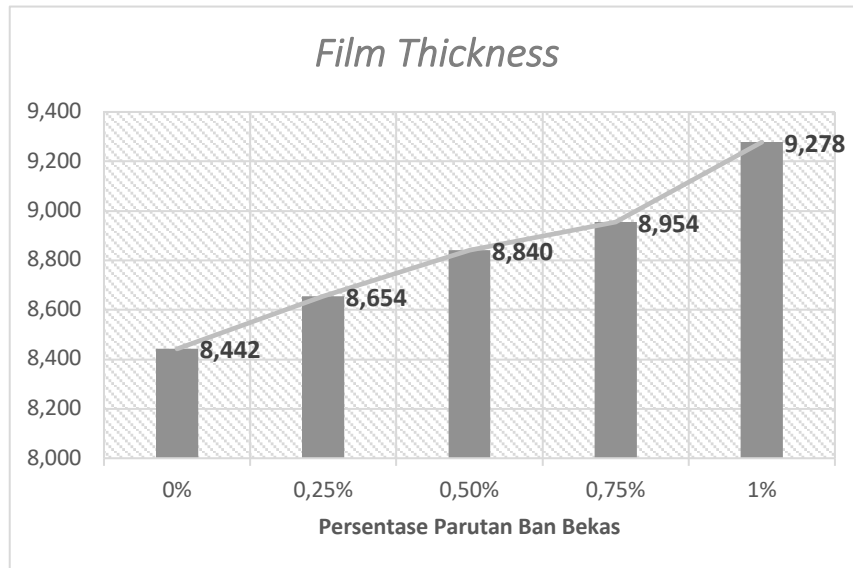
Dilihat dari Gambar 8, persentase penambahan karet ban bekas sebagai filler, semakin banyak ban yang ditambahkan maka berat jenis menjadi semakin menurun, hal ini diakibatkan oleh bj ban yang sangat kecil. Sehingga semakin banyak menggunakan ban maka berat jenis maksimum juga akan berkurang.



Gambar 8 Diagram Nilai Berat Jenis Maksimum Campuran

9. Tinjauan Terhadap Tebal Selimut Aspal (*Film Thickness*)

Nilai Tebal Selimut pada campuran beton aspal lapis antara (AC-BC) menggunakan bahan pengisi parutan karet ban bekas diperlihatkan pada Gambar 9 terlihat bahwa semakin meningkat komposisi penggunaan parutan karet ban bekas sebagai filler maka semakin tebal pula selimut aspalnya dikarenakan ban disini bekerja sebagai agregat, sehingga menyebabkan kandungan agregat yang dalam komposisi semakin banyak, hal ini yang menjadikan selimut aspal makin tebal.



Gambar 9 Diagram Tebal Selimut Aspal

SIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan dengan adanya variasi persentase parutan ban bekas dapat mempengaruhi nilai parameter Marshall yakni

- Nilai stabilitas meningkat dengan meningkatnya proporsi parutan ban bekas, karena parutan ban bekas yang berperan sebagai agregat sehingga menyebabkan campuran semakin kaku dan angka stabilitas menjadi lebih tinggi.
- Nilai flow campuran yang berisi parutan ban bekas lebih rendah dibanding campuran normal dikarenakan kurangnya jumlah aspal akibat dari penambahan agregat.
- Nilai VIM membesar ketika campuran ditambahkan parutan ban bekas, sehingga hal ini diperkirakan dapat menyebabkan berkurangnya kedapasan aspal terhadap air sehingga dapat berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas aspal.
- Nilai VMA meningkat ketika campuran ditambahkan parutan ban bekas, hal ini disebabkan akibat ban yang menggumpal ketika dipanaskan sehingga pori di dalam agregat meningkat.
- Nilai VFB menurun ketika campuran ditambahkan parutan ban bekas, hal ini disebabkan oleh ban yang berperan sebagai agregat sehingga mengurangi jumlah aspal yang dapat mengisi pori.

f. Nilai Marshall *Quotient* lebih besar pada campuran dengan penambahan parutan ban bekas dikarenakan oleh nilai stabilitas yang tinggi dan nilai *flow* yang rendah, namun semakin besar nilai MQ maka campuran akan cenderung bersifat kaku dan menjadi lebih mudah retak diakibatkan oleh repitisi lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nastain and A. Maryoto, “Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Beton Serat Perkerasan Kaku,” *Din. Rekayasa*, vol. 6, no. 1, pp. 14–18, 2010.
- [2] Mashuri dan Joi Fredy Batti, “Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Beton Aspal Campuran Panas,” *Mektek*, vol. 8, no. 3, pp. 204–212, 2011.

PENGARUH PEMILIHAN PENEBALAN PELAT ATAU PENAMBAHAN BALOK ANAK TERHADAP BIAYA PADA STRUKTUR BETON BERTULANG

Ni LM. Maesa Werdantari¹⁾, I Wayan Intara²⁾, I Nyoman Ardika³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

^{2),3)}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali.

E-mail: maesawerdantari17@gmail.com

Abstract

In the implementation of structural work, structural component problems are often encountered. Some of these problems occur in the slab and beam components. This study aims to design floor slabs and beams for general spans in the field. The structural model analyzed is a 2-story school building located in the Jimbaran area, Nusa Dua. The floor slab is designed as a 2-way slab. The loading is adjusted to SNI 1727-2013 and the design of reinforced concrete structures is adjusted to SNI 2847-2012. From the planning results, the thickness of the slab without beams in general spans is 8x8 meters, which is 31 cm, 6x6 meters is 22 cm, 4x4 meters is 15 cm and 3x3 meters is 12 cm. While the thickness of the 12 cm plate is determined to produce the dimensions and number of beams in the general span, namely 8x8 meters, which is 25/50 cm, totaling 2 in the vertical direction, 6x6 meters, namely 20/35 cm in the vertical and horizontal directions, 4x4 meters in the 20/30 cm, one in the horizontal direction.

Keywords: Slab, Beam, Analysis, Structure, Budget.

Abstrak

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur sering dijumpai permasalahan komponen struktur. Beberapa permasalahan tersebut terjadi pada komponen pelat dan balok. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain pelat lantai dan balok anak pada bentang umum di lapangan. Model struktur yang dianalisis adalah gedung sekolah 2 lantai yang berlokasi di daerah Jimbaran, Nusa Dua. Pelat lantai direncanakan sebagai pelat 2 arah. Pembebanan disesuaikan dengan SNI 1727-2013 dan perencanaan struktur beton bertulangan disesuaikan dengan SNI 2847-2012. Dari hasil perencanaan tersebut diperoleh tebal pelat tanpa balok anak pada bentang umum yaitu 8x8 meter yaitu sebesar 31 cm, 6x6 meter

yaitu 22 cm, 4x4 meter yaitu 15 cm dan 3x3 meter yaitu 12 cm. Sedangkan pada tebal pelat 12 cm yang ditetapkan menghasilkan dimensi dan jumlah balok anak pada bentang umum yaitu 8x8 meter yaitu sebesar 25/50 cm berjumlah 2 searah vertikal, 6x6 meter yaitu 20/35 cm arah vertikal dan horizontal, 4x4 meter yaitu 20/30 cm berjumlah satu searah horizontal.

Kata Kunci: *Pelat, Balok, Analisis, Struktur, Biaya.*

PENDAHULUAN

Dunia konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan pesat terhadap pembangunan konstruksi gedung. Pesatnya pembangunan konstruksi membuat meningkatnya permintaan perkuatan struktur pada suatu gedung. Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur sering dijumpai permasalahan komponen struktur. Beberapa permasalahan tersebut terjadi pada komponen pelat dan balok.

Ketebalan pelat beton dipengaruhi oleh bentangan maksimum dari struktur tersebut, jika tebal pelat tidak sesuai dengan bentangan maksimum maka tentu akan terjadi getaran pada pelat tersebut. Ketebalan minimum pelat beton bertulang non-prategang di dalam Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013) diatur dalam Pasal 9.5.3. Pada kondisi di lapangan, umumnya ketebalan pelat ditetapkan yaitu 12 cm dengan luas tidak lebih dari 12 m²^[1].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan deskriptif eksperimental dengan metode analisis permodelan struktur pada pelat dan balok anak ditinjau dari lendutan pelat untuk mendapatkan tebal pelat dan jumlah balok anak pada suatu bentang umum yaitu bentang $L_y=L_x$, 3 meter x 3 meter, 4 meter x 4 meter, 6 meter x 6 meter, dan 8 meter x 8 meter terhadap biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penebalan pelat atau penambahan balok anak pada struktur beton bertulang. Penelitian ini menggunakan gedung sekolah yang berlokasi di Jalan Raya Kampus Udayana, Jalan Taman Ambengan No 9, Jimbaran. Penelitian ini tersusun atas variable bebas, populasi dan sampel. Variabel bebas dari penelitian ini yaitu tebal pelat, balok anak serta perhitungan rencana anggaran biaya. Populasi yang dipergunakan dalam penelitian adalah seluruh komponen struktur pada gedung sekolah yang dijadikan sampel analisa. Sampel yang digunakan seluruh atau sebagian dari komponen struktur dari gedung sekolah tersebut.

Penelitian ini akan menggunakan proses analisa dengan program struktur SAP 2000.v.14 sesuai dengan data gedung. Data pembebanan mengacu pada SNI 1727-2013^[2] dan PPIUG 1983^[3]. Analisa tentunya mengacu pada syarat lendutan pelat untuk kontrol masing-masing dimensi yang memenuhi syarat, serta dilakukan perhitungan penulangan keseluruhan komponen struktur. Rencana anggaran biaya akan

diperhitungkan setelah dihasilkan gambar struktur dari analisa struktur yang sudah diperhitungkan dan biaya akan disesuaikan dengan alternatif dari pemilihan penebalan pelat atau penambahan balok anak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perhitungan Tebal Pelat Lantai

Diambil salah satu contoh perhitungan dari masing-masing alternatif.

Direncanakan :

$$f'_c = \text{K-250 Kg/cm}^2 = 20,75 \text{ MPa}$$

$$f_y \emptyset = 240 \text{ MPa}$$

$$f_y D = 400 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$\begin{aligned} E &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 21.410 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas Baja (E_s)

$$E = 200.000 \text{ MPa}$$

Ditentukan tebal pelat sebesar 150

Menentukan tebal pelat lantai dengan bentang $L_y = L_x = 4000 \times 4000 \text{ mm}$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4000}{4000} = 1$$

Maka ditetapkan sebagai pelat 2 arah, $1 < 2,5$

1. Analisa Kontrol Lendutan Maksimum Pelat :

Keseluruhan permodelan dilakukan dengan metode perhitungan seperti dibawah ini untuk analisa kontrol lendutan maksimum pelat.

Syarat batas lendutan maksimum yang diijinkan

$$\frac{L_x}{240} = 16,6667$$

Momen inersia bruto pada penampang pelat

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 281250000 \text{ mm}^3$$

Modulus keruntuhan lentur beton

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 3,18865175 \text{ MPa}$$

Nilai perbandingan modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9,81$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = n \times A_s \times b = 6,50967005 \text{ mm}$$

Momen inersia penampang retak beton

$$I_{cr} = \left(\frac{1}{3} \times b \times c^3 \right) + (n \times A_s \times (d - c)^2) = 281250000 \text{ mm}^3$$

yt (setengah tebal pelat)

$$\begin{aligned} y_t &= h \times \frac{1}{2} \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen retak beton

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_r \times I_g / y_t \\ &= 11957444 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen maksimum tanpa beban terfaktor

$$\begin{aligned} M_a &= \left(\frac{1}{8} \times Q \times L^2 \right) \\ &= 14100000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan inersia efektif untuk lendutan pelat

$$\begin{aligned} I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \times I_{cr} \\ &= 203419007 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Perhitungan lendutan elastis jangka pendek akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta = \frac{5}{383} \times Q \times Lx^4 / (Ec \times Ie)$$

$$= 5,39596874 \text{ mm}$$

Maka syarat yang berlaku yaitu

$$\delta = \frac{Lx}{240}$$

$$= 16,6667$$

Maka $5,39596874 < 16,6667$, syarat lendutan memenuhi.

Dengan demikian dipakai tebal pelat lantai 150 mm.

2. Analisa Pembebanan Pelat

Berdasarkan hasil perhitungan kontrol lendutan pelat dilanjutkan dengan tahap membuat permodelan SAP 2000.v.14 dengan dilakukan nya input pembebanan yang berupa beban mati dan beban hidup sesuai dengan SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983.

Beban Mati (*Dead Load*)

Berat sendiri plat lantai (kN/m ³)	=	Berat Jenis Beton x Tebal Pelat
		24 x 0,15
		3,6 kN/m ²
Berat finishing lantai (kN/m ²)	=	Berat Jenis Beton x Tebal finishing lantai
		22 x 0,05
		1,1 kN/m ²
Berat Plapon & Rangka (kN/m ²)	=	0,18 kN/m ²
Berat Instalasi MEP (kN/m ²)	=	0,25 kN/m ²

$$\text{Total Beban (QD)} = 5,13 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup (Live Load)

$$\text{Beban Ruang Kelas berdasarkan SNI 1727-2013} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan beban rencana terfaktor

$$Q_u = 1.2 \times Q_D + 1.6 \times Q_L$$

$$Q_u = 1.2 \times 11.13 + 1.6 \times 1.92 = 9,228 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 15 Beban Hidup (Live Load)

No.	Penggunaan	Beban Merata (kN/m ²)	Beban Terpusat (kN)
1.	Ruang makan dan restoran	4,79	-
2.	Atap - Atap datar, bertumpang, dan lengkung	0,96	-
3.	Gudang penyimpanan dan pekerja - Berat	11,97	-
4.	Tangga dan jalan keluar	4,79	1,33
5.	Garasi / Parkir - Mobil Pemumpang	1,92	-

Sumber : SNI 1727-2013

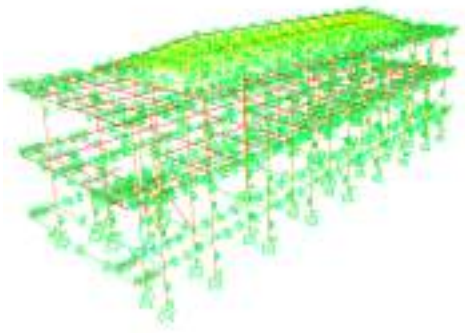
3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa ini hanya menggunakan kombinasi terhadap beban terfaktor pada kombinasi kedua yaitu kombinasi terhadap beban hidup dan beban mati saja

$$\text{Kombinasi} = 1,2 \times DL + 1,6 LL$$

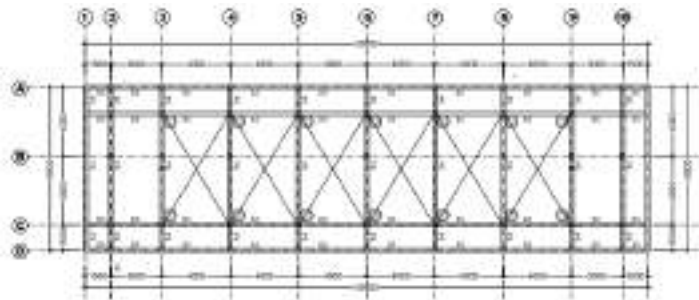
4. Analisa Hasil SAP 2000 Tahap 1

Hasil analisa dengan alternatif penebalan pelat diperoleh seperti berikut sesuai dengan input data-data yang sudah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 4 Output SAP 2000

Permodelan terselesaikan maka dilanjutkan tahap untuk penggambaran gambar denah struktur dan detail struktur, berikut salah satu gambar struktur dari hasil SAP 2000.v.14

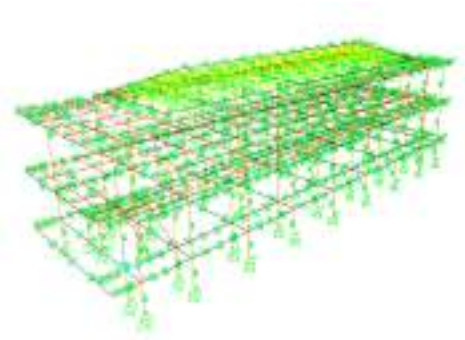


Gambar 5 Denah Balok

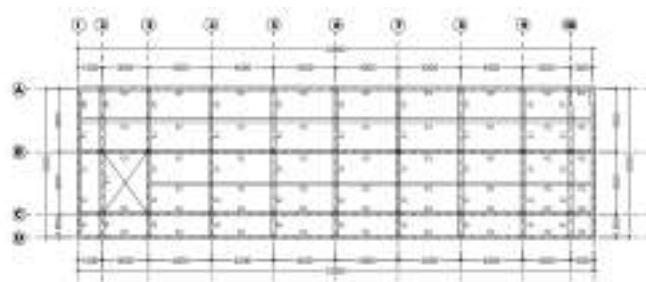
Berdasarkan analisis perhitungan struktur dengan menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual mengenai perhitungan pelat yaitu untuk perhitungan syarat lendutan yaitu didapatkan tebal pada masing-masing bentang umum yang sudah diperhitungkan bahwa tebal tersebut sudah memenuhi syarat lendutan. Pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 15 cm.

5. Analisa Hasil SAP 2000 Tahap 2

Hasil analisa dengan alternatif penambahan balok anak diperoleh seperti berikut sesuai dengan input data-data yang sudah diperhitungkan sebelumnya.



Gambar 6 Output SAP 2000



Berdasarkan analisis perhitungan struktur dengan menggunakan SAP 2000 dan perhitungan manual mengenai perhitungan pelat yaitu untuk perhitungan syarat lendutan yaitu didapatkan tebal pada masing-masing bentang umum yang sudah diperhitungkan bahwa tebal tersebut sudah memenuhi syarat lendutan. Pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 12 cm dengan balok anak 200/300 mm berjumlah 1 kearah horizontal.

6. Analisa Rencana Anggaran Biaya

Berikut analisa harga satuan dari masing-masing pekerjaan struktur.

Tabel 16 Analisa Harga Pekerjaan Beton

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KOEFISIEN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
1.	Pekerjaan Beton mutu f'c = 21,7 Mpa (K.250), slump (12 ± 2)				
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	1,65 Rp	95.000,00 Rp	156.750,00
	Tukang Batu	OH	0,275 Rp	110.000,00 Rp	30.250,00
	Kepala Tukang	OH	0,0275 Rp	110.000,00 Rp	3.025,00
	Mandor	OH	0,083 Rp	120.000,00 Rp	9.960,00
			JUMLAH TENAGA KERJA	Rp	199.985,00
B	BAHAN				
	Semen Portland	Kg	384 Rp	1.380,00 Rp	529.920,00
	Pasir Beton	Kg	692 Rp	164,11 Rp	113.562,14
	Kerikil (Maks 30 mm)	Kg	1039 Rp	207,30 Rp	215.380,85
	Air	Liter	215 Rp	42,00 Rp	9.030,00
			JUMLAH HARGA BAHAN	Rp	867.892,99
C	PERALATAN				
			JUMLAH HARGA ALAT	Rp	-
D	Jumlah (A+B+C)			Rp	1.067.877,99
E	Overhead & Profit		0,1	Rp	106.787,80
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			Rp	1.174.665,79

Tabel 17 Analisa Harga Pekerjaan Pembesian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KOEFISIEN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
2.	Pekerjaan Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir				
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,07 Rp	95.000,00 Rp	6.650,00
	Tukang Besi	OH	0,07 Rp	110.000,00 Rp	7.700,00
	Kepala Tukang	OH	0,007 Rp	110.000,00 Rp	770,00
	Mandor	OH	0,004 Rp	120.000,00 Rp	480,00
			JUMLAH TENAGA KERJA	Rp	15.600,00
B	BAHAN				
	Besi Beton (polos/ ulir)	Kg	10,5 Rp	11.000,00 Rp	115.500,00
	Kawat Beton	Kg	0,15 Rp	19.443,00 Rp	2.916,45
			JUMLAH HARGA BAHAN	Rp	118.416,45
C	PERALATAN				
			JUMLAH HARGA ALAT	Rp	-
D	Jumlah (A+B+C)			Rp	134.016,45
E	Overhead & Profit		0,1	Rp	13.401,65
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			Rp	147.418,10

Tabel 18 Analisa Harga Pekerjaan Bekisting

NO.	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	KOEFISIEN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
3.	Pekerjaan Pemasangan 1 m2 bekisting untuk kolom				
A	TENAGA				
	Pekerja	OH	0,66 Rp	95.000,00 Rp	62.700,00
	Tukang Kayu	OH	0,33 Rp	110.000,00 Rp	36.300,00
	Kepala Tukang	OH	0,033 Rp	110.000,00 Rp	3.630,00
	Mandor	OH	0,033 Rp	120.000,00 Rp	3.960,00
			JUMLAH TENAGA KERJA	Rp	106.590,00
B	BAHAN				
	Kayu Kelas III	m3	0,04 Rp	4.130.188,00 Rp	165.207,52
	Paku 5 - 12 cm	Kg	0,4 Rp	14.500,00 Rp	5.800,00
	Minyak Bekesting	Liter	0,2 Rp	17.250,00 Rp	3.450,00
	Balok Kayu Kelas II	m3	0,015 Rp	4.130.188,00 Rp	61.952,82
	Plywood tebal 9 mm	Lbr	0,35 Rp	134.760,00 Rp	47.166,00
	Dolken kayu galam ø 8-10cm panjang 4 m	Batang	2 Rp	25.750,00 Rp	51.500,00
			JUMLAH HARGA BAHAN	Rp	335.076,34
C	PERALATAN				
			JUMLAH HARGA ALAT	-	
D	Jumlah (A+B+C)			Rp	441.666,34
E	Overhead & Profit		0,1	Rp	44.166,63
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)			Rp	485.832,97

Masing-masing analisa harga satuan diatas akan dikalikan dengan volume pada pekerjaan setiap alternatif. Hasil dari rencana anggaran biaya pada masing-masing alternatif dicantumkan dengan merekap keseluruhan.

Tabel 19 Rekapitulasi Biaya Setiap Alternatif

NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
A.	BENTANG 8 m x 8 m PEKERJAAN STRUKTUR	
1.	ALTERNATIF PENEBALAN PELAT PEKERJAAN STRUKTUR	1.404.121.083,00
2.	ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK	1.015.840.587,00
B.	BENTANG 6 m x 6 m PEKERJAAN STRUKTUR	
1.	ALTERNATIF PENEBALAN PELAT PEKERJAAN STRUKTUR	1.039.243.800,00
2.	ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK	922.559.114,00
C.	BENTANG 4 m x 4 m PEKERJAAN STRUKTUR	
1.	ALTERNATIF PENEBALAN PELAT PEKERJAAN STRUKTUR	1.368.727.913,00
2.	ALTERNATIF PENAMBAHAN BALOK ANAK	1.393.379.346,00
D.	BENTANG 3 m x 3 m PEKERJAAN STRUKTUR	
1.	ALTERNATIF PENEBALAN PELAT	5.876.322.583,00

SIMPULAN

1. Pada bentang 8 meter x 8 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu 31 cm tanpa adanya balok anak, bentang 6 meter x 6 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 22 cm, bentang 4 meter x 4 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 15 cm, lalu pada bentang terkecil yang diteliti yaitu bentang 3 meter x 3 meter didapatkan tebal yang memenuhi syarat lendutan pelat yaitu sebesar 12 cm.

2. Alternatif kedua yaitu dengan penambahan balok pada bentang 8 meter x 8 meter didapatkan dimensi balok anak 250/500 mm jumlah 2, bentang 6 meter x 6 meter didapatkan dimensi balok anak 200/350 mm jumlah 1 dan 200/300 mm jumlah 1, bentang

4 meter x 4 meter didapatkan dimensi balok anak 200/300 mm jumlah 1, lalu pada bentang terkecil yang diteliti yaitu bentang 3 meter x 3 meter tidak diperlu ditambahkan balok anak dikarenakan pada bentang tersebut sudah mencapai tebal minimum, sehingga sudah memenuhi syarat lendutan dengan tebal 12 cm tidak perlu penambahan balok anak.

3. Hasil total biaya yaitu pada bentang 8 meter x 8 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp.1.404.121.083,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan biaya sebesar Rp. 1.015.840.587,00. Pada bentang 6 meter x 6 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp. 1.039.243.800,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan biaya sebesar Rp. 922.559.114,00. Pada bentang 4 meter x 4 meter dengan penambahan pelat didapatkan biaya sebesar Rp. 1.368.727.913,00, jika pada penambahan balok anak didapatkan biaya sebesar Rp. 1.393.379.346,00. Sehingga dapat disimpulkan dari segi volume yang sudah diperhitungkan bahwa penebalan pelat memiliki biaya lebih tinggi dari penambahan balok anak jika dianalisa dengan perbandingan volume. Namun pada bentang 4 meter x 4 meter didapatkan alternatif yang lebih efisien yaitu dengan penebalan pelat. Maka alternatif penambahan balok anak lebih efisien dibandingkan dengan penebalan pelat pada bentang 8 meter x 8 meter dan 6 meter x 6 meter, namun pada bentang 4 meter x 4 meter lebih efisien dengan penebalan pelat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2013.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2013.
- [3] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Gedung, 1983.

ANALISIS PENGARUH PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (SMK3) TERHADAP KINERJA PEKERJA, WAKTU, DAN BIAYA PADA PELAKSANAAN PROYEK

I Made Agus Tirta Yasa ⁽¹⁾, I Ketut Sutapa ⁽²⁾, dan I Nyoman Suardika ⁽³⁾

¹ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung-Bali

² Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung-Bali

³ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung-Bali

E-mail : ¹aguskun79@gmail.com

²ketutsutapa@pnb.ac.id

³nsuardika@gmail.com

Abstract

Construction services is a high hazard industry consisting of a variety of activities involving construction, alteration and repair. In the implementation of construction work, work accidents often occur. For this reason, the implementation of the OHS Management System in the implementation of construction projects is very important. This study examines the implementation of SMK3 in the Ganesha University Health Laboratory Building Construction project and its effect on worker performance, time, and cost in implementing the project. The data were collected by distributing questionnaires and direct observation in the field. The data obtained were processed using the SPSS program. From the results of data processing, there is an effect of SMK3 on worker performance, cost and time. The magnitude of the effect of SMK3 on the performance of workers is 68.9%, on time is 26.3% and on costs is 44.3%.

Keywords: SMK3, Worker Performance, Cost, and Time

Abstrak

Jasa konstruksi merupakan industri dengan bahaya tinggi yang terdiri dari berbagai kegiatan yang melibatkan konstruksi, perubahan, dan perbaikan. Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi sering timbul kecelakaan kerja. Untuk itu penerapan Sistem Manajemen K3 dalam pelaksanaan proyek konstruksi sangat penting. Penelitian ini meninjau penerapan SMK3 pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha dan pengaruhnya terhadap kinerja pekerja, waktu, dan biaya pada pelaksanaan proyek tersebut. Data-data dikumpulkan dengan penyebaran kuisioner dan observasi langsung di lapangan. Data-data yang didapat diolah menggunakan program SPSS. Dari hasil pengolahan data terdapat pengaruh SMK3 terhadap kinerja pekerja, biaya dan waktu. Besarnya pengaruh SMK3 terhadap kinerja pekerja sebesar 68,9%, terhadap waktu sebesar 26,3% dan terhadap biaya sebesar 44,3%.

Kata kunci : SMK3, Kinerja Pekerja, Biaya, dan Waktu

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi kecelakaan-kecelakaan kerja, baik secara langsung maupun tidak langsung yang menimbulkan kerugian seperti terlambatnya penyelesaian proyek dan terjadinya penambahan biaya untuk pengobatan, yang mana berdampak pada proyek tersebut. menurut peraturan menteri nomor PER.05/MEN/1996, tujuan sasaran SMK3 adalah sistem K3 ditempat kerja untuk mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja serta terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Adapun peraturan lain seperti PP No. 50 tahun 2012 tentang Penerapan SMK3 dilapangan. Penelitian ini dilaksanakan pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha yang beralamat di Jl. Udayana No. 11 Buleleng.

METODELOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Statistika Inferensial. Statistika Inferensial adalah sebuah metode yang mampu dipakai untuk menganalisis data yang diambil dari sampel sampai pada peramalan dan penarikan kesimpulan pada data yang diambil. Oleh karena itu metode statistika inferensial dalam penulisan tugas akhir ini ialah menggambarkan kegiatan dan penerapan SMK3 pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha secara sederhana dan menyeluruh. Pengumpulan informasi berupa data primer berupa kuisisioner dan observasi langsung ke proyek konstruksi tersebut. proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha berlokasi di Jalan Udayana No. 11 buleleng, dan waktu pengumpulan dilaksanakan dari bulan mei sampai bulan juni 2021. Penelitian ini merupakan survey dengan menggunakan pengumpulan data berupa kuisisioner yang disebar kepada responden pada proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha. Penelitian ini dipilih karena responden ditentukan berdasarkan kemudahan dalam pengumpulan data tanpa memperhatikan Batasan jumlah populasi. Penelitian ini dilakukan berdasarkan metode statistika dengan Batasan normal jumlah sampel minimum 30 sampel, dan pada penelitian ini sudah melebihi Batasan normal dengan banyaknya sampel sebanyak 57 responden. Responden merupakan tenaga kerja dengan status tenaga kerja sebagai mandor, kepala tukang, dan pembantu tukang atau pekerja. Dalam penelitian ini menggunakan instrument pengumpulan data berupa kuisisioner yang berupa sejumlah pernyataan yang harus dijawab oleh responden. Terdapat beberapa variabel yang akan digunakan sebagai topik penelitian ini yaitu variabel SMK3 sebagai variabel independent (X) dan variabel Pekerja, Biaya dan Waktu sebagai variabel dependen (Y) yang mana variabel tersebut diukur menggunakan kuisisioner dengan jumlah pernyataan dimana untuk variabel X sebanyak 8 pernyataan dan variabel Y sebanyak 19 pernyataan. Setiap butir pernyataan diberi 5 alternatif jawaban yang nantinya diberi bobot dengan menggunakan skala likert 1-5 yang mana penjabarannya sebagai berikut. Skor total yang diperoleh dari skala ini menunjukkan tinggi rendahnya penerapan SMK3. Pada penelitian ini menggunakan instrument penelitian berupa kuisisioner, maka analisis data menggunakan beberapa jenis analisis seperti uji validitas, uji reliabilitas, dan analisis regresi linier sederhana. Uji validitas digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui apakah butir-butir yang digunakan tersebut valid atau tidak. Jika terdapat butir pernyataan

yang tidak valid, maka item tersebut tidak akan diteliti lebih lanjut. Uji reliabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah setiap butir/item dari kuisioner dikategorikan reabel atau handal apa tidak. Untuk melihat reliabilitas masing-masing instrumen yang digunakan, penulis menggunakan koefisien cronbach's Alpha (α) dengan menggunakan fasilitas SPSS untuk jenis pengukuran interval. Analisis regresi linier sederhana bertujuan untuk mengukur besarnya pengaruh variabel X (SMK3) terhadap variabel Y (Pekerja, Biaya, dan Waktu). Adapun syarat-syarat kelayakan yang harus dipenuhi pada saat melakukan analisis regresi linier sederhana yaitu (jumlah sampel yang digunakan harus sama), (jumlah variabel bebas (X) adalah 1 (satu)), (nilai residual harus berdistribusi normal), dan (tidak terjadi gejala heterokedastisitas). Jika semua hasil uji asumsi tersebut memenuhi ketentuan, maka analisis regresi linier sederhana dapat dilakukan dan hasil perhitungan tersebut dapat digunakan sebagai hasil akhir uji hipotesis penelitian mengenai pengaruh penerapan SMK3 terhadap kinerja pekerja, waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek konstruksi Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Universitas Pendidikan Ganesha berlokasi di jl. Udayana No. 11 Buleleng dan kontraktor yang melaksanakan adalah kontraktor dari TIRTA PANDU, KSO. Tirta Pandu, KSO menerapkan beberapa dasar hukum dalam melaksanakan pekerjaannya yaitu (undang-undang 1 tahun 1970, tentang keselamatan kerja), (PP No. 50 tahun 2012, tentang SMK3) dll. Uji validitas dilakukan dengan mengkorelasikan antara skor item dengan skor total item. Rumus yang digunakan dalam uji validitas adalah Productmoment Pearson's, dengan syarat yang harus dipenuhi adalah (jika nilai r hitung $> r$ tabel, maka item dinyatakan valid begitu juga sebaliknya) dan (jika nilai signifikan $<$ dari 5%, maka item dinyatakan valid begitu juga sebaliknya). Berikut output dari uji validitas.

Tabel 1. 1 Output Uji Validitas

No Item	R Hitung	R Tabel	Sig. (5%)	Kreteria
X1	0.526	0.344	0.002	Valid
X2	0.559	0.344	0.001	Valid
X3	0.790	0.344	0.000	Valid

X4	0.652	0.344	0.000	Valid
X5	0.669	0.344	0.000	Valid
X6	0.675	0.344	0.000	Valid
X7	0.753	0.344	0.000	Valid
X8	0.775	0.344	0.000	Valid
Y1.1	0.644	0.344	0.000	Valid
Y1.2	0.639	0.344	0.000	Valid
Y1.3	0.652	0.344	0.000	Valid
Y1.4	0.673	0.344	0.000	Valid
Y1.5	0.375	0.344	0.005	Valid
Y1.6	0.512	0.344	0.002	Valid
Y1.7	0.799	0.344	0.000	Valid
Y1.8	0.728	0.344	0.000	Valid
Y1.9	0.785	0.344	0.000	Valid
Y1.10	0.831	0.344	0.000	Valid
Y2.1	0.663	0.344	0.000	Valid
Y2.2	0.653	0.344	0.000	Valid
Y2.3	0.770	0.344	0.000	Valid
Y2.4	0.741	0.344	0.000	Valid
Y3.1	0.685	0.344	0.000	Valid
Y3.2	0.698	0.344	0.000	Valid
Y3.3	0.784	0.344	0.000	Valid
Y3.4	0.828	0.344	0.000	Valid
Y3.5	0.811	0.344	0.000	Valid

Uji reliabilitas bertujuan untuk mengukur konsistensi kuisioner dari variabel. Kuisioner dinyatakan reliabel/handal jika nilai cronbach's alpha > dari cronbach's alpha.

Tabel 1. 2 Uji Reliabilitas

No	Variabel	Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Min	Kreteria
1	SMK3	0,829	0,6	Reliabel
2	Pekerja	0,862	0,6	Reliabel

3	Waktu	0,656	0,6	Reliabel
4	Biaya	0,811	0,6	Reliabel

Pada analisis regresi sederhana ini dilakukan sebanyak 3x untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel SMK3 terhadap Variabel Pekerja, Biaya, dan Waktu.

Pengaruh Penerapan SMK3 Terhadap Kinerja Pekerja

1. Uji Normalitas Probabilitas Kolmogorov Smirnov

Tabel 1. 3 Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov 1

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Unstandardized Residual

N		57
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std.	3.143544
	Deviation	13
Most Extreme Differences	Absolute	.103
	Positive	.071
	Negative	-.103
Test Statistic		.103
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

2. Uji Heterokedastisitas

Tabel 1. 4 Uji Heterokedastisitas

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.159	1.783		2.333	.023
	SMK3	-.046	.052	-.119	-.888	.378

3. Uji Hipotesis

a. Persamaan Regresi Linier Sederhana

Tabel 1. 5 Uji Regresi Linier Sederhana

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.524	3.229		2.020	.048
	SMK3	1.033	.094	.830	11.030	.000

b. Koefisien Determinasi

Tabel 1. 6 Uji Determinasi 1

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.830 ^a	.689	.683	3.172

Pengaruh Penerapan SMK3 Terhadap Biaya

1. Uji Normalitas Probabilitas Kolmogorov Smirnov

Tabel 1. 7 Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov 2

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

Unstandardized Residual		
N		57
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	2.41805904
Most Extreme Differences	Absolute	.131
	Positive	.093
	Negative	-.131
Test Statistic		.131
Asymp. Sig. (2-tailed)		.016 ^c

2. Uji Heterokedastisitas

Tabel 1. 8 Uji Heterokedastisitas 2

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.735	1.656		.444	.659
	SMK3	.031	.048	.086	.637	.527

3. Uji Hipotesis
 - a. Uji Wilcoxon

Tabel 1. 9 Uji Wilcoxon

Test Statistics ^a	
BIAYA - SMK3	
Z	-6.581 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
a. Wilcoxon Signed Ranks Test	
b. Based on positive ranks.	

- b. Koefisien Determinasi

Tabel 1. 10 Uji Determinasi 2

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.666 ^a	.443	.433	2.440

Pengaruh Penerapan SMK3 Terhadap Waktu

1. Uji Normalitas Probabilitas Kolmogorov Smirnov

Tabel 1. 11 Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov 3

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
Unstandardized Residual		
N		57
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.96742147
Most Extreme Differences	Absolute	.070
	Positive	.070
	Negative	-.069
Test Statistic		.070
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

2. Uji Heterokedastisitas

Tabel 1. 12 Uji Heterokedastisitas 3

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.550	1.178		-.467	.642
	SMK3	.062	.034	.237	1.807	.076

3. Uji Hipotesis

a. Persamaan Regresi Linier Sederhana

Tabel 1. 13 Uji Regresi Linier Sederhana 3

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.565	2.021		3.743	.000
	SMK3	.260	.059	.513	4.428	.000

b. Koefisien Determinasi

Tabel 1. 14 Uji Determinasi 3

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.513 ^a	.263	.249	1.985

KESIMPULAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Besarnya pengaruh penerapan SMK3 terhadap kinerja Pekerja sebesar 68,9%, terhadap waktu sebesar 26,3%, dan terhadap biaya sebesar 44,3%. Jadi dari hasil yang didapat pengaruh penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) lebih berpengaruh terhadap pekerja daripada pengaruh penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) terhadap biaya dan waktu. Dan saran yang

ingin disampaikan adalah dengan melihat bahwa penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja memiliki Pengaruh terhadap kinerja pekerja, biaya dan waktu pada pelaksanaan proyek, maka disarankan penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja hendaklah menjadi prioritas utama dalam pembangunan suatu proyek konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

¹Marlee, M., & Sulistio, H. (2018). ANALISIS KORELASI FAKTOR PENERAPAN K3 TERHADAP KINERJA WAKTU PADA PROYEK KONSTRUKSI

²Pangkey, F., Malingkas, G. Y., & Walangitan, D. R. O. (2012). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Konstruksi di Indonesia (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Dr. Ir. Soekarno-Manado).

³Hartono, W., Purwandari, Y., & Sugiyarto, S. (2016). Analisis Sistem Manajemen Dan Keselamatan Kerja (SMK3) Terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja Pada Proyek Pembangunan Gedung di Tangerang Dan Sekitarnya

⁴Kurnia, A. (2005). Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja.

⁵Todingan, A. A., Mandagi, R. J., & Mangare, J. B. (2015). Pengaruh Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Manado Town Square 3).

⁶Sutopo, Eng Yeri, and Achmad Slamet. Statistik Inferensial. Penerbit Andi, 2017.

**METODE PELAKSANAAN DAN EFEKTIVITAS PERBAIKAN PONDASI
DENGAN METODE *GROUTING* STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN
BENDUNGAN BERINGIN SILA PAKET II (Desa Tengah, Kecamatan Utan,
Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat)**

**Ilham Rizki Syahbani Alchaq^[1], I Gede Sastra Wibawa^[2], I Gst.Lanang Made
Parwita^[3]**

^[1]Mahasiswa Program Studi D-III Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik
Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: ilhamriski9@gmail.com

^[2] Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

^[3], Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Abstrak: Pada paket 2, item pekerjaan Bendungan Beringin Sila meliputi bangunan spillway, bangunan fasilitas, dan jalan akses. Sesuai dengan salah satu syarat dalam perencanaan pembangunan sebuah bendungan maka angka permeabilitas atau nilai lugeon menjadi acuan dalam menentukan kelayakan sebuah bendungan. Nilai lugeon yang bagus untuk bendungan normal berkisar 1 hingga 3. Untuk memenuhi syarat tersebut salah satunya dilakukan perbaikan pondasi dengan metode *grouting*. Metode *grouting* adalah pekerjaan mengisi rongga dan retakan pada batuan pondasi dengan menginjeksikan campuran semen dan air dengan tekanan yang disesuaikan. Untuk mengetahui metode pelaksanaan dan efektivitas dari metode *grouting*, maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam. Berdasarkan observasi pekerjaan *grouting*, metode kerja *grouting* diawali dengan pekerjaan *grouting* tes untuk menentukan pola, jarak dan kedalaman lubang *grouting* sehingga dapat dibuat gambar kerja. Pekerjaan *grouting* di lapangan diawali dengan pekerjaan *drilling* dan dilanjutkan pekerjaan *water pressure test* (WPT) untuk mencari nilai *lugeon*, nilai *lugeon* ini yang menentukan pekerjaan injeksi semen atau *grouting*. Apabila nilai *lugeon* < 3 , maka tidak perlu dilakukan injeksi semen *grouting* dan apabila nilai *lugeon* ≥ 3 maka dilakukan injeksi semen dengan perbandingan rasio semen dan air sesuai dengan nilai *lugeon* tersebut. Setelah proses pekerjaan *grouting* selesai, maka dilakukan penutupan lubang *grouting* yang dinamakan *plugging*. Hasil dari tingkat efektivitas perbaikan pondasi dengan metode *grouting* pada proyek pembangunan Bendungan Beringin Sila dapat dikategorikan **Baik** dengan nilai perbaikan pada Blok 112C-S = 87,3% dan Blok 112B1-S 75,96%.

Kata Kunci; Bendungan, Permeabilitas, Grouting, Lugeon, efektivitas.

Abstract: *In package 2, the Beringin Sila Dams work items include spillway, buildings facilities, and access roads. In accordance with one of the conditions in the planning of the construction of a dams, the permeability figure or lugeon value becomes a reference in determining the feasibility of a dams. A good lugeon value for a normal dam ranges from 1 to 3. To meet these requirements, one of them is done foundation repair by grouting method. The grouting method is the job of filling cavities and cracks in foundation rocks by injecting a mixture of cement and water with adjusted pressure. To find out the method of implementation and effectiveness of grouting methods, more in-depth research is needed. Based on the observation of grouting work, the grouting working method is started with a grouting test work to determine the pattern, distance and depth of the grouting hole so that a working image can be created. Grouting work in the field begins with drilling work and continued water pressure test (WPT) work to find the value of lugeon, the value of this lugeon that determines the cement injection or grouting work. If the lugeon value < 3 , then there is no need to do grouting cement injection and if the value of lugeon ≥ 3 then cement injection is done with a ratio ratio of cement and water in accordance with the lugeon value. After the grouting work process is completed, the grouting hole is closed called plugging. The result of the level of effectiveness of foundation repair with grouting methods on the Beringin Sila Dams construction project can be categorized **Good** with improvement values in Block 112C-S = 87.3% and Block 112B1-S 75.96%.*

Key Word; Dams, Permeability, Grouting, Lugeon, effective.

PENDAHULUAN

Bendungan Beringin Sila yang berada di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat merupakan bendungan yang mempunyai tubuh bendungan dari material yang dipadatkan. Proyek ini dibuat dengan tujuan sebagai sarana irigasi pertanian sebagai sumber air baku, sebagai sarana pariwisata, dan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Kecamatan Utan.

Bendungan ini dibangun berdasarkan perencanaan Bendungan Beringin Sila yakni *cofferdam* dengan tipe urugan batu dan *random*, bendungan utama merupakan tipe urugan *zonal* dengan inti tegak, bangunan pelimpah (*spillway*) menggunakan tipe pelimpah samping, bangunan pengambilan (*intake*) menggunakan tipe menara, jalan masuk, dan fasilitas umum.

Bendungan pada umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain yang spesifik. Bagian utama bendungan salah satunya yaitu pondasi, pondasi adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk menjaga kekokohan bendungan, serta bagian ini perlu perhitungan konstruksi yang teliti untuk menentukan ukuran bendungan agar mampu menahan beban yang bekerja di atasnya.

Bendungan ini memiliki potensi permasalahan yang sangat besar, yaitu dampak dari proses pekerjaan konstruksi bendungan *pasca* pekerjaan konstruksi atau masa pemanfaatan dari bendungan tersebut. Kegagalan dan kerusakan pada bendungan salah satunya erosi atau pengikisan tanah akibat mengalirnya air dari celah-celah tanah, batuan, atau pondasi. Apabila air dari bendungan merembes melalui pondasi bendungan urugan yang terdiri atas material tanah yang dipadatkan, maka tekanan hidroliknya akan didistribusikan pada tegangan pori yang merupakan pengikat antar butiran material. (Azdan dan Samekto, 2008)

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada bangunan pelimpah pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat?
2. Bagaimana efektivitas dari metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat?

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat diketahui tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila

2. Untuk mengetahui efektivitas dari metode pelaksanaan pekerjaan *Grouting* pada Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila
- 272.

METODE PENELITIAN

273. Lokasi yang digunakan untuk penelitian ini berada di Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila yang berlokasi di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan pada Semester ganjil tahun 2020/2021 tepatnya pada saat Magang Industri yakni bulan Agustus 2020 hingga Januari 2021. Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data ini merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari PT. Nidya Karya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Data Primer

274. Data primer yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat adalah data yang diperoleh dari PT. Nidya Karya berupa :

- a. Metode Wawancara

275. Metode ini dilakukan dengan cara melakukan tanya jawab secara langsung kepada *engineering*, koordinator lapangan, pelaksana *Grouting*. Data yang didapat dari hasil wawancara berupa data proses pelaksanaan pekerjaan *Grouting* mulai dari tahap persiapan sampai tahap akhir pekerjaan.

- b. Observasi

276. Observasi dilakukan dengan cara melihat secara langsung proses pelaksanaan pekerjaan *Grouting* mulai dari tahap persiapan, mobilisasi alat dan bahan, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *Water Pressure Test* (WPT), pekerjaan *Grouting*, hingga tahap penyumbatan lubang *Grouting* (*Plugging*).

B. Data Sekunder

277. Data sekunder yang akan diambil dari Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila (Paket II) di Desa Tengah, Kecamatan Utan, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat adalah data yang diperoleh dari perusahaan berupa :

- a. Data spesifikasi teknis pekerjaan *Grouting* mulai dari campuran semen, air, gambar teknis titik *Grouting* dan hal-hal yang berkaitan dengan pekerjaan *Grouting*.
- b. Dokumentasi yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan *Grouting* mulai dari tahap persiapan, mobilisasi alat dan bahan, serta proses pelaksanaan pekerjaan.
- c. Jurnal yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan *Grouting* dan analisa *Grouting*.

278.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode ini dapat bekerja maksimum apabila sesuai dengan tahapan-tahapan pelaksanaan, berikut merupakan tahapan metode *Grouting* sebagai berikut :

1. Pekerjaan *Drilling* (pengeboran)

Metode ini memerlukan gambar kerja (*shop drawing*) untuk menunjang pelaksanaan dilapangan, selain itu dari *shop drawing* juga dapat menentukan posisi dan titik yang akan dilakukan pengeboran, uji *Lugeon*, dan injeksi semen. Untuk dapat mengetahui titik mana saja yang perlu dilakukan maka perlu ahli geologi yang dapat menentukan posisi titik, jarak, dan pola *Grouting*. Sehingga dapat ditentukan gambar kerja untuk pekerjaan *Grouting* di lapangan. Pekerjaan tanah dilakukan perstage, 1 stage terdiri dari kedalaman 5m. durasi untuk menyelesaikan 1 lubang pekerjaan *Grouting* tersebut berbeda-beda tergantung dari jenis batuan yang terkandung didalamnya. Berikut macam pekerjaan *drilling* :

a. Pilot Hole (PH)

Berfungsi untuk mengambil sampel tanah sedalam yang direncanakan. Setelah didapatkan sampel batuan akan diberikan kepihak konsultan. Pekerjaan ini dilakukan sebelum *rotary drilling* dilaksanakan. Berikut adalah urutan kerja pengeboran titik *Pilot Hole*.

b. Check Hole (CH)

Berfungsi untuk mengecek hasil *Grouting* yang sebelumnya sudah dilaksanakan. Berikut adalah urutan kerja pengeboran titik *Check Hole*.

c. Rotary Drilling

Pekerjaan pengeboran menggunakan mata bor diameter 66mm. Pengeboran dilakukan pada titik *curtain* dan *sub-curtain*. Pada pengeboran ini tidak dilakukan pengambilan sampel batuan, setelah pengeboran dapat diteruskan proses WPT dan *Grouting*.

2. Pekerjaan WPT (water pressure test)

Kondisi tanah dibawah permukaan bendungan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, maka dari itu perlu adanya pengecekan nilai permeabilitas tanah dibawah permukaan bendungan dengan *water pressure test*. Pekerjaan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah rembesan *volume* air permenit yang masuk kedalam tanah batuan, dari data debit air yang sudah diketahui dapat dihitung nilai *Lugeon*nya.

3. Pekerjaan *Grouting*

Pada pelaksanaan injeksi semen *Grouting* pada proyek Bendungan Beringin Sila digunakan campuran C:W = 1:10. Perubahan campuran berikutnya dilakukan apabila pemasukan semen mencapai 400 liter per 15 menit maka campuran dikentalkan diubah menjadi C:W rasio 1:8, 1:6, 1:4, 1:2, dan 1:1 dan campuran tersebut dipertahankan sampai mencapai 200 liter

4. Pekerjaan *Plugging* (penutupan lubang)

Pekerjaan penutupan lubang *Grouting* dilakukan setelah semua rangkaian pelaksanaan pekerjaan *Grouting* selesai. Penutupan lubang *Grouting* memakai *mortar* campuran semen : pasir (2:1) dan dicampur dengan air secukupnya.

Efektivitas metode *Grouting* dilihat dari nilai kelolosan air yang dialirkan dengan tekanan kedalam batuan dengan pengujian *water pressure test*, dari pengujian ini didapatkan nilai *Lugeon*. Nilai *Lugeon* inilah yang menentukan perlu adanya injeksi semen atau tidak. Apabila nilai *Lugeon* diatas angka 3 maka perlu adanya perbaikan dengan metode *Grouting*. Setelah pekerjaan injeksi semen diuji lagi dengan *water pressure test* dari titik lubang yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan kemiringan sudut 23 derajat yang mengenai titik-titik yang sudah dilakukan perbaikan dengan metode *Grouting*. Pada pembahasan efektivitas metode *Grouting* ini akan meninjau titik-titik tertentu, yaitu titik 112C-S, 112B1-S, dan 112CH.

Hasil Test WPT (Lugeon)

1. Titik 112C-S (stage 1) (Downstage)

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	305,0	317,9	330,8	343,7	356,6	369,6	380,6	393,1	405,5	418,0	430,4	(Ltr)
Injection (Ltr)		12,9	12,9	12,9	12,9	13,0	11,0	12,5	12,4	12,5	12,4	125,4

Perhitungan :

$$Q = 125,4 : 10 = 12,54 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 12,54}{2,36 \times 4,9} = 10,87 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 10,87 lt/menit, maka dilakukan injeksi semen pada titik 112C-S stage 1

2. Titik 112B1-S (stage 1) (Upstage)

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	243,5	249,7	255,9	262,7	269,4	276,6	283,4	290,1	296,8	303,0	309,8	(Ltr)
Injection (Ltr)		6,2	6,2	6,8	6,7	7,2	6,8	6,7	6,7	6,2	6,8	66,3

Perhitungan :

$$Q = 66,3 : 10 = 6,63 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 6,63}{2,36 \times 4,9} = 5,74 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 5,74 lt/menit, maka dilakukan injeksi semen pada titik 112B1-S stage 1

3. Titik 112CH (stage 1) (Kemiringan 20°)

Tekanan pertama

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	105,0	105,8	106,6	107,3	108,0	108,8	109,6	110,3	111,0	111,8	112,6	(Ltr)
Injection (Ltr)		0,80	0,80	0,70	0,70	0,80	0,80	0,70	0,70	0,80	0,80	7,60

Perhitungan :

$$Q = 7,60 : 10 = 0,76 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,76}{0,965 \times 4,90} = 1,61 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,61 lt/menit.

Tekanan kedua

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	118,1	118,9	119,7	120,6	121,4	122,2	123,1	124,0	124,8	125,6	126,4	(Ltr)
Injection (Ltr)		0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80	8,30

Perhitungan :

$$Q = 8,30 : 10 = 0,83 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,83}{1,465 \times 4,90} = 1,16 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,16 lt/menit.

Tekanan ketiga

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	132,4	133,4	134,4	135,5	136,6	137,6	138,6	139,7	140,8	141,8	142,8	(Ltr)
Injection (Ltr)		1,00	1,00	1,10	1,10	1,0	1,0	1,10	1,10	1,00	1,00	10,40

Perhitungan :

$$Q = 10,40 : 10 = 1,04 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,04}{1,965 \times 4,90} = 1,08 \text{ lt/menit}$$

Nilai *Lugeon* didapatkan 1,08 lt/menit.

Tekanan keempat

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Reading	147,2	148,3	150,0	151,4	152,9	154,4	155,9	157,3	158,8	160,3	161,8	(Ltr)
Injection (Ltr)		1,10	1,70	1,40	1,50	1,50	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	14,60

Perhitungan :

$$Q = 14,60 : 10 = 1,460 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,460}{2,465 \times 4,90} = 1,21 \text{ l/menit}$$

Nilai Lugeon didapatkan 1,21 l/menit.

Tekanan kelima

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	166, 6	167, 8	169, 0	170, 1	172, 2	173, 3	174, 5	175, 7	176, 9	178, 0	179, 2	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		1,20	1,20	1,10	2,10	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10	1,20	12,60

Perhitungan :

$$Q = 12,60 : 10 = 1,260 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,260}{1,965 \times 4,90} = 1,31 \text{ l/menit}$$

Nilai Lugeon didapatkan 1,31 l/menit.

Tekanan keenam

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	185, 7	186, 7	187, 7	188, 7	189, 8	190, 9	192, 0	193, 0	194, 0	195, 0	196, 1	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		1,00	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,10	10,40

Perhitungan :

$$Q = 10,40 : 10 = 1,040 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 1,040}{1,465 \times 4,90} = 1,45 \text{ l/menit}$$

Nilai Lugeon didapatkan 1,45 l/menit.

Tekanan ketujuh

Minute	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Readin g	202, 0	202, 8	203, 6	204, 5	205, 4	206, 3	207, 1	208, 0	208, 9	209, 8	210, 7	(Ltr)
Injectio n (Ltr)		0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	8,70

Perhitungan :

$$Q = 8,70 : 10 = 0,87 \text{ liter/menit}$$

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L} = \frac{10 \times 0,87}{0,965 \times 4,90} = 1,84 \text{ lt/menit}$$

Didapatkan nilai rata-rata $Lugeon = \frac{1,61 + 1,16 + 1,08 + 1,21 + 1,31 + 1,45 + 1,84}{7} = 1,38 \text{ lt/menit}$

Evaluasi Efektivitas Grouting

279. $Efs = (100 - (KG/K))100$

280. Keterangan :

Efs = Efektivitas *Grouting* dalam persen (%)

KG = Kelolosan air (*Lugeon*) sesudah *Grouting*

K = Kelolosan air (*Lugeon*) sebelum *Grouting*

281. Berdasarkan perhitungan efektivitas *Grouting* dengan rumus di atas, maka efektivitas *Grouting* dapat dikategorikan sebagai berikut:

Efektivitas <i>Grouting</i> (%)	Pengaruh <i>Grouting</i>
> 90	Sangat Baik
60 – 90	Baik
30 – 60	Sedang
10 – 30	Kurang
< 10	Buruk

1. Block 112C-S (stage 1)

Diketahui :

$$Lu = 10,87 \text{ lt/menit}$$

$$Efs = 100 - (1,38 / 10,87) 100 = 87,30\%$$

Didapatkan nilai efektivitas 87,30 %, maka perbaikan metode *Grouting* dikategorikan **Baik**.

2. Block 112B1-S (stage 1)

Diketahui :

$$Lu = 5,74 \text{ lt/menit}$$

$$Efs = 100 - (1,38 / 5,74) 100 = 75,96\%$$

Didapatkan nilai efektivitas 75,96 %, maka perbaikan metode *Grouting* dikategorikan **Baik**.

SIMPULAN DAN SARAN

282. Berdasarkan hasil pembahasan perbaikan pondasi dengan metode *Grouting* pada bendungan Beringin Sila dapat disimpulkan bahwa :

283. 1. Metode pelaksanaan dilakukan dengan standar pekerjaan *Grouting*, yaitu dari *drilling*, uji nilai *Lugeon* , injeksi semen *Grouting*, hingga pekerjaan penutupan lubang *Grouting*. Urutan pekerjaan *Grouting* diawali dengan titik *pilot hole* dan dilanjutkan pada titik *sub-curtain* dan *curtain* hingga pada titik *check hole*. Injeksi semen *Grouting* dapat dilaksanakan apabila *Lugeon* > 3 lt/menit. Pengaturan tekanan WPT pada stage 1 minimal 0,5 Kg/Cm² maksimal 2 Kg/Cm² (7 tekanan). Pengaturan tekanan *Grouting* pada stage 1 maksimal 2,5 Kg/Cm².

284. 2. Metode pelaksanaan *Grouting* mendapat efektivitas pada Blok 112C-S 87,3% dan Blok 112B1-S 75,96%. Jadi efektivitas *Grouting* dapat dikategorikan **BAIK**, (Dikarenakan presentase efektivitas *Grouting* telah mencapai 60% – 90 % dimana masuk dalam kategori **BAIK**)

Pada pekerjaan perbaikan pondasi dengan metode *Grouting* di proyek pembangunan bendungan Beringin Sila paket II dapat dikatakan efektif, tetapi alangkah baiknya pada tahapan pekerjaan *Water Pressure Test* pada titik *curtain* dan *subcurtain* juga menggunakan uji *Multi Pressure Test* dimana uji nilai *Lugeon* dengan menggunakan lebih dari 1 tekanan supaya dapat diketahui lebih spesifik nilai *Lugeon* pada titik tersebut dan dapat diketahui tekanan yang dapat merusak struktur batuan pada titik tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. 1974. Desain Of Small Dams, United States Departement Of Interior Bureau of Reclamations Oxford, IGH Publishing Co, New Delhi, Bombay, Calcuta

Candergren, H. R., Seepage, Drainage, and Flow Nets, p. 110, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1967.

Departemen Pekerjaan Umum, Panduan Perencanaan Bendungan Urugan, Juli 1999 : Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jendral Pengairan,.

Smith, N. A. F. (1971). A history of dams., Citadel Press 1972 : University of Virginia

Kementerian PUPR, 2015, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, Kementerian Pekerjaan dan Perumahan Rakyat, Jakarta

Program studi D3 Teknik Sipil 2020. Buku panduan penulisan lapran magang industri jurusan Teknik sipil program studi D3 teknik sipil. Bukit Jimbaran, Bali : POLITEKNIK NEGERI BALI

PT. INDRA-BINA-TUAH KSO, Desember 2018. Dokumen Kontrak Proyek Pembangunan Bendungan Beringin Sila. Kab. Sumbawa : PT. Nindya-Lestari KSO

Sani, Asrul, 2008. Analisis Kapasitas Waduk dengan Metode Ripple dan Behaviour (Studi Kasus Pada Waduk Mamak Sumbawa), Yogyakarta : UMY.

PELUANG APLIKASI PRODUK BAMBU REKAYASA DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN

I. S. Irawati*, U. Wusqo, H. Z. Arifin

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada,
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta, Indonesia

*E-mail: inggar_septhia@ugm.ac.id

Abstract

Bamboo is a fast-growing plant and an environmentally friendly material that can be used as a substitute material for wood, especially in the construction sector. Although bamboo has many advantages in terms of strength and environmental aspects, the use of bamboo material in the construction sector is still limited due to its non-prismatic and irregular shape. Nowadays, many engineered bamboo products have been developed to optimize the utilization of bamboo in the construction sector. Several engineered bamboo products that have been manufactured are laminated bamboo, cross laminated bamboo, bamboo scrimber, and bamboo particleboard. This paper presents a comprehensive study related to engineered bamboo products, from its production process to its application in the construction sector. In general, the mechanical properties of engineered bamboo products are comparable to those of bamboo culm. Several aspects that can affect the mechanical properties of engineered bamboo products are the species of bamboo being used, preservatives and adhesives, the method of preservation and gluing being applied, as well as the bamboo particle size. Bamboo engineered products can be applied to various construction elements, including beams, columns, and roof structures.

Keywords: *Engineered bamboo product, Mechanical properties, Production process*

Abstrak

Bambu merupakan tanaman cepat tumbuh dan material ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti kayu. Meskipun memiliki banyak keunggulan dari aspek kekuatan dan lingkungan, penggunaan material bambu dalam dunia konstruksi masih terkendala bentuk alaminya yang non prismatic dan tidak seragam. Dewasa ini, banyak produk bambu rekayasa yang dikembangkan untuk mengoptimalkan penggunaan bambu pada bidang konstruksi. Beberapa produk bambu rekayasa yang telah banyak diproduksi diantaranya bambu laminasi, *cross laminated bamboo*, *bamboo scrimber*, dan *bamboo particleboard*. Makalah ini menyajikan informasi secara komprehensif terkait dengan produk bambu rekayasa mulai dari proses produksi hingga aplikasinya di dunia konstruksi. Secara umum, sifat mekanika yang dihasilkan pada produk bambu rekayasa tidak kalah dibandingkan dengan sifat mekanika batang bambu utuh. Beberapa aspek yang dapat mempengaruhi sifat mekanika produk bambu rekayasa meliputi spesies bambu yang digunakan, bahan pengawet dan perekat, metode pengawetan dan perekatan yang digunakan, serta ukuran partikel bambu. Produk bambu rekayasa dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan konstruksi, seperti sebagai elemen balok, kolom, maupun struktur rangka atap.

Kata Kunci: *Produk bambu rekayasa, Sifat mekanika, Proses produksi*

PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu material yang diketahui cocok dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Secara alami, bambu merupakan material organik terbarukan yang mudah dibudidayakan dan cepat untuk dipanen. Masa tumbuh bambu hingga dapat dipanen berkisar antara 3-5 tahun. Kemudahan pembudidayaan bambu dan masa panen bambu yang singkat menjadi solusi terhadap kendala penggunaan kayu sebagai bahan bangunan, yaitu lamanya masa panen kayu dan penggundulan hutan (*deforestation*) (Nurdiah, 2016). Proses pemanenan bambu yang tidak tebang habis akan lebih melindungi lingkungan terhadap pencemaran udara akibat polusi CO₂ dan erosi tanah (Manandhar et al., 2019). Selain itu, bambu dikenal sebagai tanaman konservasi air (Buziquia et al., 2019). Lahan-lahan tempat budidaya bambu akan mempunyai kondisi air tanah yang baik.

Bambu termasuk material yang memiliki perbandingan kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*) yang relatif tinggi. Bambu memiliki berat satuan kering (*dry density*) antara 500-800 kg/m³ (Kaminski et al., 2016). Kuat tarik sejajar serat pada bagian kulit penampang bambu sebanding dengan kuat tarik baja. Hal ini disebabkan karena distribusi serat bambu, bagian yang berkontribusi terhadap kekuatan bambu, pada bagian kulit luar bambu lebih rapat dibandingkan distribusi serat bambu pada bagian dalam bambu (Amada et al., 1996; Ghavami et al., 2003; dan Tan et al., 2011). Kekuatan tekan, geser dan lentur bambu dapat dibandingkan dengan kekuatan kayu. Kekuatan tekan bambu didukung oleh keberadaan lignin (Syeda & Kumar, 2014). Kuat tekan rata-rata bambu Wulung (*Gigantochloa atrovioleacea*) dengan dan tanpa nodia masing-masing adalah 52,27 MPa dan 50,50 MPa (Oka et al., 2014). Kuat lentur bambu Wulung pada persentil ke-5 dengan selang kepercayaan 75% sebesar 27,56 MPa (Irawati & Wusqo, 2020). Kuat geser rata-rata bambu *Guadua angustifolia Kunth* sebesar 7,55 MPa (Correal & Arbelaez, 2010).

Di balik keunggulan tersebut, penggunaan bambu sebagai material bangunan terkendala bentuk alami batang bambu. Bambu memiliki penampang lingkaran berongga. Dimensi batang bambu non prismatik dan tidak seragam, baik dimensi antar batang bambu maupun dimensi dalam satu batang bambu pada bagian pangkal, tengah dan ujung. Diameter bagian pangkal relatif lebih besar dibandingkan diameter bagian atas atau

tapered (van der Lugt et al., 2006). Bentuk alami batang bambu tersebut menyebabkan kesulitan dalam membuat sambungan antar batang bambu.

Untuk mengatasi kendala tersebut, produk bambu rekayasa (*engineered bamboo*) kemudian dikembangkan. Keuntungan dari penggunaan produk bambu rekayasa adalah kemudahan dalam pengembangan desain dan aplikasi pada beberapa bagian struktur bangunan. Dimensi produk bambu rekayasa dapat dibuat sesuai kebutuhan sehingga memungkinkan produk-produk bambu rekayasa digunakan pada struktur bentang panjang. Proses produksi bambu rekayasa dapat mempertahankan arah serat bambu pada arah longitudinal (Sullivan, 2018).

Saat ini, terdapat berbagai macam produk bambu rekayasa, yaitu bambu laminasi (*laminated bamboo*), *cross laminated bamboo* (CLB), *bamboo scrimber*, dan papan partikel bambu (*bamboo particleboard*). Bambu laminasi juga dikenal dengan nama *laminated bamboo lumber* (LBL) atau *glued laminated bamboo* (GluBam). *Bamboo scrimber* dikenal juga dengan istilah *parallel strand bamboo* (PSB).

Makalah ini bertujuan untuk menyampaikan informasi terkait dengan proses produksi, karakter, dan pemanfaatan produk bambu rekayasa pada sektor konstruksi secara komprehensif. Hasil dari penelitian terdahulu dihimpun dan dikaji lebih lanjut untuk memberikan pandangan yang lebih luas kepada pembaca mengenai peluang aplikasi produk dalam rangka pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan.

PROSES PEMBUATAN PRODUK BAMBU REKAYASA

Proses pembuatan berbagai produk bambu rekayasa dapat dilihat pada Gambar 1. Secara garis besar, proses produksi GluBam, CLB dan PSB terdiri dari empat tahap yaitu pembentukan bahan yang akan direkat (Tahap 1), pengawetan (Tahap 2), pengeringan (Tahap 3), dan perekatan (Tahap 4). Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa perbedaan utama antara GluBam dengan CLB terletak pada arah penyusunan antar lapis laminanya.

Pada Tahap 1 pembuatan GluBam, proses produksi dapat menghasilkan bilah-bilah dan galar-galar bambu (Sharma et al., 2015a; Nugroho & Ando, 2001) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berbeda dengan produksi GluBam, pembuatan CLB dan PSB hanya menggunakan bilah-bilah bambu (Xing et al., 2019; Agustina et al., 2015; Archila et al., 2014). Pada pembuatan PSB, bilah-bilah bambu yang sudah diperoleh

kemudian dilanjutkan dengan proses *defibering* (penguraian serat). Sebelum *defibering*, biasanya dilakukan proses pelunakan (*softening*) untuk memisahkan lapisan interseluler dari bambu. Proses ini dilakukan dengan merebus bambu dalam larutan NaOH atau Na₂CO₃ dengan kadar 3% dari berat, yang dapat mereduksi tingkat polusi dan juga biaya jika dibandingkan dengan menggunakan reagen kimia lainnya (Huang et al., 2019).

Bilah/galar bambu yang diperoleh pada Tahap 1 kemudian diawetkan (Tahap 2), dikeringkan (Tahap 3), dan kemudian direkatkan (Tahap 4). Proses pengeringan dilakukan sehingga kadar air bahan yang akan direkat mencapai kadar air yang disyaratkan oleh spesifikasi bahan perekat. Bilah dan galar bambu dinyatakan siap untuk direkatkan jika kadar air bilah dan galar bambu sudah mencapai kadar air yang disyaratkan oleh spesifikasi bahan perekat dan mempunyai permukaan yang rata serta bersih dari kulit bambu, baik kulit bambu bagian luar maupun bagian dalam. Pada proses pembuatan CLB, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat mekanika bilah bambu yang lebih baik, proses densifikasi bilah bambu dapat ditambahkan setelah proses pengawetan Tahap 2 dilakukan (Archila et al., 2014).



Gambar 1. Bagan alir pembuatan produk bambu rekayasa (dari berbagai sumber)



Gambar 2. Bahan baku produk bambu rekayasa berupa bilah (kiri) dan galar (kanan) bambu dari bambu Moso (Sharma et al., 2015a; Nugroho & Ando, 2001)

Proses produksi *particleboard* secara umum tipikal dengan proses produksi GluBam, CLB dan PSB. Namun, serpihan bambu dari bambu utuh diperoleh setelah bambu diawetkan dan dikeringkan. Selain itu, serpihan bambu juga dapat diperoleh dari hasil perapihan dan perataan bilah dan galar bambu.

Metode pengawetan dan metode pengempaan yang digunakan dalam pembuatan produk bambu rekayasa berbeda-beda. Pemilihan metode pengawetan sangat bergantung pada alat yang dimiliki oleh industri, mulai dari penggunaan teknologi sederhana dengan biaya murah (perendaman) hingga teknologi lebih tinggi yang memerlukan biaya yang lebih tinggi juga (karbonasi dan karamelisasi). Metode pengempaan yang digunakan sangat bergantung pada jenis bahan perekat. Adapun jenis pengawet, metode pengawet, jenis perekat dan metode pengempaan yang biasa digunakan dalam proses pembuatan produk bambu rekayasa disajikan dalam Tabel 1.

SIFAT MEKANIKA

Bambu merupakan material ortotropik non homogen, begitu juga dengan produk bambu rekayasa. Dalam perencanaan harus diketahui kekuatan pada masing-masing arah sumbu utamanya. Pengujian yang umum dilakukan untuk mengetahui sifat mekanika produk bambu rekayasa adalah uji tarik sejajar dan tegak lurus serat, uji tekan sejajar dan tegak lurus serat, uji geser sejajar serat, dan uji lentur (tiga titik ataupun empat titik pembebanan). Maksud dari pengujian tersebut adalah untuk mengetahui sifat mekanika yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dalam desain struktur bangunan bambu. Tabel 1 menyajikan resume hasil pengujian sifat mekanika produk bambu rekayasa yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Proses pengujian yang telah dilakukan masih mengacu pada standar pengujian untuk produk kayu dikarenakan standar pengujian untuk produk bambu rekayasa masih belum tersedia. International Organization for

Standardization (ISO) sendiri saat ini sedang dalam proses melakukan penyusunan standar pengujian untuk produk bambu rekayasa (ISO, n.d.).

Terdapat beberapa aspek yang berpengaruh terhadap sifat mekanika produk bambu rekayasa diantaranya jenis bambu yang digunakan, tebal bilah, jenis pengawet, jenis perekat, metode pengawetan, keberadaan nodia, dan ukuran partikel bambu. Pada GluBam misalnya, kajian yang dilakukan oleh Sulastiningsih et al. (2013b) menunjukkan adanya perbedaan sifat mekanika dan sifat fisika (kecuali aspek kerapatan) pada balok GluBam dengan jenis pengawet yang berbeda. Merujuk pada Tabel 1, pada balok GluBam yang dibuat dari bambu Petung dengan perekat polymer isocyanate, penggunaan pengawet jenis deltamethrin menghasilkan nilai kuat geser balok GluBam yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengawet jenis boraks. Selain itu, penggunaan perekat jenis urea formaldehyde cenderung memberikan nilai kuat geser balok GluBam yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perekat polymer isocyanate. Kajian yang dilakukan oleh Sumawa et al. (2018) menunjukkan adanya pengaruh metode pengawetan terhadap kuat geser balok GluBam yang terbuat dari bambu Petung dengan perekat polymer isocyanate. Pada dua jenis pengawet yang berbeda (boraks dan ekstrak tembakau), penggunaan metode pengawetan Boucherie-Morisco memberikan nilai kuat geser yang lebih rendah dibandingkan dengan metode pengawetan rendaman panas. Namun demikian, Nugroho et al. (2019) mendapatkan hasil yang sebaliknya ketika perekat polivinil asetat digunakan.

Keberadaan nodia dapat menurunkan kuat tekan balok GluBam. Hal ini disebabkan oleh sel pembuluh (*vascular cells*) bambu utuh pada bagian nodia bambu yang memiliki struktur yang lebih rumit dibandingkan dengan bagian internodia bambu, sehingga menghasilkan material yang lebih rapat dan keras (Sulastiningsih et al., 2013a). Pada produk CLB, tebal bilah bambu yang digunakan akan berpengaruh pada MOR dan kuat rekat, sementara orientasi sudut *core* akan memberikan pengaruh terhadap penyusutan volume, MOR, tekan sejajar serat dan kuat rekat (Agustina et al., 2014).

Pada produk *bamboo particleboard*, penggunaan ukuran serpihan bambu yang semakin kecil akan menghasilkan nilai MOE dan MOR yang semakin kecil pula. Hal ini disebabkan karena ketidakmampuan perekat untuk menutupi seluruh lapisan permukaan serpihan bambu yang berukuran kecil. Namun demikian, ukuran serpihan bambu ini tidak akan berpengaruh terhadap kandungan air, kerapatan, kembang susut pada arah tebal

setelah 24 jam, kekuatan rekat internal (*internal bonding*), serta kuat cabut sekrup dari *bamboo particleboard* (Bazetto et al., 2019).

Pada umumnya, proses rekayasa pada bambu dilakukan untuk mendapatkan kualitas bambu yang lebih seragam dan lebih baik. Selain itu, dimensi dan bentuk dari produk bambu rekayasa juga dapat disesuaikan dengan peruntukannya. Merujuk pada Tabel 1, terlihat bahwa bambu laminasi dan *bamboo scrimber* memiliki sifat mekanika yang sebanding dengan bambu utuh. Perbedaan mencolok terlihat pada nilai MOR dan kuat

Tabel 1. Resume sifat mekanika produk bambu rekayasa

Peneliti	Stand ar pengujian	Spesie s	Jenis perekat	Metode pengempaan	Jenis pengawet (metode)	Kadar air (%)	MOR (MPa)	MOE (GPa)	// Serat (MPa)			I Serat (MPa)		Metode perolehan bilah
									fc	ft	fv	fc	ft	
1. Laminated bamboo														
Sharma et al. (2015b)	AST M D143-09, BS 373:1 957, BS EN 408:2010	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Polyurethane	Manual clamped	-	7,0	77,0	11,0	77,0	90,0	16,0	22,0	2,0	Bilah
	-						-							
							83,0	13,0						
Chen et al. (2020)	AST M D143-14	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Phenol formaldehyde (PF)	Flat pressure 20 MPa, 150 °C	(Steaming, carbonization)	10,6	111,5	8,9	56,3	107,7	17,5	-	-	Bilah
Mahdavi et al. (2012)	AST M D143-94	<i>Phyllostachys pubescens</i>	GP Resorcinol® 4242/4553	Mechanical press	-	15,8	76,5	9,3	-	-	-	-	-	Galar
Azmy et al. (2021)	Derikvand & Pangh (2016)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Polym er Isocyanate Urea Formaldehyde	Cold & hot pressing	Deltametrin (Cold soaking)	7,0-12,0	-	-	-	-	7,34	-	-	Bilah
Novitri et al. (2021)							-	-	-	-	7,61	-	-	
Sumawa et al. (2018)*	SNI 03-3959-1995, ASTM D9050 3-2013	<i>Dendrocalamus asper</i>	Polym er Isocyanate	-	Borax, tobacco water (Boucherie-Morisco, hot immersion)	-	A: 93,08		-	-	-	A: 4,78	-	Bilah
							B: 104,89					B: 6,56		
							C: 92,28					C: 4,08		
							D: 95,59					D: 4,78		

Nugroho et al. (2019)*	Polyvinyl acetate											A: 3,53	
												B: 2,79	
		-	89,75	-	-	-	-	-	-	-	-	C: 6,82	
												D: 5,35	

***Note:** **A**= borax (Boucherie-Morisco), **B**= borax (hot immersion), **C**= tobacco water (Boucherie-Morisco), **D**= tobacco water (hot immersion)

2. Bamboo scrimber (parallel strand bamboo)

Sharma et al. (2015b)	AST M D143- 09, BS	<i>Phyllos</i>	Phenol													
	373:1	<i>tachys</i>	formal	-	-	7,0	119,0	13,0	86,0	120,0	15,0	37,0	3,0	-		
	957, BS	<i>pubescens</i>	dehyde (PF)													
	EN															
	408:2010															
Yu et al. (2015)	AST M D- 1037, AST M D2344	<i>Phyllos</i>	PF	Hot	Saturat ed steam treatme nt (SST), hot dry air treatme nt (HDAT)		SST : 148,0- 186,0 HD AT: 71,0 - 87,0	13,7 - 16,1 12,3 - 13,6				15,9 - 19,8 9,0- 11,4				
		<i>tachys</i>	polyme r	pressin g		10,0										
		<i>pubescens</i>							-	-						

Tabel 1. (Lanjutan)

Peneliti	Stand ar pengu jian	Spesies	Jenis pereka t	Metode pengem paan	Jenis dan metode pengaw etan	Kad ar air (%)	MO R (MP a)	MO E (GP a)	// Serat (MPa)			⊥ Serat (MPa)		Meto de perole han bilah
									fc	ft	fv	fc	ft	
Kumar et al. (2016)	CSN 49011 0 - 49011 6, 49011 8	<i>Phyllos tachys pubesc ens</i>	Phenol formald ehyde (PF)	-	Saturate d steam treatme nt	7,0	166, 5 155, 3 131, 8	18,7 16,4 14,7	115, 7 113, 4 104, 7	144, 8 115, 5 111, 0	17,0 14,3 11,9	77,0 64,2 49,3	6,7 5,6 4,2	-
3. Cross laminated bamboo (CLB)														
Xing et al. (2019)**	EN 392 EN 302-1 EN 16351	Moso bambo o	MUF, HPA, PUR	Cold- cured; 0,6 MPa clampin g pressure	-	8,0- 12,0	-	-	-	-	MU F: 5,0 HPA : 1,8 PUR : 2,7	-	-	Bilah
**Note: MUF = melamine-urea-formaldehyde, HPA = hybrid polymer adhesive, PUR = polyurethane														
Agustina et al. (2015)	ASTM D143- 94 JAS 1152 (2007)	<i>Dendro calamu s asper</i>	Water based polyme r isocyan ate (WBPI)	Double spread, cold pressing	-	13,0	10,3- 24,0	0,8- 5,2	16,5- 42,6	-	0,6- 3,2	-	-	Bilah
Archila et al. (2014)	BS EN 789:20 04	<i>Guadu a angusti folia Kunth</i>	Epoxy resin	Cold pressing	Thermo -hydro- mechani cal (THM)	12,0	-	3- layer s: 13,5 (0°) 5,3 (90°) 5- layer s: 22,6 (0°) 12,5 (90°)	-	-	-	-	-	Bilah
4. Bamboo particleboard														
Widyorini et al. (2016)	JIS A 5908- 2003	<i>Dendro calamu s asper</i>	Citric acid 30%wt resin	Hot pressing	-	5,0- 7,0	12,3	4,1	-	-	-	-	-	-

Bazzetto et al. (2019)	NBR 14810	<i>Dendrocalamus asper</i>	Urea formaldehyde	Hot pressing	-	10,7-11,0	5,2-7,6	0,7-1,0	-	-	-	-	-	-
Valarelli et al. (2014)	NBR 14810	<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Urea formaldehyde (UF), Castor-oil-based (M)	Hot pressing 130° (UF) 70° (M)	-	-	2,4-9,9	0,4-1,8	-	-	-	-	-	-

5. Batang bambu utuh

Oka et al. (2014)	ISO 22157-2004	<i>Gigantochloa atroviolacea</i>	-	-	Borax acid	13,0-16,2	-	-	Nod e: 52,3 Int-node: 254,3 : 50,5	109,9 7,6 254,3 7,8	-	2,7 2,7	-
Gauss et al. (2019)***	ISO 22157-2019	<i>Phyllostachys edulis</i>	-	-	Chromated copper borate, disodium octaborate tetrahydrate	7,0 - 10,0	OC: 205 OT: 183	16,3 2 15,5 7	Nod e: 59,5 Int-node: 275 : 57,5	100 18,1 18,0	-	-	-

*****Note:** OC= outer culm wall in compression, OT= outer culm wall in tension

tarik sejajar serat, dimana nilai MOR pada bambu utuh dapat mencapai 205 MPa, sementara untuk kuat tarik sejajar seratnya mencapai lebih dari 200 MPa. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada pengujian terhadap sifat mekanika bambu utuh biasanya dilakukan tanpa menghilangkan kulit luar bambu. Kulit bambu diketahui memiliki nilai kuat tarik yang sangat tinggi (Morisco, 1996 & Amada et al., 1997). Sementara itu, pada produk bambu rekayasa biasanya kulit bambu dihilangkan pada tahapan awal pembuatan produk bambu rekayasa.

Inovasi guna meningkatkan kualitas produk bambu rekayasa juga dapat dilakukan dengan mengkompositkan bambu dengan material lain. Penambahan lapisan *carbon fiber-reinforced polymer* (CFRP) melalui proses *pressing* terbukti dapat meningkatkan kapasitas dari CLB (Qingfang, et al., 2019). Pembuatan produk komposit antara kayu dengan bambu dalam bentuk *cross laminated timber bamboo* (CLTB) juga telah terbukti menghasilkan produk rekayasa kayu dan bambu dengan nilai MOR dan MOE yang baik (Barreto et al., 2019)

APLIKASI PRODUK BAMBU REKAYASA

Perkembangan proses produksi dari bambu rekayasa memungkinkan produk bambu rekayasa dibuat dalam ukuran lebih besar dan seragam. Aplikasi untuk keperluan struktural dapat berupa elemen balok, kolom, maupun rangka atap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3a-3d (Chen et al., 2020; Xiao et al., 2013; Chen et al., 2020;



Gambar 3. Aplikasi produk bambu rekayasa a) bangunan bertingkat, b) rangka struktur, c) elemen balok, d) jembatan pejalan kaki, e) lantai *outdoor* (dari berbagai sumber)

Li et al., 2016). Aplikasi produk rekayasa untuk elemen non struktural bisa dilihat pada Gambar 3e, PSB digunakan sebagai lantai *outdoor* (Huang et al., 2019). Selain itu, aplikasi GluBam dari bambu Moso sebagai elemen non struktural secara masif (mencapai luas 200.000 m²) juga ditemukan pada langit-langit bangunan Terminal Bandara Internasional Barajas, Madrid yang memberikan kesan struktur bangunan lebih dinamis, indah dan natural (Archello, n.d.).

KESIMPULAN

Kendala penggunaan bambu utuh dalam dunia konstruksi akibat bentuk geometri dapat diatasi dengan mengolahnya menjadi produk bambu rekayasa. Secara umum, proses pembuatan produk bambu rekayasa terdiri atas tahapan persiapan bahan baku, pengawetan, pengeringan, perekatan, dan pencetakan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi sifat mekanika bambu meliputi sifat alami dari bambu yang digunakan serta jenis dan metode dari pengawetan dan perekatan. Produk bambu rekayasa dapat diaplikasikan menjadi elemen struktural dan arsitektural secara lebih luas dibanding bambu utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Nugroho, N., Bahtiar, E. T., Hermawan, D. (2015). Karakteristik Cross Laminated Bamboo Sebagai Bahan Komposit Struktural. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 25, 174-181.
- Amada, S., Ichikawa, Y., Munekata, T., Nagase, Y., Shimizu, H. (1997). Fiber texture and mechanical graded structure of bamboo. *Composite Part*, 28B, 13-20.
- Archello. (n.d.). Barajas International Airport Madrid. <https://archello.com/project/barajas-international-airport-madrid>.
- Archila, H. F., Ansell, M. P., Walker, P. (2014). Mechanical characterization of engineered Guadua-bamboo panels using digital image correlation. In Proc., *Young Researchers Forum II: Construction Materials*.
- Azmy, U., Irawati, I. S., Awaludin, A. (2021). Penentuan Konsentrasi Deltamethrin untuk Pengawet Bambu Petung dan Peluang Aplikasinya pada Bambu Laminasi Perekat Polymer Isocyanate. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Infrastruktur Abad ke-21*, 1, 118-124.
- Barreto, M. I. M., Araujo, V. D., Barbosa, J. C., Christoforo, A. L., Moura, J. D. M. (2019). Structural Performance Analysis of Cross-Laminated Timber-Bamboo (CLTB). *BioResources*, 14(3), 5045-5058.
- Bazetto, J. T D. L., Junior, G. B., Brito, F. M. S. (2019). Effect of Particle Size on Bamboo Particle Board Properties. *Floresta e Ambiente*, 26(2), 1-8.
- Buziquia, S.T., Loper, P.V.F., Almeida, A.K. (2019). Impact of bamboo spreading: a review. *Biodiversity and Conservation*, 28, 3695 – 3711.

- Chen, G., Yu, Y., Li, X., He, B. (2020). Mechanical behavior of laminated bamboo lumber for structural application: an experimental investigation. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78, 53-63.
- Correal, J. F., Arbelaez, J. (2020). Influence of Age and Height Position on Colombian *Guadua angustifolia* Bamboo Mechanical Properties. *Maderas Ciencia y Tecnologia*, 12, 106-113.
- Gauss, C., De Araujo, V., Gava, M., Cortez-Barbosa, J., Junior, H. S. (2019). Bamboo particleboards: recent developments. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 49.
- Ghavami, K., Rodrigues, C. S., Paciornik, S. (2003). Bamboo: Functionally Graded Composite Material. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 4(1), 1-10.
- Huang, Y., Ji, Y., Yu, W. (2019). Development of bamboo scrimber: a literature review. *Journal of Wood Science*, 65(25).
- Irawati, I. S., Wusqo, U. (2020). Perbandingan Perilaku Lentur Lentur Balok Bambu Menggunakan Sifat Mekanik yang Diperoleh dengan Metode Rata-Rata dan persentil ke-5. *Jurnal Permukiman*, 15, 43-53.
- ISO (n.d.). ISO/DIS 23478 Bamboo structures – Engineered bamboo products – Test methods for determination of physical and mechanical properties. <https://www.iso.org/standard/75683.html>.
- Kaminski, S., Lawrence, A., Trujillo, D. (2016). Structural use of bamboo Part 1: Introduction to bamboo. *The Structural Engineer*, 94, 40-43.
- Kumar, A., Vlach, T., Hrouda, M., Kasal, B., Tywoniak, J., Hajek, P. (2016). Engineered Bamboo Scrimber: Influence of Density on The Mechanical and Water Absorption Properties. *Construction and Building Materials*, 127, 815-827.
- Li, H., Deeks, A. J., Zhang, Q., (2016). Wu, G. Flexural Performance of Laminated Bamboo Lumber Beams. *BioResources*, 11, 929-943.
- Mahdavi, M., Clouston, P. L., Arwade, S. R. (2012). A Low-Technology Approach Toward Fabrication of Laminated Bamboo Lumber. *Construction and Building Materials*, 29, 257-262.
- Manandhar, R., Kim, J. H., Kim, J. T. (2019). Environmental, social and economic sustainability of bamboo and bamboo-based construction materials in buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18, 49-59.
- Morisco. (1996). *Rekayasa Bambu*, Penerbit Nafiri, Yogyakarta
- Novitri, T., Irawati, I. S., Awaludin, A. (2021). Pengaruh Konsentrasi Deltamethrin terhadap Ketahanan bambu Petung dan Peluang Aplikasinya pada Bambu laminasi Perekat urea Formaldehyde. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Infrastruktur Abad ke-21*, 1, 112-117.
- Nugroho, D. B. (2019). Pengaruh Pengawet Boraks dan Air Tembakau terhadap Kuat Geser Perekat serta Perilaku Lentur Balok Laminasi dengan Perekat Polyvinyl Acetate (PVAc). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada (Tesis).
- Nugroho, N., Ando, N. (2001). Development of Structural Composite Products Made from Bamboo II: Fundamental Properties of Laminated Bamboo Lumber. *Journal of Wood Science*, 47, 237-242.
- Nurdiah, E. A. (2016). The Potential of Bamboo as Building Material in Organic Shaped Buildings. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 216, 30-38.
- Oka, G. M., Triwiyono, A., Awaludin, A., Siswosukarto, S. (2014). Effects of Node, Internode, and Height Position on The Mechanical Properties of *Gigantochloa atroviolacea* Bamboo. *Procedia Engineering*, 95, 31-37.

- Qingfang, Lv., Wang, W., Liu, Y. (2019) Flexural Performance of Cross-Laminated Bamboo (CLB) Slabs and CFRP Grid Composite CLB Slabs. *Advances in Civil Engineering* 2019.
- Sharma, B., Gatoo, A., Bock, M., Mulligan, H., Ramage, M. (2015). Engineered bamboo: state of the art. *Construction Materials*, 168, 57-67.
- Sharma, B., Gatoo, A., Bock, M., Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials*, 81, 66-73.
- Sulastiningsih, I. M., Ruhendi, S., Massijaya, M. J., Darmawan I. W., Santoso, A. (2013). Effect of Nodes on the Properties of Laminated Bamboo Lumber. *Wood Research Journal*, 4(1), 19-24.
- Sulastiningsih, I. M., Santoso, A., Barly, Iskandar, M. I. (2013). Karakteristik Papan Bambu Lamina Direkat dengan Tanin Resorsinol Formaldehida. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 11(1), 62-72.
- Sullivan, C. C. (2018). Sustainable Envelopes with Structural Engineered Bamboo. Continuing Education Center. <https://continuingeducation.bnppmedia.com/courses/lamboo-technologies/sustainable-envelopes-with-structural-engineered-bamboo/>.
- Sumawa, I. W. A. M. (2018). Pengaruh Bahan Pengawet Boraks dan Ekstrak Tembakau terhadap Perilaku Rekatan Bambu Laminasi Perekat Polymer Isocyanate. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada (Tesis).
- Syeda, A., Kumar, B. S. J. (2014). A Case Study on Bamboo as Green Building Material. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 4(2).
- Tan, T., Rahbar, N., allameh, S.M., Kwofie, S., Dissmore, D., Ghavami, K., Soboyejo, W.O. (2011). Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures. *Acta Biomaterialia*, 7(10), 3796-3803
- Valarelli, I., Battistelle, R., Bueno, M., Bezerra, B., Campos, C., & Alves, M. (2014). Physical and Mechanical Properties of Particleboard Bamboo Waste Bonded with Urea Formaldehyde and Castor Oil Based Adhesive. *Matéria*, 19(1), 1-6.
- Van der Lugt, P., van den Dobbelsteen, A. A. J. F., Janssen, J. J. A. (2006). An Environmental, Economic and Practical Assessment of Bamboo as Building Material for Supporting Structures. *Construction and Building Materials*, 20, 648-656.
- Widyorini, R., Umemura, K., Isnan, R., Putra, D. R., Awaludin, A., Prayitno, T. A. (2016). Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74, 57-65.
- Xiao, Y., Yang, R. Z., Shan, B. (2013). Production, environmental impact and mechanical properties of glulam. *Construction and Building Materials*, 44, 765-773.
- Xiao, Y., Zhou, Q., Shan, B. (2010). Design and Construction of Modern Bamboo Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 15, 533-541.
- Xing, W., Hao, J., Sikora, K. S. (2019). Shear Performance of Adhesive Bonding of Cross-Laminated Bamboo. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(9).
- Yu, Y., Zhu, R., Wu, B., Hu, Y., Yu, W. (2015). Fabrication, Material Properties, and Application of Bamboo Scrimber. *Wood Science and Technology*, 49, 83-98.

PENGUJIAN BATU KAPUR UNGASAN DAN AGREGAT KELAS A SEBAGAI MATERIAL PONDASI PERKERASAN JALAN

I Wayan astu Wiratnata, I Wayan Sujahtra, Evin Yudhi Setyono

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, P.O box 1064 Tuban Badung – Bali

Telepone : (0361)701981, Fax : (0361)701981, E-mail: poltek@pnb.ac.id

Abstract :

The carrying capacity of the soil for the foundation of highway pavement is very important because it will affect the ability of the road to achieve its maximum function. To get a good foundation, you must use foundation materials that meet the conditions that have been determined and the materials selected are class A aggregates and Ungasan Limestone. To find out the value of the material, CBR, Proctor, and Abrasion tests must be done. After getting the results of the test, it can be known which layer of foundation class A aggregate can be used and find out in what foundation layer Ungasan Limestone can be used.

Keywords; CBR, Proctor ,Abrasion, Land Carrying Capacity.

Abstrak :

Daya dukung tanah untuk pondasi perkerasan jalan raya adalah hal yang sangat penting karena akan mempengaruhi kemampuan jalan untuk mencapai fungsi maksimalnya. Untuk mendapatkan pondasi yang baik maka harus menggunakan material urugan pondasi yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan dan material yang dipilih adalah agregat kelas A dan Batu Kapur Ungasan . Untuk mengetahui nilai dari material maka harus dilakukan pengujian CBR, Proctor, dan Abrasi. Setelah mendapatkan hasil dari pengujian tersebut maka dapat diketahui lapisan pondasi bagian mana Agregat kelas A dapat digunakan dan mengetahui pada lapisan pondasi apa Batu Kapur Ungasan dapat digunakan.

Kata Kunci; CBR, Proctor ,Abrasi, Daya Dukung Tanah.

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan adalah lapisan sebagai bantalan untuk roda kendaraan, sehingga roda tidak langsung bertumpu diatas lapisan tanah asli dan kendaraan dapat melaju dengan maksimal. Perkerasan jalan memiliki beberapa tahapan yaitu lapis pondasi agregat jalan raya, merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi agar mencapai pondasi dengan daya dukung optimal. Dalam proses perkerasan jalan raya, lapisan tanah asli harus dalam keadaan memiliki kepadatan maksimum, yang masih dalam keadaan renggang harus ditekan sehingga akan meningkatkan berat volume tanah tersebut. Umumnya tanah asli tidak dapat mencapai kepadatan dan daya dukung yang memenuhi standar, sehingga harus dilakukan perbaikan dengan menambah agregat yang memiliki tingkat kepadatan dan daya dukung yang tinggi. Proses penambahan agregat memiliki dua bagian yaitu Lapisan Pondasi Bawah dan lapisan Pondasi Atas.

Lapisan pondasi bawah dan atas memiliki fungsi sebagai bantalan terhadap lapisan perkerasan jalan dan untuk menyebarkan gaya dari beban jalan tersebut. Untuk mendapatkan fungsi yang maksimal dari pondasi ini maka agregat yang dipilih harus memiliki nilai-nilai yang harus dipenuhi. Nilai tersebut yaitu, Nilai CBR, Nilai Proctor, dan Nilai Abasi sesuai MANUAL Konstruksi dan Bangunan N0:002-03/BM/2006. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka harus dilakukan pengujian laboratorium. Material yang memiliki peluang untuk digunakan adalah Batu Kapur Ungasan karena keberadaannya sangat melimpah dan tidak akan merusak lingkungan karena tidak bisa ditumbuhi tumbuh-tumbuhan. Adapun Agregat kelas A yang didisain sesuai keperluan dengan menggabungkan beberapa ukuran agregat sehingga mencapai gradasi tertentu. Kedua agregat ini harus diuji terlebih dahulu apakah memenuhi nilai dari syarat-syarat yang telah ditetapkan

Dalam pengujian kedua agregat tersebut harus memenuhi standar pengujian sesuai SNI-1744-2012 CBR Laboratorium. Metode pengujian menggunakan pengujian laboratorium secara langsung dengan mengambil sample di daerah Bukit Ungasan dan Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali sesuai dengan standar yang telah ditetapkan

Benda uji akan diperlakukan dalam keadaan basah dan kering sehingga akan menggambarkan hasil dalam keadaan asli dilapangan pada saat proses pekerjaan. Dan akan dicari nilai dalam kepadatan yang berbeda yaitu dengan memilih metode pemadatan modifiert.

Setelah melakuka pengujian maka kita akan mengetahui nilai-nilai pada agregat A dan Batu Kapur Ungasan sehingga dapat mengetahui apakah material tersebut memenuhi nilai standar yang telah ditetapkan atau tidak. Apa bila kita udah mengetahui nilai CBR Laboratorium Batu Kapur Ungasan dan Agregat kelas A maka kita bisa memilih agregat tersebut untuk pondasi-pondasi yang sesuai dengan nilainya tersebut. Apakah bisa digunakan sebagai pengganti tanah dasar,pondasi bawah maupun pondasi atas.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium tanah POLITEKNIK NEGERI BALI yang berlokasi di bukit Jimbaran dengan mendisain dan mengambil sample Agregat A di Laboratorium Tanah Politeknik Negeri Bali yang sebelumnya didatangkan dari daerah galian C Kabupaten Karangasem Bali. Sample yang digunakan adalah sample agregat A, sample ini diambil di lingkungan laboratorium dan didisain sesuai rencana yang telah ditentukan dan Batu Kapur Ungasan. Untuk Sample Agregat A direncanakan seperti pada tabel dan dibutuhkan sebanyak 38 kg agregat A dan 38 kg batu kapur

Bentuk penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian secara langsung yang dilakkukan mahasiswa dengan bimbingan dari dosen dan teknisi laboratorium Politeknik Negeri Bali yang sering disebut analisa data dengan metode eksperimentak-laboratoris yaitu dengan menggunakan hasil dari pengujian laboratorium. Penelitian akan dilakukan pada saat proposal ini sudah disetujui dan akan menyesuaikan jadwal dengan kesediaan dosen pembimbing yaitu tanggal 8 juni- 21 juli 2021. Sumber data dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai data primer dari penelitian dan uji laboratorium yang akan dilakukan yang akan menghasilkan data sebagai berikut:

1. Nilai CBR Laboratorium
2. Nilaian Proctor
3. Abrasi

Sumber data skunder sebagai pembanding pada penulisan Tugas Akhir ini merupakan nilai-nilai yang ditetapkan sebagai acuan dan batas-batas dari masing-masing lapisan pondasi perkerasan jalan raya yaitu sesuai tabel

Tabel 20 Sifat dan syarat Agregat Pondasi Atas

No	Sifat-sifat agregat	Syarat-syarat
1	Abrasi	Maxs 40%
2	Plastis	Maks 6
3	Kadar air(Nilai Proctor)	Maks 25%
4	CBR	Min 90%

Sumber: MANUAL Konstruksi dan Bangunan N0:002-03/BM/2006(2006)

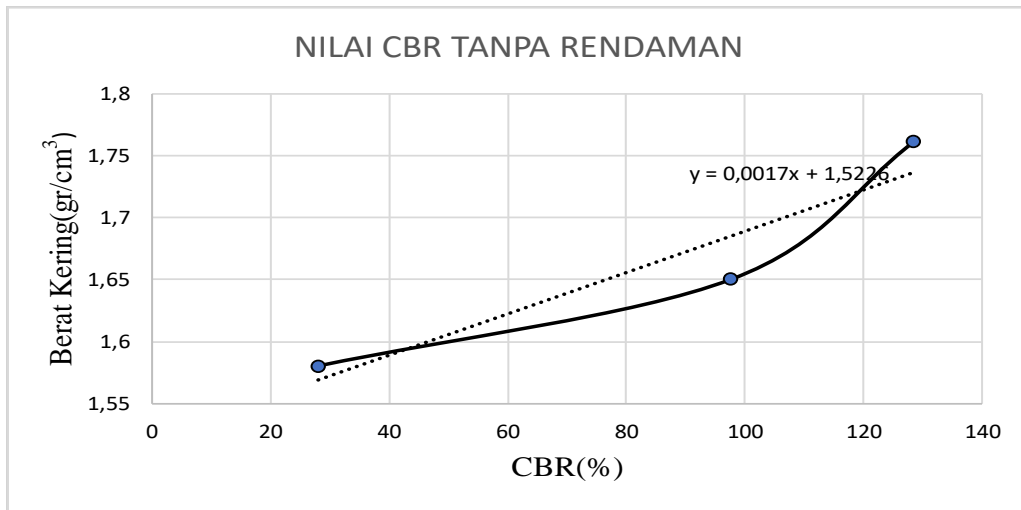
Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan memenuhi tahapan penelitian yang telah ditentukan di studi pustaka yaitu dengan mengikuti seluruh langkah-langkah kerja yang telah ditentukan sehingga mendapatkan data yang akan dikumpulkan didalam tabel hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. CBR AGREGAT A TANPA RENDAMAN

Tabel 21 *Dry Density*/berat kering dan CBR

Tumbukan	<i>Dry Density</i> (gr/cm ³)	CBR 0,1(%)	CBR 0,2(%)
15 X	1,580	27,96	34,66
35 X	1,650	97,55	104,78
65 X	1,761	128,66	147,32



Grafik 1 Persamaan nilai CBR tanpa rendaman agregat A

Untuk mendapatkan nilai CBR Laboratorium maka memasukkan 0,95 dari nilai proctor Agregat A dan di masukkan kedalam persamaan $y = 0,0017x + 1,5226$ sebagai y dan menghasilkan CBR Laboratorium seperti Tabel 4.5

Tabel 22 Nilai Cbr Laboratorium Tanpa Rendaman agregat A

Proctor	1,892
0.95 proctor	1,7974
CBR Design(%)	161,71

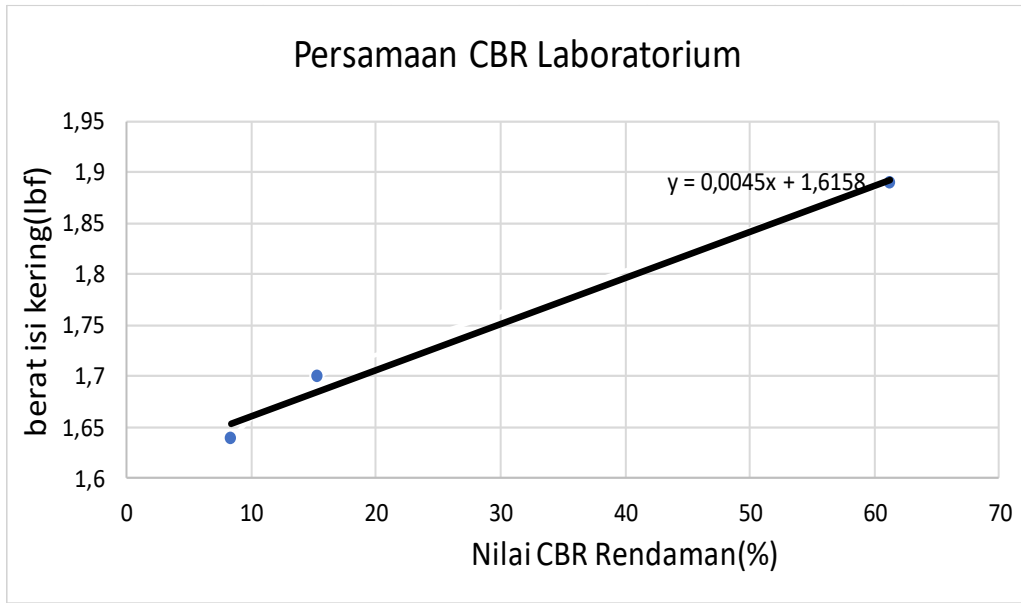
Jadi nilai CBR laboratorium tanpa rendaman agregat A adalah 161,71%

B. NILAI CBR A RENDAMAN

Tabel 23 Nilai berat kering dan CBR

Tumbukan	Dry Density(gr/cm³)	CBR 0,1(%)	CBR 0,2(%)
15 X	1,580	8,32	12,35
35 X	1,650	15,26	29,9
65 X	1,761	61,22	72,6

Setelah melakukan pengolahan data dengan membuat kurva antara berat isi kering dan CBR 0,1 maka dihasilkan persamaan seperti pada grafik 4.9



Grafik 2 Persamaan nilai CBR Laboratorium Agregat A Rendaman

Untuk mendapatkan nilai CBR Laboratorium maka memasukkan 0,95 dari nilai proctor Agregat A dan di masukkan kedalam persamaan $y = 0,0045x + 1,6158$ sebagai y dan menghasilkan CBR Laboratorium seperti Tabel 4.9

Tabel 24 Nilai CBR Laboratorium Agregat A Rendaman

Proctor (gr/cm ³)	1,891
0.95 proctor (gr/cm ³)	1,79645
CBR Design Rendaman (%)	40,14

C. Nilai Abrasi(Los Angeles) Agregat A

Setelah melakukan pengolahan data maka nilai Abrasi dari Agregat kelas A adalah seperti pada tabel

Tabel 6 Nilai Keausan(abrasi dari agregat kelas A)

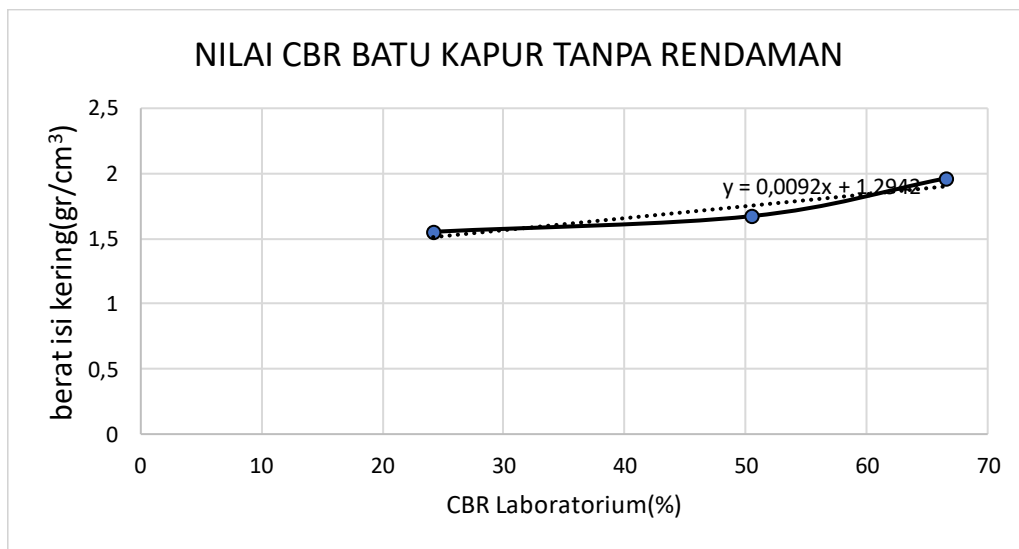
ABRASI		
Keterangan	Berat (A)	Berat(B)
Tertahan pada saringan no 12(gr)(b)	3185	3196
Berat Sample(gr)(a)	5000	5000
a-b	1815	1804
Keausan(a-b/a x 100%)	36,3	36,08

Jadi nilai Abrasi(Los Angeles) dari agregat A adalah 36,3%

D. NILAI CBR TANPA RENDAMAN BATU KAPUR UNGASAN

Tabel 7 CBR tanpa rendaman batu kapur ungasan

Tumbukan	Dry Density(gr/cm ³)	CBR 0,1(%)	CBR 0,2(%)
15 X	1,550	24,22	29,77
35 X	1,670	50,48	58,44
65 X	1,960	66,55	119,92



Grafik 3 Grafik Nilai CBR Laboratorium Batu Kapur Ungasan Tanpa Rendaman

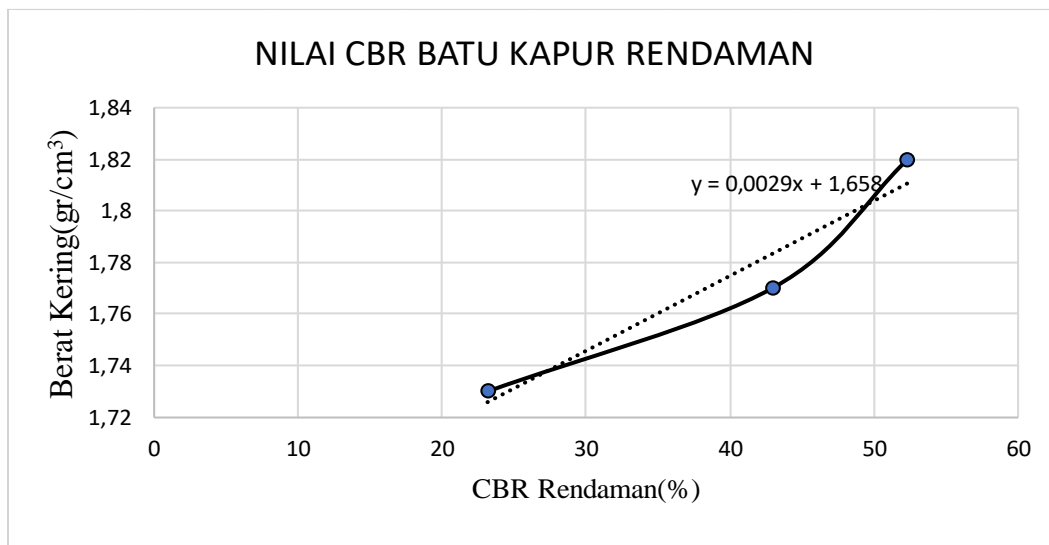
Untuk mendapatkan nilai CBR Laboratorium maka memasukkan 0,95 dari nilai proctor Agregat A dan di masukkan kedalam persamaan $y=0,0045x + 1,6158$ sebagai y dan menghasilkan CBR Laboratorium seperti Tabel 4.9

Jadi nilai CBR laboratorium tanpa rendaman agregat A adalah 55,52 %

E. NILAI CBR BATU KAPUR UNGASAN DENGAN RENDAMAN

Tabel 8 Nilai CBR Rendaman Batu Kapur Ungasan

Tumbukan	Dry Density(gr/cm^3)	CBR 0,1(%)	CBR 0,2(%)
15 X	1,73	23,18	39,86
35 X	1,77	42,95	51,83
65 X	1,82	52,36	71,26



Grafik 4 Persamaan nilai CBR Laboratorium Batu Kapur Ungasan dengan rendaman

Untuk mendapatkan nilai Cbr Laboratorium maka memasukkan 0,95 dari nilai proctor Agregat A dan di masukkan kedalam persamaan $y = 0,0045x + 1,6158$ sebagai y dan menghasilkan CBR Laboratorium seperti Tabel 4.9

Jadi nilai CBR laboratorium tanpa rendaman agregat A adalah 50,69

SIMPULAN

Hasil pengujian Agregat A

No	Nilai-nilai Pengujian	Agregat A(%)
1	Proctor	1,891
2	CBR Rendaman	40,14
3	CBR Tanpa Rendaman	161,15
4	Abrasi	36,3

Tabel 9. Hasil Pengujian Laboratorium Agregat A

Dengan memiliki nilai pengujian seperti tabel 5.1 maka Agregat Kelas a dapat digunakan sebagai material pondasi perkerasan atas.

Hasil pengujian batu kapur ungasan

No	Nilai-nilai Pengujian	Batu Kapur Ungasan(%)
1	Proctor	1,9
2	CBR Rendaman	50,69
3	CBR Tanpa Rendaman	55,52

Tabel 10 Hasil Pengujian Batu Kapur Ungasan

DAFTAR PUSTAKA

- Bima, Aji Satria.2020. *Pengujian Material Kelas A(CBR,Berat Jenis,Abrasi dan Plastis*, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali
- Edi, Barnas.2015. *Penelitian Kekuatan Tanah Metode CBR di SPBG Bogor 1 Bubulak JL KH R Abdullah Bin Nuh*, Fakultas Teknik Universitas Borobudur.
- Irianto,C. R. 2012, *Pengaruh Ketebalan Subbase Course pada Batu Kuning(Dolomite Limestone) serta Rasio Perbandingan Agregat Kasar dan Agregat Halus*, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Manual Konstruksi dan Bangunan. 2006.*Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku LAPIS PONDASI AGREGAT*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga
- Program Studi Teknik Sipil.2021. *Panduan Pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi TeknikSipil*, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali
- Raharjo, R.P 1985, *Correlation of CBR and Dynamic Core Penetrometer Strenght Measurement of Soil*, Konferensi Geoteknik ke 3
- SNI, Standar Nasional Indonesia(2012), *Metode uji CBR Laboratorium*, Badan Standar Nasional.
- Syamsul, Arifin, *PENGARUH ABRASI AGREGAT TERHADAP KARAKTERISTIK BETON ASPAL*, SMARTek
- Sukirman,S, 1999,*Perkerasan Lentur Jalan Raya*,Penerbit Nova,Bandung.
- Wiraga,I Wayan.2019 *buku ajar mekanika tanah 1*
- Program Studi TeknikSipil*, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali
- Wiraga,I Wayan.2019. *buku ajar mekanika tanah 2*
- Program Studi TeknikSipil*, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali

PERENCANAAN PONDASI BORE PILE SMK PARIWISATA TRISAKTI TAMPAKSIRING

I Wayan Dela Krisna, I Made Wahyu Pramana, I Made Jaya

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung – Bali

E-mail: delakrisna7@gmail.com

abstract

Foundation is one basic element of a building which mainly used to transfers the loads of the structure to the ground. Soil testing is required before the construction of foundation begins. Generally, there are two types of foundation either Shallow or Deep. Construction of SMK Pariwisata Trisakti applies deep foundation method using bored pile foundation. The purpose of this final project is to measure the bored pile carrying capacity, diameter, depth, amount of the bored pile used, and bored pile reinforcement of SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring construction. Literature study method applied in the discussion along with the data gathered by consultation with relevant parties. Loading test measured manually using SAP 2000 v20 program and resulted in $P_u = 17,977$ Ton and $V_u = 45,844$ Kn. These data concluded that a bored pile with 30 cm of diameter which planted at 5 meters in-depth holds 11,356 Ton carrying capacity and the construction requires 2 piles with 4 D12 reinforcement and $\phi 10-100$.

Keyword: *Planning, Bored pile, Soil test, Foundation, Carrying capacity*

abstrak

Pondasi merupakan suatu hal mendasar pada sebuah bangunan. Dimana pondasi inilah yang berfungsi untuk menerima beban pada struktur bangunan yang diteruskan ke dalam lapisan tanah. Sebelum dilakukannya suatu konstruksi bangunan perlu dilakukan pengujian pada tanah yang akan dibangun suatu bangunan dan melakukan perencanaan pondasi. Secara umum terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi yang digunakan pada pembangunan gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring adalah pondasi dalam yaitu pondasi *bore pile*. Maksud dan tujuan dari penulisan dari tugas akhir ini adalah menghitung Daya dukung *bore pile*, diameter *bore pile*, kedalaman *bore pile*, jumlah *bore pile*, dan juga penulangan *bore pile*, pada pembangunan gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring. Dalam pembahasan tugas akhir ini menggunakan metode *studi literature* dan konsultasi dengan berbagai pihak yang terkait. Dimana untuk perhitungan pembebanan dihitung secara manual dengan menggunakan program SAP 2000 v20. Berdasarkan perencanaan dan perhitungan beban yang didapat adalah $P_u = 17,977$ ton dan $V_u = 45,844$ Kn dan setelah dilakukan perhitungan perencanaan didapat kesimpulan Daya dukung satu tiang dengan diameter 30 cm dan kedalaman 5 meter adalah 11,356 ton dengan jumlah tiang yang diperlukan adalah 2 buah dan dengan penulangan yang digunakan adalah 4 D12 tulangan utama dan $\phi 10 - 100$

Kata Kunci: *Perencanaan, Bore pile, Sondir, Pondasi, Daya dukung*

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Dalam dunia teknik sipil tanah mempunyai peranan penting, karena tanah sebagai pendukung suatu struktur dasar bangunan. Tanah juga merupakan media yang ideal untuk meneruskan gaya yang berkerja di atasnya. Tanah memiliki suatu keunikan karena satu tempat dengan tempat lainnya tidak mungkin memiliki tanah yang memiliki jenis tanah, karakteristik dan sifat tanah yang sama sehingga belum tentu tanah tersebut baik digunakan untuk pendukung kekuatan struktur.

Pondasi adalah struktur bangunan yang menyalurkan beban langsung ke dalam tanah. Jika kondisi tanah di bawah struktur cukup kuat dan mampu mendukung beban yang ada berarti pondasi setempat dapat digunakan untuk menyalurkan beban. Di lain pihak, seandainya kondisi tanah permukaan adalah lunak berarti pondasi dalam dapat digunakan untuk menyalurkan beban lebih dalam pada kondisi tanah yang lebih kuat.

Melalui pengujian sondir yang telah dilakukan oleh *CV. SoilINDO* dapat diketahui bahwa rata – rata kedalaman tanah keras pada Pembangunan SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring adalah 17 meter sehingga tidak bisa menggunakan pondasi dangkal. Karena pondasi memiliki fungsi yang penting sebagai dasar bangunan tanpa adanya pondasi yang kokoh, bangunan tidak akan dapat berdiri. Mengingat pembangunan ini adalah fasilitas umum yang menampung banyak orang sehingga perencanaan dan pembuatan jenis struktur bawah (pondasi) perlu diperhitungkan dengan cermat agar terhindar dari penurunan atau roboh nya bangunan tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapakah daya dukung pondasi bore pile pada proyek pembangunan Gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring melalui data sondir ?
2. Berapakah faktor keamanan pondasi bore pile pada proyek pembangunan Gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring melalui data sondir ?

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, antara lain:

1. Untuk mengetahui pengolahan data dari pengujian CPT atau sondir dan mengetahui daya dukung pondasi dari pengujian tersebut.
2. Untuk menentukan kedalaman dan diameter pondasi bore pile yang baik digunakan untuk pembangunan Gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring melalui data sondir.

Dengan adanya penelitian ini dapat di peroleh manfaat antara lain :

1. Memberikan pengetahuan yang lebih mengkhusus kepada penulis dalam pengolahan data sondir.
2. Mengetahui daya dukung pondasi pada pembangunan Gedung SMK Pariwisata Trisakti Tampaksiring menurut data sondir.
3. Memberikan informai, wawasan, pengetahuan tambahan dan sebagai pembanding kelak jika akan melakukan pekerjaan yang sama atau sejenis.

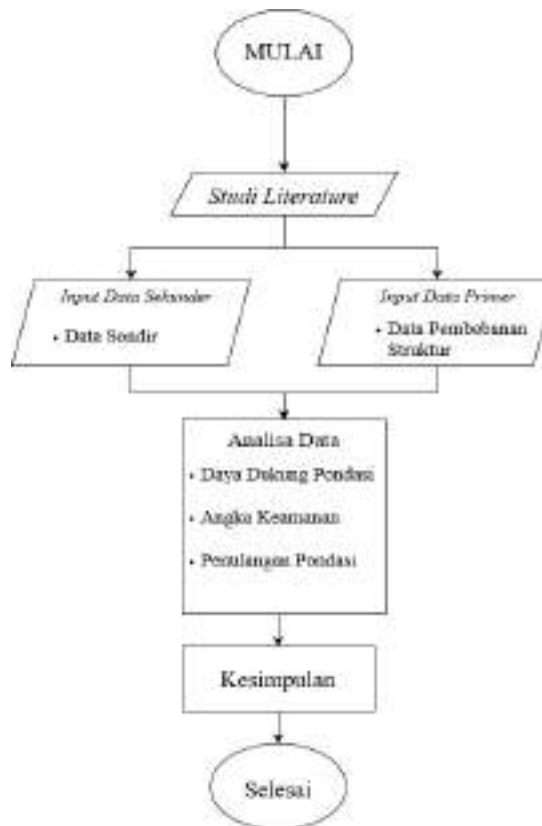
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini langkah paling awal yang dilakukan adalah penguraian latar belakang permasalahan sehingga dapat menarik point – point permasalahan yang akan dibahas. Dilanjutkan dengan mengidentifikasi masalah yang bertujuan untuk menentukan batasan masalah sehingga cakupan pembahasan tidak keluar dari tujuan dan langkah selanjutnya adalah pengumpulan data penelitian. Terdapat dua jenis data penelitian yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Data pengujian sondir pada lokasi proyek.
2. Data pembebanan gedung.

Berdasarkan data yang telah di dapat kemudian dilakukan analisa daya dukung pondasi menggunakan metode *Meyerhof* (1956) dan menghitung beban sentris yang terjadi. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan faktor keamanan pondasi dan perhitungan tulangan pondasi.

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1 Bagan Alir Pelaksanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Data sondir yang digunakan untuk perhitungan ini adalah data sondir pada titik S1 dikarenakan data sondir pada titik S1 memiliki daya dukung tanah terendah dari ketiga

data sondir yang ada. perhitungan ini dilakukan dengan data yang diketahui sebagai berikut:

$$P_u = 17,977 \text{ ton} \quad A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (30 \text{ cm})^2$$

$$\begin{aligned} JHL &= 326 \text{ kg/cm} \\ q_c &= 22,14 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \quad K_{ll} = \pi \times D = 3,14 \times 30 \text{ cm} = 94,2 \text{ cm}$$

$$= 706,5 \text{ cm}^2$$

$$Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{ll})$$

$$\begin{aligned} &= (22,14 \text{ kg/cm}^2 \times 706,5 \text{ cm}^2) + (326 \text{ kg/cm} \times 94,2 \text{ cm}) \\ &= 46351,11 \text{ kg} = 46,351 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{(22,14 \text{ kg/cm}^2 \times 706,5 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(326 \text{ kg/cm} \times 94,2 \text{ cm})}{5} \\ &= 11355,81 \text{ kg} = 11,356 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{P}{Q_a} = \frac{17,977}{11,356}$$

$$n = 1,583 = 2 \text{ buah tiang bore pile}$$

Jarak antar tiang bore pile untuk $S > 2,5 - 3 D$

Jarak bore pile ketepi pile cap (poer) adalah tidak kurang dari $\frac{1}{2}$ keliling penampang pondasi yaitu 50 cm

Diambil : 1) jarak antar bore pile = 0,75 m

2) jarak bore pile ketepi = 0,5 m

Beban sentris pondasi

$$M_x = 12970,83 \text{ kg} = 12,97 \text{ ton} \quad M_y = 216,7 \text{ kg} = 0,22 \text{ ton}$$

$$P = 17977 \text{ kg} = 17,98 \text{ ton} \quad X_{\max} = 37,5 \text{ cm}$$

$$X_{\min} = 37,5 \text{ cm} \quad Y_{\max} = 0 \text{ cm}$$

$$Y_{\min} = 0 \text{ cm} \quad n = 2 \text{ buah}$$

$$n_x = 2 \text{ buah} \quad n_y = 1 \text{ buah}$$

a) Jumlah kuadrat absis tiang

$$\sum X^2 = (0,375)^2 + (0,375)^2 = 0,28 \text{ m}^2$$

b) Jumlah kuadrat ordinat tiang

$$\sum Y^2 = (0)^2 = 0 \text{ m}^2$$

$$P_u = \frac{P}{n} + \frac{M_y \times x}{n_y \times \sum x^2} + \frac{M_x \times y}{n_x \times \sum y^2}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{17,98}{2} + \frac{12,97 \times 0,37}{1 \times 0,28} + \frac{0,22 \times 0}{2 \times 0} \\ &= 26,28 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi beban yang terjadi pada pondasi yang dikarenakan beban sentris adalah 26,28 ton.

Faktor Keamanan

$$FK = \frac{Q_u}{Q} = \frac{46,351}{26,28} = 1,763$$

Menghitung Tulangan Utama

Diketahui:

Diameter bore pile = 300 mm

Diameter tulangan utama = D 13 mm

Diameter tulangan spiral = 10 mm

$F'_c = 17,98 \text{ Mpa}$

$F_y = 400 \text{ Mpa}$

Panjang tiang = 5000 mm

Selimut beton = 75 mm

$d = 300 - (75 + 10 + \frac{1}{2} 13) = 208,5 \text{ mm}$

$P_u = 26,283 \text{ ton}$

$M_u = 12,97 \text{ ton}$

a) Menghitung eksentrisitas penampang

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{12,97}{26,283} = 0.49 \text{ m} = 490 \text{ mm}$$

b) Menghitung gaya aksial nominal yang diperlukan

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{26,283}{0,7} = 37,55 \text{ ton}$$

c) Menghitung luas penampang pondasi

$$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 300^2 = 70.650 \text{ mm}^2$$

Dengan asumsi nilai $\rho = 0.0117$ dapat dihitung:

$$A_s = \rho \frac{\pi d^2}{4} = 0.0117 \frac{3,14 \times 208,5^2}{4} = 399,27 \text{ mm}^2$$

d) Menghitung tulangan yang diperlukan

$$A_{stul} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 = 132,66 \text{ mm}^2$$

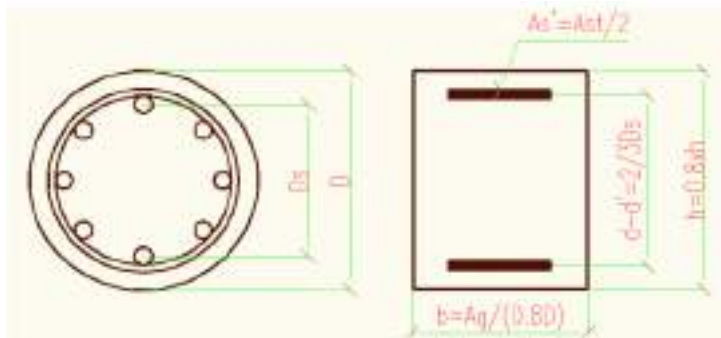
Jumlah tulangan yang diperlukan adalah :

$$\frac{A_s}{A_{stul}} = \frac{399,27}{132,66} = 3,01 = 4 \text{ buah}$$

$$A_{st} = 4 \times \text{luas tulangan pokok} = 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 = 530,66 \text{ mm}^2$$

e) Menghitung kekuatan penampang dalam keadaan *balance*

$$H \text{ ekuivalen } (h) = 0,8 \times 300 = 240 \text{ mm}$$



Lebar kolom segiempat ekuivalen b adalah $b = A_g / 0,8h$

$$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 300^2 = 70650 \text{ mm}^2$$

$$b = \frac{A_g}{H} = \frac{70650}{240} = 294,38 \text{ mm}$$

$$d' \text{ silinder} = \text{selimut beton} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan utama} + D \text{ sengkang} \\ = 75 + \frac{1}{2} 13 + 10 = 91,5 \text{ mm}$$

$$D_s = D - 2d' = 300 - 2(91,5) = 117 \text{ mm}$$

$$d - d' = \frac{2}{3} \times D_s = \frac{2}{3} \times 117 = 78 \text{ mm}$$

$$d' \text{ ekivalen} = h - \left(\frac{d - d'}{2}\right) = 240 - \frac{78}{2} = 201 \text{ mm}$$

$$d \text{ ekivalen} = h - d' \text{ ekivalen} = 240 - 201 = 39 \text{ mm}$$

$$A_s = A_s' = 0,5 \times A_{st} = 0,5 \times 530,66 = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$C_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 39}{600 + 400} = 23,4 \text{ mm}$$

$$A_b = 0,85 \times C_b = 0,85 \times 23,4 = 19,89 \text{ mm}$$

Cek tegangan tekan sudah leleh atau belum :

E_c = regangan beton hancur (0,3% atau 0,003)

$$F_s' = \frac{E_c \times E_s \times (d' - C_b)}{d'} \\ = \frac{0,003 \times 200000 \times (201 - 23,4)}{201} \\ = 531,02 \text{ Mpa} > f_y = 400 \text{ Mpa, tulangan sudah leleh}$$

f) Menghitung gaya aksial kondisi *balance*

$$P_{nb} = (0,85 f'_c \times a_b \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_y) \\ = (0,85 \times 17,98 \times 19,89 \times 294,38) + (265,33 \times 531,02) - (265,33 \times 400) \\ = 118,984 \text{ ton}$$

Kontrol

$$\phi \times P_n > P_u$$

$$0,65 \times 118,984 > 26,283$$

$$77,34 > 26,283 \text{ (oke)}$$

Setelah melakukan perhitungan diatas diketahui bahwa tulangan utama yang digunakan adalah 4 D12

Menghitung tulangan spiral

Diketahui :

$$\emptyset = 0,75 \quad F'_c = 17,98 \text{ Mpa}$$

$$F_{ys} = 240 \text{ Mpa} \quad D \text{ spiral} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul utama} = D 13 \text{ mm} \quad \text{Jumlah spiral} = 2 \text{ buah}$$

$$V_u = 45,844 \text{ Kn} \quad N_u = P_u = 26,283 \text{ ton}$$

Perhitungan:

$$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 300^2 = 70650 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (D \text{ spiral})^2 \times \text{jumlah spiral} \\ = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (10^2) \times 2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{26,283}{14 \times 70650}\right) \times 1 \times \sqrt{17,98} \times 294,375 \times 208,5$$

$$= 54902,29 \text{ N}$$

$$\phi V_c = \frac{V_c}{\phi} = \frac{54902,29}{0,75} = 73,21 \text{ Kn}$$

Dikarenakan nilai $\phi V_c > V_u$ maka tidak memerlukan tulangan geser dan digunakan tulangan geser minimum.

Menghitung jarak spiral untuk tulangan geser :

- $S \leq d/2 = 208,5/2 = 104,25 = 100 \text{ mm}$
- $S \leq 16 D \text{ tulangan utama} = 16 \times 13 = 208 = 200 \text{ mm}$
- $S \leq 48 D \text{ tulangan spiral} = 46 \times 10 = 480 = 450 \text{ mm}$

Jarak spiral diambil jarak yang bernilai paling kecil = 100 mm

- $$A_{v_{min1}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \frac{b \times s}{f_{ys}}$$

$$= 0,062 \times \sqrt{17,98} \times \frac{294,38 \times 100}{240}$$

$$= 32,25 \text{ mm}^2$$
- $$A_{v_{min2}} = 0,062 \times \frac{b \times s}{f_{ys}}$$

$$= 0,062 \times \frac{294,38 \times 100}{240}$$

$$= 42,93 \text{ mm}^2$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat:

$$A_v = 157 \geq A_{v_{min2}} = 42,93 \geq A_{v_{min1}} = 32,17 = \text{Memenuhi syarat}$$

Maka tulangan spiral yang digunakan adalah 2 $\phi 10 - 100$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daya dukung pondasi bore pile dengan diameter 30 cm dan kedalaman 5 m adalah ton 11,356 ton
2. Jumlah tiang bore pile yang dibutuhkan untuk menahan beban P_u dengan diameter 30 cm dan kedalaman 5 m adalah buah 2 tiang
3. Tulangan yang digunakan adalah 4 D12 untuk tulangan pokok dan 2 $\phi 10 - 100$ untuk tulangan spiral
4. Nilai Angka Keamanan yang didapat adalah 1.76

DAFTAR PUSTAKA

Nasional, B. S. (2008). SNI 2827:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir. Badan Standarisasi Nasional.

Wiraga, I Wayan. Buku ajar Pengujian Tanah II Program Studi Teknik Sipil.2019

Wiraga, I Wayan. Buku ajar Pengujian Tanah I Program Studi Teknik Sipil.2019

Salain, Putu Dana Pariawan (2020). Panduan Pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil.2020

Zainuddin, Ahmad Amril (2013). Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Menggunakan Pondasi Tiang Bor (Bore Pile) Pada Gedung *Zest Hotel* Ambon

Halibu, Edward Z (2011). Perencanaan Pondasi Bored Pile dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ DR. V .L. Ratumbuysang Manado

Ramadhani, Hutami Dwi (2013). Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor) Gulat Samarinda, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Samarinda

WIBARINI, NUNIK DWI, ZAKIAH, SALMA ST.(2013). Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Gedung Parkir POLITEKNIK NEGERI BANDUNG

Nasional, B. S. (2015). SNI 6371:2015 Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah. Badan Standarisasi Nasional.

Wiraga, I Wayan. Buku ajar Teknik Pondasi Teknik Sipil PNB, Politeknik Negeri Bali. (2019)

PERENCANAAN UNIT INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM STUDI KASUS: KABUPATEN NGANJUK

M Fitra Bayu Addi²⁾, Tomy Ady Bharata¹⁾, Yuliana Sukarmawati³⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Jember

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali
E-mail: sukarmawati@yahoo.co.id

Abstract

Until now, the supply of quality drinking water in Nganjuk Regency is still lacking. This is inversely proportional to the increasing annual population growth. So it is necessary to fulfill drinking water both in quality and quantity. Fulfillment of the quality in question is carried out by building a new drinking water management unit with a planning period of 20 years (2019-2040). While the fulfillment of the quantity is by utilizing Brantas river water at (820,000 L / sec) as a source of planning. From the projection results, the population in 2040 will be 155,916.9 people, with a maximum daily need of (668.68 L / second). The discharge to be processed in this plan is 351,000 L / s from the Brantas river in Kertosono District. The results of the analysis determined the processing unit in alternative 1 using Intake, Pre-sedimentation, Coagulation, Flocculation, Sedimentation, Filtration, Disinfection and Reservoir.

Keyword: Population Projection, Water Demand Projection, Treatment Unit Design.

Abstrak

Kebutuhan air minum dan air bersih di Kabupaten Nganjuk hingga saat ini sangatlah diperlukan. Hal ini berbanding terbalik dengan semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk pertahunnya. Sehingga perlu adanya pemenuhan air minum baik kualitas maupun kuantitasnya. Pemenuhan kualitas yang dimaksud dilakukan dengan membangun unit pengolahan air minum yang baru dengan periode perencanaan selama 20 tahun (2020-2040). Sedangkan pemenuhan kuantitas yaitu dengan memanfaatkan air sungai Brantas dengan debit (820.000 lt/dtk) sebagai sumber perencanaan. Dari hasil proyeksi, jumlah penduduk pada tahun 2040 sebanyak 155,916,9 penduduk, dengan kebutuhan maksimum perhari sebesar (668.68 Lt/dt). Debit yang akan diolah pada perencanaan ini sebanyak 351.000 lt/dtk dari air sungai Brantas yang berada di Kecamatan Kertosono. Hasil Analisis ditentukan unit pengolahan pada alternatif dengan menggunakan Intake, Prasedimentasi, Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi, Desinfeksi dan Reservoir.

Kata Kunci: Proyeksi penduduk, proyeksi kebutuhan air, desain unit pengolahan.

PENDAHULUAN

Nganjuk merupakan kabupaten yang berada di wilayah Provinsi Jawa Timur dengan jumlah penduduk 1.051.900 Jiwa pertahun 2018. Dalam penyediaan air minum berkualitas Kabupaten nganjuk kerap menjumpai masalah yang cukup kompleks. Permasalahan yang timbul yakni sering dijumpai bahwa kualitas air tanah maupun air sungai yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air minum yang sehat bahkan di beberapa tempat tidak layak untuk diminum. Air yang layak diminum,

mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisis, kimiawi dan biologis. Standar kualitas air minum harus sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/ 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan basis data yang diperoleh dari Dinas Permukiman dan Perumahan Provinsi Jawa Timur. Pengolahan data yang dilakukan dengan menghitung proyeksi kebutuhan yang terkait pada proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk digunakan sebagai penentu jumlah penduduk selama 20 tahun perencanaan yaitu 2020-2040. Penentuan jumlah penduduk menggunakan tiga metode proyeksi yaitu metode aritmatika, metode geometrik dan last square. Proyeksi kebutuhan air terdiri dari total kebutuhan domestik, non-domestik dan kehilangan air dengan mengacu pada RPJM 2015-2019. Hasil proyeksi kebutuhan air didapat Q_{maks}/Day , sebagai debit yang akan direncanakan. Tahap selanjutnya menentukan analisa kualitas dan kuantitas air dari sumber mengacu pada standart baku mutu PP 82/2001 kelas 1 sebagai stream standart. Setelah melakukan analisa kualitas, dapat dilakukan penentuan unit pengolahan yang sesuai dengan kebutuhan ekisting, penyusunan alternatif desain, penentuan alternatif desain, penentuan dosis koagulan optimum, perhitungan dimensi setiap unit pengolahan, dan pembuatan gambar sesuai gambar teknik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Nganjuk merupakan wilayah dengan luas sebesar 1.224,33 km² yang memiliki 20 kecamatan yang tersebar di area dataran tinggi hingga pegunungan, dan tidak memiliki garis pantai. Fasilitas penunjang kegiatan masyarakat juga banyak tersebar di kabupaten nganjuk, diantaranya fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, peribadatan dan juga fasilitas perdagangan seperti pasar. Jumlah penduduk Kabupaten Nganjuk pada tahun 2019 ialah 1.116.285 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,49%. Kabupaten nganjuk memiliki beberapa sumber air seperti sungai dan mata air pegunungan yang dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat. Sumber air yang paling berpotensi untuk memenuhi kebutuhan tersebut ialah Sungai Brantas dengan debit 820.000 liter/detik (Kuntjoro, 2011).

Perencanaan IPAM Kabupaten Nganjuk akan direncanakan dalam 4 tahap dengan kapasitas total 1,534 m³/detik di akhir periode perencanaan. Periode perencanaan ialah 20 tahun (2020 – 2040) dengan tahap pertama perencanaan pada tahun 2025. Komponen perencanaan pada tahap pertama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen perencanaan Tahap pertama pada tahun 2025

No.	Komponen	Perencanaan
1.	Jumlah Penduduk Total	1.213.542 Jiwa
2.	Tingkat Pelayanan	40 %
3.	Penduduk Terlayani	485.417 Jiwa
4.	Kebutuhan Air Domestik	497,21 l/detik
5.	Kebutuhan Air Fasilitas	60,01 l/detik
6.	Sub Total Kebutuhan	557,23 l/detik
7.	Kehilangan Air	20 %
8.	Total Kebutuhan Rata-Rata	668,68 l/detik
9.	Kebutuhan Oprasional IPAM	33,43 l/detik
10.	Kebutuhan Penyadapan	842,53 l/detik
11.	Kapasitas Produksi	702,11 l/detik
12.	Kapasitas Produksi per Unit	351,05 l/detik

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tahapan/alternatif pengolahan yang akan digunakan pada perencanaan IPAM Kabupaten Nganjuk direncanakan menggunakan sistem hidrolis dengan tahap pertama ialah penyadapan air baku menggunakan *River Intake*, kemudian prasedimentasi digunakan untuk mengurangi partikel diskrit dalam air. Tahap selanjutnya yaitu proses yang diawali dengan koagulasi flokulasi yang didalam terjadi proses pembentukan flok dari padatan terlarut, sedimentasi untuk mengendapkan flok, filtrasi untuk menyaring flok yang lolos dari proses sedimentasi, disinfeksi dan terakhir penampungan di reservoir.

1. Perencanaan Unit *Intake*

Unit intake menggunakan jenis *River Intake* mengingat sumber air yang digunakan ialah Sungai Brantas. Adapun hasil perhitungan unit intake dapat dilihat pada Tabel 3.

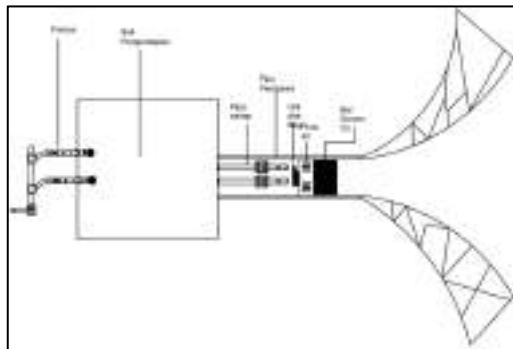
Tabel 3. Hasil Perhitungan Unit Intake

No	Komponen	Desain
1.	Debit Penyadapan	421,2 l/detik
2.	Bar Screen	
	- Lebar saluran	1,3 m
	- Kisi bulat lingkaran	2,42
	- Diameter batang	0,015 m
	- Jarak bukaan batang	0,04 m
	- Kemiringan	60
	- Jumlah batang	25 buah

No	Komponen	Desain
3.	Bak Pengumpul	
	- Volume Bak Pengumpul	252,6 m ³
	- Luas Bak Pengumpul	29,72 m ²
	- Lebar Bak Pengumpul	5,5 m
	- Panjang Bak Pengumpul	5,5 m
4.	Saluran Pembawa	
	- Panjang saluran	4 m
	- Lebar saluran	1,67 m
5.	Pintu Air	
	- Lebar pintu air	0,9 m
	- Lebar saluran	1,3 m

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan digunakan sebagai dasar dalam penggambaran desain yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Unit Intake
Sumber: Hasil Analisis, 2020

2. Perencanaan Unit Prasedimentasi

Unit prasedimentasi dibutuhkan untuk mengurasi kandungan partikel diskrit dan kekeruhan dalam air baku. Adapun hasil perhitungan perencanaan unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 4.

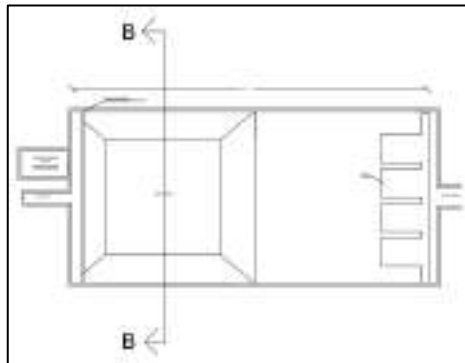
Tabel 4. Hasil Perhitungan Unit Prasedimentasi

No	Komponen	Desain
1.	Debit Pengolahan	351 l/detik
2.	Zona Pengendapan	
	- Luas Bak	977 m ²
	- Lebar Bak	8,5 m
	- Panjang Bak	34 m
3.	Zona Lumpur	
	- Panjang (P1)	2,5 m
	- Lebar (L1)	8,5 m
	- Panjang (P2)	0,5 m
	- Lebar (L2)	0,5 m
	- Kedalaman	1 m
4.	Zona Inlet	
	- Kedalaman Saluran	1 meter

5.	- Lebar Saluran	1,4 m
	- Zona Outlet	
	- Lebar Saluran	0,5 m
	- Tinggi Saluran	0,4 m

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat gambar unit prasedimentasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Unit Prasedimentasi

Sumber: Hasil Analisis, 2020

3. Perencanaan Unit Koagulasi

Unit koagulasi direncanakan dengan menggunakan koagulasi hidrolis sebagai pengadukan cepat, hasil perencanaan unit koagulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

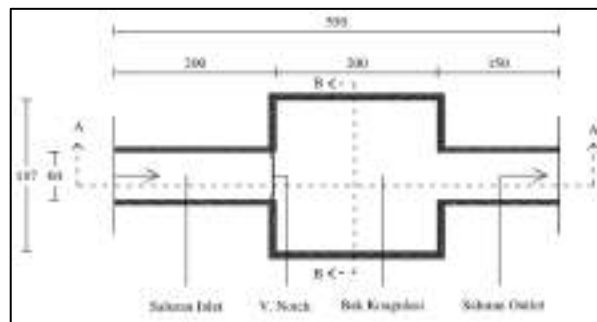
Tabel 5. Hasil Perhitungan Unit Koagulasi

No.	Komponen	Desain
1.	Sistem Inlet	
	- Lebar saluran inlet (L_{inlet})	0,6 m
	- Panjang saluran inlet (P_{inlet})	2 m
	- Ketinggian air inlet (T_{inlet})	0,355 m
	- Ketinggian inlet ($h_{saluran}$)	0,4265 m
	- HL inlet	0,06 m
2.	Pelimpah (V-Notch)	
	- Tinggi muka air V-Notch	0,2359 m
	- Lebar muka air V-Notch	0,47 m
	- Luas V-Notch	0,055 m ²
3.	Dimensi Bak	
	- Volume bak (V_{bak})	7 m ³
	- Lebar bak (L_{bak})	1,87 m
	- Panjang bak (P_{bak})	2 m
	- Tinggi bak (T_{bak})	1,5 m
4.	Kontrol Aliran	
	- Jari-jari hidrolis (R)	0,497 m
	- Bilangan Reynold (NRe)	$1,8 \times 10^6$
	- Bilangan Froude (NFr)	2,233
5.	Sistem Outlet	
	- Lebar saluran outlet (L_{outlet})	0,6 m
	- Panjang saluran outlet (P_{outlet})	1,5 m

- Ketinggian air outlet (h_{air})	0,401 m
- Ketinggian outlet ($h_{saluran}$)	0,4 m
- HL outlet	0,00319 m

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat gambar unit koagulasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Unit Koagulasi

Sumber: Hasil Analisis, 2020

4. Perencanaan Unit Flokulasi

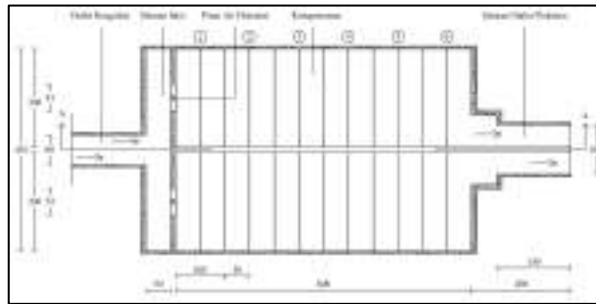
Unit flokulasi direncanakan dengan menggunakan flokulasi hidrolis sebagai pengadukan lambat, memiliki 6 kompartemen, hasil perencanaan unit koagulasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Unit Flokulasi

No.	Komponen	Desain
1.	Debit pengolahan (Q)	0,0877 m ³ /detik
2.	Flokulasi <i>baffel channel</i>	6 Tahap
3.	Panjang bak flokulasi (P_{bak})	6 meter
4.	Lebar bak flokulasi (L_{bak})	2 meter
5.	Lebar / Kompartemen	1 meter
6.	Sistem Inlet	
	- Luas inlet (S_{inlet})	0,25 m ²
	- Lebar inlet (L_{inlet})	0,5 meter
	- Tinggi inlet (h_{inlet})	0,6 meter
	- Panjang inlet (P_{inlet})	2,1 meter
7.	Sistem Outlet	
	- Luas outlet (S_{outlet})	0,175 m ²
	- Lebar outlet (L_{outlet})	0,1 meter
	- Panjang outlet (P_{outlet})	1,5 meter

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat gambar unit flokulasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Desain Unit Flokulasi
Sumber: Hasil Analisis, 2020

5. Perencanaan Unit Sedimentasi

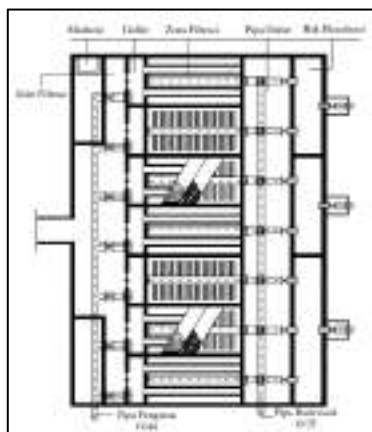
Unit sedimentasi direncanakan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses flokulasi, hasil perencanaan unit koagulasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Unit Sedimentasi

No.	Komponen	Desain
1.	Kondisi performa bak (n)	1/3 (Good Performance)
2.	Dimensi bak sedimentasi	
	- Debit pengolahan tiap bak (q_{bak})	0,18 m/detik
	- Kecepatan (v_s)	0,000417 m/detik
	- Luas permukaan bak sedimentasi (A_s)	432 m ²
3.	Dimensi zona pengendapan	
	- Luas zona pengendapan (A_{zp})	51 m ²
	- Lebar zona pengendapan (L_{zp})	3,2 m
	- Panjang zona pengendapan (P_{zp})	16 m
	- Panjang ZP sebenarnya ($P_{zp \text{ real}}$)	17 cm
	- Jumlah plat settler (n_{plat})	174 buah
4.	Zona Inlet	
	- Lebar zona inlet (L_{zi})	3,2 m
	- Panjang zona inlet (P_{zi})	1,3 m
	- Tinggi zona inlet (h_{zi})	1,3 m
5.	Zona Outlet (Pelimpah)	
	- Lebar V-Notch ($w_{V-Notch}$)	0,1 m
	- Panjang pelimpah ($P_{pelimpah}$)	16 m
	- Jumlah pelimpah ($n_{pelimpah}$)	6 buah
6.	Gutter	
	- Jumlah gutter (n)	3 buah
	- Panjang gutter (P_{gutter})	16 meter
	- Lebar gutter (L_{gutter})	0,3 m
	- Tinggi gutter (h_{gutter})	0,33 m
7.	Zona Lumpur	
	- Jumlah kompartemen lumpur (n)	6 buah
	- Panjang ruang lumpur (P_{zp})	16 m
	- Lebar ruang lumpur (L_{zp})	3,2 m

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat gambar unit sedimentasi yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Unit Sedimentasi

Sumber: Hasil Analisis, 2020

7. Perencanaan Unit Reservoir

Perencanaan unit reservoir dilengkapi dengan kebutuhan klorinasi sebagai proses desinfeksi air hasil produksi sebelum di tampungng dalam bak reservoir. Adapun hasil perhitungan kebutuhan klor dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Unit Desinfeksi

No.	Komponen	Desain
1.	Debit Pengolahan	351 L/dtk
2.	Dosis klor yang dibutuhkan	2,3 mg / L
3.	Kebutuhan klor 1 hari	93,4375 kg/hari
4.	Kebutuhan tabung Klor	6 buah
5.	Diameter pipa	403 mm

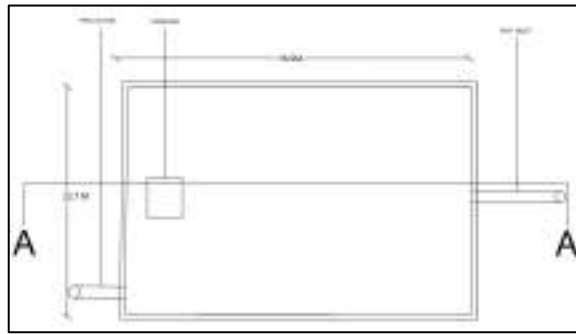
Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 10. Hasil Perhitungan Unit Reservoir

No.	Komponen	Desain
1.	Debit Pengolahan	351 L/dtk
2.	Jumlah unit	2 buah
3.	Luas Bak	23,7 m ²
4.	Lebar Bak	4,03 m
5.	Panjang Bak	7,2 m.

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil perhitungan kemudian digunakan untuk membuat gambar unit Reservoir yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Unit Reservoir
Sumber: Hasil Analisis, 2020

KESIMPULAN

Kebutuhan air Kabupaten Nganjuk yang cukup besar dapat dipenuhi dengan adanya unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) yang memadai. Kapasitas pengolahan yang besar membuat perencanaan unit di bagi menjadi 2 dengan masing-masing kapasitas pengolahan 351 l/detik. Sumber yang diunakan sebagai air baku ialah sungai Brantas dengan yang memiliki debit 820.000 liter/detik. Penggunaan sumber air dengan kapasitas yang besar diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat Kabupaten Nganjuk hingga 20 tahun mendatang sesuai dengan periode perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kuntjoro., Saptarita K. 2011. Kali Brantas Hilir Dalam Tinjauan Data Debit Dekade Terakhir. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*. Institut Sepuluh November. D15-D21
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, Dan Pemandian Umum
- American Water Works Association. 2005. *Water Treatment Plant Design*. USA: McGraw-Hill
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2010. Persyaratan Kualitas Air Minum.

ANALISIS BUDAYA PERUSAHAAN KONSTRUKSI PT. BIANGLALA BALI BERBASIS *COMPETING VALUE FRAMEWORK*

Ni Made Sintya Rani¹⁾, A.A. Putri Indrayanti²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jln. Kampus Bukit Jimbaran, Badung

²⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jln. Kampus Bukit Jimbaran, Badung

E-mail: sintyarani@pnb.ac.id

E-mail: Ajung_putri@yahoo.com

Abstract

In this Globalization Era improving the performance of an organization is very important to get survive and comply the costumer needs. One of the high complexity organization is construction company, where with a high level of complexity will give affects to the progress of the project performance. To be able to maximaze the project performance, optimal Human Resource performacnce is needed. Human resource performance is influenced by organizational culture. The Research aims to determine the corporate culture of PT. Bianglala Bali today and what is expected in the future. The method used in this study is the OCAI (Organizational Culture Assessment Instrument) analysis method developed by Cameron and Quinn. The result of the analysis based on Competing Value Framework is the current organizational culture profile at PT. Bianglala Bali as a whole has a tendency towards market culture which is 31 % followed by hierarchy culture at 28 %, 21 % in Adhocrary culture and 20 % in Clan culture. For Organizational culture that is expected in the future is still dominated by Market culture at 29 % followed by hierarchy culture at 26 %, 24 % in clan culture and 22 % in Adhocracy culture.

Keywords: *culture, organization, OCAI, construction, HR*

Abstrak

Peningkatan kinerja suatu organisasi sangat dituntut pada era globalisasi saat ini untuk dapat terus bertahan dan memenuhi kebutuhan konsumen. Salah satu organisasi dengan tingkat kompleksitas yang tinggi adalah perusahaan konstruksi, dimana dengan tingkat kompleksitas yang tinggi berpengaruh terhadap progress atau kemajuan pelaksanaan sebuah proyek. Untuk dapat memaksimalkan performa kerja sebuah proyek dibutuhkan kinerja SDM yang optimal. Kinerja SDM salah satunya dipengaruhi oleh budaya organisasi. PT. Bianglala Bali merupakan salah satu perusahaan konstruksi yang memiliki kinerja proyek yang baik, namun guna meningkatkan performa kerja pada PT. Bianglala Bali maka dilakukan penelitian yang dapat memberikan masukan guna meningkatkan kinerja perusahaan. Sehubungan dengan hal tersebut maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui budaya perusahaan PT. Bianglala Bali saat ini dan yang diharapkan di masa yang akan datang. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis OCAI (*Organizational Culture Assessment Instrument*) yang dikembangkan oleh Cameron & Quinn. Berdasarkan hasil analisis budaya perusahaan konstruksi PT. Bianglala Bali berbasis *Competng Value framework* diperoleh simpulan bahwa profil budaya organisasi saat ini pada PT. Bianglala Bali secara keseluruhan memiliki kecenderungan kearah *Market culture* yaitu sebesar 31% diikuti oleh *hierarchy culture* sebesar 28%, 21% pada *Adhocracy culture* dan 20% pada *clan culture*. Untuk budaya organisasi yang diharapkan dimasa yang akan datang pada PT. Bianglala Bali masih didominasi oleh *Market culture* yaitu sebesar 29% diikuti oleh *hierarchy culture* sebesar 26%, 24% pada *clan culture* dan 22% pada *Adhocracy culture*.

Kata Kunci: *Budaya, organisasi, OCAI, konstruksi, SDM*

PENDAHULUAN

Peningkatan kinerja suatu organisasi sangat dituntut pada era globalisasi saat ini untuk dapat terus bertahan dan memenuhi kebutuhan konsumen (Kasali dalam Theodoric, 2017). Organisasi adalah suatu kegiatan yang melibatkan dua atau lebih individu dibawah satu koordinasi atau tujuan. Semakin banyak individu yang terlibat didalam sebuah organisasi maka akan semakin kompleks organisasi tersebut (Alwi, 2012). Kompleksitas suatu organisasi secara tidak langsung dapat mempengaruhi performa kinerja suatu organisasi. Sebagian besar peneliti tentang organisasi mengakui bahwa budaya organisasi memiliki efek yang kuat pada kinerja dan efektivitas jangka panjang pada sebuah organisasi (Davis, 2018). Menurut Kotter dan Heskett dalam Wardhana (2017) Budaya Organisasi merupakan suatu komponen utama dalam organisasi yang menyangkut nilai-nilai yang dianut bersama oleh anggota serta merupakan norma-norma perilaku kelompok yang ada. Menurut Soepardjo dan Nugrohoseno dalam Indris (2017) bahwa budaya organisasi cenderung berhubungan dengan nilai-nilai atau norma -norma yang ada pada organisasi tersebut. Jika dalam

organisasi tersebut berkembang suatu budaya kerja yang positif, maka akan menguntungkan aktivitas organisasinya. Salah satu organisasi dengan tingkat kompleksitas yang tinggi adalah perusahaan konstruksi, dimana dengan tingkat kompleksitas yang tinggi berpengaruh terhadap progress atau kemajuan pelaksanaan sebuah proyek. Untuk dapat memaksimalkan performa kerja sebuah proyek dibutuhkan kinerja SDM yang optimal. Kinerja SDM salah satunya dipengaruhi oleh budaya organisasi.

PT. Bianglala Bali merupakan salah satu perusahaan konstruksi yang memiliki kinerja proyek yang baik, namun guna meningkatkan performa kerja pada PT. Bianglala Bali maka dilakukan penelitian yang dapat memberikan masukan guna meningkatkan kinerja perusahaan. Sehubungan dengan hal tersebut maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui budaya perusahaan PT. Bianglala Bali saat ini dan yang diharapkan di masa yang akan datang. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis OCAI (*Organizational Culture Assessment Instrument*) yang dikembangkan oleh Cameron & Quinn. Gambaran Budaya

Organisasi saat ini dan yang diharapkan di masa yang akan datang diukur dalam 6 dimensi utama (karakteristik dominan, kepemimpinan organisasi, pengelolaan karyawan, perekat organisasi, penekanan strategis dan kriteria sukses) kemudian dipetakan dalam *Competing Value Framework* pada tiap-tiap tipe profil budaya organisasi (*Clan Culture, Adhocracy Culture, Market Culture dan Hierarchy Culture*).

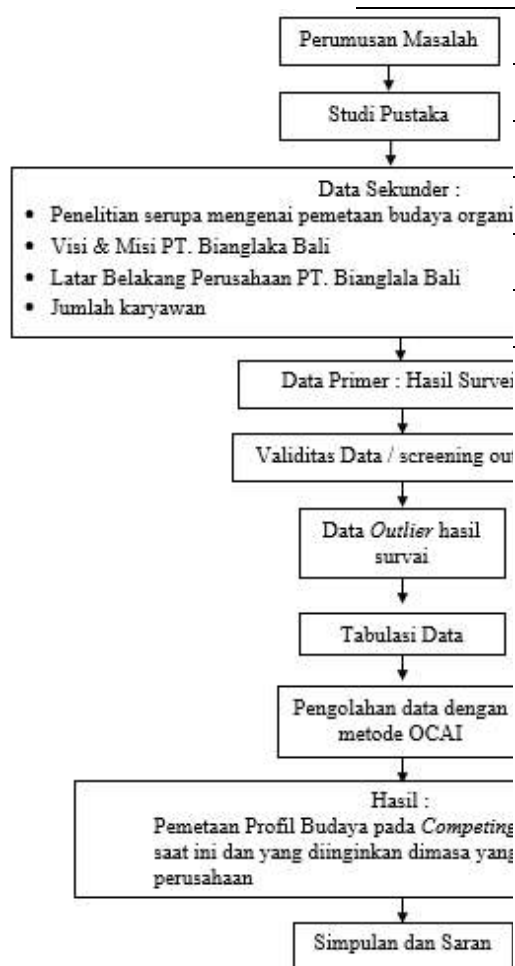
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan proses wawancara kepada responden pada PT. Bianglala Bali menggunakan kuesioner OCAI (*Organizational Culture Instrument Assessment*). Kuesioner OCAI merupakan kuesioner yang sudah valid dan reliabel dengan bukti dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Responden pada penelitian ini adalah karyawan PT. Bianglala Bali yang telah memiliki karakteristik masa kerja lebih dari 10 tahun. Hal tersebut dikarenakan dengan masa kerja yang panjang responden dianggap telah memiliki pemahaman yang baik terhadap

kondisi perusahaan. Jumlah responden pada penelitian ini adalah sebanyak 7 orang.

Berdasarkan hasil wawancara diperoleh hasil berupa nilai dari tiap-tiap tipe budaya dan dimensi budaya organisasi saat ini dan yang diharapkan dimasa yang akan datang. Setelah diperoleh data hasil kuesioner lalu dilakukan validitas hasil data atau *screening data outlier*. Hasil data yang telah dilakukan validitas data kemudian dioleh dengan metode OCAI hingga memperoleh nilai pada masing-masing dimensi dan tipe budaya organisasi. Nilai tersebut kemudian dipetakan dalam *Competing Value Framework* hingga dapat dilihat budaya organisasi PT. Bianglala Bali saat ini dan yang diharapkan di masa yang akan datang.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.



Gambar 1. Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekap Rata-rata hasil Survei

Hasil tabulasi data survei kuesioner diperoleh rekap rata-rata penilaian pada PT. Bianglala Bali yang terlihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1
Rekap Rata-rata hasil survei PT. Bianglala Bali.

8. o	9.	Dimensi Budaya Organisasi	10. Saat ini				11. Yang diharapkan			
			12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
20.	21.	Karakteristik Dominan	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
			4	6	8	2	6	8	6	0

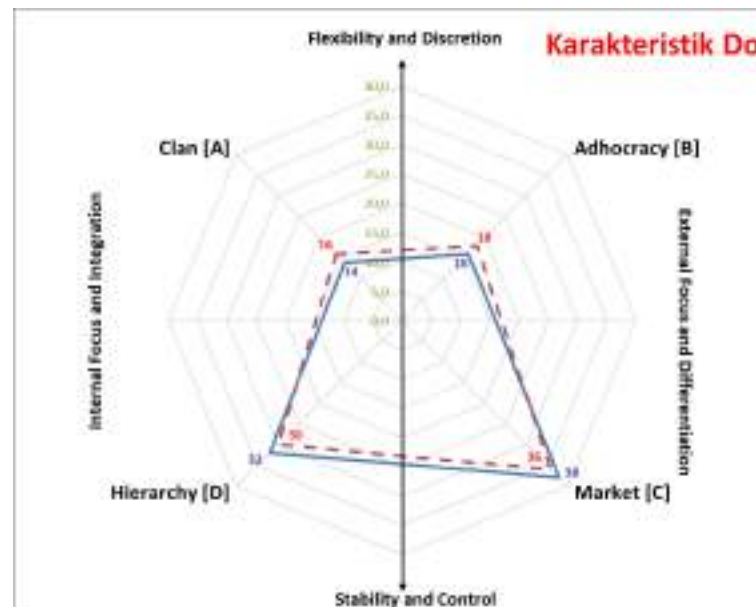
Kepemimpinan Organisasi	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.
	9	5	7	9	3	7	6	4
Pengelolaan Karyawan	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.
	2	9	8	1	7	5	4	4
Perekat Organisasi	52.	53.	54.	55.	56.	57.	58.	59.
	3	5	2	2	8	4	9	9
Penekanan Strategis	62.	63.	64.	65.	66.	67.	68.	69.
	2	9	2	2	4	3	1	3
Kriteria Sukses	72.	73.	74.	75.	76.	77.	78.	79.
	1	1	1	7	6	4	6	4
Profil Keseluruhan	82.	83.	84.	85.	86.	87.	88.	89.
	0	1	1	8	4	2	9	6

Notasi : A= Clan; B=Adhocracy;

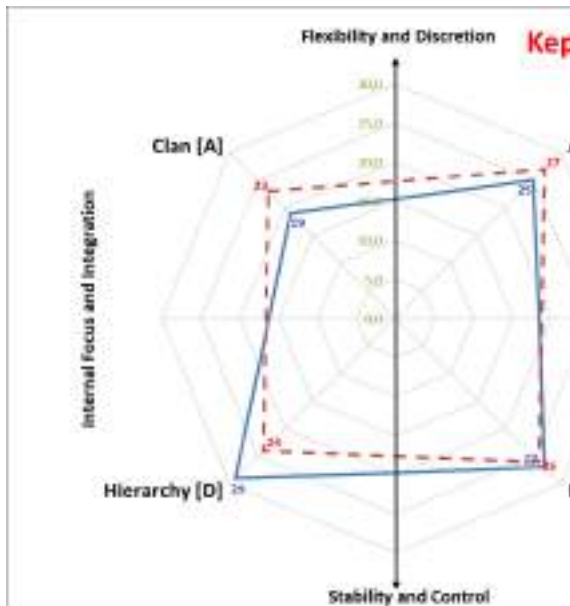
C=Market; D=Hierarchy

Profil Budaya Organisasi

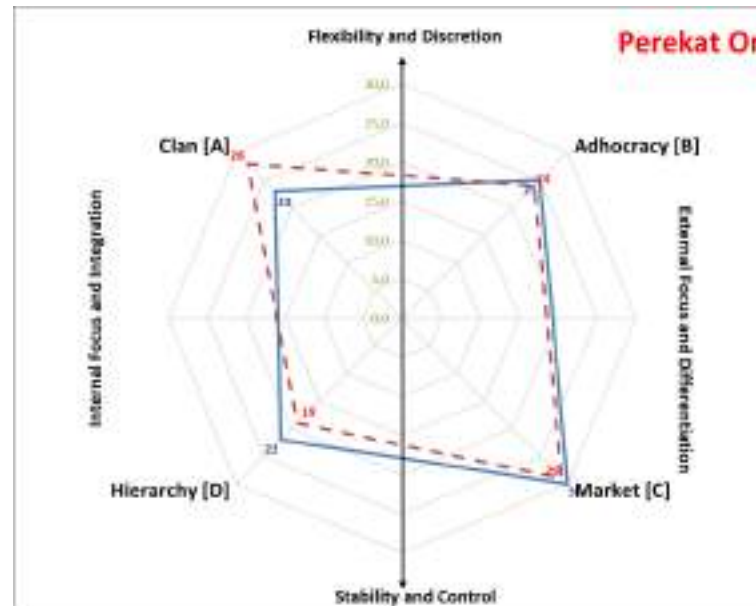
Berdasarkan rekap rata-rata hasil survei maka dapat dipetakan budaya organisasi pada *Competing Value Framework* untuk budaya saat ini dan yang diinginkan dimasa yang akan datang seperti pada gambar di bawah.



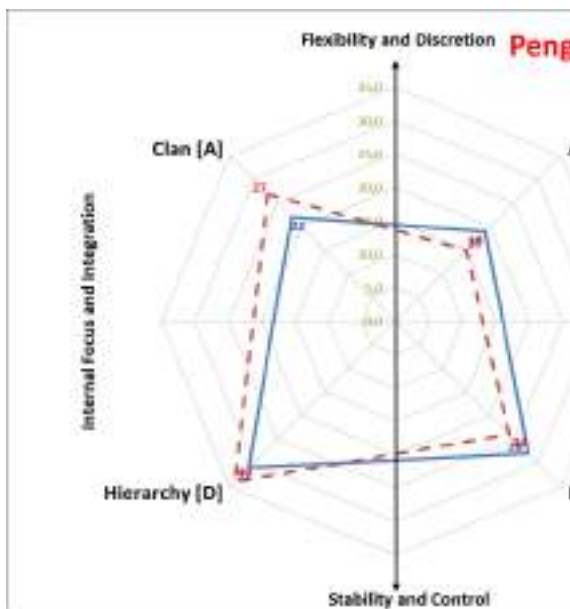
Gambar 2. CVF karakteristik Dominan



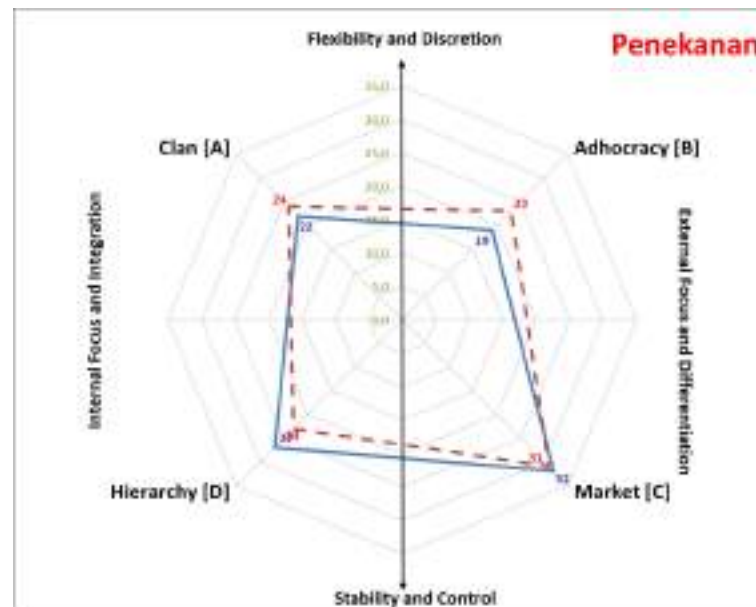
Gambar 3. CVF Kepemimpinan Organisasi



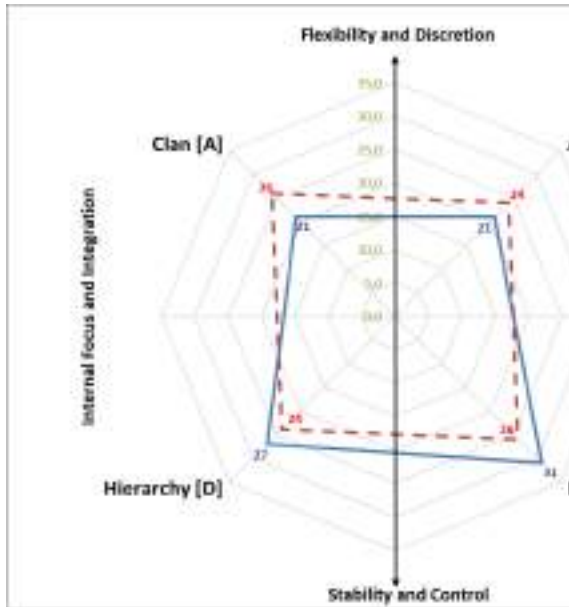
Gambar 5. CVF Perekat Organisasi



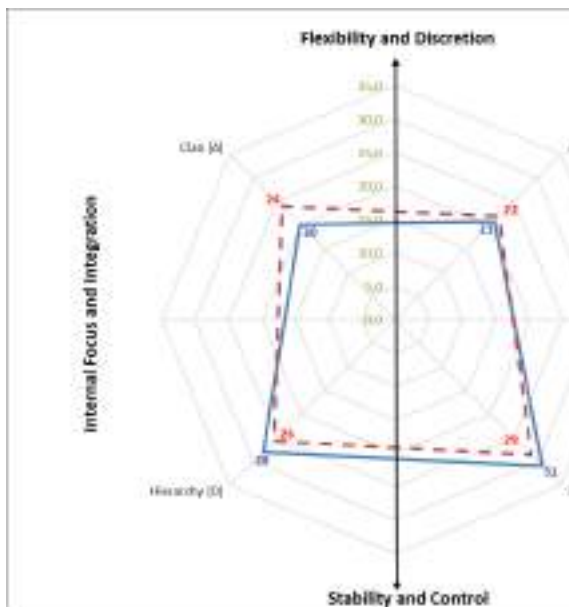
Gambar 4. CVF Pengelolaan Karyawan



Gambar 6. CVF Penekanan Strategis



Gambar 7. CVF Kriteria Sukses



Gambar 8. CVF Profil Keseluruhan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis budaya perusahaan konstruksi PT. Bianglala Bali berbasis *Competing Value framework* diperoleh simpulan bahwa profil budaya organisasi saat ini pada PT.

Bianglala Bali secara keseluruhan memiliki kecenderungan kearah *Market culture* yaitu sebesar 31% diikuti oleh *hierarchy culture* sebesar 28%, 21% pada *Adhocracy culture* dan 20% pada *clan culture*. Untuk budaya organisasi yang diharapkan dimasa yang akan datang pada PT. Bianglala Bali masih didominasi oleh *Market culture* yaitu sebesar 29% diikuti oleh *hierarchy culture* sebesar 26%, 24% pada *clan culture* dan 22% pada *Adhocracy culture*. Terjadi gap antara budaya saat ini dan yang diharapkan dimasa yang akan datang, pada *Market culture* terjadi gap sebesar -2% yaitu adanya keinginan untuk mengurangi budaya *market culture*. Pada *hierarchy culture* juga terjadi hal serupa yaitu adanya gap sebesar -2% dimana terdapat keinginan untuk mengurangi budaya yang bersifat hirarki. Sebaliknya Pada *Clan culture* terjadi keinginan untuk meningkatkan budaya yang mencirikan kekeluargaan yaitu sebesar 4%. Pada *Adhocracy culture* juga mengalami keinginan untuk meningkatkan sebesar 1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Theodoric, Y, Sanjaya, R, Munthe, R. G. (2017). Pengujian Budaya Organisasi Sebagai Antecedent Kinerja di PT X. *Journal of Accounting and Business Studies*, 2(1), 1-19.
- Alwi, S. (2012). *Manajemen Sumber Daya Manusia* (Edisi Kedua). Yogyakarta, Yogyakarta:BPFE
- Davis, R., & Cates, S. (2018). The Implementation of The Organizational Culture Assessment Instrument in Creation of a Successful Organizational Change. *Reaserch Gate, June*.
- Idris, A. (2017). Penggunaan Organizational Culture Assessment Instrument pada Organisasi Non Formal. *Jurnal Ekonomi Modernisasi*, 13(2), 53-61.
- Wardhana, D. Y. (2017). Penilaian Perubahan Budaya Organisasi berbasis Organizational Culture Assessment Instrument : Studi pada Perusahaan Jasa Pariwisata di Yogyakarta. *Jurnal Riset Manajemen dan Bisnis*, 12(1), 1-12
- Helfer, M. E., Keme, R. S., & Drugman, R. D. (1997). *The battered child* (5th ed.). Chicago, IL: University of Chicago Press.

ANALISIS KEBUTUHAN SUMBER DAYA PROYEK PADA PEKERJAAN FINISHING KAYU BERDASARKAN INDEKS SATUAN LAPANGAN

Ni Putu Indah Yuliana ¹⁾, Kadek Adi Suryawan ²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali

E-mail: putuindah3107@pnb.ac.id, adisuryawan@pnb.ac.id

Abstract

Currently, the use of wood materials for architectural work is commonplace. However, there are several problems that often occur such as shortage of wood material orders, incorrect ordering of wood dimensions, and shortages of labor. The research objective was to plan the project resource requirements for wood finishing works based on field conditions. The study was conducted using a quantitative descriptive method with direct observations in the field. The finishing works analyzed are cabana woodwork (column, beam, and grill), screen lobby woodwork, room dividing woodwork and drop-off pergola woodwork. The results showed that the project resource requirements for cabana woodwork were bangkirai wood 60x80 mm at 2.60 m³, bangkirai wood 120x120 mm at 1.27 m³, foreman 14.93 oh, carpenter 29.87 oh and worker 44.80 oh. Screen lobby woodwork requires bangkirai wood 30x60 mm at 3.28 m³, foreman 25.00 oh, carpenter 50.00 oh and worker 75.00 oh. Room dividing wood work requires bangkirai wood 40x60 mm at 9.44 m³, bangkirai wood 60x80 as big as 1.01 m³, foreman 35.00 oh, carpenter 70.00 oh and worker 105.00 oh. The drop-off pergola woodwork requires bangkirai wood 30x50 mm at 3.39 m³, foreman 9.00 oh, carpenter 18.00 oh and worker 27.00 oh.

Keywords: *wood material, architectural work, project resource*

Abstrak

Saat ini penggunaan material kayu untuk pekerjaan arsitektural sudah menjadi hal yang lumrah. Namun demikian terdapat beberapa permasalahan yang sering terjadi seperti kekurangan order material kayu, kesalahan order dimensi kayu, dan kekurangan tenaga kerja. Tujuan penelitian adalah merencanakan kebutuhan sumber daya proyek untuk pekerjaan finishing kayu berdasarkan kondisi lapangan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan observasi langsung di lapangan. Pekerjaan finishing yang dianalisa adalah pekerjaan kayu cabana (kolom, balok, dan grill), kayu screen lobby, kayu penyekat ruangan dan kayu pergola drop-off. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan sumber daya proyek untuk pekerjaan kayu cabana adalah kayu bangkirai 60x80 mm pada 2,60 m³, kayu bangkirai 120x120 mm pada 1,27 m³, mandor 14,93 oh, tukang kayu 29,87 oh dan pekerja 44,80 oh. Pekerjaan kayu screen loby membutuhkan kayu bangkirai 30x60 mm pada 3,28 m³, mandor 25,00 oh, tukang kayu 50,00 oh dan pekerja 75,00 oh. Pekerjaan kayu penyekat ruangan membutuhkan kayu bangkirai 40x60 mm 9,44 m³, kayu bangkirai 60x80 1,01 m³, mandor 35,00 oh, tukang kayu 70,00 oh dan pekerja 105,00 oh. Pekerjaan kayu pergola drop off membutuhkan kayu bangkirai berukuran 30x50 mm 3,39 m³, mandor 9,00 oh, tukang kayu 18,00 oh dan pekerja 27,00 oh..

Kata Kunci: *material kayu, pekerjaan arsitektur, sumber daya proyek*

PENDAHULUAN

Pelaksanaan pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi tidak terlepas dari berbagai permasalahan yang selalu menyertai tiap tahapan pelaksanaannya. Permasalahan yang biasanya terjadi adalah pembengkakan biaya pelaksanaan dan adanya keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. Pelaksanaan proyek yang mengalami keterlambatan diakibatkan adanya perubahan pada dokumen kontrak utamanya di bagian gambar dan spesifikasi material mempengaruhi nilai proyek, dan waktu pelaksanaan proyek (Yuni, 2019). Pada masa sekarang ini, pelaksanaan proyek bagian arsitektur terutama bagian finishing banyak menggunakan material kayu sebagai alternatif material konstruksi. Dalam pelaksanaannya, material kayu harus memiliki legalitas dan sertifikasi sebagai upaya dalam penerapan green material (Sulistiyawan, 2018). Material kayu adalah merupakan material yang kebutuhannya harus dilakukan purchasing order terlebih dahulu. Selain itu, material kayu termasuk salah satu penyumbang waste material dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi yang ikut menyumbang pembengkakan pada biaya proyek (Pertiwi, 2019).

Material kayu sebagai salah satu bagian sumber daya proyek untuk pelaksanaan pekerjaan arsitektur harus direncanakan dengan cermat agar tidak timbul permasalahan saat pelaksanaannya. Kesalahan dalam perencanaan ini akan menyebabkan keterlambatan waktu pelaksanaan dan pembengkakan biaya proyek. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terkait perencanaan kebutuhan sumber daya proyek berdasarkan indeks harga satuan lapangan khususnya pada pekerjaan finishing kayu sehingga bisa diperoleh indeks satuan pekerjaan sesuai lapangan pada pekerjaan finishing kayu dan sumber daya proyek yaitu bahan, alat dan tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan finishing kayu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proyek konstruksi bangunan hotel di Kawasan Uluwatu, dengan menggunakan metoda penelitian deskriptif kuantitatif dengan pengamatan langsung di lapangan. Adapun item pekerjaan kayu yang akan dianalisis adalah (1) pekerjaan kayu cabana, (2) pekerjaan kayu screen lobby, (3) pekerjaan kayu penyekat ruangan, (4) pekerjaan kayu pergola drop off. Penelitian akan menggunakan 2 (dua) data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dengan meninjau langsung kondisi lapangan, menentukan produktivitas tenaga kerja yang

bekerja dalam satuan borongan, menentukan jenis alat berat yang digunakan dalam pekerjaan, mencari harga bahan dan harga borongan per satuan pekerjaan. Selanjutnya data-data tersebut dianalisis untuk menentukan indeks pekerjaan dan kebutuhan sumber daya proyeknya. Data sekunder dalam penelitian ini adalah gambar shopdrawing. Selain itu data sekunder juga diperoleh dari kajian terhadap jurnal, studi literatur, laporan-laporan yang telah dilaksanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menghitung Indeks Satuan Material Pekerjaan Finishing Kayu

90. Untuk menentukan kebutuhan sumber daya proyek yang diperlukan dalam pekerjaan finishing kayu maka perlu dilakukan perhitungan terhadap indeks satuan material kayu dengan menghitung volume kebutuhan kayu sesuai kebutuhan lapangan dan disandingkan dengan besaran volume pekerjaan. Berikut hasil dari perhitungan indeks satuan material pekerjaan finishing kayu.

91. Tabel 1

92. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Cabana

93.

No	Uraian	Volume Pekerjaan	Satuan	Volume Kebutuhan Kayu	Satuan	Koefisien
1	Timber kolom 120 mm x 120 mm per 1 m	34.4	m	0.691	m ³	0.020
2	Timber beam 120 mm x 120 mm per 1 m	35.6	m	0.582	m ³	0.016
3	Timber grill 60 mm x 80 mm per 1 m ²	38.7	m ²	2.601	m ³	0.067

94. Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh koefisien Timber kolom 120x120 mm per 1 m adalah 0.02, koefisien Timber beam 120x120 mm per 1 m 0.016, dan koefisien timber grill 0.067. Angka-angka ini akan masuk dalam analisa harga satuan material kayu.

95.

96. Tabel 2

97. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Screen Lobby

98.

No	Uraian	Volume Pekerjaan	Satuan	Volume Kebutuhan Kayu	Satuan	Koefisien
1	Screen module dengan kayu ukuran 30 mm x 60 mm, termasuk rangka	95.8	m	3.282	m ³	0.034

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh koefisien screen lobby dengan modul per 1 m³ adalah 0.034.

99.

100.

101. Tabel 3
102. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Penyekat Ruangan
103.

No	Uraian	Volume Pekerjaan	Satuan	Volume Kebutuhan Kayu	Satuan	Koefisien
1	Penyekat ruangan dengan kayu 40 mm x 60 mm termasuk rangka dari kayu 60 mm x 80 mm					
	Kayu 40 mm x 60 mm	78.3	m ²	9.437	m ³	0.121
	Kayu 60 mm x 80 mm	78.3	m ²	1.015	m ³	0.013

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh koefisien penyekat ruangan dengan kayu 40 mm x 60 mm adalah 0.121, dan dengan kayu 60 mm x 80 mm adalah 0.013 per 1 m³.

104.
105. Tabel 4
106. Indeks Satuan Pekerjaan Kayu Pergola Drop Off
107.

No	Uraian	Volume Pekerjaan	Satuan	Volume Kebutuhan kayu	Satuan	Koefisien
1	Pekerjaan pergola timber lattice dengan kayu 30 mm x 50 mm	127.8	m ²	3.386	m ³	0.026

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh koefisien pergola lattice drop off dengan kayu 30 mm x 50 mm adalah 0.026 per 1 m³.

B. Menghitung Indeks Satuan Tenaga Kerja Pekerjaan Finishing Kayu

108. Pekerjaan kayu ini menggunakan sistem borongan, dimana satu kelompok pemborong terdiri dari 3 pekerja, 2 orang tukang kayu dan 1 orang mandor. Indeks satuan diperoleh dari produktivitas hasil observasi lapangan untuk kemudian nilainya dirata-ratakan dan jumlah masing-masing tenaga yang dipakai dibagi dengan produktivitas rata-rata. Produktivitas adalah perbandingan antara volume yang dikerjakan dengan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut. Dalam pekerjaan kayu ini kebutuhan tenaga kerja dihitung per satu satuan analisa. Adapun indeks tenaga kerja adalah sebagai berikut:

109. Tabel 5
110. Indeks Satuan Tenaga Kerja Pekerjaan Kayu Cabana
111.

No	Pekerjaan	Rata-Rata Produktivitas (m/hari)	Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	Indeks Tenaga Kerja (OH)
1	Cabana (Timber kolom 100 mm x 100 mm bangkirai natural finish)	17.200	Pekerja	3
			Tukang Kayu	2
			Mandor	1

2	Cabana (Timber beam 100 mm x 100 mm bangkirai natural finish)	17.800	Pekerja	3	0.500
			Tukang Kayu	2	0.333
			Mandor	1	0.166
3	Cabana (Timber grill 60 mm x 80 mm bangkirai natural finish)	5.529	Pekerja	3	0.542
			Tukang Kayu	2	0.361
			Mandor	1	0.180

112. Berdasarkan tabel di atas, rata-rata per hari untuk pekerjaan Timber kolom 100 mm x 100 mm bangkirai natural finish diperoleh produktivitas sebesar 17.2 m/hari, untuk pekerjaan Timber beam 100 mm x 100 mm produktivitas rata-rata 17.8 m/hari, dan untuk grill 60 mm x 80 mm produktivitas 5.529 m²/ hari.

113.

114. Tabel 6

115. Indeks Satuan Tenaga Kerja Pekerjaan Kayu Screen Lobby

116.

No	Pekerjaan	Rata-Rata Produktivitas (m/hari)	Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	Indeks Tenaga Kerja (OH)
1	Screen module dengan kayu ukuran 30 mm x 60 mm, termasuk rangka	3.832	Pekerja	3
			Tukang Kayu	2
			Mandor	1

117. Berdasarkan tabel di atas, rata-rata per hari untuk pekerjaan screen lobby ukuran 30 x 60 mm diperoleh produktivitas 3.832 m²/ hari.

118.

Tabel 7

Indeks Satuan Tenaga Kerja Pekerjaan Kayu Penyekat Ruangan

No	Pekerjaan	Rata-Rata Produktivitas (m/hari)	Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	Indeks Tenaga Kerja (OH)
1	Penyekat ruangan dengan kayu 40 mm x 60 mm termasuk rangka dari kayu 60 mm x 80 mm	2.237	Pekerja	3
			Tukang Kayu	2
			Mandor	1

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata per hari untuk pekerjaan penyekat ruangan diperoleh produktivitas 2.237 m²/ hari.

119. Tabel 8

120. Indeks Satuan Tenaga Kerja Pekerjaan Kayu Pergola Drop Off

121.

No	Pekerjaan	Rata-Rata Produktivitas (m/hari)	Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	Indeks Tenaga Kerja (OH)
1	Pekerjaan pergola timber lattice dengan kayu 30 mm x 50 mm	14.200	Pekerja	3
			Tukang Kayu	2
			Mandor	1

122. Berdasarkan tabel di atas, rata-rata per hari untuk pekerjaan penyekat ruangan diperoleh produktivitas 14.200 m²/ hari.

123.

C. Menghitung Kebutuhan Sumber Daya Proyek Pekerjaan Finishing Kayu

124. Sumber daya proyek terdiri dari kebutuhan bahan, alat, dan tenaga kerja. Berdasarkan analisa harga satuan yang telah dianalisis dan volume pekerjaan yang telah dihitung, maka dapat ditentukan kebutuhan sumber daya proyek yang diperlukan. Hasil perhitungan kebutuhan sumber daya proyek sebagai berikut:

125. Tabel 9
126. Kebutuhan Material Kayu
127.

No	Uraian	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Cabana		
	Bangkirai 60x80 mm	2.60	m ³
	Bangkirai 120x120 mm	1.27	m ³
2	Pekerjaan Screen Lobby		
	Bangkirai 30x60 mm	3.28	m ³
3	Pekerjaan Penyekat		
	Bangkirai 40x60 mm	9.44	m ³
	Bangkirai 60x80 mm	1.01	m ³
4	Lattice Drop Off		
	Bangkirai 30x50 mm	3.39	m ³

128. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa seluruh pekerjaan finishing kayu memakai material berupa kayu bangkirai dengan dimensi yang bervariasi tergantung pada jenis pekerjaannya.

129.

130. Tabel 10
131. Kebutuhan Tenaga Kerja
132.

No	Uraian	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Cabana		
	Mandor	14.93	oh
	Tukang Kayu	29.87	oh
	Pekerja	44.80	oh
2	Pekerjaan Screen Lobby		
	Mandor	25.00	oh
	Tukang Kayu	50.00	oh
	Pekerja	75.00	oh
3	Pekerjaan Penyekat		
	Mandor	35.00	oh
	Tukang Kayu	70.00	oh
	Pekerja	105.00	oh

Lattice Drop Off			
4	Mandor	9.00	oh
	Tukang Kayu	18.00	oh
	Pekerja	27.00	oh

133.

134.

SIMPULAN

1. Indeks satuan pekerjaan finishing kayu yang dianalisa adalah pada pekerjaan kayu cabana (kolom, balok dan grill), pekerjaan kayu screen lobby, pekerjaan kayu penyekat ruangan dan pekerjaan kayu pergola drop off. Indeks pekerjaan kayu cabana bagian kolom adalah pekerja 0.174 OH, tukang kayu 0.116 OH dan mandor 0.058 OH. Indeks pekerjaan kayu cabana bagian balok adalah pekerja 0.500 OH, tukang kayu 0.333 OH dan mandor 0.166 OH. Indeks pekerjaan kayu cabana bagian grill adalah pekerja 0.542 OH, tukang kayu 0.361 OH dan mandor 0.180 OH. Indeks pekerjaan kayu screen lobby adalah pekerja 0.260 OH, tukang kayu 0.521 OH dan mandor 0.260 OH. Indeks pekerjaan kayu penyekat ruangan adalah pekerja 1.340 OH, tukang kayu 0.893 OH dan mandor 0.446 OH. Indeks pekerjaan kayu pergola drop off adalah pekerja 0.211 OH, tukang kayu 0.140 OH dan mandor 0.070 OH.
2. Kebutuhan sumber daya proyek untuk pekerjaan finishing kayu pada pekerjaan kayu cabana adalah kayu bangkirai 60x80 mm sebesar 2.60 m³, kayu bangkirai 120x120 mm sebesar 1.27 m³, mandor 14.93 oh, tukang kayu 29.87 oh dan pekerja 44.80 oh. Pada pekerjaan kayu screen lobby diperlukan kayu bangkirai 30x60 mm sebesar 3.28 m³, mandor 25.00 oh, tukang kayu 50.00 oh dan pekerja 75.00 oh. Pada pekerjaan kayu penyekat ruangan diperlukan kayu bangkirai 40x60 mm sebesar 9.44 m³, kayu bangkirai 60x80 sebesar 1.01 m³, mandor 35.00 oh, tukang kayu 70.00 oh dan pekerja 105.00 oh. Untuk pekerjaan kayu pergola drop off diperlukan kayu bangkirai 30x50 mm sebesar 3.39 m³, mandor 9.00 oh, tukang kayu 18.00 oh dan pekerja 27.00 oh.

135.

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmatariguna, Ida Ayu. 2015. Hubungan Kompetensi Project Manager Terhadap Keberhasilan Proyek Konstruksi Gedung. Denpasar: Universitas Udayana.
- Djarmiko. 2016. Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Edisi 1. Penerbit Deepublish. Jogjakarta

- Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek, Perencanaan, Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Latupeirissa, J.E.2016. Metode Perencanaan Evaluasi dan Pengendalian Pelaksanaan Proyek. Edisi 1. Andi. Yogyakarta
- Nudja, I. K. (2017). Perencanaan Kebutuhan dan Penjadwalan Biaya Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi. *Paduraksa*, 1-12.
- Nurhayati. 2010. Manajemen Proyek Konstruksi, Cetakan pertama. Yogyakarta: Andi Offset.
- Pertiwi, I. M. (2019). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung di Kabupaten Badung) . *Simetrik*, 185-190.
- Sulistiawan, A. P. (2018). Penerapan Green Material dalam Mewujudkan Konsep Green Building pada Bangunan Kafe. *Arcade*, 155-162.
- Warsika, I. P. (2017). *Analisis Waktu dan Biaya Berdasarkan Analisa Produktivitas Tenaga Kerja Pada Proyek Pembangunan Konstruksi*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Yuni, N. K. (2019). Evaluasi Kinerja Proyek Pembangunan Gedung Akibat Perubahan Dokumen Kontrak dengan Metode Earned Value. *Paduraksa*, 134-146.

ANALISIS TINGKAT PELAYANAN DAN PENATAAN JALUR PEJALAN KAKI DI PASAR SANGLAH, KOTA DENPASAR

Ni Wayan Medita Santipa Tori⁽¹⁾, I Gede Made Oka Aryawan⁽²⁾, I Ketut Sutapa⁽³⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Email: meditasantipa@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

⁽³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Abstract

The pedestrian path is one of the physical infrastructure infrastructure that is located side by side with a traffic lane that is specifically used for pedestrians (pedestrian). In addition to functioning as a pedestrian path, this path is also often used as a selling area for street vendors, which can lead to reduced capacity of the sidewalk. Based on the topic of the problem, the author is interested in conducting an Analysis of the Service Level for Pedestrians and Their Arrangement around the Road at Sanglah Market. The method used in collecting research data is quantitative analysis method. This study focuses on the level of service and arrangement of pedestrian paths at the research location. To determine the level of service of pedestrian paths, data and calculations of pedestrian characteristics are needed which are then analyzed. From the results of this study, it was found that the level of service for the pedestrian path at the research location had LOS D, which means that pedestrians are starting to be limited to walking with a normal flow, and can potentially cause conflict. After making efforts to widen the sidewalks on the south and north sides to 3 meters, the value of the pedestrian flow on the south side of the sidewalk is 43.56 org/m/min and the north side is 45.19 org/m/min. From the calculation results obtained LOS B, which means the pedestrian path is still comfortable for pedestrians to pass.

Key Words: Pedestrian, Pedestrian Characteristics, Lefel of Service

Abstrak

Jalur pedestrian merupakan salah satu prasarana infrastruktur fisik yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki. Selain berfungsi sebagai jalur pejalan kaki, jalur ini juga sering digunakan sebagai area berjualan pedagang kaki lima, sehingga dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas dari trotoar. Berdasarkan topik permasalahan tersebut, penulis tertarik untuk melakukan suatu Analisis Tingkat Pelayanan Jalur Pejalan Kaki dan Penataannya di Sekitar Ruas Jalan pada Pasar Sanglah. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data penelitian adalah metode analisis kuantitatif. Dalam penelitian ini berfokus pada tingkat pelayanan dan penataan jalur pejalan kaki di lokasi penelitian. Untuk mengetahui tingkat pelayanan jalur pejalan kaki, dibutuhkan data dan perhitungan karakteristik pejalan kaki yang kemudian dianalisis. Dari hasil penelitian ini didapatkan tingkat pelayanan jalur pejalan kaki di lokasi penelitian memiliki LOS D yang artinya pejalan kaki mulai terbatas untuk berjalan dengan arus normal, serta dapat berpotensi menimbulkan konflik. Setelah dilakukannya upaya

pelebaran trotoar di sisi selatan dan utara menjadi 3 meter, maka didapatkan nilai arus pejalan kaki di trotoar sisi selatan sebesar 43.56 org/m/mnt dan sisi utara sebesar 45.19 org/m/mnt . Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan LOS B, yang artinya jalur pejalan kaki tersebut masih nyaman untuk dilalui oleh pedestrian.

Kata Kunci: Pejalan Kaki, Karakteristik Pejalan Kaki, Tingkat Pelayanan

PENDAHULUAN

Kota Denpasar merupakan salah satu kota yang sedang berkembang pesat, baik dari tingkat perekonomian maupun jumlah penduduknya. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018 Kota Denpasar memiliki luas wilayah seluas 127,78 km dengan jumlah penduduk di Kota Denpasar pada tahun 2018 sebanyak 930.600 jiwa, tahun 2019 sebanyak 947.100 jiwa, dan pada tahun 2020 sebanyak 962.900 jiwa [1]. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya, menyebabkan kebutuhan akan infrastruktur fisik sangat penting untuk menunjang aksesibilitas kegiatan dan perkembangan di perkotaan. Salah satu contoh dari infrastruktur fisik itu misalnya jalur pedestrian, dimana jalur pedestrian ini merupakan salah satu prasarana infrastruktur fisik yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (pedestrian) [2].

Salah satu tempat yang sering dikunjungi oleh masyarakat dan sering terjadi aktivitas pejalan kaki di Kota Denpasar yaitu pada pasar tradisional. Di Kota Denpasar terdapat banyak pasar tradisional yang tersebar di berbagai daerah tersebut. Salah satu pasar tradisional yang ramai dikunjungi oleh masyarakat di Kota Denpasar, yaitu pasar Sanglah. Pasar ini terletak di Denpasar Selatan dengan lokasi yang cukup strategis, yaitu di pusat kota dan dapat diakses dari dua sisi, dimana dari sisi barat merupakan Jalan Diponegoro dan di sebelah utara merupakan Jalan Waturenggong.

Menurut Perumda Pasar Sewakadarma Kota Denpasar, jumlah pedagang yang terdapat di Pasar Sanglah sebanyak 492 pedagang [4]. Banyaknya para pedagang yang melanggar aturan dengan berjualan di jalur pedestrian, menyebabkan kenyamanan para pengguna jalan menjadi

sedikit terganggu baik itu dari pengguna jalur pedestrian maupun kendaraan bermotor. Hal tersebut juga menyebabkan terjadinya suatu bentuk penurunan kapasitas jalur pejalan kaki dan fasilitas yang tersedia mengalami ketidakmampuan untuk dapat berfungsi secara maksimal. Banyaknya aktivitas hambatan samping yang dapat dijumpai di Pasar Sanglah menyebabkan akses menuju ke rumah sakit Sanglah pun juga menjadi terhambat, hal ini dikarenakan ruas jalan disekitar pasar sanglah adalah akses penting yang merupakan akses jalan satu – satunya untuk menuju ke rumah sakit Sanglah.

Berdasarkan topik permasalahan tersebut, penulis tertarik untuk melakukan suatu analisis tingkat pelayanan jalur pejalan kaki dan penataannya di sekitar ruas jalan pada Pasar Sanglah. Adapun hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu untuk mewujudkan jaringan pejalan kaki di kawasan perkotaan yang aman dan nyaman bagi masyarakat di Kota Denpasar.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah tingkat pelayanan jalur pejalan kaki disepanjang ruas Jalan Waturenggong, Denpasar?
2. Bagaimanakah penataan yang dilakukan agar kenyamanan, keselamatan dan kelancaran bagi pejalan kaki tidak terganggu disepanjang ruas Jalan Waturenggong, Denpasar?
3. Bagaimanakah tingkat pelayanan setelah dilakukannya upaya penataan tersebut?

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, yaitu diantaranya :

1. Mengetahui tingkat dari pelayanan jalur pejalan kaki di ruas Jalan Waturenggong, Denpasar.
2. Mengetahui penataan yang akan dilakukan agar kenyamanan, keselamatan dan kelancaran bagi pedestrian tidak terganggu di sepanjang ruas jalan Waturenggong, Denpasar.

3. Mengetahui tingkat pelayanan setelah dilakukannya penataan terhadap ruang bagi pejalan kaki.

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat, yaitu diantaranya:

1. Diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan pengetahuan dan informasi tentang tingkat pelayanan serta penyediaan ruang pejalan kaki khususnya di Pasar Sanglah.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi tentang tingkat pelayanan serta penyediaan ruang pejalan kaki khususnya di Pasar Sanglah.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian analisis deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif dalam penelitian ini berupa kinerja dari jalur pejalan kaki, hal ini bertujuan untuk menggambarkan serta menjelaskan hasil dari tingkat pelayanan jalur pejalan kaki. Survei dilaksanakan selama 2 hari, yaitu pada hari Minggu (23 Mei 2021) dan hari Senin (24 Mei 2021). Waktu penelitian dilaksanakan mulai pagi hari pukul 04.00 WITA - 08.00 WITA. Penentuan waktu dipilih berdasarkan observasi yang dilakukan sebelum survei sesungguhnya dilaksanakan, serta pada waktu – waktu tersebut terdapat banyak aktifitas pada ruas jalan yang dijadikan tempat penelitian.

Data yang diperoleh dari hasil survei, akan dianalisis untuk mengetahui kinerja penyediaan ruang bagi para pejalan kaki, adapun analisis yang dilakukan yaitu Analisis Geometrik Jalur Pejalan Kaki dan Analisis Tingkat Pelayanan Jalur Pejalan Kaki.

Kemudian setelah diperoleh hasil dari perhitungan tersebut, maka hasilnya akan digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan jalur pejalan kaki pada ruas Jalan Waturenggong dengan standar yang digunakan (Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Ruang Pejalan Kaki di Perkotaan, 2014) [5].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Survei

Data – data yang diperoleh dari hasil survei sebelumnya yaitu berupa data geometrik jalur pejalan kaki, data jumlah pejalan kaki dan kecepatan pejalan kaki

yang merupakan data awal, selanjutnya data yang didapatkan baik data primer maupun sekunder akan dikumpulkan kemudian dianalisis.

Kondisi Geometrik Pejalan Kaki

Di ruas Jalan Waturenggong tepatnya disebelah utara Pasar Sanglah, terdapat dua buah fasilitas pejalan kaki dimana pada sisi utara dan sisi selatan. Perhitungan menunjukkan bahwa rata – rata lebar efektif (pagi hari) trotoar utara lebih kecil daripada rata – rata lebar efektif di trotoar selatan. Pada kedua trotoar ini memiliki elevasi ketinggian yang berbeda – beda, dimana trotoar utara memiliki tinggi 27 cm dari muka jalan dan trotoar selatan 25 cm dari muka jalan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Geometrik Trotoar

Trotoar	Rata - Rata Lebar Trotoar	Rata - Rata Lebar Hambatan Samping (Pagi Hari)	Rata - Rata Lebar Hambatan Samping (Siang & Sore Hari)	Rata - Rata Lebar Efektif Trotoar (Pagi Hari)	Rata - Rata Lebar Efektif Trotoar (Siang & Sore Hari)	Rata - Rata Tinggi Elevasi Trotoar
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Utara	1.4	0.59	-	0.81	1.4	+ 0.27
Selatan	1.67	0.81	-	0.86	1.67	+ 0.25

Analisis Arus (*Flow*) Pejalan Kaki

Data arus pejalan kaki dihitung dengan cara menghitung jumlah seluruh pejalan kaki dari segmen yang sudah ditentukan selama interval waktu 15 menit. Untuk setiap trotoar diambil segmen masing – masing 10 m. Arus pejalan kaki yang terpadat didapatkan pada pagi hari saat hari libur (minggu) di sisi selatan yaitu sebesar 43.56 org/m/mnt dan di sisi utara sebesar 45.19 org/m/mnt.

Analisis Kecepatan Rata – Rata Ruang Pejalan Kaki

Data yang digunakan untuk analisis kecepatan rata – rata ruang pejalan kaki adalah data waktu tempuh pejalan kaki. Dimana hasil dari perhitungan terpadat didapatkan kecepatan rata – rata ruang pejalan kaki pada pagi hari saat hari libur (minggu) di sisi selatan yaitu sebesar 66.61 m/mnt dan utara sebesar 67.338 m/mnt.

Analisis Kepadatan (*Density*) Pejalan Kaki

Dari perhitungan arus pejalan kaki/kecepatan rata – rata ruang didapatkan kepadatan pejalan kaki yang terpadat, pada pagi hari saat hari libur (minggu) di trotoar sisi selatan yaitu sebesar 0.65 org/m² dan sisi utara sebesar 0.67 org/m².

Analisis Ruang (*Space*) Pejalan Kaki

Dari perhitungan kecepatan rata – rata ruang/kepadatan, maka didapatkan nilai dari ruang (*space*) pejalan kaki yang terpadat, pada pagi hari saat hari libur (minggu) di trotoar sisi selatan yaitu sebesar 1.53 orang/m² dan sisi utara sebesar 1.49 orang/m².

Tingkat Pelayanan Jalur Pejalan Kaki

Dari data hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan hasil Tingkat Pelayanan pada Jl. Waturenggong (Pasar Sanglah) yang terpadat yaitu pada hariis libur (minggu), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Pelayanan Jalur Pejalan Kaki (*Weekend*)

HARI LIBUR (WEEKEND)							
SEGMENT	SISI	ARUS PEJALAN KAKI			KECEPATAN RATA - RATA		
		orang/m/menit			m/menit		
		Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
1	Selatan (arah timur-barat)	43.56	2.595	10.88	68.03	81.356	76.43
2	Utara (arah timur-barat)	45.19	5.625	6.55	68.33	78.33	78.34

HARI LIBUR (WEEKEND)										
SEGMENT	SISI	KEPADATAN			RUANG PEJALAN KAKI			TINGKAT PELAYANAN		
		orang/m ²			m ² /orang			(LOS)		
		Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
1	Selatan (arah timur-barat)	0.65	0.032	0.143	1.53	31.19	7.0	D	A	B
2	Utara (arah timur-barat)	0.67	0.07	0.084	1.49	13.85	11.90	D	A	A

Dari tabel 2, menunjukan tingkat pelayanan pejalan kaki pada pagi hari memiliki LOS D, dengan lebar efektif trotoar pada sisi utara yaitu 0.81 meter dan di sisi selatan sebesar 0.86 meter. Pada kondisi tersebut pejalan kaki mulai terbatas untuk berjalan dengan arus normal, serta dapat berpotensi menimbulkan konflik dengan pejalan kaki lainnya.

Tingkat pelayanan pejalan kaki pada siang hari memiliki LOS A, dengan lebar efektif trotoar pada sisi utara sebesar 1.4 meter dan selatan sebesar 1.67 meter. Dari tingkat pelayanan tersebut pejalan kaki dapat dengan bebas menentukan arah berjalan tanpa menimbulkan gangguan.

Tingkat pelayanan pejalan kaki pada sore hari memiliki LOS A pada sisi utara dengan lebar trotoar efektif sebesar 1.4 meter. Dari tingkat pelayanan tersebut pejalan kaki dapat dengan bebas menentukan arah berjalan tanpa menimbulkan gangguan. Sedangkan pada sisi Selatan memiliki LOS B, dengan lebar efektif 1.67 meter. Dengan tingkat pelayanan B, maka dapat disimpulkan trotoar tersebut masih nyaman untuk dilalui oleh pejalan kaki.

Arahan Penataan Jalur Pejalan Kaki

Arahan penataan jalur pejalan kaki disusun dengan melakukan analisis dari tingkat pelayanan jalur pejalan kaki. Agar dapat menghasilkan tingkat pelayanan yang baik, di perlukan data volume pejalan kaki dan data arus pejalan kaki yang melewati trotoar tersebut. Data – data yang digunakan digunakan penulis hanya dari data volume pejalan kaki pada hari libur. Hal ini dikarenakan, volume pejalan kaki pada hari libur lebih banyak dibandingkan volume pejalan kaki pada hari kerja.

Pada lokasi penelitian, dapat dilakukan 2 alternatif agar para pejalan kaki dapat nyaman berjalan di jalur pedestrian, dimana :

1. Menghilangkan Pedagang Kaki Lima di Area Jalur Pedestrian

Untuk mengatasi kapasitas jalur pedestrian yang terdapat pada pasar Sanglah, dimana pada pagi hari banyak pedagang kaki lima yang berjualan, sehingga mengambil sebagian jalur pejalan kaki dan menyebabkan kapasitas dari jalur tersebut menjadi berkurang, para pejalan kaki pun menjadi berjalan di badan jalan. Agar hal tersebut tidak terjadi maka para pedagang kaki lima ini harus diberikan peraturan – peraturan yang tegas agar kapasitas dari jalur pejalan kaki tidak berkurang dan para pejalan kaki dapat berjalan dengan aman dan nyaman tanpa gangguan lain.

Hasil dari analisis dengan menggunakan data penelitian sebelumnya dan menghilangkan para pedagang kaki lima yang berjualan di areal trotoar, sehingga didapatkan lebar efektif dari trotoar selatan sebesar 1,67 meter dan

pada trotoar utara sebesar 1,4 meter. Setelah dilakukan alternatif tersebut, maka didapatkan hasil dari tingkat pelayanan jalur pejalan kaki seperti berikut:

- a. Trotoar Selatan
 - Pagi Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) C
 - Siang Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A
 - Sore Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) B
- b. Trotoar Utara
 - Pagi Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) C
 - Siang Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A
 - Sore Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A

2. Dilakukan Pelebaran Trotoar

Pada Lokasi Penelitian, kondisi eksisting areal pasar sanglah masih memungkinkan diadakannya pelebaran jalur pejalan kaki, dengan mengambil ruang jalan kendaraan atau mengambil ruang areal pertokoan untuk dijadikan penambahan areal trotoar. Selain itu, untuk dapat meningkatkan kenyamanan para pengguna jalur pejalan kaki dan lalu lintas, dapat dihilangkan batas besi pada trotoar selatan, serta menghilangkan areal parkir roda dua yang mengambil sebagian dari badan jalan, sehingga dapat meningkatkan kapasitas pada ruas jalan tersebut. Untuk menanggulangnya pihak pengelola dari pasar Sanglah sebaiknya menyediakan tempat parkir khusus, yang cukup untuk menampung kendaraan parkir sepeda motor dan pemilihan area khusus parkir mobil pengunjung pasar dimana ini bertujuan agar tidak mengganggu aktivitas dari ruas jalan tersebut.

Hasil dari analisis dengan menggunakan data penelitian sebelumnya, didapatkan lebar efektif dari trotoar selatan sebesar 3 meter dan lebar efektif dari trotoar utara sebesar 3 meter. Setelah dilakukan pelebaran dari kedua trotoar, maka didapatkan hasil dari tingkat pelayanan jalur pejalan kaki seperti berikut :

1. Trotoar Selatan
 - a. Pagi Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) B

- b. Siang Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A
- c. Sore Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A
- 2. Trotoar Utara
 - a. Pagi Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) B
 - b. Siang Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A
 - c. Sore Hari : Tingkat Pelayanan (LOS) A

Dari data diatas didapatkan tingkat pelayanan dari perhitung data arus pejalan kaki, dimana cara perhitungannya sama dengan cara menghitung arus pejalan kaki sebelumnya.

Daftar Pustaka

- [1]. Badan Pusat Statistik Kota Denpasar. 2016. “Proyeksi Penduduk Kota Denpasar (Jiwa)”, <https://denpasarkota.bps.go.id/indicator/12/49/1/proyeksi-penduduk-kota-denpasar.html>, diakses pada 29 Maret 2021 pukul 15.28.
- [2]. Sukirman, Silvia. 1999. “Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan”. Bandung : Nova.
- [3]. Undang – Undang Republik Indonesia. 2009. “Lalu Lintas dan Angkutan Jalan”, https://pih.kemlu.go.id/files/uu_no_22_tahun_2009.pdf, diakses pada 1 April 2021 pukul 22.34.
- [4]. Perumda Pasar Sewakadarma Kota Denpasar. 2021. “Info Potensi Pasar”, <https://perumdapasar.denpasarkota.go.id/page/read/797>, diakses pada 31 Maret 2021 pukul 19.02.
- [5]. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2014. “Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan”. Jakarta.
- [6]. Anggriani, Ninik. 2009. “Pedestrian Ways dalam Perencanaan Kota”. Surabaya: Yayasan Humaniora.

- [7]. Keputusan Menteri Perhubungan. 1993. “Fasilitas Pendukung Kegiatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Menteri Perhubungan”, <http://hubdat.dephub.go.id>, diakses pada tanggal 8 April 2021 pukul 22.51.
- [8]. Siburian, Kevin Presley. 2017. “Kinerja Fasilitas Pejalan Kaki di Jalan MT Haryono (Dinoyo) Kota Malang”. Malang.
- [9]. Sugiyono. 2013. “Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D”. Bandung: Alfabeta.

PENGARUH PENAMBAHAN PASIR TERHADAP TINGKAT KEPADATAN TANAH LEMPUNG

Ni Putu Ayu Intan Sukmadewi¹⁾, I Nyoman Ramia²⁾, Evin Yudhi Setyono³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

¹⁾ intansukma20199@gmail.com, ²⁾ nyomanramia@pnb.ac.id ³⁾ yudhisetyono@pnb.ac.id

Abstract

Soil has an important role in civil engineering that must be considered in the construction world. One of the things that planners and builders often face (especially for a road pavement), is how to deal with poor soil so that it can be used as a support material. Stabilization using sand is one way to meet the desired soil strength. This research was conducted in the laboratory by means of compaction testing using a standard proctor, to obtain the maximum dry density and optimum moisture content. The test object is clay mixed with sand with a percentage of 5%, 10%, 15%, 20% then the sample is tested for compaction. the maximum density of the original clay is 1.341 kg/cm³ with an optimum moisture content of 30.50%. The addition of sand in the soil increases the dry density of the soil linearly. It was observed that the sand addition variable of 5%, 10%, 15 and 20% had an effect of 98.1% on the dry density of the soil, while the remaining 1.9% was influenced by other variables outside the study. Without the addition of sand, the dry weight of the soil was 1.341 kg/cm³, then increased by 0.0083 kg/cm³ for each addition of 1% sand content. The dry density of the soil increases with the addition of the sand content, indicating that the maximum dry density of the soil also increases.

Keyword: Clay Soil, Optimal Water Content, Maximum Dry Density

Abstrak

Tanah mempunyai peranan penting dalam ilmu teknik sipil yang harus diperhatikan dalam dunia konstruksi. Salah satu hal yang sering dihadapi oleh para perencana dan pelaksana bangunan (khususnya untuk sebuah perkerasan jalan), adalah cara untuk menangani tanah yang buruk agar dapat digunakan sebagai bahan penopang. Stabilisasi menggunakan bahan pasir merupakan salah satu cara untuk memenuhi kekuatan tanah yang diinginkan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan cara pengujian pemadatan menggunakan standard proctor, untuk memperoleh kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum. Benda uji tanah lempung dicampur pasir dengan presentase 5%, 10%, 15%, 20% kemudian sampel dilakukan pengujian pemadatan. kepadatan maksimum tanah lempung asli sebesar 1,341 kg/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 30,50%. Penambahan pasir dalam tanah meningkatkan berat isi kering tanah secara linier. Diamati bahwa, variabel penambahan pasir sebesar 5%, 10%, 15 dan 20% memiliki pengaruh sebesar 98,1% terhadap variabel berat isi kering tanah, sementara sisanya sebesar 1,9% dipengaruhi oleh variabel lain diluar penelitian. Tanpa penambahan pasir berat isi kering tanah sebesar 1,341 kg/cm³, kemudian mengalami kenaikan sebesar 0,0083 kg/cm³ untuk tiap penambahan 1% kadar pasir. Berat isi kering tanah yang bertambah seiring penambahan kadar pasir tersebut, mengidentifikasikan bahwa kepadatan kering maksimum tanah juga meningkat.

Kata Kunci: Tanah Lempung, Kadar Air Optimum, Kepadatan Kering Maksimum

PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan penting dalam ilmu teknik sipil yang harus diperhatikan dalam dunia konstruksi. Hal ini dikarenakan tanah adalah struktur bawah (pondasi) yang mendukung semua beban bangunan yang akan dibangun di atasnya, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Oleh karena itu, dalam perencanaan konstruksi harus dilakukan penyelidikan pada sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kekuatan dukung tanah dalam memikul beban konstruksi di atasnya.

Pada konstruksi bangunan maupun jalan membutuhkan tanah dasar yang baik untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan jalan yang diletakkan di atas tanah dasar karena kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah. Salah satu hal yang sering dihadapi oleh para perencana dan pelaksana bangunan (khususnya untuk sebuah perkerasan jalan), adalah cara untuk menangani tanah yang buruk agar dapat digunakan sebagai bahan penopang (Chistian Prasenda, dkk, 2015).

Kerusakan-kerusakan seperti bergelombang dan hancurnya badan jalan telah banyak kita temukan, hal ini terjadi akibat menggunakan tanah dasar yang tidak baik seperti tanah lempung. Tanah lempung adalah tanah yang mempunyai partikel-partikel tertentu menghasilkan sifat-sifat plastisitas pada tanah bila di campur dengan air. Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki sifat yang buruk, sehingga sebuah konstruksi akan sulit dibangun di atas tanah dasar tersebut karena kekuatan geser yang sangat rendah dan sifat kembang susut yang sangat tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah tersebut, agar memenuhi syarat teknis untuk pelaksanaan proyek konstruksi. Upaya-upaya ini disebut dengan stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik. Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat sifat fisis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia.

Dalam penanganan ini khususnya perbaikan kembang susut tanah yang disebabkan oleh kelebihan kadar air dan kepadatan tanah yang tidak memenuhi yang disebabkan oleh

perubahan sifat tanah lempung, untuk menangani hal ini diperlukan alternatif penanganan yang tersedia antara lain dengan pencampuran pasir karena pasir memiliki kadar air yang rendah (R.H. Putra, 2018).

Pada kesempatan ini, penulis akan melakukan penelitian stabilisasi tanah lempung dengan pasir yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir terhadap tingkat kepadatan tanah lempung. Penambahan pasir sangat baik digunakan karena memiliki kadar air yang rendah, sehingga dapat mengurangi penurunan yang terjadi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan teknologi pemadatan dengan menggunakan *proctor test*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode yang bersifat eksperimen yang di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Bali. Penelitian ini dimulai dengan pengujian dan pemadatan tanah asli dengan menggunakan *standard proctor test* untuk mengetahui kadar air optimum sebelum tanah asli dicampur dengan pasir. Setelah data tersebut diketahui kemudian dilakukan pencampuran antara tanah dan pasir dengan presentase 5%, 10%, 15% dan 20% dan dilakukan uji pemadatan menggunakan *standard proctor test*.

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah terganggu (*disturb*). Pengambilan sampel diambil pada beberapa titik dikawasan Politeknik Negeri Bali dengan menggunakan cangkul dan *ompreg* besar sebagai wadah dari sampel tersebut. Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujia pemadatan menggunakan alat *proctor standard*. Sampel tanah yang diambil sebanyak ± 50 kg. Kemudian untuk pasir sebagai bahan stabilisasi tanah diambil di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Bali. Pasir ini berasal dari Kabupaten Karangasem, Bali. Sampel pasir ini akan digunakan sebagai variasi penambahan saat melakukan pengujian pemadatan menggunakan *proctor standard*.

Pengujian kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan dengan berat kering tanah dan dinyatakan dalam persen. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air dalam suatu massa tanah dengan baik.

$$Kadar\ air\ (w) = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana :

W_1 = berat container kosong (gram)
 W_2 = berat tanah basah + berat container (gram)
 W_3 = berat tanah kering + berat container (gram)

Selanjutnya, pengujian berat jenis adalah perbandingan antara berat isi suatu material dengan berat isi air suling pada suhu 4°C menggunakan persamaan 2.

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1) \alpha}{((w_4 - w_1) - (w_3 - w_2))} \quad (2)$$

dimana :

G_s = berat jenis tanah
 w_1 = berat piknometer kosong (gram)
 w_2 = berat piknometer + tanah kering (gram)
 w_3 = berat piknometer + tanah + air (gram)
 w_4 = berat piknometer + air (gram)
 α = faktor koreksi suhu

Perhitungan berat isi tanah basah, berat isi kering dalam $gram/cm^3$ menggunakan persamaan (3) dan (4).

$$\gamma_{basah} = \frac{W}{V} = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (3)$$

$$\gamma_{kering} = \frac{\gamma_{basah}}{1 + w} \quad (4)$$

Garis ZAV dapat dilukis dengan persamaan (5)

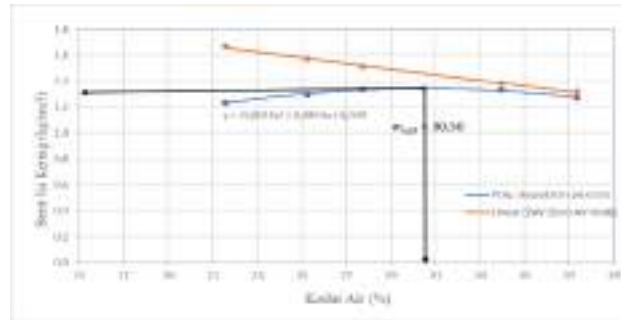
$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \quad (5)$$

dimana :

G_s = berat jenis tanah
 γ_w = berat jenis air
 W = kadar air

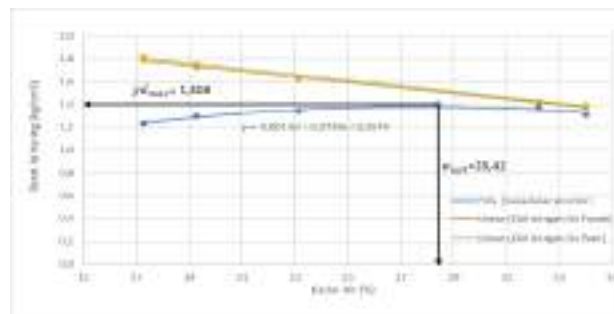
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air optimum, kepadatan kering maksimum dan berat jenis selanjutnya dianalisis. Dari hasil pengujian laboratorium tanah asli kadar air optimum ditunjukkan pada titik puncak kurva dari persamaan $y = -0,0014x^2 + 0,0854x + 0,039$. Menurut hasil analisis, diperoleh bahwa nilai kadar air optimum sebesar 30,50% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,341 gr/cm³ dengan berat jenis 2,60.



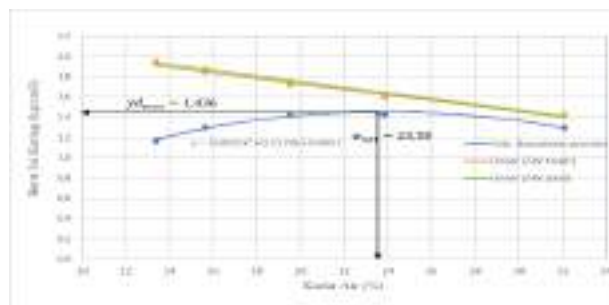
Gambar 1. Uji proctor tanah asli

Selanjutnya, untuk sampel tanah yang dicampur pasir 5% kadar air optimum ditunjukkan pada titik puncak kurva dari persamaan $y = -0,0013x^2 + 0,0739x + 0,3574$. Menurut hasil analisis, diperoleh kadar air optimum sebesar 28,42 % dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,408 gr/cm³ dengan berat jenis 2,60.



Gambar 2. Uji proctor tanah + pasir 5%

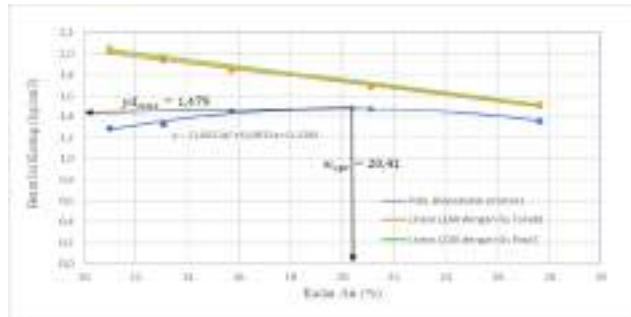
Pada sampel tanah dicampur pasir 10% kadar air optimum ditunjukkan pada titik puncak kurva dari persamaan $y = -0,0025x^2 + 0,1179x + 0,0457$. Menurut hasil analisis, diperoleh kadar air optimum sebesar 23,58% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,436 gr/cm³ dengan berat jenis 2,60.



Gambar 3. Uji proctor tanah + pasir 10%

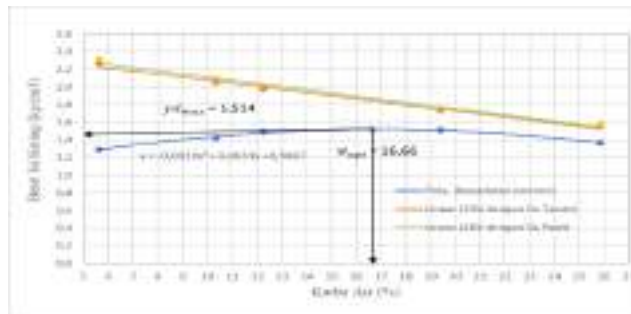
Sementara, untuk sampel tanah dicampur pasir 20% kadar air optimum ditunjukkan pada titik puncak kurva dari persamaan $y = -0,0023x^2 + 0,0932x + 0,5281$. Menurut hasil

analisis, diperoleh kadar air optimum sebesar 20,41% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,479 gr/cm³ dengan berat jenis 2,60.



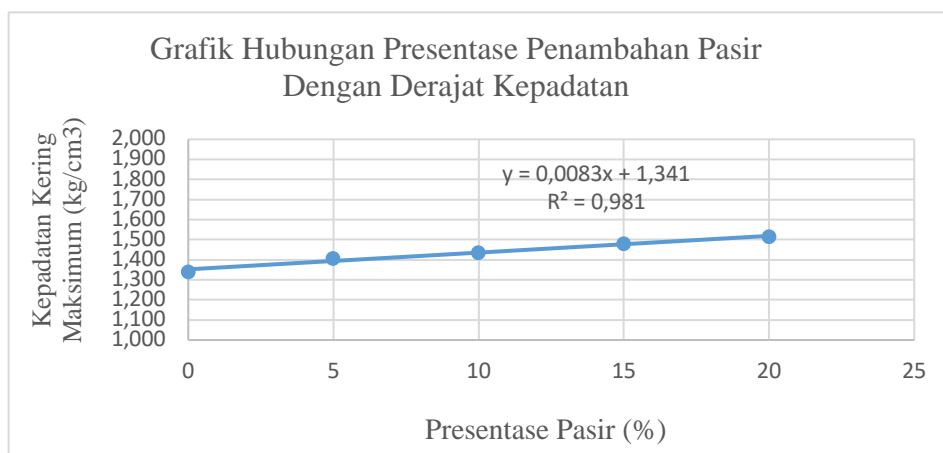
Gambar 3. Uji proctor tanah + pasir 15%

Dari hasil pengujian laboratorium tanah dicampur pasir 20% kadar air optimum ditunjukkan pada titik puncak kurva dari persamaan $y = -0,0019x^2 + 0,0633x + 0,9867$. Menurut hasil analisis, diperoleh kadar air optimum sebesar 16,66% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,514 gr/cm³ dengan berat jenis 2,60.



Gambar 4. Uji proctor tanah + pasir 20%

Adapun hubungan antara penambahan pasir dengan kepadatan kering dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Presentase Penambahan Pasir dengan Kepadatan Kering Maksimum

Penambahan pasir dalam tanah meningkatkan kepadatan kering tanah secara linier. Diamati bahwa tanpa penambahan pasir berat isi kering tanah sebesar 1,341 kg/cm³. Ketika dilakukan penambahan pasir sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% memiliki pengaruh terhadap berat isi kering tanah. Dimana pada penambahan pasir sebesar 5% terjadi kenaikan kepadatan kering maksimum sebesar 6,7% dari kepadatan kering maksimum tanah asli, untuk penambahan pasir 10% terjadi kenaikan kepadatan kering maksimum sebesar 9,5% dari kepadatan kering maksimum tanah asli, untuk penambahan pasir 15% terjadi kenaikan kepadatan kering maksimum sebesar 13,8% dari kepadatan kering maksimum tanah asli, untuk penambahan pasir 20% terjadi kenaikan sebesar 17,3% dari kepadatan maksimum tanah asli. Semakin banyak penambahan pasir pada tanah mengidentifikasi bahwa kepadatan kering maksimum terus meningkat.

SIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah, hasil analisis data dan perhitungan dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini kepadatan maksimum tanah lempung asli sebesar 1,341 kg/cm³ dengan kadar air optimum sebesar 30,50%. Penambahan kadar pasir sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% mampu meningkatkan kepadatan tanah lempung secara linier, dengan nilai pengaruh peningkatan sebesar 17,3%. Semakin banyak penambahan pasir mampu meningkatkan kepadatan kering maksimum tanah tanah dan menurunkan kadar air optimum tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M, Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Prasenda, Christian, Setyanto dan Iswan. 2015. “Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak,” 3(1), 91-102 (ISSN:2023-0011). [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/127236-ID-pengaruh-penambahan-pasir-terhadap-tingk.pdf>.
- Putra, Reska Hermawan, Zainul Faizien Haza dan Dewi Sulistyorini. 2018. “Pengaruh Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan Tanah Lempung Ekspansif,” [Online]. <https://core.ac.uk/download/pdf/230382884.pdf>.
- R.S., Suryanegara Dwipa. 2014. *Buku Ajar Pengujian Tanah I*. Jimbaran : Politeknik Negeri Bali.
- Simatupang, Remon dan Sandro Simatupang. 2016. “Perilaku Tanah Lempung Dengan Cara Stabilisasi Campuran Pasir Terhadap Kepadatan Maksimum (γ_d),” [Online]. https://uhn.ac.id/files/akademik_files/1905061537_2016_jurnal%20fakultas%20teknik%20volume%20ii%20nomor%202_perilaku%20tanah%20lempung%20dengan%20cara%20stabilisasi%20campuran%20pasir%20terhadap%20kepadatan%20maksimum.pdf.
- Wiraga, I Wayan. 2014. *Pengujian Tanah II*. Jimbaran : Politeknik Negeri Bali.

ANALISIS PENGARUH HAMBATAN SAMPING DAN FASILITAS PENYEBERANGAN PEJALAN KAKI UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS JALAN DI PASAR SANGLAH, KOTA DENPASAR

**Komang Gede Triska Bayu Wedananta⁽¹⁾, I Gede Made Oka
Aryawan⁽²⁾, Fransiska Moi⁽³⁾**

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi D-IV Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil,
Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali
Email: bayuwedananta66@gmail.com

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

⁽³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Poiteknik Negeri Bali

Jalan Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali

Abstract

Denpasar city there are many traditional markets scattered in various regions. One of them is Sanglah Market, the market often occurs congestion caused by side obstacles. From this problem, researchers want to conduct research "Analysis of the Influence of Side Barriers and Pedestrian Facilities to Increase Road Capacity in Sanglah Market, Denpasar City". The method used in this research is the quantitative analysis method. This research focuses on the level of road service and knowing the need or absence of facilities for crossings at research sites. To find out the level of service of the road segment, it takes an Existing Performance Analysis of the road segment. The results of the study obtained a value of saturation (DS) of 1.2, the DS value of side barriers had an effect of 27% on road capacity. Then there is the level of "F". For the need or absence of facilities for pedestrian crossings, analysis is required for the Type of Crossing Facility. The results of the calculation obtained a value of PV^2 of $3,915 \times 10^9$ kend.people / hour, which means that the road needs a crossing facility in the form of a pelican with protection. The alternative needed is in the form of widening the road by eliminating parking areas located on the south side of the road and removing side barriers. so that the level of service is "C" with a saturation degree value (DS) of 0.57.

Keywords : Pedestrians, Side Obstacles, Capacity

Abstrak

Kota Denpasar terdapat banyak pasar tradisional yang tersebar di berbagai daerah. Salah satunya yaitu Pasar Sanglah, pasar tersebut sering terjadi kemacetan yang diakibatkan karena adanya hambatan samping. Dari permasalahan tersebut peneliti ingin melakukan penelitian "Analisis Pengaruh Hambatan Samping dan Fasilitas Pejalan Kaki untuk Meningkatkan Kapasitas Jalan di Pasar Sanglah, Kota Denpasar". Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis kuantitatif. Penelitian ini berfokus pada tingkat pelayanan jalan serta mengetahui perlu atau tidaknya fasilitas bagi penyeberang di lokasi penelitian. Untuk mengetahui tingkat pelayanan ruas jalan, dibutuhkan Analisis Kinerja Eksisting ruas jalan. Hasil penelitian didapatkan nilai dari derajat kejenuhan (DS) sebesar 1,2, nilai DS hambatan samping berpengaruh sebesar 27% terhadap kapasitas jalan. Maka didapatkan tingkat pelayanan "F". Untuk perlu atau tidaknya fasilitas untuk penyeberang pejalan kaki diperlukan Analisis untuk Tipe Fasilitas Penyeberang. Hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai dari PV^2 sebesar $3,915 \times 10^9$ kend.orang/jam, yang artinya pada ruas jalan tersebut perlu fasilitas penyeberang berupa pelican dengan pelindung. Alternatif yang diperlukan yaitu berupa pelebaran ruas jalan dengan menghilangkan areal parkir yang terletak di sisi jalan selatan serta menghilangkan hambatan samping. sehingga didapatkan tingkat pelayanan yaitu "C" dengan nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,57.

Kata Kunci : Pejalan Kaki, Hambatan Samping, Kapasitas

PENDAHULUAN

Pertambahan populasi penduduk di Bali berkembang dengan pesatnya, seiring dengan perkembangan di berbagai sektor seperti sektor jasa, industri, perdagangan, transportasi dan sebagainya, perkembangan ini juga memacu pertumbuhan perekonomian di Bali, salah satunya Kota Denpasar. Selain itu Kota Denpasar merupakan ibu kota Provinsi Bali dimana pusat pemerintahan provinsi berada di Kota Denpasar. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018 Kota Denpasar memiliki luas wilayah seluas 127,78 km dengan jumlah penduduk di Kota Denpasar pada tahun 2018 sebanyak 930.600 jiwa, tahun 2019 sebanyak 947.100 jiwa dan pada tahun 2020 sebanyak 962.900 jiwa [1]. Bertambahnya jumlah penduduk di Kota Denpasar setiap tahunnya semakin meningkat, peningkatan jumlah penduduk yang sangat pesat dengan mobilitas yang tinggi disertai dengan peningkatan kepadatan lalu lintas. Dimana kepadatan lalu lintas ini sering menimbulkan berbagai macam tundaan.

Adanya berbagai jenis aktifitas masyarakat yang dapat di temui di perkotaan seperti Kota Denpasar, yang memiliki beberapa fasilitas sosial sebagai wadah yang dapat menunjang kegiatan sosial masyarakatnya, seperti adanya sekolah, rumah sakit, pusat perbelanjaan dan perkantoran. Hal tersebut menyebabkan pada beberapa titik jalur jalan terjadi kemacetan. Faktor - faktor hambatan samping dapat mempengaruhi tingkat kinerja pelayanan suatu ruas jalan. Hal tersebut sering dijumpai pada pasar tradisional, dimana pasar tradisional merupakan suatu bentuk pusat pembelanjaan yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam upaya pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Di Kota Denpasar terdapat banyak pasar tradisional yang tersebar di berbagai daerah. Salah satu pasar tradisional yang saat ini sering dikunjungi oleh masyarakat Kota Denpasar, yaitu Pasar Sanglah. Pada lokasi penelitian sering terjadi kemacetan yang diakibatkan karena adanya hambatan samping serta juga diakibatkan karena adanya penyeberang pejalan kaki.

Pada lokasi penelitian banyaknya para pejalan kaki yang menyeberang sembarangan dari pasar sanglah menuju pasar burung atau sebaliknya dan banyaknya hambatan samping seperti pedagang kaki lima yang masih berjualan pada trotoar serta parkir kendaraan yang masih sembarangan, hal ini menyebabkan berkurangnya kapasitas ruas jalan tersebut.

Dengan semakin bertambahnya volume lalu lintas dan adanya berbagai hambatan samping pada kawasan ini, menciptakan panjangnya antrian kendaraan. Banyaknya aktivitas hambatan samping yang dijumpai di lokasi penelitian sangat mengganggu akses menuju Rumah Sakit Sanglah. Dari permasalahan – permasalahan yang ada sehingga peneliti ingin melakukan penelitian “Analisis Pengaruh Hambatan Samping dan Fasilitas Pejalan Kaki untuk Meningkatkan Kapasitas Jalan di Pasar Sanglah, Kota Denpasar”.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka rumusan masalah yang ditimbulkan adalah :

Bagaimanakah pengaruh hambatan samping terhadap pengurangan kapasitas jalan?

Apakah sudah diperlukannya fasilitas untuk penyeberang pejalan kaki pada lokasi penelitian?

Berapakah kapasitas dan tingkat pelayanan jalan setelah dilakukan upaya – upaya pengurangan hambatan samping?

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, yaitu diantaranya :

Untuk mengetahui pengaruh hambatan samping terhadap pengurangan kapasitas jalan.

Untuk mengetahui perlu atau tidaknya fasilitas untuk penyeberangan pejalan kaki pada jalan Waturenggong.

Untuk mengetahui kapasitas dan tingkat pelayanan jalan setelah dilakukannya upaya – upaya pengurangan hambatan samping.

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat, yaitu diantaranya:
Diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan pengetahuan dan pengalaman tentang penataan lalu lintas di kawasan pasar tersebut.
Diharapkan dapat memberikan informasi tentang tingkat pelayanan serta tentang penataan lalu lintas di kawasan pasar tersebut.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian analisis deskriptif kuantitatif. Survei dilaksanakan selama 2 hari, yaitu pada hari Minggu (23 Mei 2021) dan hari Senin (24 Mei 2021). Waktu penelitian dilaksanakan mulai pagi hari pukul 04.00 WITA - 08.00 WITA. Data yang diperoleh dari hasil survei yaitu berupa data primer dan sekunder, yang kemudian akan dianalisis untuk mengetahui ketersediaan penyediaan fasilitas bagi para penyeberangan pejalan kaki, adapun analisis yang dilakukan yaitu analisis pengaruh hambatan samping terhadap pengurangan kapasitas jalan dan analisis penyeberangan pejalan kaki.

Kemudian setelah diperoleh hasil dari perhitungan tersebut, maka hasilnya akan digunakan untuk menentukan kapasitas, tingkat pelayanan jalan dan menentukan fasilitas penyeberang pada ruas Jalan Waturenggong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Survei

Data – data yang diperoleh dari hasil survei sebelumnya yaitu berupa data geometrik jalur lalu lintas, data volume kendaraan yang meliputi kendaraan ringan (LV), kendaraan bermotor (MC), kendaraan berat (HV), kendaraan tak bermotor (UM). Selanjutnya didapatkan data hambatan samping yang meliputi pejalan kaki, kendaraan berhenti/parkir, kendaraan keluar/masuk, kendaraan bergerak lambat. Data – data yang diperoleh dari hasil survei lapangan merupakan data awal yang nantinya akan disusun terlebih dahulu untuk kemudian dianalisis.

Kondisi Geometrik Jalur Lalu Lintas

Dari hasil survei geometrik Jalan Waturenggong Kota Denpasar, diperoleh hasil kondisi geometrik yang diukur pada tanggal 21 Mei 2021 diantaranya lebar dari trotoar utara yaitu 1,4 meter, pada trotoar bagian selatan yaitu 1,67 meter, lebar bahu jalan yaitu 0,5 meter, lebar jalan 9,08 meter, namun pada lokasi penelitian terdapat tempat parkir yang digunakan khusus untuk parkir kendaraan roda dua yang memiliki lebar 2,58 meter, sehingga didapatkan lebar efektif dari ruas Jalan Waturenggong sebesar 5,5 meter.



Gambar 1. Kondisi Geometrik Ruas Jalan Waturenggong

Fluktuasi Arus Lalu Lintas

Dari fluktuasi diketahui jam puncak tertinggi yaitu pada hari kerja yang mewakili ruas Jalan Waturenggong yaitu jam puncak sore, pukul 16:00 – 17:00 dengan total volume 4241 kend/jam dan $Q = 1701$ smp/jam.

Analisis Kinerja Eksisting Ruas Jalan

Dalam analisis ini data yang diperlukan, yaitu:

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang digunakan untuk menghitung kinerja eksisting ruas Jalan Waturenggong Kota Denpasar yaitu volume lalu lintas pada saat jam puncak dari grafik fluktuasi didapatkan jam puncak pada pukul 16:00 – 17:00 dimana total volume 4241 kend/jam dan $Q = 1701$ smp/jam.

Kapasitas

Untuk menghitung besarnya kapasitas yang terjadi pada jam puncak volume lalu lintas pada ruas Jalan Waturenggong Kota Denpasar dapat dicari dengan rumus, seperti berikut:

$$C = C_o + FC_w \times FC_{sp} + FC_{sf} + FC_{cs}$$

Dimana C merupakan kapasitas, Co merupakan kapasitas dasar (2900), FCw merupakan faktor penyesuaian lebar jalan (0,715), FCsp merupakan faktor penyesuaian pemisah arah (1,00), FCsf merupakan faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan (0,73), FCcs merupakan faktor penyesuaian kota (0,95). Setelah didapatkan semua nilai – nilai tersebut, maka didapatkan hasil dari kapasitas sesungguhnya yaitu sebesar 1422,836 smp/jam.

Derajat Kejenuhan

Untuk mencari derajat kejenuhan ruas Jalan Waturenggong Kota Denpasar digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$DS = Q/C$$

$$DS = \frac{1701 \text{ smp/Jam}}{1422,836 \text{ smp/Jam}} = 1,20$$

Derajat kejenuhan yang didapatkan sebesar 1,20 setelah menganalisis eksisting ruas Jalan Waturenggong.

Tingkat Pelayanan

Dari nilai derajat kejenuhan (DS) pada jam puncak adalah sebesar 1,20 maka tingkat pelayanan jalan untuk ruas Jalan Waturenggong adalah tingkat pelayanan F.

Analisis Pengaruh Pengurangan Kapasitas Terhadap Hambatan Samping

Dari hasil survei yang dilaksanakan selama 14 jam, didapatkan bahwa hasil dari hambatan samping pada ruas Jalan Waturenggong yang tergolong dengan jalan yang memiliki hambatan samping Sangat Tinggi (VH), yang dimana pada hari libur memiliki jumlah bobot sebesar 2395,9 dan pada hari kerja berbobot 2403,6.

Hambatan samping ini sangat berpengaruh, dimana dengan lebar jalan 5,5 meter memiliki persentase dari hambatan samping sebesar 27%. Hambatan samping ini terdiri dari 4 jenis diantaranya pejalan kaki yang berpengaruh sebesar 5,19%, kendaraan parkir berpengaruh sebesar 10,38%, kendaraan keluar/masuk berpengaruh sebesar 7,26%, dan yang terakhir kendaraan bergerak lambat berpengaruh sebesar 4,15%.

Analisis Tipe Fasilitas Penyeberangan

Untuk perhitungan arus penyeberang jalan dan arus kendaraan dapat dicari dengan langkah – langkah seperti berikut :

Memperhitungkan Kriteria Fasilitas Penyeberangan

Untuk memperhitungkan kriteria fasilitas penyeberangan, dapat menggunakan rumus PV^2 , dimana P merupakan arus pejalan kaki yang menyeberang jalan (497 org/jam) dan V merupakan arus kendaraan (2721 kend/jam), dimana hasil tersebut merupakan arus pejalan kaki dan arus kendaraan yang tertinggi selama 14 jam (06:15 – 07:15 WITA). Maka didapatkan hasil PV^2 , yaitu sebesar $3,680 \times 10^9$. Setelah didapatkan nilai tersebut selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan 4 nilai terbesar yang mewakili semua periode waktu pengamatan dipilih dan nilai P rata-rata serta V rata-rata dari keempat nilai terbesar tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ rata – rata} &= (490 + 497 + 478 + 444)/4 \\ &= 477,3 \text{ orang/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ rata – rata} &= (2318 + 2721 + 3064 + 3354)/4 \\ &= 2864,3 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

Nilai tunggal yang dapat mewakili PV^2 yang terjadi di lokasi studi pada Jalan Waturenggong, dihitung dengan memakai nilai rata-rata P dan V sebagai berikut :

$$\begin{aligned} PV^2 &= 477,3 \times 2864,3^2 \\ &= 3,915 \times 10^9 \text{ kend.orang/jam} \end{aligned}$$

Dari data perhitungan berdasarkan jumlah tingkat konflik antara pejalan kaki dan arus lalu lintas (PV^2) maka dapat disimpulkan pada lokasi penelitian diperlukan fasilitas bagi penyeberang pejalan kaki.

Rencana Tipe Fasilitas Penyeberangan

Dari data perhitungan diatas, direkomendasikan untuk tipe fasilitas penyeberangan pada lokasi penelitian yaitu berupa pelikan dengan pelindung.

Analisis Kinerja Jalan dengan Pengaruh Hambatan Samping

Untuk solusi pengaturan hambatan samping, ada beberapa hambatan samping yang diasumsikan dapat dihilangkan nilai bobotnya. Hambatan samping tersebut adalah hambatan samping akibat pejalan kaki, hambatan samping akibat kendaraan bergerak lambat, kendaraan parkir/berhenti dan kendaraan keluar masuk. Untuk dapat meningkatkan kenyamanan para pengguna jalur lalu lintas, dapat diasumsikan dengan cara menghilangkan areal parkir roda dua yang mengambil sebagian dari badan jalan, sehingga jika dihilangkan areal parkir tersebut didapatkan lebar jalan sebesar 8.08 m. Bertambahnya lebar dari badan jalan dapat meningkatkan kapasitas pada ruas jalan tersebut. Untuk menanggulangnya pihak pengelola dari pasar Sanglah sebaiknya menyediakan tempat parkir khusus, yang cukup untuk menampung kendaraan parkir sepeda motor dan pemilihan area khusus parkir mobil pengunjung pasar, selain itu di sisi – sisi ruas jalan penelitian dapat diberikan rambu – rambu lalu lintas seperti rambu dilarang parkir dan rambu dilarang berhenti. Berdasarkan hasil analisis di atas, kelas hambatan samping ruas jalan adalah sedang (M) dengan nilai $FCsf = 0,89$. Pengaturan hambatan samping akibat kendaraan keluar masuk tidak dapat dihilangkan karena ruas jalan tersebut tidak memungkinkan untuk dibuatkan jalur lambat.

Untuk menganalisis kinerja jalan dengan menghilangkan hambatan samping serta penambahan kapasitas ini, diperlukan beberapa data yaitu :

Volume Lalu Lintas

Untuk volume lalu lintas digunakan data yang sama seperti sebelumnya yaitu pada hari kerja saat jam puncak, dari grafik fluktuasi pada saat hari kerja didapatkan jam puncak pada pukul 16:00 -17:00 dimana total volume 4241 kend/jam dan $Q = 1701$ smp/jam.

Kapasitas

Untuk menghitung besarnya kapasitas yang terjadi pada jam puncak volume lalu lintas pada ruas Jalan Waturenggong Kota Denpasar dapat

dicari dengan rumus sama seperti sebelumnya. Sehingga didapatkan hasil dari kapasitas sesungguhnya yaitu sebesar 3008,41 smp/jam.

Derajat Kejenuhan

Berikut ini merupakan analisis derajat kejenuhan akibat penurunan hambatan samping :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

$$DS = \frac{1701 \text{ smp/Jam}}{3008,41 \text{ smp/Jam}} = 0,57$$

Derajat kejenuhan yang didapatkan sebesar 0,57 setelah menganalisis penurunan hambatan samping serta penambahan kapasitas. Pada ruas Jalan Waturenggong Kota Denpasar masih dapat menampung kendaraan sebanyak 43% dari kapasitas jalan tersebut.

Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan bertujuan untuk mengetahui ukuran kinerja ruas jalan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan. Tingkat pelayanan ruas jalan setelah diasumsikan hambatan samping mengalami penurunan dengan $DS = 0,57$. Maka setelah dilakukan pengurangan dari hambatan samping tersebut, didapatkan nilai tingkat pelayanan pada ruas Jalan Waturenggong menjadi C.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik Kota Denpasar. 2020. “Proyeksi Penduduk Kota Denpasar (Jiwa)”, <https://denpasarkota.bps.go.id/indicator/12/49/1/proyeksi-penduduk-kota-denpasar.html>, diakses pada 30 Maret 2021 pukul 12.18.

Undang – Undang Republik Indonesia. 2009. “Lalu Lintas dan Angkutan Jalan”, https://pih.kemlu.go.id/files/uu_no_22_tahun_2009.pdf, diakses pada 7 April 2021 pukul 15.53.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2012. “Pedoman Penetapan Fungsi Jalan dan Status Jalan”, <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/konstruksi/Permenpu03-PRT-M-2012FungsiStatusJalan.pdf>, diakses pada 8 April 2021 pukul 22.47.

Undang – Undang Republik Indonesia. 2004. “Tentang Jalan”, <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/konstruksi/UU38-2004Jalan.pdf>, diakses pada tanggal 8 April 2021 pukul 23.00.

Alamsyah, Alik Ansyori. 2008. “Rekayasa Lalu Lintas Edisi Revisi”. Malang: UMM Press.

Sukirman, Silvia. 1999. “Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan”. Bandung: Nova.

Republik Indonesia Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota (Binkot). 1997. “Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)”.

Munawar, Ahmad. 2004. “Manajemen Lalulintas Perkotaan”. Jogjakarta: Beta Offset.

Putranto, Leksmono Suryo. 2016. “Rekayasa Lalu-Lintas Edisi 3”. Jakarta Barat: PT. Indeks

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Teknik. 1995. “Tata Cara Perencanaan Fasilitas Pejalan Kaki Di Kawasan Perkotaan”, <https://andalalin.files.wordpress.com/2014/07/8-perencanaan-fasilitas-pejalan-kaki-di-kawasan-perkotaan.pdf>, diakses pada tanggal 18 April 2021 pukul 18.07.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. “Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki”, https://simantu.pu.go.id/personal/img-post/197812092006042004/post/20190313135241_F_Pedoman_Fasilitas_Pejalan_Kaki.pdf, diakses pada tanggal 18 April 2021 pukul 20.05.

Kepetusan Menteri Perhubungan. 1993. “Fasilitas Pendukung Kegiatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Menteri Perhubungan”. Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2014. “Pedoman Perencanaan, Penyediaan, dan Pemanfaatan Prasarana dan Sarana Jaringan Pejalan Kaki di Kawasan Perkotaan”. Jakarta.

Sugiyono. 2013. “Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D”. Bandung: Alfabeta.

ANALISIS PENURUNAN DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL AKIBAT DARI LIKUIFAKSI TANAH

I Made Wahyu Pramana¹⁾, I Wayan Arya²⁾, IGAG Suryanegara Dwipa²⁾, I Wayan Wiraga²⁾

^{1,2,)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

¹⁾ pramanawahyu@pnb.ac.id

Abstract

Earthquake is often occurring in Indonesia. Therefore, the building's factor of safety because of the earthquake is needed to be carefully calculated. One of the lower structure's failure related to earthquake is soil liquefaction. This study aim is to calculate shallow foundation's bearing capacity before liquefaction and compare it during liquefaction. This study is quantitative study with field data sampling. Result of the sampling is used to calculate bearing capacity manually and use numerical software Geostudio. The result of this study shows that shallow foundation bearing capacity during liquefaction is reduced 88,1 %.

Keyword: earthquake, liquefaction, shallow foundation, bearing capacity

Abstrak

Gempa bumi merupakan peristiwa yang sangat sering terjadi di wilayah Indonesia. Akibat dari gempa bumi, keamanan struktur bangunan terhadap gempa sangat perlu untuk diperhitungkan dalam analisa perhitungan faktor keamanan. Salah satu kegagalan struktur yang dapat terjadi pada struktur bawah akibat gempa adalah peristiwa likuifaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung daya dukung pondasi dangkal sebelum terjadi likuifaksi dan membandingkannya dengan daya dukung pondasi saat terjadi likuifaksi. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan penyelidikan tanah dan mengambil sampel tanah asli di lapangan. Hasil penyelidikan tanah akan digunakan dalam perhitungan menggunakan analisa perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak numerik *Geostudio*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung pondasi dangkal pada tanah yang terlikuifaksi turun sebesar 88,1 %.

Kata Kunci: gempa bumi, likuifaksi, pondasi dangkal, daya dukung

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki aktifitas gempa yang sangat tinggi dikarenakan letak Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu: Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik dan Philipine [1]. Hal tersebut menyebabkan perhitungan analisa keamanan struktur harus memperhitungkan efek gempa bumi. Selain menyebabkan kerusakan pada struktur atas (*upper structure*), gempa bumi juga dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur bawah / pondasi dari bangunan.

Kegagalan struktur bawah yang dapat terjadi akibat gempa adalah peristiwa likuifaksi tanah. Likuifaksi tanah adalah hilangnya kekuatan / daya dukung dari tanah dalam menahan beban akibat gempa bumi [2]. Peristiwa likuifaksi umumnya terjadi pada tanah

pasir lepas yang jenuh air dan mengalami beban gempa. Tanah yang terlikuifaksi, konsistensi dan sifatnya berubah dari padat menjadi menyerupai benda cair.

Peristiwa likuifaksi telah banyak terjadi di banyak negara dan menyebabkan kerusakan dan korban jiwa yang sangat besar. Salah satu kejadian likuifaksi di Indonesia adalah kejadian likuifaksi di Palu, Sulawesi utara pada tahun 2018 yang lalu. BNPB melaporkan peristiwa gempa dan likuifaksi yang terjadi di kota Palu telah menelan korban sebanyak 2034 orang, 671 orang hilang dan 152 terkubur hidup – hidup. [3].

Oleh karena sangat berbahayanya peristiwa likuifaksi tanah ini, maka pencegahan terhadap bencana likuifaksi ini harus dilakukan / dilaksanakan. Pencegahan kerusakan yang parah akibat dari likuifaksi dapat dilakukan salah satu nya dengan mendesain pondasi yang aman terhadap gempa bumi dan juga likuifaksi. Desain dari pondasi yang aman terhadap likuifaksi dapat dilakukan dengan menghitung faktor keamanan pondasi apabila terjadi peristiwa likuifaksi.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif, dimana penelitian dilakukan dengan metode pengumpulan data dan analisa perhitungan Adapun data yang dipergunakan adalah pengujian tanah lapangan sondir, pengambilan sampel tanah, pengumpulan data gempa, beban Gedung dan model pondasi.

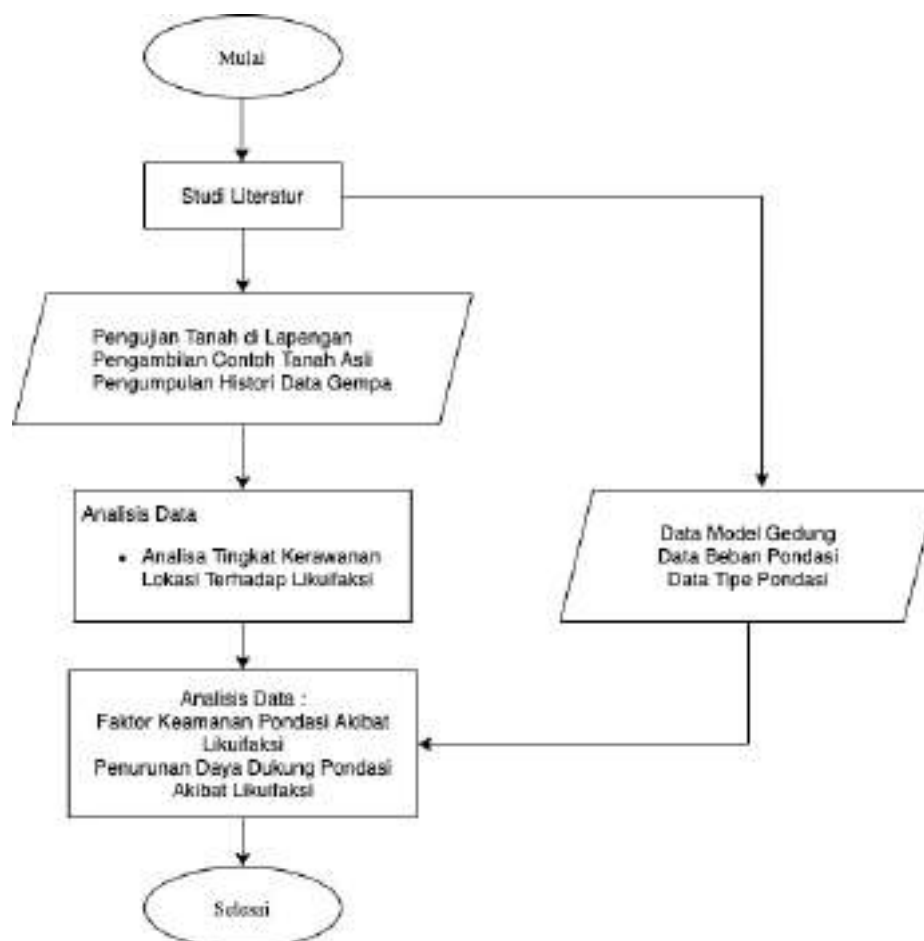
Data primer pada penelitian ini adalah data tanah yang didapatkan dengan melakukan pengujian ke lapangan. Data sekunder di penelitian ini adalah data histori gempa yang terjadi di kawasan Provinsi Bali

Penelitian dilakukan di daerah Sanur, Kota Denpasar, Provinsi Bali dengan mempertimbangkan kondisi dari kawasan yang akan diambil sampel tanahnya. Lokasi penelitian harus memenuhi beberapa kondisi yaitu: muka air tanah tinggi / tanah jenuh air dan jenis tanah dominan berpasir. Kedua kondisi diatas merupakan indikasi awal bahwa tanah tersebut dapat mengalami likuifaksi tanah

Tahapan Penelitian

Adapun rencana tahapan penelitian pada studi ini adalah:

1. Melakukan pengujian tanah sondir dan pengambilan sampel tanah untuk mendapatkan stratigrafi lapisan tanah dan parameter fisik dan mekanik dari tanah
 2. Mengumpulkan data histori gempa di sekitar wilayah Bali, dan menyusun gempa rencana dari data – data tersebut
 3. Melakukan analisa kerawanan suatu lokasi terhadap likuifaksi
 4. Melakukan analisa daya dukung pondasi tanpa adanya beban gempa dan likuifaksi dan melakukan analisa daya dukung pondasi dengan memperhitungkan beban gempa dan likuifaksi
- . Adapun kegiatan penelitian ini disajikan ke dalam diagram alir pada Gambar 1.

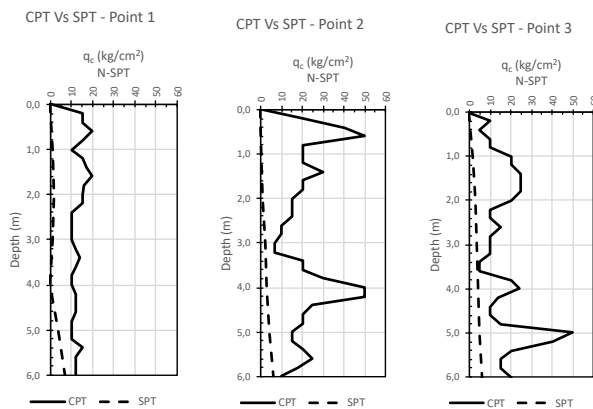


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tanah di Lapangan

Pengujian tanah di lapangan dilakukan dengan melakukan serangkaian uji CPT dan SPT. Pada penelitian dilakukan uji CPT dan SPT pada 3 titik untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi dan stratigrafi tanah. Uji SPT dilakukan sampai kedalaman rata – rata 6 meter. Kondisi tanah yang didapatkan pada lokasi adalah pasir lepas dengan nilai SPT rata – rata yang rendah. Nilai SPT pada kedalaman 2m – 6m, pada lokasi penelitian adalah 2 – 4. Uji gradasi dilakukan pada masing – masing titik pengujian untuk mendapatkan jenis tanah. Jenis tanah pada lokasi pengujian adalah dominan pasir dengan kadar lempung 6% - 9%. Berat isi berkisar antara 1.617 – 1.837 gr/cm³ dan muka air tanah terdapat pada kedalaman 1.5 meter Berikut merupakan grafik hasil pengujian tanah pada lokasi penelitian.



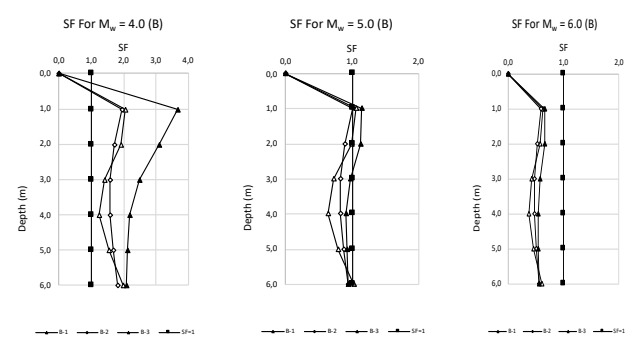
Gambar 2. Hasil Pengujian CPT dan SPT di lokasi pengujian

Dari hasil pengujian di lapangan, dengan rata – rata nilai SPT 3, sesuai korelasi oleh Burck Look [5], nilai sudut geser dalam (ϕ) dari tanah di lokasi penelitian adalah 27° – 32°. Untuk keperluan input data pada perhitungan, diambil nilai sudut geser adalah 30°

Analisa Keamanan Lapisan Tanah Terhadap Likuifaksi

Analisa keamanan lapisan tanah terhadap likuifaksi dilakukan dengan menggunakan data gempa rencana dengan besar Magnitude (M_w): 4, 5, 6. Hasil perhitungan

menunjukkan bahwa lapisan tanah tidak akan terlikuifaksi apabila diberikan beban gempa sebesar $M_w = 4$. Lapisan tanah akan mulai terlikuifaksi pada beban gempa $M_w > 5$



Gambar 3. Grafik Faktor Keamanan vs Kedalaman pada masing – masing titik pengujian

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Lapisan Tanah Sebelum Terjadi Likuifaksi

Perhitungan daya dukung pondasi dangkal menggunakan dua metode yaitu metode perhitungan manual dan validasi menggunakan software Geostudio 2021. Untuk perhitungan daya dukung menggunakan pondasi telapak dengan lebar 2 m, dengan lapisan tanah pasir lepas dengan kedalaman 6 meter dan muka air tanah berada pada kedalaman 1.5 meter. Tanah dimodelkan hanya setengah bagian. Berikut merupakan parameter input pada perhitungan daya dukung tanah:

Tabel 1. Nilai Parameter Tanah untuk Perhitungan Daya Dukung

Parameter	Nilai
Berat Volume Tanah	18 KN/m ³
Sudut Geser Dalam	30
Kohesi	0 Kpa



Gambar 4. Geometri Lapisan Tanah untuk Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pada kasus ini dilakukan dengan perhitungan *Undrained*.

Kapasitas daya dukung tanah ultimit adalah:

$$q_u = 0.5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_u = 0.5 \times 18 \times 2 \times 22.4$$

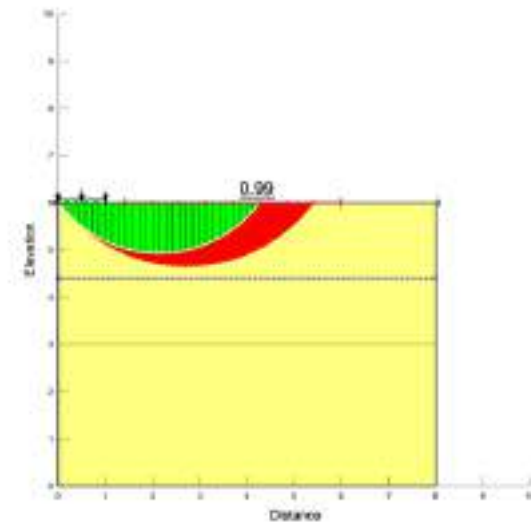
$$q_u = 403,2 \text{ KPa}$$

Validasi perhitungan manual dilakukan dengan Geostudio 2021, dengan input sebagai berikut:

Tabel 2. Input Data pada Geostudio 2021 untuk Analisa Daya Dukung Sebelum Likuifaksi

Tipe Analisis	Bishop
Material Model	Mohr Coloumb
Unit Weight	18 KN/m3
Phi	30
Cohession	0 Kpa
Surcharge Load	4032 Kpa

Hasil output dari perhitungan Geostudio adalah disajikan pada Gambar 5.4. Nilai faktor keamanan (FS) yang didapat adalah 0.99, mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa beban yang diberikan pada tanah sebesar 4032 KPa ditahan dengan jumlah yang sama oleh lapisan tanah.



Gambar 5. Output Hasil Validasi Nilai Daya Dukung pada Geostudio

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Lapisan Tanah Saat terjadi likuifaksi

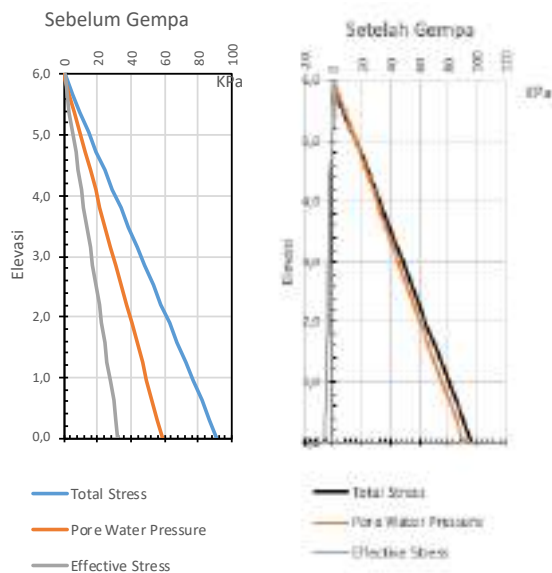
Perhitungan tegangan efektif lapisan tanah akibat gempa bumi dilakukan dengan Software Geostudio 2021 dengan Input sebagai berikut:

Tabel 3. Input pada Geostudio 2021 untuk Analisa Tegangan Efektif saat Terjadi Gempa pada lapisan tanah

Analysis Type	Equivalent Linier Dynamic
Peak Acceleration	0.2 g
Duration	10 second
Material Model	Equivalent Linier
Unit Weight	18 kN/m ³
Poisson Ratio	0.4

Phi	30
Gmax	20.000 KPa

Hasil output tegangan efektif tanah sebelum dan sesudah gempa diberikan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tegangan Effektif Lapisan Tanah Sebelum dan Sesudah Terjadi Gempa

Grafik menunjukkan bahwa, setelah terjadi gempa, tegangan efektif dari seluruh lapisan tanah menjadi nol ($\sigma' = 0$ Kpa). Hal ini mengindikasikan bahwa tanah kehilangan kekuatannya atau dapat dikatakan lapisan tanah mengalami likuifaksi. Pada saat tanah mengalami likuifaksi, susunan butiran tanah menjadi kolaps (*collapse state*). Pada saat terjadi fase kolaps, sudut geser dari lapisan tanah mengalami penurunan yang signifikan. Menurut Kramer [6], sudut geser kolaps ϕ_L dari tanah pasir lepas adalah 15°

Penentuan lapisan tanah terlikuifaksi atau tidak, akan tergantung dari beban gempa yang diberikan saat melakukan perhitungan. Apabila pada saat gempa dengan besaran tertentu diberikan dan lapisan tanah telah menunjukkan kehilangan tegangan efektifnya, maka peristiwa likuifaksi akan terjadi.

Perhitungan Daya Dukung Setelah Terjadinya Peristiwa Likuifaksi

Perhitungan daya dukung tanah pada kasus ini dilakukan dengan perhitungan *Undrained* dengan memasukkan nilai sudut geser kolaps $\phi_L = 15^\circ$ dan nilai $N_\gamma = 2.65$. Kapasitas daya dukung tanah ultimit adalah:

$$q_u = 0.5 \gamma B N_\gamma$$

$$q_u = 0.5 \times 18 \times 2 \times 2.65$$

$$q_u = 47,7 \text{ KPa}$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa penurunan daya dukung ultimit dari pondasi dangkal akibat likuifaksi sangat besar yaitu sebesar 88.1 %.

Tabel 4. Penurunan Daya Dukung Akibat Peristiwa Likuifaksi

Daya Dukung Sebelum	403,2 KPa
Likuifaksi	
Daya Dukung Setelah	47,7 KPa
Likuifaksi	
Penurunan Daya Dukung	355,5 KPa (88,1 %)

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tanah pada lokasi pengujian mulai mengalami likuifaksi pada gempa $M_w = 6$
2. Daya dukung pondasi dangkal sebelum terjadi likuifaksi di lokasi penelitian adalah: 403,2 KPa
3. Daya dukung pondasi dangkal setelah terjadi likuifaksi di lokasi penelitian adalah: 47,7 Kpa
4. Penurunan daya dukung pondasi pada lapisan tanah di lokasi penelitian akibat likuifaksi adalah 88,1 %

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariandi et al (2019), Kajian Potensi Likuifaksi Pada Sekitar Pondasi Jembatan Prategang di Sawangan, Jurnal Tekno volume 17. ISSN: 0215-9617
- [2] Das, Braja M. (1993), *Principle of Soil Dynamic*, 5th edition, Canada
- [3] Irsyam, et al (2018), *Damages Associated with Geotechnical Problem in 2018 Palu Earthquake, Indonesia*, Proceeding 20th SEAGC – 3rd AGSSEA Confrence, Jakarta. ISSBN No. 978-6021-17221-6-9
- [4] Budhu, Muni (2000), *Soil Mechanic and Foundation*, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [5] Burk G. Look (2007), *Handbook of Geotechnical Investigation dan Design Tables*, 1st edition, Taylor and Francis/Berkema, The Netherlands.
- [6] Kramer S. (1996), *Geotechnical Earthquake Engineering*, Pretince Hall, New Jersey.

REVIEW PEMODELAN NUMERIK MATERIAL BAMBU

H. Z. Arifin, I. S. Irawati*, A. Awaludin

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada,
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta, Indonesia

*E-mail: inggar_septhia@ugm.ac.id

Abstract

Nowadays, construction development brings back the concept of using environmentally friendly renewable materials. Bamboo as a green material has some excellent characters such as a high strength-to-weight ratio and a relatively short harvesting period. Understanding on its structural behaviour and capacity, commonly obtained from a series of laboratory tests, is required in order to be able to widely use bamboo as a building material. Time and testing equipment limitation make numerical modelling become an alternative to overcome these problems. On the other side, anatomy of bamboo material is unique. There are properties irregularities along and across the bamboo culm. Numerical modelling of bamboo material is certainly different from numerical modelling of steel or concrete material due to the bamboo's irregularities. This paper reviews some published journals on numerical modelling of bamboo culm and laminated bamboo. It highlights software used for modelling, numerical modelling method, material properties input, as well as comparison of numerical and experimental results that have been previously carried out. It is found that model which take into account the bamboo irregularities and orthotropic material gave numerical results closed to the experimental.

Keywords: *bamboo properties, full-culm bamboo, laminated bamboo, numerical modelling, structural bamboo*

Abstrak

Perkembangan konstruksi yang pesat saat ini memunculkan kembali konsep penggunaan material terbarukan yang ramah lingkungan. Bambu sebagai *green material* memiliki beberapa keunggulan seperti rasio kekuatan yang tinggi dan masa panen yang relatif cepat. Untuk menggunakan bambu secara lebih luas diperlukan informasi mengenai perilaku dan kapasitas dari struktur bambu yang umumnya diperoleh melalui serangkaian pengujian laboratorium. Keterbatasan waktu dan ketersediaan alat pengujian membuat pemodelan numerik sebagai salah satu alternatif solusi mengatasi permasalahan tersebut. Di lain sisi, anatomi dari material bambu memiliki karakter yang unik. Terdapat ketidakberaturan pada material bambu baik sepanjang batang maupun pada penampang melintangnya. Memodelkan material bambu secara numerik tentu tidak sama dengan memodelkan beton ataupun baja, yang mana beberapa hal dapat dilakukan penyederhanaan. Paper ini menyajikan *review* dari beberapa referensi yang sudah dipublikasikan tentang pemodelan numerik struktur bambu dan bambu laminasi. Topik yang ditinjau adalah *software* yang digunakan untuk pemodelan, metode pemodelan dan input *material properties*, serta perbandingan hasil analisis dengan hasil eksperimental yang dilakukan. Diketahui bahwa model yang memperhatikan ketidakseragaman pada batang bambu dan menggunakan material ortotropik memberikan hasil yang lebih dekat dengan hasil eksperimental.

Kata kunci: *sifat bambu, bambu utuh, bambu laminasi, pemodelan numerik, struktur bambu*

PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu material konstruksi terbarukan yang ramah lingkungan. Bambu memiliki beberapa keunggulan, di antaranya banyak ditemukan terutama di wilayah Indonesia, masa panen yang relatif singkat, dan kekuatan sejajar serat yang cukup tinggi. Batang bambu memiliki usia matang dan dapat dipanen pada usia 3-5 tahun, setelah umur 5-6 tahun batang bambu akan menua dan kualitasnya menurun

(Kaminski, Laurence, dan Trujillo 2016). Kekuatan tarik sejajar serat bambu dapat mencapai lebih dari 200 MPa (Oka et al. 2014). Batang bambu banyak digunakan untuk material konstruksi, misalnya untuk elemen struktural. Selain itu bambu juga digunakan sebagai elemen arsitektural untuk menambah nilai estetika suatu bangunan.

Penggunaan bambu untuk elemen struktural didahului dengan perancangan struktur, di antaranya menggunakan standar perancangan untuk struktur bambu ISO

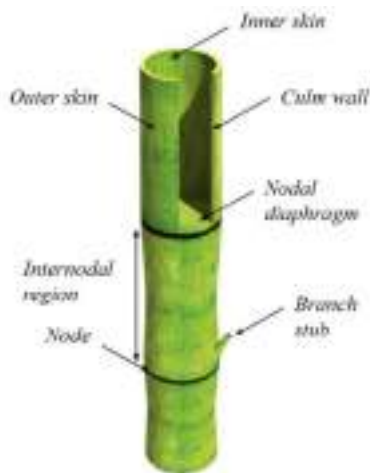
22156 tahun 2021. Nilai-nilai desain acuan didapatkan dari pengujian sifat mekanika mengikuti standar ISO 22157 tahun 2019. Prediksi kapasitas suatu elemen struktur dapat juga dilakukan dengan pengujian eksperimental di laboratorium. Permasalahan yang muncul adalah keterbatasan waktu dan ketersediaan alat untuk melakukan pengujian laboratorium tersebut. Pemodelan numerik (misalnya berupa model *finite element*) merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut (Silva, Walters, dan Paulino 2006).

Meskipun bambu dan kayu sama-sama merupakan material organik, namun bambu memiliki karakteristik penampang batang tersendiri (Chaowana 2013). Karakteristik tersebut membuat pemodelan numerik yang dilakukan berbeda dengan material kayu, juga berbeda dengan beton atau baja. Paper ini memaparkan beberapa contoh penggunaan model numerik dalam memprediksi kapasitas atau perilaku material bambu dalam bentuk bambu utuh maupun bambu laminasi. Melalui paper ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman tentang hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemodelan numerik sehingga hasil yang diperoleh mendekati dan sesuai dengan kondisi *real*.

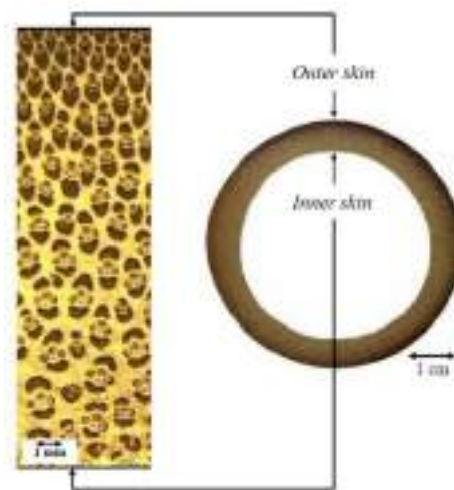
ANATOMI DAN SIFAT FISIKA BAMBU

Bambu merupakan kelompok tumbuhan rumput-rumputan dalam famili *poaceae* dan subfamili *bambusoides*. Terdapat lebih dari 1200 spesies bambu di seluruh dunia, tersebar di wilayah tropis dan subtropis seperti di wilayah Asia dan Amerika Selatan. Berdasarkan sistem akarnya bambu dibedakan menjadi kelompok monopodial dan simpodial (Chaowana 2013). Batang bambu berbentuk lingkaran berongga dan dipisahkan oleh ruas-ruas pada jarak tertentu (Gambar 1). Bagian ruas merupakan sistem diafragma alami yang berfungsi memberikan kekuatan pada batang bambu ketika tumbuh. Jarak antar ruas berkisar antara 250-500 mm, dimana pada batang bagian atas jarak ruasnya relatif lebih panjang dibandingkan bagian bawah (Kaminski et al. 2016).

Struktur penampang batang bambu tersusun dari ikatan pembuluh yang memiliki arah serat sejajar dengan sumbu longitudinal batang bambu, dan dikelilingi oleh jaringan parenkima. Komposisi jaringan parenkima sejumlah 50%, serat 40%, dan sel konduktor 10%. Persentase tersebut berbeda-beda baik dari bagian dalam ke kulit luar penampang maupun sepanjang batang. Pada bagian kulit jumlah serat relatif lebih banyak dibandingkan bagian dalam (Gambar 2). Sedangkan jumlah serat sepanjang batang paling banyak ditemukan pada batang bagian atas, dimana komposisi parenkima pada bagian atas berkurang dibandingkan bagian bawah (Chaowana 2013).



Gambar 1. Struktur Batang Bambu
(Kaminski et al. 2016)



Gambar 2. Distribusi Ikatan Pembuluh
D. asper (Chaowana 2013)

Karakteristik dari batang bambu secara alami tersebut memiliki pengaruh terhadap sifat mekanika dari batang bambu. Keberadaan dari ruas tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan mekanika, kecuali untuk kuat tarik sejajar serat dimana kuat tarik sejajar serat bagian ruas lebih rendah dibandingkan dengan kuat tarik bagian antar ruas. Kekuatan mekanika pada bagian kulit secara umum lebih tinggi dibandingkan bagian dalam. Perbedaan posisi batang yaitu pada bagian bawah, tengah, dan atas memiliki pengaruh berupa kenaikan kekuatan mekanika pada batang bagian atas seperti kuat tekan, kuat tarik sejajar dan tegak lurus serat, serta kuat gesernya (Oka et al. 2014). Dalam perancangan, penampang batang bambu sering dianggap memiliki bentuk lingkaran sempurna dan ukurannya sama sepanjang batang. Kenyataannya batang bambu tidak lurus, memiliki bentuk penampang oval, dan ukuran diameter bawah biasanya lebih besar dibandingkan bagian atas (*tapered*). Ketidaklurusan dari batang bambu seperti pada *G. apus* dapat disebabkan oleh proses pertumbuhan dari batang yang berkelompok.

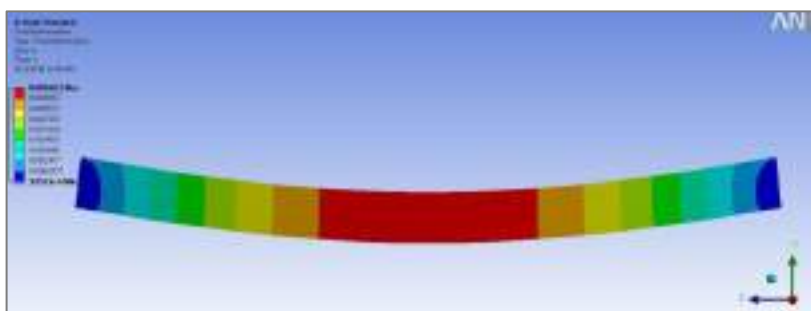
Tingkat oval dari penampang pada *G. apus* berkisar antara 0,909-0,904 dengan nilai 1,0 adalah penampang dengan bentuk lingkaran sempurna. Sedangkan nilai rata-rata perbedaan ukuran diameter bagian bawah dan atas (*tapered*) dibagi dengan panjang batang adalah sebesar 0,002 (Nurmadina, Nugroho, dan Bahtiar 2017).

PEMODELAN BAMBU UTUH

Pemodelan numerik material bambu umumnya menggunakan *software* berbasis *finite element method* (metode elemen hingga). Beberapa *software* yang digunakan antara lain seperti Abaqus, ANSYS, FEMAP, dan ADINA. Penggunaan dari masing-masing *software* tergantung dari preferensi setiap peneliti. *Software* lain digunakan untuk mendukung pengembangan model numerik seperti Solidworks untuk membuat geometri model pada ANSYS (Castaneda dan Bjarnadottir 2016), *subroutine* UMAT untuk mendefinisikan *material properties* pada Abaqus (Abzarih et al. 2020; Akinbade et al. 2021), dan LS-DYNA pada FEMAP (Ramful dan Sakuma 2020).

Mondal et al. (2020), Chand et al. (2008), Candelaria dan Hernandez Jr (2019) melakukan pemodelan numerik untuk mengetahui sifat mekanika tarik sejajar serat dan lentur bilah bambu. Visualisasi lendutan yang terjadi pada model numerik dapat dilihat pada Gambar 3. Zhao et al. (2014) meneliti perilaku kegagalan getas (*brittle failure mechanism*) pada pengujian tarik belah. García et al. (2012) dan Akinbade et al. (2021) mengevaluasi konstanta elastis dan sifat mekanika pada arah transversal. Ramful dan Sakuma (2020) meneliti mekanisme keretakan pada variasi beban dari bambu jenis *Phyllostachys bambusoides*. Lefevre et al. (2019) menggunakan model numerik untuk memprediksi performa dari tipe baru sambungan bambu yang dikembangkan.

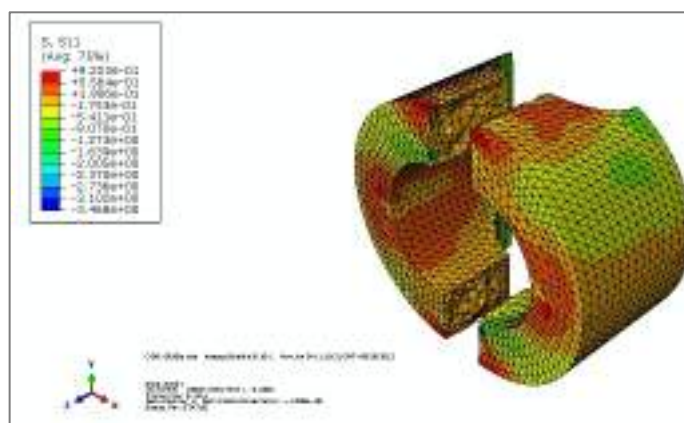
Langkah awal dalam pemodelan adalah memodelkan geometri. Dengan menggunakan *software finite element* dimungkinkan untuk memodelkan secara tiga dimensi (3D) menggunakan *solid element*. Pengaturan *meshing* berupa tipe dan ukuran *mesh* dilakukan sehingga didapatkan hasil yang konvergen (Mondal et al. 2020). Tipe *mesh* yang umum digunakan di antaranya adalah tetrahedral (C3D4) atau hexahedral (C3D8). Menurut Akinbade et al. (2021) elemen hexahedral memiliki tingkat konvergensi yang lebih baik dibanding elemen tetrahedral. Dalam memodelkan penampang bambu utuh diperlukan data dimensi penampang seperti diameter dan ketebalan, selain itu secara spesifik perlu dimodelkan juga keberadaan dari ruas (Lefevre et al. 2019).



Gambar 3. Visualisasi Lendutan Benda Uji Lentur pada ANSYS (Candelaria dan Hernandez Jr 2019)

Input *material properties* dalam pemodelan dilakukan berdasarkan hasil pengujian sifat mekanika. Nilai input untuk *material properties* seperti modulus elastisitas dan angka Poisson yang kemudian menurunkan nilai modulus geser, diperlukan untuk membentuk persamaan konstitutif material. Jenis material dalam pemodelan bambu utuh dapat berupa material isotropik, isotropik transversal, maupun ortotropik dengan perilaku linear maupun nonlinear, dimana masing-masing akan menghasilkan tingkat kedekatan dengan pengujian eksperimental yang berbeda.

Secara umum model dengan material isotropik atau rata-rata modulus elastisitas di sepanjang batang cukup untuk memprediksi perilaku global struktur (Mondal et al. 2020; Akinbade et al. 2021), sedangkan penggunaan material ortotropik nonlinear dapat diperoleh hasil yang lebih dekat dengan eksperimental dan cocok untuk melihat perilaku lokal seperti pada sambungan (Silva et al. 2006; Candelaria dan Hernandez Jr, 2019). Selain itu, nilai *fail stress* dan *fracture energy* dapat didefinisikan untuk memodelkan perilaku belah (Gambar 4) sebagaimana pada pengujian tarik belah (Zhao et al. 2014).

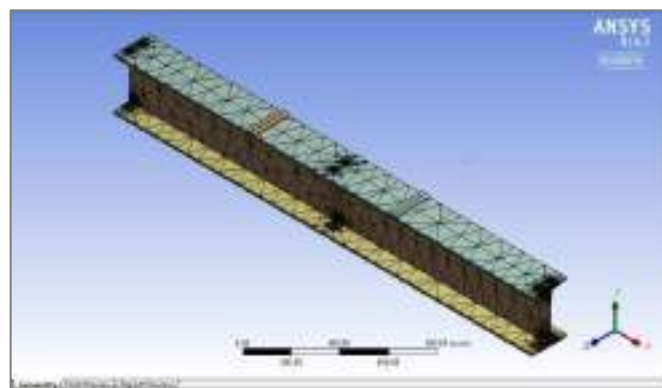


Gambar 4. Nefogram Tegangan Saat Benda Uji Gagal (Zhao et al. 2014)

PEMODELAN BAMBU LAMINASI

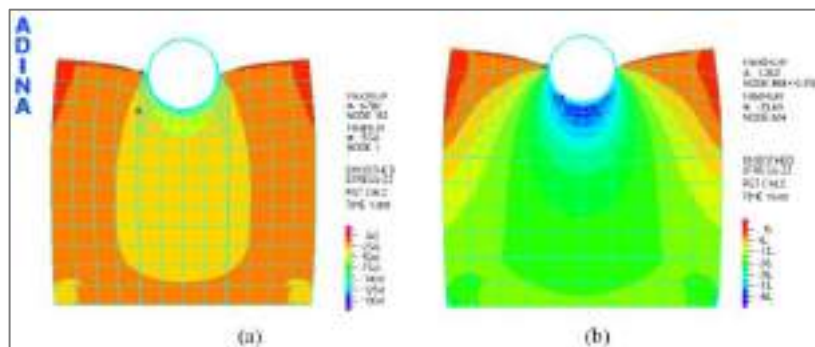
Software yang digunakan untuk memodelkan bambu laminasi secara numerik tidak jauh berbeda dengan yang digunakan untuk memodelkan bambu utuh. Abzari et al. (2020) menggunakan Abaqus dengan dukungan *subroutine* UMAT untuk memodelkan benda uji bambu laminasi pada skema pengujian lentur tiga titik pembebanan (*three-point bending*). Castaneda dan Bjarnadottir (2016) memodelkan balok bambu komposit berbentuk profil-I menggunakan ANSYS. Eratodi et al. (2014) dan Khoshbakht et al. (2018) menggunakan ADINA untuk memodelkan kuat tumpu dari bambu laminasi (bambu glulam dan *laminated veneer bamboo*).

Pada penelitian yang dilakukan Abzari et al. (2020) spesimen lentur dibedakan berdasarkan potongan bilah penyusunnya, menjadi arah radial dan tangensial. Pemodelan material berupa ortotropik nonlinear pada Abaqus dilakukan dengan bantuan *subroutine* UMAT. Grafik tegangan-regangan masing-masing arah (longitudinal, radial, dan transversal) dari hasil pengujian sifat mekanika diperlukan untuk menyusun persamaan konstitutif. Hasil pemodelan berupa nilai lendutan cukup mendekati hasil eksperimental, dimana selisih pada arah radial sebesar 1,95% dan arah tangensial 10,96%. Castaneda dan Bjarnadottir (2016) membuat geometri model balok komposit profil-I dengan menggunakan Solidworks. Pada bagian sambungan antara papan bambu laminasi dengan baut dilakukan *meshing* dengan ukuran yang lebih kecil agar dapat melihat konsentrasi tegangan yang terjadi dengan lebih teliti (Gambar 5). Material didefinisikan sebagai isotropik transversal dan berperilaku bilinear. Melalui model yang dikembangkan dapat diketahui konfigurasi optimal dari sambungan balok komposit profil-I.



Gambar 5. Pemodelan Benda Uji Balok Profil-I dalam ANSYS (Castaneda dan Bjarnadottir 2016)

Pemodelan kuat tumpu bambu laminasi yang dilakukan oleh Eratodi et al. (2014) dan Khoshbakht et al. (2018) menggunakan model dua dimensi (2D). Perbedaan antara keduanya ada pada idealisasinya, menjadi *plane strain* dan *plane stress*. Pada penelitian Eratodi et al. (2014) kontak antara material bambu laminasi dengan baut dapat didefinisikan berupa *surface-to-surface* dengan koefisien friksi sebesar 0,7. Dibedakan tipe pembebanan berdasarkan arah serat bambu laminasi (sejajar dan tegak lurus serat arah radial dan arah tangensial). Hasil pemodelan numerik menunjukkan bahwa kuat tumpu arah sejajar serat lebih tinggi dibandingkan arah tegak lurus serat (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil Analisis Numerik Berupa Kuat Tumpu Bambu Glulam (a) Sejajar Serat, (b) Tegak Lurus Serat (Eratodi et al. 2014)

Secara lebih lengkap, rangkuman perbandingan pemodelan numerik bambu utuh dan bambu laminasi yang dilakukan oleh beberapa peneliti disajikan pada Tabel 1. Perbandingan meliputi jenis pengujian eksperimental yang dilakukan, idealisasi geometri dan material yang digunakan, serta kesesuaiannya dengan hasil pengujian eksperimental.

KESIMPULAN

Pemodelan numerik dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas dan perilaku struktur bambu utuh maupun bambu laminasi. Abaqus, ANSYS, ADINA, FEMAP adalah di antara *software* yang umum digunakan untuk pemodelan, di mana penggunaannya sesuai preferensi dari setiap peneliti. Tingkat detail geometri dari model seperti keberadaan ruas dan kemiripan dengan konfigurasi pengujian eksperimental menentukan hasil pemodelan numerik. Selain itu, definisi *material properties* berupa ortotropik nonlinear dirasa lebih sesuai digunakan untuk mewakili material bambu yang mana dapat memberikan hasil yang lebih dekat terhadap pengujian eksperimental.

Tabel 1. *Review* Pemodelan Numerik Bambu Utuh dan Bambu Laminasi

Peneliti	Pengujian	Software	Detail Geometri	Model Material	Validasi
Bambu utuh (<i>full-culm bamboo</i>)					
Lefevre et al. (2019)	lentur balok kantilever	ANSYS	<i>half-model</i> , keberadaan ruas	ortotropik	71,0% beban maks.
Mondal et al. (2020)	kuat tarik (ISO 22157:2004)	Abaqus	keberadaan ruas (<i>high & low fidelity model</i>)	isotropik homogen	92,0% (<i>high</i>); 81,0% (<i>low</i>)
Garcia et al. (2012)	sifat mekanika transversal (protokol baru)	Abaqus	elemen C3D8I	isotropik transversal	hasil serupa (dengan kalibrasi kekakuan)
Candelaria & Hernandez Jr. (2019)	uji lentur bilah (ASTM D143)	ANSYS	penampang empat lapis	isotropik, ortotropik	80,74% (isotropik); 96,63% (ortotropik)
Chand et al. (2008)	kuat tarik, kuat lentur	Abaqus	elemen C3D8R, ukuran <i>mesh</i> 1 mm	isotropik (lentur), isotropik transversal (tarik)	hasil serupa
Ramful & Sakuma (2020)	-	FEMAP, LS-DYNA	<i>solid & hollow</i> , homogen & nonhomogen	isotropik transversal	-
Akinbade et al. (2021)	kuat belah (ISO 22157:2019)	Abaqus, UMAT <i>subroutine</i>	nonhomogen	isotropik transversal, ortotropik	
Zhao et al. (2014)	kuat tarik belah	Abaqus	elemen C3D4	isotropik, <i>fail stress</i> , <i>fracture energy</i>	> 80%
Bambu laminasi (<i>laminated bamboo</i>)					
Abzari et al. (2020)	lentur tiga titik (ASTM D143)	Abaqus, UMAT <i>subroutine</i>	arah susunan lamina: radial dan tangensial	ortotropik nonlinear	98,05% (radial); 89,04% (tangensial)
Castaneda & Bjarnadottir (2016)	-	ANSYS, Solidworks	ukuran <i>mesh</i> bagian sambungan diperhalus	isotropik transversal	-
Eratodi et al. (2014)	kuat tumpu sambungan dowel (ASTM D5764)	ADINA	arah serat bambu laminasi, definisi kontak	ortotropik elastis linear	hasil serupa
Khoshbakht et al. (2018)	kuat tumpu sambungan dowel (ASTM D5764)	ADINA	ukuran <i>mesh</i> dekat lubang diperhalus	ortotropik elastis linear	hasil serupa (dengan kalibrasi modulus elastis)

DAFTAR PUSTAKA

- Abzari, Abdul Widayat, Inggar Septhia Irawati, and Bambang Suhendro. 2020. "Nonlinear Numerical Model of Glued-Laminated Petung Bamboo Under Flexural Test Based on ASTM D 143-94." presented in 5th International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Material (Under Publication Process).
- Akinbade, Yusuf, Ian Nettleship, Christopher Papadopoulos, and Kent A. Harries. 2021. "Modelling Full-Culm Bamboo as a Naturally Varying Functionally Graded Material." *Wood Science and Technology* 55(1):155–79.
- Candelaria, Ma Doreen Esplana, and Jaime Yabut Hernandez Jr. 2019. "Determination of The Properties of Bambusa Blumeana Using Full-Culm Compression Tests and Layered Tensile Tests for Finite Element Model Simulation Using Orthotropic Material Modeling." *ASEAN Engineering Journal* 9(1):54–71.
- Castaneda, Hernan, and Sigridur Bjarnadottir. 2016. "Analysis of the Bolted Connection of a Bamboo Composite I-Shaped Beam Subjected to Bending." *Procedia Engineering* 145(860):796–803.
- Chand, Navin, Mukul Shukla, and Manoj Kumar Sharma. 2008. "Analysis of Mechanical Behaviour of Bamboo (*Dendrocalamus Strictus*) by Using FEM." *Journal of Natural Fibers* 5(2):127–37.
- Chaowana, Pannipa. 2013. "Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites." *Journal of Materials Science Research* 2(2).
- Eratodi, I Gusti Lanang Bagus, Andreas Triwiyono, Ali Awaludin, and Tibertius Agus Prayitno. 2014. "The Effect of Specific Gravity on Embedding Strength of Glued-Laminated (Glulam) Bamboo: Numerical Analysis and Experiment." *ASEAN Civil Engineering Conference* 3(1):1–11.
- García, José Jaime, Christian Rangel, and Khosrow Ghavami. 2012. "Experiments with Rings to Determine the Anisotropic Elastic Constants of Bamboo." *Construction and Building Materials* 31:52–57.
- Kaminski, Sebastian, Andrew Laurence, and David Trujillo. 2016. "Structural Use of Bamboo (Part 1: Introduction to Bamboo)." *The Structural Engineer* 94(8):40–43.
- Khoshbakht, Niloufar, Peggi L. Clouston, Sanjay R. Arwade, and Alexander C. Schreyer. 2018. "Computational Modeling of Laminated Veneer Bamboo Dowel

- Connections.” *Journal of Materials in Civil Engineering* 30(2).
- Lefevre, Benoit, Roger West, Peter O’Reilly, and David Taylor. 2019. “A New Method for Joining Bamboo Culms.” *Engineering Structures* 190(February):1–8.
- Mondal, Bapi, Damodar Maity, and Puneet Kumar Patra. 2020. “Tensile Characterisation of Bamboo Strips for Potential Use in Reinforced Concrete Members: Experimental and Numerical Study.” *Materials and Structures* 53(5):1–15.
- Nurmadina, Naresworo Nugroho, and Effendi Tri Bahtiar. 2017. “Structural Grading of Gigantochloa Apus Bamboo Based on Its Flexural Properties.” *Construction and Building Materials* 157:1173–89.
- Oka, Gusti Made, Andreas Triwiyono, Ali Awaludin, and Suprpto Siswosukarto. 2014. “Effects of Node, Internode and Height Position on the Mechanical Properties of Gigantochloa Atroviolacea Bamboo.” *Procedia Engineering* 95(April 2015):31–37.
- Ramful, Raviduth, and Atsushi Sakuma. 2020. “Investigation of the Effect of Inhomogeneous Material on the Fracture Mechanisms of Bamboo by Finite Element Method.” *Materials* 13(21):1–15.
- Silva, Emílio Carlos Nelli, Matthew C. Walters, and Glaucio H. Paulino. 2006. “Modeling Bamboo as a Functionally Graded Material: Lessons for the Analysis of Affordable Materials.” *Journal of Materials Science* 41(21):6991–7004.
- Zhao, Zhang Rong, Wan Si Fu, Jian Bo Zhou, and Wang Han. 2014. “Study on Finite Element Model for Splitting Capacity of Bamboo Culms.” *Applied Mechanics and Materials* 494–495:558–62.

ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH INOVASI RAMAH LINGKUNGAN DALAM CAMPURAN BETON *HIGH STRENGTH* TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Ahmad Musaddad, Rizki Firmansyah

D-III Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi

D-III Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi

E-mail : ahmadmusaddad281@gmail.com, firmansyah.rzki.424@gmail.com

Abstract

High strength concrete is not only used as an efficient concrete manufacture and meets the required strength limits, even exceeding the planned compressive strength limits, but also as an effort to utilize environmentally friendly materials that are no longer used by being used as high strength concrete innovations which is without mixtures/coarse aggregates and fine aggregates of metal in its application. Comparative analysis of several innovations that aim to be a future reference regarding appropriate and efficient environmentally friendly materials for high strength concrete in compressive strength. The innovations of environmentally friendly materials used are patchwork, bamboo fiber, and husk ash with each innovation made as many as 3 cylindrical specimens measuring 10 cm in diameter and 20 cm in height based on ASTM C-470. The method applied to the standard SK.SNI.T-15-1990-03 with the title of the book, Procedures for Making Normal Concrete Mixture Plans by planning mix design with admixture. Then, the concrete is tested at the age of 50 days of concrete. In this analysis, it was found that the patchwork innovation on the compressive strength of concrete was higher than other innovations with a concrete compressive strength of 34,77 Mpa.

Keyword : *High Strength Concrete, Environmentally Friendly Innovation, Compressive Strength, Planning, and Efficient.*

Abstrak

Beton *high strength* tidak hanya dimanfaatkan sebagai pembuatan beton yang efisien dan memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan, bahkan melebihi batas kekuatan tekan yang direncanakan, tetapi juga sebagai upaya memanfaatkan bahan-bahan yang ramah lingkungan sekitar yang sudah tidak terpakai lagi dengan dijadikan sebagai inovasi beton *high strength* yang tanpa campuran/agregat kasar dan agregat halus dari logam dalam penerapannya. Analisis perbandingan dari beberapa inovasi yang bertujuan dapat menjadi rujukan kedepannya mengenai bahan ramah lingkungan yang tepat dan efisien bagi beton *high strength* pada kuat tekan. Inovasi bahan ramah lingkungan yang digunakan adalah kain perca, serat bambu, dan abu sekam dengan masing-masing inovasi dibuat sebanyak 3 buah benda uji bentuk silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm berdasarkan ASTM C-470. Metode yang diterapkan dengan standar SK.SNI.T-15-1990-03 dengan judul buku, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal dengan perencanaan *mix design* dengan *admixture*. Kemudian, beton diuji pada usia beton 50 hari. Pada analisis ini didapatkan bahwa inovasi kain perca pada kuat tekan beton lebih tinggi dibanding inovasi lainnya dengan kuat tekan beton 34,77 Mpa.

Kata Kunci : *Beton High Strength, Inovasi Ramah Lingkungan, Kuat Tekan, Perencanaan, dan Efisien.*

I. PENDAHULUAN

Pada bagian ini dipaparkan gagasan yang melandasi penelitian meliputi (1) latar belakang, (2) rumusan masalah, dan (3) tujuan penelitian. Gagasan-gagasan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat (dan bahan tambah yang bervariasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Beton harus direncanakan sebaik mungkin dengan memilih material yang berkualitas supaya dapat berfungsi dengan semestinya dan mampu melayani kebutuhan pembangunan gedung, jembatan, jalan raya, atau yang berhubungan dengan beton agar sesuai perencanaan dan tetap memerhatikan kondisi lingkungan, maka salah satu upaya yang dilakukan oleh perencana (*engineer*) yaitu dengan membuat beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan menambah bahan ramah lingkungan yang tidak digunakan lagi sebagai inovasi material.

Limbah kain merupakan salah satu jenis limbah yang sulit diolah karena merupakan limbah anorganik yang tidak mudah terurai, sehingga tidak dapat dikompos. Jika limbah kain diolah dengan cara pembakaran akan menimbulkan asap dan gas beracun yang juga membahayakan lingkungan. Ini menjadikannya suatu masalah karena berdasarkan data tahun 2011, limbah kain menempati urutan ke-4 persentase limbah terbanyak yakni 6,36% secara berat dan 5,1% secara volume, dengan jumlah sampah harian di Bandung yang mencapai kurang lebih 1000 ton per-hari dengan peningkatan sekitar 3% sampai 5% per-tahunnya. Indonesia juga telah menjadi salah satu negara pengekspor produk bambu terbesar di dunia dengan menempati peringkat ke-3 dunia dengan pangsa pasar 7% dan nilai ekspor berjumlah USD 490 Juta atau sekitar Rp 7 Triliun. Karena hal tersebut, dampak yang ditimbulkan adalah banyaknya limbah yang dihasilkan oleh industri bambu. Serta menurut data lain, sekam padi punya beberapa

keunggulan. Dari segi jumlah, komposisinya mencapai 20% dari produksi gabah kering giling. Jumlah gabah itu di Indonesia setahun mencapai 55 Juta ton, dan sekitar 11 Juta ton diantaranya berupa limbah sekam padi.

Upaya penelitian bahan inovasi pada campuran beton *high strength* ini merupakan tahap awal dari perencana (*engineer*) dalam pemanfaatan bahan sisa ramah lingkungan untuk peningkatan mutu pada kuat tekan beton dalam pembuatan beton mutu tinggi. Menurut As'at Pujiyanto (2010) bahwa dengan memanfaatkan beton mutu tinggi, dapat diperoleh beton berkekuatan yang jauh lebih kuat, lebih awet, dan tahan sulfat, karena tidak dapat ditembus oleh air dan bakteri perusak beton, masa layak, dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang akan dijadikan titik fokus dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

- (1) Bagaimana analisis perbandingan masing-masing bahan inovasi tersebut dalam kuat beton?
- (2) Bagaimana hubungan inovasi material sebagai pengganti agregat dalam campuran beton yang ramah lingkungan?
- (3) Bagaimana hubungan implementasi penelitian tersebut dalam dunia proyek?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan masing-masing bahan inovasi tersebut dalam kuat beton.
- b. Untuk mengetahui hubungan kausal (hubungan sebab akibat) inovasi material sebagai pengganti agregat pada lingkungan.
- c. Untuk mengetahui efisiensi dalam implementasi bahan inovasi ramah lingkungan tersebut dalam dunia proyek.

II. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini diuraikan beberapa hal yang berkaitan dengan metode yang digunakan pada penelitian ini. Hal-hal tersebut meliputi (1) jenis penelitian, (2) sumber

data, (3) jenis data, (4) teknik pengumpulan data, dan (5) teknik analisis data. Uraian lebih detail dijelaskan dalam uraian berikut.

2.1 Jenis Penelitian

Peneliti melakukan penelitian jenis deskriptif-kuantitatif yaitu menunjukkan tujuan penelitian ini agar bisa memberikan sebuah penjelasan yang rinci dan mendalam sesuai data faktual yang sistematis tentang suatu peristiwa atau permasalahan lingkungan yang dapat dijadikan sebagai objek penelitian.

2.2 Sumber Data

Data yang dikumpulkan oleh peneliti didasarkan pada dua jenis data yaitu primer yang diperoleh langsung oleh peneliti dari percobaan yang ada dan sekunder yang didapat melalui data-data dari pihak lain yang terpercaya.

2.3 Jenis Data

Data yang diambil oleh peneliti menggunakan data kualitatif dan kuantitatif yang berupa data-data percobaan sistematis serta observasi dari beberapa data eksternal.

2.4 Populasi dan Sampel

2.4.1 Populasi

Populasi merupakan keseluruhan subyek yang diteliti. Adapun yang menjadi populasi dari penelitian ini adalah material campuran *mix design*-nya dari masing-masing inovasi yang berjumlah keseluruhan 9 silinder percobaan beton.

2.4.2 Sampel

Sampel merupakan sebagian dari populasi yang karakteristiknya hendak diteliti. Adapun yang menjadi sampel dari penelitian ini adalah beton *high strength* dengan inovasi ramah lingkungan yang memiliki mutu lebih tinggi.

2.5 Definisi Operasional Variabel

Hal-hal yang didefinisikan dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a) Beton ramah lingkungan adalah sebuah beton yang memanfaatkan bahan yang ramah lingkungan sebagai material campurannya.

- b) Kuat tekan beton adalah besarnya beban per-satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin pembebanan.

2.6 Teknik Pengumpulan Data

Peneliti melakukan penelitian berdasarkan observasi, dokumentasi, dan eksperimen agar memudahkan peneliti dalam pengumpulan data untuk kegiatan penelitian terhadap analisis perbandingan pengaruh inovasi bahan ramah lingkungan terhadap campuran beton *high strength*.

2.6.1 Teknik Observasi

Menurut Widoyoko (2014 : 46) menyatakan observasi merupakan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap unsur-unsur yang nampak dalam suatu gejala pada objek penelitian. Menurut Riyanto (2010 : 96) juga menyatakan bahwa observasi merupakan metode pengumpulan data yang menggunakan pengamatan secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka observasi dapat diartikan sebagai salah satu metode dalam penelitian dengan melakukan pengamatan dan pencatatan terhadap suatu objek penelitian secara langsung maupun tidak langsung guna mendapatkan data yang diperlukan dari adanya observasi tersebut. Tujuan digunakannya observasi sebagai salah satu metode penelitian diantaranya untuk mengetahui sebuah penjelasan yang rinci dan mendalam sesuai data faktual yang sistematis tentang suatu peristiwa atau permasalahan lingkungan.

2.6.2 Teknik Dokumentasi

Menurut Riyanto (2012 : 103) menyatakan bahwa metode dokumentasi adalah cara mengumpulkan data dengan mencatat data-data yang sudah ada. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa metode dokumentasi ini guna memperoleh data-data yang sudah ada sebelumnya untuk dijadikan panduan atau acuan standar operasional dalam penelitian yang dilakukan.

2.6.3 Teknik Eksperimen

Menurut Sugiyono (2018 : 72) metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Kendali kondisi atau kontrol yang dimaksud ialah biasanya dilakukan melalui bandingan langsung terhadap sesuatu yang tidak diberi

perlakuan. Sehingga, dapat dilakukan komparasi secara langsung antara subjek yang diberi perlakuan dan subjek yang tidak diberi perlakuan untuk menentukan secara cermat dan akurat hasil eksperimen yang telah dilakukan. Penelitian eksperimen juga merupakan penelitian yang bersifat prediktif, yaitu meramalkan atau memprediksi akibat dari suatu manipulasi terhadap variabel terikatnya (Latipun, 2018 : 8). Artinya, penelitian eksperimen ini biasa dilakukan dengan asumsi dasar atau hipotesis yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang bersifat prediktif untuk mencari hubungan sebab-akibat (kausalitas) pengaruh antara dua faktor berupa variabel independen (*treatment*/perlakuan/inovasi) terhadap variabel dependen (hasil/kuat tekan beton) dalam kondisi yang terkendalikan. Kondisi dikendalikan agar tidak ada variabel lain (selain variabel *treatment*) yang mempengaruhi variabel dependen dengan menggunakan kelompok kontrol dan penelitian eksperimen biasanya dilakukan di dalam laboratorium.

2.7 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian melalui 3 langkah. Langkah-langkah tersebut, yaitu (1) peneliti memastikan semua landasan teori yang diperlukan telah diperoleh dengan baik, (2) peneliti melakukan observasi pada objek penelitian, mengumpulkan/mencatat data yang sudah ada, dan bereksperimen di laboratorium guna mendapatkan data-data faktual yang sistematis, dan (3) penelitian menganalisis hasil dari data-data yang didapat dan menjelaskan dalam bentuk laporan ilmiah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan (1) analisa perbandingan bahan campuran, (2) hubungan inovasi material sebagai pengganti agregat, dan (3) hubungan implementasi penelitian dalam dunia proyek.

3.1 Analisa Perbandingan Bahan Campuran

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton adalah proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan, keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, dan terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat. Dari

faktor-faktor utama tersebut peneliti menggunakan perencanaan *mix design* (F_c 58 Mpa) tanpa campuran agregat kasar dengan benda uji bentuk silinder (ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm) yang sama terhadap ketiga inovasi tersebut.

Tabel 3.1 Analisa Perbandingan Bahan Campuran (a) Inovasi Abu Sekam

No.	Hasil Pengujian	Inovasi Abu Sekam			Rata-Rata
		I	II	III	
1.	<i>Sample peak load</i> , N	241,9	306,4	230,8	259,7
2.	<i>Sample stress</i> , Mpa	30,80	39,02	29,39	33,07
3.	<i>Pace rate</i> , kN/s	2,40	2,40	2,40	2,40
4.	<i>Sample density</i> , kg/m ³	2111	2111	2111	2111

Tabel 3.2 Analisa Perbandingan Bahan Campuran (b) Inovasi Kain Perca

No.	Hasil Pengujian	Inovasi Kain Perca			Rata-Rata
		I	II	III	
1.	<i>Sample peak load</i> , N	321,6	229,7	268,0	273,1
2.	<i>Sample stress</i> , Mpa	40,94	29,24	34,13	34,77
3.	<i>Pace rate</i> , kN/s	2,40	2,40	2,40	2,40
4.	<i>Sample density</i> , kg/m ³	2111	2111	2111	2111

Tabel 3.3 Analisa Perbandingan Bahan Campuran (c) Inovasi Serat Bambu

No.	Hasil Pengujian	Inovasi Serat Bambu			Rata-Rata
		I	II	III	
1.	<i>Sample peak load</i> , N	189,9	183,3	181,5	184,9
2.	<i>Sample stress</i> , Mpa	24,18	23,34	23,11	23,543
3.	<i>Pace rate</i> , kN/s	2,40	2,40	2,40	2,40
4.	<i>Sample density</i> , kg/m ³	2111	2111	2111	2111

Berdasarkan hasil analisis perbandingan pengaruh inovasi ramah lingkungan dalam campuran beton *high strength* terhadap kuat tekan beton diatas sesuai tabel 3.1, tabel 3.2, dan tabel 3.3 didapatkan bahwa inovasi kain perca memiliki kuat tekan beton lebih besar dari dua inovasi lainnya (abu sekam dan limbah bambu) dengan rata-rata kuat tekan beton 34,77 Mpa.

3.2 Hubungan Inovasi Material sebagai Pengganti Agregat

Dari data banyaknya limbah kain perca, abu sekam, dan limbah bambu yang dipaparkan sebelumnya, beton dengan campuran bahan tersebut merupakan inovasi untuk mengganti bahan agregat kasar sebagai salah satu upaya penanggulangan limbah yang berlebihan dan untuk efisiensi pengurangan biaya produksi pada pekerjaan beton. Penjelasan tersebut didukung dikarenakan bahan inovasi yang diteliti (dijadikan subjek eksperimen dalam penelitian) mempunyai kriteria yang bisa dijadikan acuan sebagai pengganti agregat kasar pada beton.

3.3 Hubungan Implementasi Penelitian dalam Dunia Proyek

Berdasarkan tabel 3.2 di atas, inovasi bahan kain perca didapatkan rata-rata kuat tekan beton 34,77 Mpa dari perencanaan mutu beton F_c 58 Mpa. Dari hasil tersebut, beton dengan inovasi bahan kain perca dapat dijadikan rekomendaasi pemilihan bahan untuk pekerjaan beton yang tidak harus menahan beban besar seperti bagian plat atap pada halaman depan dan belakang, plat atap jendela dan pintu, pagar beton, dan bagian bangunan lainnya yang tidak menerima beban besar.

Penelitian ini didapatkan juga data harga beberapa bahan material sebagai berikut.

Kain Perca = Rp 18.000/kg	Agregat Kasar = Rp 360.400/m ³
Abu Sekam = Rp 5000/kg	Agregat Kelas C2 = Rp 423.575/m ³
Limbah Bambu = Rp 3000/kg	Agregat Kelas S = Rp 210.543/m ³

Berdasarkan data harga tersebut, pekerjaan beton menggunakan bahan inovasi ramah lingkungan ini efisien dalam pengurangan biaya pada pekerjaan konstruksi, terutama pada pekerja pembetonan.

IV. SIMPULAN

Pada bagian ini disajikan (1) simpulan dan (2) saran. Hal-hal tersebut diuraikan sebagai berikut.

4.1 Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tentang analisis perbandingan pengaruh inovasi ramah lingkungan dalam campuran beton *high strength* terhadap kuat tekan

beton dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya yaitu inovasi kain perca memiliki kekuatan tekan beton lebih besar dengan rata-rata kuat tekan 34,77 Mpa dibandingkan kedua inovasi lainnya, inovasi abu sekam dan inovasi serat bambu dengan masing-masing memiliki kuat tekan 33,07 Mpa dan 23,543 Mpa. Selain itu, kain perca menjadi salah satu bahan rekomendasi dalam campuran beton *high strength* sebagai pengganti agregat kasar dari penelitian yang ada, guna upaya penggulangan limbah yang berlebihan dan berefisien pada anggaran biaya produksi pembetonan. Hal ini terbukti pada implementasiannya yang efektif pada pekerjaan pembetonan di beberapa titik tertentu pada pekerjaan konstruksi yaitu pekerjaan pembetonan di titik yang tidak harus menahan beban besar, sehingga selain efisien pada anggarannya, juga menjadi titik upaya ikut serta dalam penanggulangan limbah di lingkungan sekitar.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan di atas, maka dapat diajukan saran-saran untuk mendapatkan mutu beton *high strength* dengan inovasi ramah lingkungan sebagai bahan tambah terhadap kuat tekan beton yaitu untuk pembuatan beton *high strength* yang baik, perlu diperhatikan benar-benar masalah kelecakan dalam pengerjaannya, sehingga diperoleh beton yang padat dan tidak keropos meskipun bahan campurannya tidak memakai agregat kasar serta ruang lingkup untuk penelitian ini masih bisa dikembangkan dengan antar bahan inovasi kain perca dapat dipadukan dengan abu sekam atau serat bambu ataupun sebaliknya, atau juga dengan bahan inovasi lain yang bersifat ramah lingkungan.

Sosialisasi pemilihan bahan/material yang ramah lingkungan dalam pekerjaan konstruksi terutama pekerjaan pembetonan sangat penting kepada seluruh lapisan masyarakat, perencana, pelaksana di lapangan, bahkan pihak pemerintah setempat yang berpatokan pada standar dan aturan yang ada guna tercipta juga lingkungan yang bersih, ramah, dan nyaman. Pemilihan material yang ramah lingkungan juga sebaiknya disertai dengan pemanfaatan yang efektif, efisien, dan memenuhi kebutuhan infrastruktur serta lingkungan masyarakat terdampak yang positif. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran, informasi, paduan, tolak ukur, dan masukan bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian di bidang yang sama mengenai bahan inovasi ramah lingkungan dalam campuran beton *high strength* terhadap kuat tekannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. S. (2019). *Modul Laboratorium Uji Bahan : Uji Bahan Bangunan dan Mix Design Beton*. Banyuwangi : Politeknik Negeri Banyuwangi.
- DSpace UII. Daftar Harga Dasar Satuan Material. Diakses pada Agustus 28, 2021, dari <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/7838/07.2.%20Lampiran%2002.pdf?sequence=13&isAllowed=y>.
- Helmi, M., Widyawati, R., Irianti, L., & Annisa, M. A. (2019). Sifat Mekanik Beton Reaktif yang Menggunakan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Sebagian Semen dan Perlakuan Perawatan Panas (*Heat Curing*). *Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA)*, 78-83.
- Makmur, M., Ngii, E., Sukri, A. S., Rahmat, Haryadi, A., Adam, C., & Kudus, F. (2019). Beton Ramah Lingkungan dengan Kekuatan Awal yang Tinggi. *STABILITA : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 183-190.
- Mantoli, S., & Widyanto, D. (2019). Pemanfaatan Limbah Bambu sebagai Material Pembuatan Kemasan Produk Pecah Belah yang Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Desain Sosial 2019 : Desain Sosial Inovatif*, 159-161.
- Ranah Research. Pengertian Metode Penelitian Eksperimen dan Cara Menggunakannya. Diakses pada Agustus 13, 2021, dari <https://ranahresearch.com/pengertian-metode-penelitian-eksperimen/>.
- Sari, N. M., Lusiyani., Nisa, K., Mahdle, M. F., & Ulfah, D. (2017). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi untuk Campuran Pupuk Bokashi dan Pembuatan Biobriket sebagai Bahan Bakar Nabati. *Jurnal PengabdianMu*, 2(2), 90-97.
- Susilo, R. (2012). Pemanfaatan Limbah Kain Perca untuk Pembuatan Furnitur. *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain*, 1-6.
- Thabroni, G. (2021, Februari 12). Metode Penelitian Eksperimen : Pengertian, Langkah & Jenis. Diakses dari <https://ranahresearch.com/pengertian-metode-penelitian-eksperimen/>.