

ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH METODE PEMBEBANAN LANGSUNG PADA PELAT DENGAN SEGITIGA TRAPESIUM TERHADAP DIMENSI ELEMEN STRUKTUR DAN BIAYA

Ni Putu Ria Asilia¹⁾, I Wayan Intara²⁾, Ni Putu Indah Yuliana³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

²⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali

³⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali
Email: riaasilia991@gmail.com¹⁾, intarajoist@yahoo.com²⁾, putuindah3107@pnb.ac.id³⁾

Abstract

The biggest factor causing construction failure is the human factor due to loading errors. This study explaining a comparison of slab diaphragm structure system using direct load method on slab with open frame structure system using trapezoidal triangle load method. The purpose of this study was to determine the effects of direct load method on slab and trapezoidal triangle load method on the dimension of structural elements and cost required.

This type of study is analytical descriptive study that uses quantitative data. Data analysis was using North Wing Building of Payangan Regional General Hospital as a sample which is a 5-level hospital building using structural analysis software, SAP2000 version 22.

From the results of data analysis, structure with direct load method on slab only have over stress on beam B12, while structure with trapezoidal triangle load method have over stress on beam B8, beam B3, beam B7, beam B11, beam TB3, beam B2, beam TB2, beam TB1, and beam B12, also reduced the thickness of the slab. From the results of the cost analysis, the structure with the direct load method on the slab requires a cost of 0.13% more expensive than the trapezoidal triangle load method.

Keywords: Direct Load on Slab, Trapezoidal Triangle Load, Structural Element, Cost Management

Abstrak

Faktor terbesar penyebab kegagalan konstruksi adalah 9edung manusia akibat kesalahan pembebanan. Dalam penelitian ini dibahas perbandingan 9edung struktur diafragma pelat yang menggunakan metode pembebanan langsung pada pelat dengan 9edung struktur *open frame* yang menggunakan metode pembebanan segitiga trapesium. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh metode pembebanan langsung pada pelat dan metode pembebanan segitiga trapesium terhadap dimensi elemen struktur dan biaya yang dibutuhkan.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitik yang menggunakan data kuantitatif. Analisis data menggunakan *sample* Gedung Wing Utara Rumah Sakit Umum Daerah Payangan yang merupakan 9edung rumah sakit 5 lantai dengan menggunakan bantuan *software* analisis struktur SAP2000 versi 22.

Dari hasil analisis data, struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat hanya mengalami *over stress* pada balok B12, sedangkan struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium mengalami *over stress* pada balok B8, balok B3, balok B7, balok B11, balok TB3, balok B2, balok TB2, balok TB1, dan balok B12. Dari hasil analisis biaya diperoleh hasil bahwa struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat.

Kata Kunci: Beban Langsung pada Pelat, Beban Segitiga Trapesium, Elemen Struktur, Manajemen Biaya

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri konstruksi di Indonesia diikuti dengan meningkatnya angka kegagalan konstruksi. Sebanyak 80% dari *projects risk in construction* dan *construction defects* sebanyak 54% disebabkan oleh faktor manusia dalam hal kesalahan perhitungan beban sehingga mengakibatkan struktur menerima beban berlebih [1] [2]. Dalam perencanaan pembebanan struktur gedung, umumnya terdapat 2 jenis sistem struktur yang digunakan yaitu sistem struktur diafragma pelat dan sistem struktur rangka terbuka (*open frame*). Pada perencanaan di lapangan kerap kali penggunaan metode pembebanan segitiga trapesium pada sistem struktur *open frame* tanpa pelat tidak memperhitungkan distribusi beban pelat ke balok.

Pekerjaan struktur beton yaitu pada pekerjaan balok dan kolom merupakan pekerjaan dengan biaya terbesar yang nilainya mencapai 23,26% dari total biaya keseluruhan bangunan [3]. Sehingga, penting untuk memilih metode pembebanan yang digunakan agar biaya yang dikeluarkan menjadi lebih efisien.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan metode pembebanan langsung pada pelat dengan metode pembebanan segitiga trapesium dari segi dimensi dan biaya. Selain untuk mengurangi tingkat kegagalan struktur akibat kesalahan perencanaan pembebanan, dapat pula melakukan penghematan biaya untuk pekerjaan struktur khususnya pekerjaan struktur beton bertulang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif analitik dengan metode analisis data kuantitatif komparatif. *Sample* yang digunakan adalah Gedung Wing Utara Rumah Sakit Umum Daerah Payangan dengan periode penelitian selama 4 bulan terhitung sejak Maret 2023 hingga Juli 2023. Metode pengumpulan data yang digunakan disesuaikan dengan jenis datanya. Untuk data primer dilakukan dengan membuat pemodelan struktur dan menghitung kebutuhan biaya. Sedangkan, data sekunder diperoleh dari internet, PT. Bianglala Bali selaku kontraktor pelaksana, dan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Provinsi Bali. Penelitian ini menggunakan 2 jenis variabel, yaitu variabel bebas yang terdiri dari metode pembebanan langsung pada pelat dan metode pembebanan segitiga trapesium, dan variabel terikat yang terdiri dari dimensi elemen struktur dan biaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek penelitian ini adalah Gedung Wing Utara Rumah Sakit Umum Daerah Payangan yang dikerjakan oleh kontraktor PT. Bianglala Bali dengan nilai kontrak sebesar Rp95.599.398.790,00. Proyek yang berlokasi di Jalan Giri Kesuma, Payangan, Gianyar ini dibangun dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan tambahan ruang perawatan sebagai layanan kesehatan untuk masyarakat dalam masa pandemic *Covid-19*. Oleh karena itu, Gedung Wing Utara Rumah Sakit Umum Daerah Payangan dibangun untuk menyiapkan tambahan fasilitas 105 kamar dengan 105 tempat tidur.

Dengan menggunakan bantuan *software* SAP2000 versi 22, akan dilakukan pemodelan dan analisis struktur Gedung Wing Utara Rumah Sakit Umum Daerah Payangan dengan 2 metode pembebanan yang berbeda yaitu metode pembebanan langsung pada pelat dan metode pembebanan segitiga trapesium.

1. Metode Pembebanan Langsung pada Pelat

Pemodelan struktur dibuat dengan berpedoman pada gambar *as built drawing* dan data-data perencanaan yang meliputi, data material, data *soil test*, dan data pembebanan.

Data *soil test* diperoleh dari hasil pengujian tanah yang meliputi pengujian sondir dan SPT. Kedalaman tanah keras adalah 15,6 m dengan daya dukung tanah untuk pondasi telapak lebar $\leq 1,2$ m adalah 2,43 kg/cm² dan daya dukung *bore pile* diameter 30 cm adalah 55,86 ton. Data pembebanan diperoleh dari hasil perhitungan dengan berpedoman pada SNI 1727-2020, SNI 1726-2019, dan PPIUG 1983. Adapun beban yang dihitung adalah beban mati, beban hidup, beban angin, beban air hujan, dan beban gempa.

a. Beban Mati

Tabel 1.1 Rekap besaran beban mati struktur

NO	LOKASI	Beban Pelat		Beban Balok		SUMBER
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan	
1	Lantai Basement	129	kg/m ²	950	kg/m	PPIUG 1983
2	Lantai 1	172	kg/m ²	900	kg/m	PPIUG 1983
3	Lantai 2	172	kg/m ²	900	kg/m	PPIUG 1983
4	Dinding Kaca Lantai 2			1,368	kg/m	SNI 1727-2020
5	Dinding Hollow Lantai 2			1,368	kg/m	SNI 1727-2020
6	Lantai 3	172	kg/m ²	900	kg/m	PPIUG 1983
7	Lantai 4	172	kg/m ²	900	kg/m	PPIUG 1983
8	Lantai Tangga	129	kg/m ²			PPIUG 1983
9	Lantai Talang (Dak)	43	kg/m ²			PPIUG 1983
10	Atap	50	kg/m ²			PPIUG 1983
11	Ring Balok (t = 2,605 m)			651.25	kg/m	PPIUG 1983
12	Ring Balok (t = 0,95 m)			237.5	kg/m	PPIUG 1983

13	Ring Balok (t = 3,58 m)	895	kg/m	PPIUG 1983
14	Ring Balok (t = 1,32 m)	330	kg/m	PPIUG 1983

Sumber: Hasil perhitungan penulis

b. Beban Hidup

Tabel 1.2 Rekap besaran beban hidup struktur

NO	URAIAN	NILAI	SATUAN	SUMBER
1	Ruang operasi, laboratorium	2.87	kN/m ²	SNI 1727-2020
2	Ruang pasien	1.92	kN/m ²	SNI 1727-2020
3	Koridor diatas lantai pertama	3.83	kN/m ²	SNI 1727-2020
4	Koridor lantai pertama	4.79	kN/m ²	SNI 1727-2020
5	Parkir mobil penumpang	1.92	kN/m ²	SNI 1727-2020
6	Cafetaria	4.79	kN/m ²	SNI 1727-2020
7	Toilet	2.87	kN/m ²	SNI 1727-2020
8	Exhibition hall	4.79	kN/m ²	SNI 1727-2020
9	Tangga	4.79	kN/m ²	SNI 1727-2020
10	Gudang	6	kN/m ²	SNI 1727-2020
11	Balkon dan dak	4.79	kN/m ²	SNI 1727-2020
12	Penutup atap	100	kg/m ²	PPIUG 1983
13	Lainnya	250	kg/m ²	PPIUG 1983

Sumber: Hasil perhitungan penulis

c. Beban Angin = 10,4 kg/m²

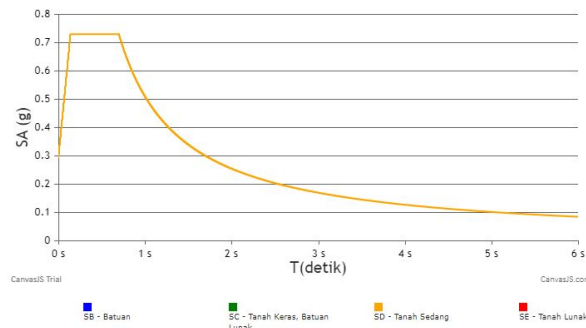
d. Beban Angin

Beban angin tekan (Wt) = 8,5 kg/m²

Beban angin hisap (Wi) = -10 kg/m²

e. Beban Gempa

Dalam perhitungan beban gempa diperlukan grafik respon spektrum yang diperoleh dengan bantuan *website* Desain Spektra Indonesia (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>) yang dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Grafik respon spektrum
Sumber: *Website* Desain Spektra Indonesia

Dari grafik diatas, diperoleh data nilai S_s dan S₁ seperti gambar 1.2 berikut yang digunakan untuk *define function response spectrum* di *software* SAP2000.

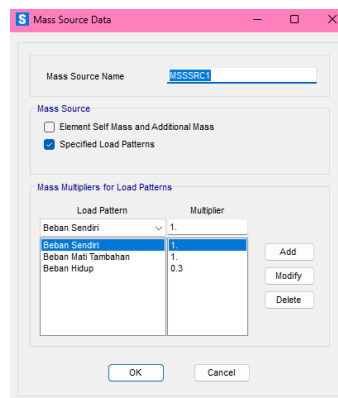


Gambar 1.2 Data nilai S_s dan S_1 tanah sedang
 Sumber: Website Desain Spektra Indonesia

Dikarenakan struktur gedung ini merupakan kategori gedung rumah sakit, maka tergolong kategori risiko IV dengan faktor keutamaan adalah 1,50 dan Kategori Desain Seismik (KDS) D yang berarti memiliki kategori risiko gempa besar. Untuk menentukan *scale factor* beban gempa, diperlukan nilai R. Karena sistem pemikul rangka seismik gedung adalah rangka beton bertulang pemikul momen khusus, maka diperoleh nilai R adalah 8. Sehingga, *modify scale factor* pada *load cases* dapat dihitung dengan rumus $1 \times 9,81 / R$.

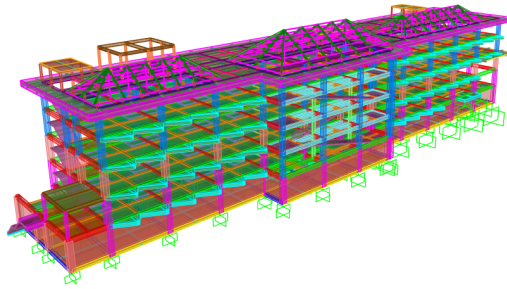
f. Reduksi Beban

Reduksi beban hidup di-input pada SAP2000 pada *define mass source* dengan nilai koefisien reduksi beban hidup yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.3 berikut.



Gambar 1.3 Koefisien reduksi beban
 Sumber: SAP2000

Berdasarkan data-data perencanaan diatas, diperoleh hasil pemodelan struktur 3 dimensi untuk sistem struktur diafragma pelat dengan metode pembebanan langsung pada pelat seperti gambar 1.4 berikut.



Gambar 1.4 Koefisien reduksi beban

Sumber: SAP2000

Setelah pemodelan struktur dan *input* pembebanan perlu dilakukan kontrol periode getar dan kontrol simpangan struktur. Dari hasil *run analysis* SAP2000 diperoleh nilai $T_{sap} = 0,75$. Besarnya nilai T_{maks} dihitung dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t h_n^x & T_{maks} &= C_u \times T_a \\
 &= 0,0466 \times 18,15^{0,9} & &= 1,4 \times 0,63 \\
 &= 0,63 & &= 0,88
 \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai $T_{sap} < T_{maks}$, maka periode getar struktur Gedung Wing Utara RSUD Payangan memenuhi persyaratan atau dapat dikatakan struktur gedung tergolong kaku.

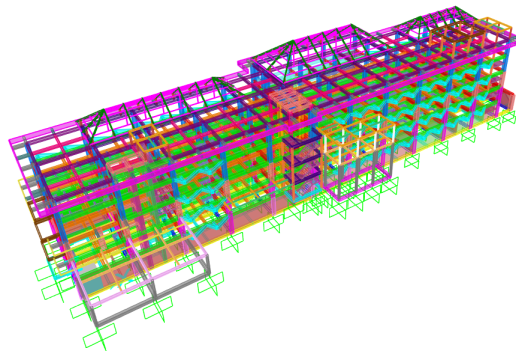
Untuk kontrol simpangan struktur dilakukan dengan membandingkan nilai simpangan yang diperoleh dari SAP2000 dengan nilai simpangan izin. Dengan jenis struktur lainnya dan kategori risiko IV, maka besarnya nilai simpangan antar tingkat izin (Δ_a) adalah $0,010h_{sx}$. Dengan nilai faktor pembesaran *defleksi* (C_d) adalah 5,5 dan faktor keutamaan gempa (I) adalah 1,5, diperoleh hasil bahwa, nilai $\Delta_a > \Delta$ sehingga dapat disimpulkan struktur tersebut memenuhi persyaratan simpangan yang diizinkan.

Karena periode getar dan simpangan struktur telah memenuhi persyaratan maka selanjutnya dilakukan kontrol dimensi struktur. Berdasarkan hasil *concrete design beam summary data*, terdapat 1 tipe balok yang mengalami *Over Stress* (OS) yaitu balok B12, namun pada kolom tidak terjadi *over stress*. Sehingga, balok B12 dengan dimensi eksisting 0,15 m x 0,8 m harus diperbesar menjadi 0,2 m x 0,8 m. Perubahan dimensi ini mengakibatkan kebutuhan tulangan balok juga berubah, sehingga perlu dilakukan perhitungan tulangan kembali. Dengan menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Provinsi Bali tahun 2023 diperoleh Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp21.797.949.680,00.

2. Metode Pembebanan Segitiga Trapesium

Data-data perencanaan yang digunakan pada struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium sama seperti data-data perencanaan pada struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat. Perbedaan kedua metode ini terletak pada pemodelan struktur dan perhitungan beban mati dan beban hidup. Pada pemodelan struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat menggunakan sistem struktur diafragma pelat sedangkan pada metode pembebanan segitiga trapesium menggunakan sistem struktur *open frame* tanpa pelat. Untuk perhitungan beban mati dan beban hidup dilakukan distribusi beban dari pelat ke balok, sehingga beban tersebut di-*input* pada balok dalam bentuk segitiga dan trapesium.

Pemodelan 3 dimensi struktur *open frame* tanpa pelat dengan menggunakan metode pembebanan segitiga trapesium dapat dilihat pada gambar 1.5 berikut.



Gambar 1.5 Pemodelan struktur *open frame*

Sumber: SAP2000

Setelah pemodelan struktur dan *input* pembebanan perlu dilakukan kontrol periode getar dan kontrol simpangan struktur. Dari hasil *run analysis* SAP2000 diperoleh nilai T_{sap} pada struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium sama dengan nilai T_{sap} pada struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat yaitu 0,75.

Untuk kontrol simpangan struktur pada metode pembebanan segitiga trapesium memiliki nilai Δ_a , C_d , dan I yang sama dengan metode pembebanan langsung pada pelat. Pada control simpangan diperoleh hasil bahwa, nilai $\Delta_a > \Delta$ sehingga dapat disimpulkan struktur tersebut memenuhi persyaratan simpangan yang diizinkan.

Karena periode getar dan simpangan struktur telah memenuhi persyaratan maka selanjutnya dilakukan kontrol dimensi struktur. Berdasarkan hasil *concrete design beam*

summary data, terdapat 9 tipe balok mengalami *Over Stress* (OS) yang dapat dilihat pada tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Pembesaran dimensi balok

Nama Balok	Dimensi Eksisting			Dimensi Baru		
	(m)		(m)	(m)		(m)
Balok B8	0.25	x	0.45	0.35	x	0.45
Balok B3	0.30	x	0.50	0.40	x	0.50
Balok B7	0.3	x	0.5	0.60	x	0.70
Balok B11	0.20	x	0.30	0.45	x	0.55
Balok TB3	0.25	x	0.50	0.50	x	0.60
Balok B2	0.40	x	0.60	0.50	x	0.60
Balok TB2	0.35	x	0.55	0.5	x	0.6
Balok TB1	0.35	x	0.55	0.50	x	0.60
Balok B12	0.15	x	0.80	0.20	x	0.80

Sumber: Hasil percobaan penulis

Sama seperti metode pembebanan langsung pada pelat, untuk struktur kolom tidak ada yang mengalami *over stress* sehingga tidak diperlukan adanya pembesaran dimensi. Selain analisis balok dan kolom, dilakukan pula analisis daya dukung pondasi dan ketebalan pelat. Pondasi dengan dimensi eksisting masih memenuhi syarat, namun ketebalan pelat pada metode pembebanan segitiga trapesium mengalami pengurangan.

Setelah analisis struktur dilanjutkan dengan analisis biaya. Dalam penelitian ini, biaya yang dihitung adalah biaya untuk pekerjaan balok, kolom, pondasi, dan pelat meliputi pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting, dan pekerjaan beton. Dengan menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Provinsi Bali tahun 2023 diperoleh Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp21.770.510.095,00.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan, sebagai berikut:

1. Struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat mengalami *Over Stress* (OS) pada balok yaitu balok B12, sehingga perlu dilakukan pembesaran dimensi dan perhitungan tulangan kembali. Sedangkan untuk kolom, pondasi, dan pelat tidak mengalami perubahan dimensi. Maka, dengan metode pembebanan langsung pada pelat, biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan balok, kolom, pondasi, dan pelat adalah sebesar Rp21.797.949.680,00.
2. Struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium mengalami *over stress* pada balok, yaitu: balok B8, balok B3, balok B7, balok B11, balok TB3, balok B2,

balok TB2, balok TB1, dan balok B12. Pada metode pembebanan segitiga trapesium tidak terjadi perubahan dimensi pada kolom dan pondasi, namun terjadi perubahan ketebalan pada pelat. Adapun biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan balok, kolom, pondasi, dan pelat pada struktur dengan metode pembebanan segitiga trapesium adalah sebesar Rp21.770.510.095,00.

3. Selisih kebutuhan biaya antara metode pembebanan langsung pada pelat dengan metode pembebanan segitiga trapesium adalah sebesar Rp27.439.584,00 atau dapat dikatakan struktur dengan metode pembebanan langsung pada pelat membutuhkan biaya 0,13% lebih mahal jika dibandingkan dengan metode pembebanan segitiga trapesium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Srihandayani, Susi, “Mitigasi Bencana Akibat Kegagalan Struktur”, J. Unitek, vol. 13 no. 2, pp. 25-38, Des. 2020.
- [2] Hermanto, Eddy dan Kistiyani, Frida, “Kegagalan Bangunan dari Sisi Industri Konstruksi”, J. Media Komunikasi Teknik Sipil, vol. 14 no. 1 edisi XXXIV, pp. 48-55, Feb. 2006.
- [3] Wardana, Mohammad Roy, Waluyo, Rudi dan Simamora, Yenywaty, “Analisa Rekayasa Nilai Pekerjaan Struktur Balok dan Kolom Bangunan Gedung (Studi Kasus Badan Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Palangka Raya)”, J. Teknika, vol. 2 no. 2, pp. 101-111, Apr. 2019.