

METODE PELAKSANAAN LAPIS TAMBAHAN (*OVERLAY*) PERKERASAN LENTUR PADA PROYEK PEMELIHARAAN BERKALA JALAN

Kadek Putra Maharditha¹⁾, Dr. I Ketut Sutapa, S.ST., M.T.²⁾, I G A Putu Dewi Paramita, S.S., M.Hum.³⁾

¹D-III Civil Engineering, Civil Engineering Department, Bali State Polytechnic, Jimbaran, Bali

E-mail: maharditha.id@gmail.com

Abstract

Infrastructure development especially highways is very important to improve the standard of living and economy especially in underdeveloped areas. In Bali, the Provincial Government through the Public Works Department has carried out periodic maintenance of roads and drainage on Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang to smooth traffic flow and support regional economic growth. The purpose of this study was to determine the method of implementing AC-BC and AC-WC layers on flexible pavement work based on field observations. This research method uses a quantitative for data that can be measured and calculated directly. The results of this study are the implementation of road patching using Hotmix AC-BC involving dismantling with a Cold Milling Machine, cleaning with an air jet compressor, and spreading and compacting in layers using a tandem roller and pneumatic tired roller. Spreading and compacting of AC-BC and AC-WC layers is carried out at a temperature of 135° - 150°C with two compaction phases using tools that are appropriate for each layer and thickness.

Keywords: *Implementation method, maintenance project, additional layers, flexible pavement.*

Abstrak

Pembangunan infrastruktur khususnya jalan raya sangat penting untuk meningkatkan taraf hidup dan perekonomian terutama di daerah tertinggal. Di Bali, Pemerintah Provinsi melalui Dinas Pekerjaan Umum telah melakukan pemeliharaan berkala jalan dan drainase di Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang untuk memperlancar arus lalu lintas dan mendukung pertumbuhan ekonomi daerah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode pelaksanaan lapis AC-BC dan AC-WC pada pekerjaan perkerasan lentur berdasarkan pengamatan di lapangan. Metode penelitian ini menggunakan kuantitatif untuk data yang dapat diukur dan dihitung secara langsung. Hasil dari penelitian ini adalah pelaksanaan patching jalan menggunakan Hotmix AC-BC melibatkan pembongkaran dengan Cold Milling Machine, pembersihan dengan air jet compressor, dan penghamparan serta pemadatan berlapis menggunakan tandem roller dan pneumatic tired roller. Penghamparan dan pemadatan lapis AC-BC dan AC-WC dilakukan pada suhu 135° - 150°C dengan dua fase pemadatan menggunakan alat yang sesuai untuk masing-masing lapisan dan ketebalan.

Kata kunci: Metode pelaksanaan, proyek pemeliharaan, lapis tambahan, perkerasan lentur.

PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya perkembangan dan pembangunan infrastruktur di dalam suatu daerah, untuk meningkatkan aspek dalam taraf hidup serta memajukan terhadap perekonomian negara khususnya sangatlah penting diperlukan penambahan prasarana perhubungan pada daerah tertinggal. Sarana perhubungan tersebut bisa berupa jaringan jalan yang manfaatnya berdampak besar guna menunjang pembangunan dan kemajuan di sektor-sektor lainnya.

Jalan raya adalah salah satu bagian terpenting dalam prasarana transportasi yang sangat berpengaruh dalam sektor perhubungan darat, serta memperlancar pendistribusian arus barang, orang dan jasa lainnya dari suatu wilayah ke berbagai wilayah lainnya. Pembangunan jalan baru pada suatu wilayah atau daerah pastinya sangatlah berdampak penting pada kemajuan transportasi dan pertumbuhan perekonomian yang semakin pesat dan maju, karena dalam sebuah sistem mobilisasi yang menyangkut barang dan jasa dapat berjalan dengan sangat lancar dan efisien, serta berguna untuk membuka wilayah atau daerah-daerah perlu penanganan khusus dan yang terisolir sekaligus berkaitan dengan pengembangan di wilayah tersebut. [1]

Pertumbuhan sosial ekonomi berimbas pada tingginya kepadatan arus lalu lintas di Bali, menyebabkan Pemerintah Provinsi Bali yang diwakili oleh Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang Perumahan dan Permukiman Provinsi Bali memandang perlu adanya kegiatan pemeliharaan berkala jalan dan drainase (Trotoar), utamanya Jalan Provinsi. Hal tersebut merupakan solusi untuk memperlancar arus lalu-lintas yang pada gilirannya akan memberikan keamanan dan kenyamanan, sebagai daerah Agropolitan. Pada Tahun Anggaran 2023 ini telah diadakan kegiatan pengaspalan, dan perbaikan drainase maupun trotoar di Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang Kecamatan Denpasar Barat

Pembangunan jalan yang dilakukan pada proyek ini terdiri dari beberapa pekerjaan, yaitu preservasi rekonstruksi, rehabilitasi jalan sepanjang 3,090 km, perkerasan *Existing* variasi dengan lebar dari 5,50 – 7,0 m *full width* Aspal AC-BC (*Asphalt concrete Binder Coarse*) dan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), preservasi pemeliharaan rutin jalan sepanjang 4,310 km, penanganan drainase, trotoar, dan bangunan pelengkap sepanjang 1.464 km.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Proyek Pemeliharaan Berkala Jalan, Ruas Jalan Provinsi, Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang (Denpasar), pada saat pelaksanaan pekerjaan tebal lapis tambahan (*overlay*), Penulis melakukan pengamatan secara langsung pekerjaan yang ada di lapangan dan sebagai perbandingan antara teori dengan pekerjaan sesungguhnya yang dikerjakan di lapangan, mengingat adanya permasalahan di lapangan yang tidak selalu sama dengan teori yang diakibatkan oleh kondisi tertentu dilapangan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan pembahasan tentang metode pelaksanaan lapis tambahan (*overlay*) perkerasan lentur.

Rumusan Masalah

Mengacu pada penjelasan diatas, terdapat beberapa rumusan permasalahan yang dibahas dalam penelitian tugas akhir ini, sebagai berikut :

- a. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan lapis AC-BC pada perkerasan lentur ?
- b. Bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan lapis AC-WC pada perkerasan lentur ?

Tujuan

- a. Mengetahui metode pelaksanaan lapis AC-BC (*Asphalt concrete Binder Coarse*) pada pekerjaan perkerasan lentur.
- c. Mengetahui metode pelaksanaan lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada perkerasan lentur, berdasarkan pengamatan yang diperoleh dilapangan.

Manfaat

Penulisan diharapkan mampu memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, institusi dan masyarakat. Manfaat dari penulisan ini yaitu:

- a. Bagi penulis
Menambah pengetahuan dan memberikan ilmu baru mengenai Metode Pelaksanaan Lapis Tambahan (*Overlay*) Perkerasan Lentur.
- b. Bagi pembaca

Memperluas pengetahuan mengenai Metode Pelaksanaan Lapis Tambahan (*Overlay*) Perkerasan Lentur.

c. Bagi institusi dan Masyarakat

Dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan wawasan yang lebih luas terhadap Metode Pelaksanaan Lapis Tambahan (*Overlay*) Perkerasan Lentur.

Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Pada batasan masalah penulis hanya membahas masalah tentang :

a. Metode pelaksanaan lapis AC-BC (*Asphalt concrete Binder Coarse*) dari pekerjaan, penghamparan, pelaksanaan pekerjaan pada perkerasan lentur Jalan Gunung Agung – Gunung Sanghyang.

Metode pelaksanaan lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada perkerasan lentur sesuai pengamatan yang diperoleh dilapangan.

METODE PENELITIAN

Penentuan sumber data ini dilakukan dengan mengumpulkan data – data yang didapat dari proyek (data sekunder). Data ini akan dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir.

a. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dalam bentuk yang sudah jadi dan telah tersedia yang berkaitan dengan proyek Pemeliharaan Berkala Jalan, Ruas Jalan Provinsi, Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang (Denpasar).

Adapun data sekunder yang digunakan yaitu;

1. Peta lokasi penelitian
2. Gambar kerja
3. Kondisi jalan eksisting

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh data-data dari berbagai cara:

a. Metode Observasi

Dalam metode observasi ini penulis melibatkan diri secara langsung dilapangan dan ikut serta berperan sebagai pelaksana ataupun pengawas

lapangan pada saat proyek berlangsung, sekaligus mengamati bagaimana proses pelaksanaan disertai dengan dokumentasi pada saat kerja praktek dilaksanakan.

b. Studi Pustaka

Data yang diperoleh dari berbagai sumber literature, diantaranya buku teks, jurnal dan *website*

Instrumen penelitian yang digunakan untuk mendukung penelitian ini berupa:

a. ATK

Alat tulis kantor sangat penting untuk pencatatan , sketsa dan lainnya pada proses pelaksanaan.

b. Laptop

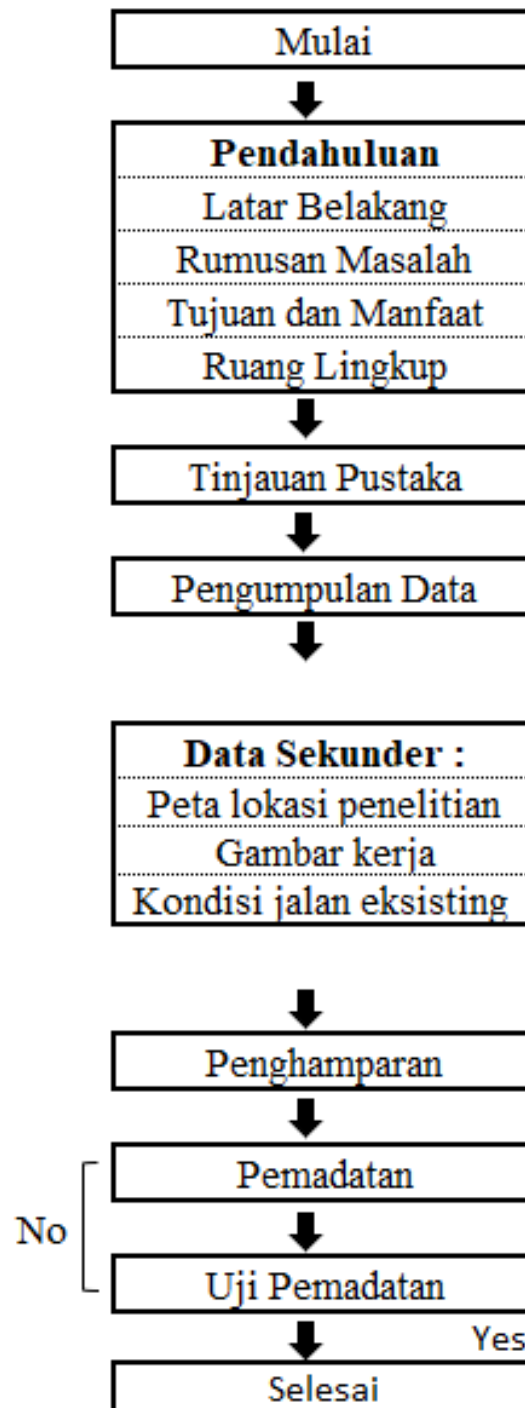
Laptop dipergunakan untuk pengolahan , pembuatan dan penyimpanan data proposal ini

c. Kamera *handphone*

Kamera disini digunakan untuk mendokumentasikan dan merekam keadaan saat melakukan pengambilan data di lapangan.

Analisis data merupakan sebuah cara untuk mengolah data menjadi sebuah informasi sehingga data tersebut dapat dipahami dan bermanfaat untuk sebuah solusi permasalahan.

Proses analisis data yang dilakukan yaitu pengumpulan data yang diperlukan seperti data primer berupa kondisi jalan eksisting dan penentuan titik *patching* (penambalan). Data sekunder berupa peta lokasi penelitian, gambar kerja, volume pekerjaan. Mengenai data tersebut analisis data dilakukan dengan melihat lokasi penelitian, penyesuaian tebal perkerasan sesuai gambar *soft drawing*, serta volume yang di dapat pada kondisi jalan eksisting.



Gambar 1 Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pelaksanaan pekerjaan memiliki peran penting dalam merealisasikan pekerjaan di lapangan karena dengan adanya metode pelaksanaan yang baik maka pekerjaan di lapangan akan tertata sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Adapun metode pelaksanaan yang dipakai mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2, divisi 6 Perkerasan Aspal, Seksi 6.3 pada pekerjaan proyek Pemeliharaan Berkala Jalan, Ruas Jalan Provinsi, Jalan Gunung Agung-Gunung Sanghyang (Denpasar) pada pekerjaan lapisan AC-BC dan AC-WC.

Dengan melakukan sebuah pemeliharaan, tahap pertama yang mesti dilakukan sebelum pekerjaan tahapan dua penambahan lapis tambah atau *overlay* pada jalan bertujuan meningkatkan atau *levelling* pada perkerasan lentur sehingga kestabilan struktur jalan menjadi stabil. Berikut ini adalah tahapan pekerjaan *patching* pada jalan eksisting sebelum lapisan AC-BC dan AC-WC:

A. Pembongkaran titik *patching*

Wilayah pekerjaan pembongkaran yaitu pada kerusakan jalan yang berlobang, retak, penurunan. Untuk pembongkaran aspal eksisting menggunakan mesin *Cold Milling Machine*.

B. Proses Pembersihan area *patching*

Proses pembersihan area pekerjaan yang sebelumnya telah dilakukan galian dan pembongkaran yaitu menggunakan *air jet compressor*.

C. Proses Penyemprotan *tack coat*

penyemprotan *tack coat* yang fungsinya sebagai lapisan perekat yang dibuat dari aspal emulsi yang digunakan untuk mengikat lapisan lama dengan lapisan baru pada wilayah galian yang sudah bersih dengan menggunakan alat *Asphalt Sprayer* ke atas permukaan yang akan dilapisi

D. Pengaspalan titik *patching*

1. Alat untuk penghamparan yaitu *Asphalt finisher*. *Asphalt finisher* disetel terlebih dahulu kemudian ditempatkan pada sebuah jalan yang terletak pada titik galian penambalan.
2. Selanjutnya armada pengangkutan hotmix menggunakan *dump truck* yang berkapasitas 3-4 M3 dengan berat muatan hotmix 12-13 ton

E. Pematatan Lapisan *Patching*

Pematatan awal yaitu menggunakan alat berat roda besi yang bernama *Tandem roller* dengan berat 8 ton, pematatan pertama ini dilakukan sedekat mungkin dan tepat setelah penghamparan dilakukan dengan jumlah lintasan 1,5 pas

Pematatan kedua yaitu menggunakan alat berat roda karet bernama *Pneumatic Tirred Roller*, pematatan kedua atau pematatan antara dilakukan tepat setelah pematatan awal dengan jumlah lintasan 24 pas dengan menggunakan 2 alat berat.

F. Pengujian

Sampel yang diperoleh dari hasil pengujian uji (*core drill*) atau yang biasa kita sebut dengan *corring* ini memiliki bentuk silinder.

G. Daftar Alat

Tabel 1 Daftar ALat

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Dump Truk</i>	(Penyesuaian Produksi <i>Hotmix</i> /Hari)
2	<i>Cold Milling</i>	1
3	<i>Air Compressor</i>	1
4	<i>Asphalt Sprayer</i>	1
5	<i>Asphalt Finisher</i>	1
6	<i>Tandem Roller</i>	1
7	<i>Tired Roller</i>	2
8	Stamper Kodok	1
9	Sekop	3
10	Lacker	3
11	Arko	1
12	Mesin <i>Core drill</i>	1

H. Daftar Pekerja

Tabel 2 Daftar Pekerja

No	Daftar Pekerja	Jumlah
1	Supervisor Sipil	1

2	Logistik	1
3	Pelaksana Hampar	1
4	Mekanik	1
5	Operator	5
6	Mandor	1
5	Pekerja	6
6	Flagman/penjaga rambu	4

Pelaksanaan Lapisan AC-BC Pada Jalan Eksisting Gunung Agung-Gunung Sanghyang

A. Tahap Persiapan

Tahap awal sebuah pekerjaan yang di lakukan di keramaian atau jalan raya maka sangat di perlukan K3 yang sesuai dengan lokasi dan pekerjaan yang di lakukan seperti persiapan rambu, APD para pekerja, lampu penerangan dikarenakan pekerjaan dilakukan di malam hari

B. Pembersihan Area Penghamparan AC-BC

Pembersihan area menggunakan *air jet compressor*, penyemprotan dilakukan keseluruhan area penghamparan, agar permukaan jalan eksisting benar-benar bersih.

C. Penyemprotan Tack Coat

1. Persiapan awal mesin penyemprotan di hidupkan dan panaskan terlebih dahulu
2. Melakukan penyedotan tack coat dari drum ke mesin penyemprotan
3. Setelah semua sudah siap maka dilakukan penyemprotan
4. Penyemprotan dilakukan setiap 200m, dengan pengambilan di satu lajur

D. Penghamparan AC-BC

1. Saat sebelum mulai sepatu (*screed*) perlengkapan penghamparan yang wajib dipanaskan terlebih dahulu, kombinasi aspal wajib di hampar serta diratakan cocok kelandaian, elevasi, dan wujud penampang yang melintang disyaratkan apabila dalam sebuah penghamparan di laksanakan pada waktu malam hari sehingga wajib disajikan dalam penerangan seperlunya.

2. Selanjutnya pembuatan garis as tengan jalan menggunakan mill agar garis as tidak mudah hilang, fungsinya agar mudah saat penghamparan, dikarenakan penghamparan tidak dapat dilakukan full lebar jalan, maka dari itu jalan di bagi dua,
3. Ketebalan hamparan memakai 7,5 cm, di ukur menggunakan stik pengukur
4. Temperatur suhu penghamparan pada hopper wajib di cek suhunya oleh pengawas saat sebelum penghamparan $\pm 135^{\circ} - 150^{\circ}\text{C}$ supaya cocok dengan spek yang di idamkan

E. Pematatan

Pematatan Awal

Alat yang digunakan merupakan *tandem roller* pada pekerjaan AC- BC 6cm, tebal gembur 7,5cm, Pematatan di jalani dari tepi luar ruas penghamparan ke tepi yang lain setelah itu dibagian tengah lintasan, pada temperature $125^{\circ} - 145^{\circ}\text{C}$. pematatan awal dilapangan sebanyak 1,5 passing (lintasan) untuk lapis AC-BC dengan berat tandem roller 8 Ton.

Pematatan Antara

Setelah pematatan awal dengan *tandem roller* selesai, maka di lakukan pematatan antara atau pematatan yang utama dengan menggunakan mesin *Pneumatic Tired Roller* pada temperatur sekitar $100^{\circ} - 125^{\circ}\text{C}$, pematatan ini bertujuan supaya hasil dari pematatan aspal dini tidak hadapi penyusutan di akhir. jumlah lintasan dari pematatan ini adalah 24 passing untuk lapis AC – BC 6cm

F. Pengujian

Sampel yang di peroleh dari hasil pengujian uji (*core drill*) atau yang biasa kita sebut dengan corring ini memiliki bentuk silinder.

G. Perhitungan Kontrol Lapangan Pada Hamparan Hotmix AC-BC

Rumus:

Panjang Hamparan (PH) = Berat Total 1 DT : (Lebar Jalan x Tebal Rencana Perkerasan x Berat Jenis)

Diketahui :

Berat Rata-rata Hotmix 1 DT :12-13 ton

Lebar jalan rata-rata : 8 M *full width* : 2 = 4 m

Tebal Rencana : 0,06 m

BJ (Berat Jenis) AC-BC : 2,104

$$(PH) = 12 : (4 \times 0,06 \times 2,104)$$

$$(PH) = 12 : 0,50496$$

$$(PH) = 23,76 \text{ m}$$

Note : Kontrol hamparan bisa dilakukan setiap 2 DT

Pelaksanaan Lapisan AC-WC Pada Jalan Eksisting Gunung Agung-Gunung Sanghyang

A. Tahap Persiapan

Tahap awal sebuah pekerjaan yang di lakukan di keramaian atau jalan raya maka sangat di perlukan K3 yang sesuai dengan lokasi dan pekerjaan yang di lakukan seperti persiapan rambu, APD para pekerja, lampu penerangan dikarenakan pekerjaan dilakukan di malam hari

B. Pembersihan area penghamparan AC-WC

1. Pembersihan area menggunakan *air jet compressor*, penyemprotan dilakukan keseluruh area penghamparan, agar permukaan jalan eksisting benar-benar bersih dan bebas dari debu.

C. Penyemprotan tack coat

1. Persiapan awal mesin penyemprotan di hidupkan dan panaskan terlebih dahulu
2. Melakukan penyedotan tack coat dari drum ke mesin penyemprotan
3. Setelah semua sudah siap maka dilakukan penyemprotan
4. Penyemprotan dilakukan setiap 300m, dengan pengambilan di satu lajur

D. Penghamparan AC-WC

Penghamparan menggunakan mesin *Asphal Finisher* Saat sebelum mulai sepatu (*screed*) perlengkapan penghamparan yang wajib dipanaskan terlebih dahulu, kombinasi aspal wajib di hampar serta di ratakan cocok kelandaian, elevasi, dan wujud penampang yang melintang di syatkan apabila dalam sebuah penghamparan di laksanakan pada waktu malam hari sehingga wajib di sajikan dalam penerangan seperlunya. Ketebalan hamparan memakai 5 cm, di ukur menggunakan stik pengukur. Temperatur suhu penghamparan pada hopper wajib di cek suhunya oleh pengawas saat sebelum penghamparan $\pm 135^{\circ} - 150^{\circ}\text{C}$

E. Pematatan

Tandem roller

Alat yang digunakan merupakan *tandem roller* pada pekerjaan AC- WC 4cm, tebal gembur 5cm. Pematatan dijalani dari tepi luar ruas penghamparan ke tepi yang lain setelah itu dibagian tengah lintasan, pada temperature 125°- 145°C. Pematatan awal dilapangan sebanyak 1,5 *passing* (lintasan) untuk lapis AC-WC dengan berat tandem roller 8 Ton.

Pneumatic Tirred Roller

Setelah pematatan awal dengan *tandem roller* selesai, maka di lakukan pematatan dengan menggunakan mesin *Pneumatic Tirred Roller* pada temperatur sekitar 100° - 125°C, pematatan ini bertujuan supaya hasil dari pematatan aspal dini tidak hadapi penyusutan (*settle down*) proses serta arah dari pematatan ini adalah 22 *passing* untuk lapis AC – WC 4cm

F. Pengujian

Sampel yang diperoleh dari hasil pengujian uji (*core drill*) atau yang biasa kita sebut dengan *corring* ini memiliki bentuk silinder. Pengambilan sampel dilakukan secara zigzag setiap 50 M. dengan pengambilan 2 benda uji pinggir dan tengah.

G. Perhitungan kontrol lapangan pada hamparan hotmix AC-WC

Rumus:

Panjang Hamparan (PH) = Berat Total 1 DT : (Lebar Jalan x Tebal Rencana Perkerasan x Berat Jenis)

Diketahui :

Berat Rata-rata Hotmix 1 DT	:12-13 ton
Lebar jalan rata-rata	: 8 M <i>full width</i> : 2 = 4 m
Tebal Rencana	: 0,04 m
BJ (Berat Jenis) AC-BC	: 2,106

$$(\text{PH}) = 13 : (4 \times 0,04 \times 2,106)$$

$$(\text{PH}) = 13 : 0,33696$$

$$(\text{PH}) = 38,58 \text{ M}$$

Note : Kontrol hamparan bisa dilakukan setiap 2 DT

SIMPULAN

- a. Metode pelaksanaan pekerjaan lapis AC-BC pada perkerasan lentur, penghamparan lapis tambahan AC-BC dihamparakan pada suhu yakni 135° - 150°C menggunakan alat asphalt finisher, sementara pemadatannya dilakukan sebanyak dua fase pemadatan, pemadatan awal AC-BC dengan suhu sekitar 125° - 145°C dengan menggunakan satu alat *Tandem roller* berat 8 ton yang masing masing dilakukan sebanyak 1,5 passing. Pemadatan kedua atau pemadatan antara dengan suhu sekitar 100° - 125°C menggunakan dua alat *Pneumatic tired roller* dengan berat 12 ton. 24 passing untuk lapis AC – BC 6 cm,
- b. Metode pelaksanaan pekerjaan lapis AC-WC pada perkerasan lentur penghamparan lapis tambahan AC-WC dihamparakan pada suhu yakni 135° - 150°C menggunakan alat asphalt finisher, sementara pemadatannya dilakukan sebanyak dua fase pemadatan, pemadatan awal AC-WC dengan suhu sekitar 125° - 145°C dengan menggunakan satu alat *Tandem roller* berat 8 ton yang dilakukan sebanyak 1,5 passing. Pemadatan kedua atau pemadatan antara dengan suhu sekitar 100° - 125°C menggunakan dua alat *Pneumatic tired roller* dengan berat 12 ton. Dengan 22 *passing* untuk lapis AC – WC 4 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sundari and Ramadhani, “Metode Pelaksanaan Lapis Tambahan (*Overlay*) Perkerasan Lentur pada Pekerjaan Paket Pengawasan,” 2021.
- [2] “Presiden Republik Indonesia.” [Online]. Available: www.bphn.go.id
- [3] Erwan and S. Mayuni, “Evaluasi Faktor Pengaruh Tingkat Pelayanan Jalan Sungai Raya dalam Kota Pontianak.”
- [4] “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Presiden Republik Indonesia.”
- [5] D. Jenderal and B. Marga, “Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota Departemen Pekerjaan Umum,” 1997.
- [6] Sukirman (1992), “Jenis Konstruksi Perkerasan Jalan Raya.”
- [7] 2004 Suprpto, “Fungsi Lapis Perkerasan.”
- [8] M. Kasaf and J. Harja, “Insologi: Jurnal Sains dan Teknologi Penanganan Kerusakan Jalan dengan Menggunakan Metode Pavement Condition Index,” *Media Cetak*, Vol. 2, No. 1, pp. 190–198, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i1.1649.