

**METODE  
LENDUTAN BALIK PADA FLEXIBLE  
PAVEMENT**

**MONOGRAF**

**EMIL ADLY**  
Dosen Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
2018

**METODE**  
**LENDUTAN BALIK PADA FLEXIBLE PAVEMENT**

@ Emil Adly

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Perpustakaan Nasional Republik Indonesia (PNRI)

ISBN : 978-602-5450-89-1

Halaman : 1 - 80 hal

Penulis : Emil Adly

Layout & Desain Cover : Endra Aji & Aji Irawan

Cetakan Pertama 2018

Diterbitkan Oleh :

Lembaga Penelitian Publikasi dan Pengabdian Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY)

Dilarang mengcopy, memperbanyak tanpa seijin penerbit.

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang

# Daftar Isi

<i>Daftar Isi</i> .....	i
<i>Prakata</i> .....	3
BAB I <i>Pendahuluan</i> .....	5
BAB II <i>Tinjauan Pustaka</i> .....	9
2.1. Penelitian Sebelumnya Tentang Evaluasi Nilai Lendutan dalam Merencanakan Tebal Overlay .....	9
2.2. Umur Rencana .....	14
2.3. Tingkat Kinerja Perkerasan Jalan .....	15
2.3.1. Indek Permukaan (IP) atau <i>Present Serviceability Index</i> (PSI) .....	16
2.3.2. Road Condition Index (RCI) .....	17
BAB III <i>Jalan</i> .....	23
3.1 Klasifikasi Jalan .....	23
3.1.1. Jalan berdasarkan peruntukannya .....	24
3.1.2. Jalan berdasarkan sistemnya .....	24
3.1.3. Jalan berdasarkan fungsinya .....	25
3.1.4. Jalan berdasarkan kelasnya .....	28
3.2. Jenis Perkerasan Jalan .....	31
3.2.1 Flexible Pavemen (Perkerasan Lentur).....	31
3.2.2 Perkerasan Kaku ( <i>Rigit Pavement</i> ).....	35
3.2.3. Perkerasan Komposit ( <i>Composite Pavement</i> ).....	38
3.3. Kerusakan Struktur Perkerasan Jalan .....	39
BAB IV <i>Metode Lendutan Balik</i> .....	41

4.1. Mencari Nilai dari Repetisi Beban Lalu Lintas Rencana (CESA) .....	41
4.2. Menghitung Nilai Lendutan Balik menggunakan alat Benkelman Beam (BB) .....	45
4.3. Menghitung Keseragaman Lendutan (FK) .....	48
4.4. Lendutan wakil ( $D_{\text{wakil}}$ ) .....	49
4.5. Lendutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ ) .....	50
4.6. Hitung tebal lapis tambahan/ <i>overlay</i> ( $H_o$ ) sebelum dikoreksi .....	51
4.7. Hitung tebal lapis tambahan/ <i>overlay</i> terkoreksi ( $H_t$ ) .....	52
4.8. Jenis Lapis Tambah .....	53
BAB V “Perencanaan lendutan Balik” pada Flexible Pavement .....	55
5.1 Studi Kasus .....	55
5.2. Data Lalu Lintas .....	56
5.3. Data Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas .....	56
5.4. Data Lendutan .....	57
5.5. Analisis Data Lalu Lintas .....	59
5.5.1. Menentukan Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C) .....	60
5.5.2. Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E) .....	60
5.5.3. Faktor Hubungan Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N) .....	62
5.5.4. Akumulasi Ekuivalen Beban Sumbu Standar (CESA) .....	63
5.6. Analisis Tebal Lapis Tambah ( <i>Overlay</i> ) Perkerasan Lentur ..	64
5.6.1. Data Primer .....	64
5.6.2. Data Sekunder .....	64
5.6.3. Analisa Data Lendutan .....	64
5.7 Ringkasan .....	73
Daftar Pustaka .....	75
Lampiran .....	77

# Prakata

Alhamdulillahirabbil"alamin kami haturkan kepada Allah SWT maha empunya ilmu dan pemberi ilmu kepada umat manusia, sehingga buku Monograf yang syarat dengan pengetahuan yang berjudul " METODE LENDUTAN BALIK PADA FLEXIBLE PAVEMENT" ini dapat diselesaikan ditengah padatnya dan godaan yang luar biasa untuk dihadapi.

Buku ini berisikan tentang salah satu metode perhitungan lendutan balik menggunakan alat *Banklemen Beam* yang biasa digunakan di Negara Indonesia dalam medesain tebal lapis tambahan (*overlay*) pada perkerasan lentur (*flexible pavement*). Overlay merupakan salah satu metode rehabilitasi dalam peremajaan lapisan perkerasan jalan yang rusak ataupun dalam masa usia jalan. Sebelum penambahan lapis perkerasan biasanya pihak otoritas telah melakukan perbaikan jalan dengan cara yang sesuai dengan metode perbaikan Bina Marga tahun 1995. Namun metode yang dilaksanakan kadangkala menimbulkan jenis kerusakan yang baru yang tentunya membuat pengguna jalan menjadi belum nyaman.

Alat Benkleman Beam (BB) diletakkan pada lapisan surface perkerasan lentur untuk mengukur lendutan balik maksimum, lendutan balik titik belok dan cekung lendutan yang dihasilkan dari beban kendaraan yang disalurkan oleh roda, yang mana pengujian menggunakan Benkleman Beam (BB) tersebut tidak menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan (non destruktif).

Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat Benkleman Beam (BB) tersebut dapat dianalisa rencana tebal lapis tambahan (overlay) berdasarkan pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lentutan Pd. T-05-2005-B. Perencanaan lapis tambahan (overlay) berdasarkan lendutan maksimum yang didapatkan dari pengujian dengan alat Benkleman Beam (BB) di lapangan, sedangkan data lendutan balik titik belok dan cekung lendutan digunakan sebagai data pembanding. Tujuan overlay untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang sudah masuk tahap rehabilitasi supaya bisa melayani lalu lintas saat ini atau yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.

Tidak ada beton yang tidak retak, begitu pula tulisan ini, saran, kritik, dan segala bentuk masukan yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan selanjutnya.

Untuk segala pihak yang telah berjibaku dalam menyelesaikan buku ini disampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Ucapan terima kasih berikutnya kami sampaikan kepada penerbit Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3 UMY) yang telah membantu menerbitkan buku ini.

Penyusun

Emil Adly

## BAB I

# *Pendahuluan*

Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (UU No. 22 Tahun 2009). Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk, dibutuhkan alat dan fasilitas transportasi yang mampuni dan memadai akan semakin tinggi. Hal ini ditandai dengan meningkatnya pertumbuhan lalu lintas, baik dalam bentuk jumlah maupun load sarana yang melintasi suatu ruas jalan tertentu. Hal tersebut akan mempengaruhi kinerja dan performa, serta membawa dampak terhadap kekuatan, kekakuan, dan kemampuan layan struktur dari suatu ruas jalan. Apabila hal tersebut dibiarkan secara terus menerus dan tanpa ada suatu penanganan yang pasti, maka akan dapat mengakibatkan kerusakan pada jalan.

Kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu faktor beban lalu lintas yang ditopang, material penyusun struktur perkerasan, faktor desain, faktor pelaksanaan konstruksi, konsep pemeliharaan, faktor lingkungan, serta faktor cuaca dan iklim. Jalan mempunyai umur rencana yang sudah ditentukan, tetapi tercapainya umur rencana dari suatu ruas jalan tersebut ditentukan oleh aktivitas pemeliharaan dan perbaikan, sehingga mutlak diperlukan suatu pemeliharaan (maintenance) dan perbaikan (rehabilitation)

yang dilakukan secara sistematis dan berkala pada suatu ruas jalan tersebut, guna mempertahankan kondisi suatu ruas jalan agar selalu dalam kondisi baik.

Pesatnya pertumbuhan lalu lintas merupakan faktor dari adanya deformasi pada perkerasan jalan yang disebabkan oleh load kendaraan yang lewat pada ruas jalan tersebut, yang sedikit demi sedikit akan menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan lentur, misalnya retak buaya, cekungan, amblas, retak pinggir, retak memanjang, tambalan, pengausan agregat, lubang, pelepasan butir, dan lain-lain yang akan mengurangi tingkat kenyamanan dan membahayakan keselamatan pengguna jalan.

Perkerasan jalan secara terus menerus akan mengalami tegangan akibat beban lalu lintas yang lambat laun akan mengakibatkan kerusakan pada permukaan jalan tersebut. Temperatur, kelembaban, dan gerakan tanah dasar merupakan beberapa faktor yang dapat mengakibatkan kerusakan suatu jalan. Kerusakan-kerusakan pada jalan tersebut semakin lama akan berkembang dan membesar menjadi kegagalan perkerasan jalan. Untuk mengatasi kondisi kegagalan perkerasan tersebut, diperlukan penanganan perkerasan dan dapat diatasi dengan cara menambahkan lapis tambah (overlay). Pekerjaan tebal lapis tambah dapat dijadikan suatu pilihan dalam memperbaiki dan meningkatkan kondisi fungsional dan struktural pada suatu perkerasan jalan. Kerusakan fungsional berpengaruh pada kenyamanan atau kualitas dari pelayanan suatu jalan. Sementara kerusakan struktural adalah kerusakan mengenai penurunan kemampuan struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas, termasuk perkerasan yang kurang tebal. Pekerjaan lapis tambah (overlay) juga dapat dilakukan untuk pemeliharaan dan perawatan permukaan jalan yang dimaksudkan untuk memperbaiki umur



pelayanan jalan dengan cara memperlambat laju kerusakan pada suatu jalan tersebut (Hardiyatmo, 2015).

Untuk mendesain tebal lapis tambahan maka perlu dilakukan analisa seberapa besar tingkat lendutan yang terjadi pada permukaan ruas jalan dengan salah satu metode lendutan balik menggunakan alat Benkelman Beam. Selanjutnya berpedoman kepada Departemen Pekerjaan Umum Pd. T-05-2005-B tebal lapis tambahan akan bisa di dapatkan dan di rekomendasikan untuk setiap segmen pengujian.

Benkelman Beam adalah salah satu perangkat yang digunakan untuk mengetahui/menguji lendutan pada *flexible pavement* yang nantinya data tersebut akan digunakan sebagai analisa struktur perkerasan. Prinsip lendutan dan pengukuran dengan alat Benkelman Beam adalah dengan memberikan beban statik pada sumbu tunggal belakang beroda ganda dari sebuah kendaraan pada permukaan perkerasan jalan tersebut. Lendutan yang terjadi akibat dari pembebanan akan disalurkan oleh batang Benkelman Beam yang mengalami kontak langsung dengan jalan yang melendut (defleksi) dan kemudian besarnya lendutan tersebut akan tercatat di arloji ukur yang menjadi satu kesatuan dengan alat Benkelman Beam tersebut (Wicaksono, 2017). Menurut Aji dkk. (2015) evaluasi jalan dengan menggunakan alat Benkelman Beam termasuk evaluasi perkerasan jalan yang tidak merusak terhadap konstruksi perkerasan jalan yang dievaluasi (nondestruktif). Berdasarkan SNI 2416:2011 mengenai Pedoman Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam terdapat tiga jenis pengukuran yang dilakukan menggunakan alat Benkelman Beam tersebut, yaitu: 1. Lendutan Balik Maksimum (*Maximum Rebound Deflection*) lendutan balik maksimum merupakan besarnya nilai dari lendutan balik perkerasan pada saat beban berjalan 6 m dari titik kontak Benkelman Beam. 2. Lendutan Balik Titik Belok Lendutan balik

titik belok merupakan besarnya nilai lendutan balik perkerasan pada saat beban berjalan 0,40 meter dari titik kontak *Benkelman Beam*.

3. Cekungan Lendutan (*Bowl Deflection*) Cekungan lendutan merupakan kurva yang menggambarkan bentuk lendutan dari suatu segmen perkerasan jalan akibat beban yang disalurkan oleh ban kendaraan.

Untuk hal tersebut di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa dalam melakukan perawatan terhadap fungsional dan struktural jalan, diperlukan beberapa proses yang mudah untuk dilaksanakan namun tepat guna untuk menjamin keselamatan pengguna jalan.

## BAB II

# *Tinjauan Pustaka*

### **2.1. Penelitian Sebelumnya Tentang Evaluasi Nilai Lendutan dalam Merencanakan Tebal Overlay**

Romauli (2016) dengan judul penelitian “ Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (overlay) pada perkerasan lentur dengan menggunakan manual desain perkerasan jalan 2013 (studi kasus ruas jalan Kairagi-Magapet)”. Menarik kesimpulan bahwa pada Kairagi ± Mapanget dengan menggunakan beberapa metode perhitungan yaitu metode Bina Marga 2005, metode Bina Marga 2011, dan metode Bina Marga 2013 memperoleh nilai dwakil dan Curvature Function (CF) masing-masing sebesar dwakil sebesar 1,25 mm dan CF sebesar 0,21 mm untuk penggunaan metode Bina Marga 2005. Sementara dalam penggunaan metode Bina Marga 2011 diperoleh dwakil sebesar 1,29 mm dan CF sebesar 0,21 mm, dan untuk metode Bina Marga 2013 diperoleh dwakil sebesar 1,45 mm dan CF sebesar 0,24 mm. Sementara untuk perhitungan CESA dengan metode Bina Marga 2005 diperoleh nilai CESA 5.206.601 ESAL, untuk metode Bina Marga 2011 diperoleh nilai CESA 3.384.337 ESAL, dan untuk Bina Marga 2013 diperoleh nilai CESA4 5.425.870 ESAL dan CESA5 9.766.566 ESAL. Nilai dwakil dan CESA untuk masing-masing metode didapatkan nilai yang berbeda-beda yang disebabkan perbedaan cara perhitungan untuk menghitung faktor koreksi temperatur, angka ekuivalen dan nilai

VDF. Dalam hasil perhitungan tebal lapis tambah pada setiap metode perhitungan, diperoleh hasil untuk metode Bina Marga 2005 dengan nilai CESA 5.206.601 ESAL tebal lapis tambah yang diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis AC-WC dan 8 cm untuk lapis AC-BC, sementara pada metode Bina Marga 2011 dengan CESA 3.384.337 ESAL tebal lapis tambah yang diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis AC-WC dan 13,5 cm untuk lapis AC-BC, dan untuk metode Bina Marga 2013 dengan CESA 9.766.566 ESAL tebal lapis tambah yang diperoleh sebesar 4 cm untuk lapis AC-WC dan 8,5 cm untuk lapis AC-BC. Maka dengan menggunakan metode Bina Marga 2013, diperoleh tebal lapis tambah total sebesar 12,5 cm yang terdiri dari tebal lapis berjenis AC-WC sebesar 4 cm dan tebal lapis berjenis AC-BC sebesar 8,5 cm pada ruas Jalan Kairagi - Mapanget

Sihombing (2017) dalam penelitiannya dengan judul “ Analisa Deflectometry dan tebal lapis tambahan dengan Metode PD T-05-2005-B pada perkerasan Lentur”. Menarik kesimpulan bahwa dari hasil tebal overlay untuk perencanaan dengan umur rencana selama 5 tahun dengan CESA sebesar 6.411.204,440 ESA sebesar  $4 \pm 13$  cm, dan tebal overlay untuk perencanaan dengan umur rencana selama 10 tahun dengan CESA sebesar 14.559.215,260 sebesar  $4 \pm 13,1$  cm. Kemudian berdasarkan nilai deflectometry menunjukkan kondisi subgrade yang baik berada di Sta. 00+000, 01+500, 02+000, 02+500, 03+000, 04+000, 05+000, 06+000, 07+500, 08+000, 08+500, 13+000, 17+500, 18+000, 18+500, 19+000, 20+500, 21+000, 21+500, 22+500, 23+000, 24+000, 24+500, dan 25+000. Nilai modulus resilen aspal berdasarkan hasil penelitian sebesar 1201,95 Mpa sampai 2403,90 Mpa dan nilai stabilitas aspal sebesar 1151,29 kg/0,01 in sampai 2302,59 kg/0,01 in. Dari hasil penelitian peningkatan lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan cenderung berbanding lurus dengan besarnya tebal lapis tambah yang

diperoleh, juga berdasarkan hasil pengujian semakin tinggi nilai lendutan maka nilai modulus resilen dan stabilitas aspalnya semakin kecil.

Iskandar (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (*overlay*) dengan perbandingan metode PD T-05-2005-B dan manual perkerasan jalan Nomer 02/M/BM/2013” Menarik kesimpulan bahwa nilai Dwakil dan tebal overlay untuk umur rencana 10 tahun dengan CESA 6.546.500,63 ESA didapatkan nilai Dwakil sebesar 1,18 mm dengan overlay setebal 13 cm untuk metode Pd T-05-2005-B, sementara untuk metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 didapatkan nilai Dwakil sebesar 1,36 mm dengan tebal overlay sebesar 8,6 cm. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa perencanaan tebal *overlay* dengan menggunakan metode Bina Marga 2013 diperoleh tebal overlay lebih tipis dibandingkan dengan metode Pd T-05-2005-B. Hal tersebut disebabkan karena dalam menggunakan metode Bina Marga 2013 terdapat dua cara dalam menentukan tebal overlay, yaitu dengan cara menggunakan nilai lendutan maksimum dan dengan menggunakan kurva lendutan, sementara dalam metode Pd T-05-2005-B, tebal overlay diperoleh dari besar lendutan maksimum yang sudah terkoreksi dengan rata-rata temperatur perkerasan tahunan (TPRT).

Wahyudi (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “ Analisis Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (*Overlay*) Cara Lendutan Balik Dengan Metode Pd T-05-2005-B Dan Pedoman Interim No.002/P/BM/2011” Menarik kesimpulan bahwa dalam perencanaan tebal lapis tambah dengan menggunakan Peraturan Pd T-05-2005-B menghasilkan tebal lapisan pada masing-masing segmen sebesar 4 cm (AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 5 cm (AC-Base) untuk segmen 1. Pada segmen 2 tebal lapisan yang diperoleh sebesar 4 cm

(AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 6 cm (AC-Base). Pada segmen 3 tebal lapisan yang diperoleh sebesar 4 cm (AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 3 cm (AC-Base). Sementara dalam perencanaan tebal lapis tambah menggunakan Pedoman Interim No. 002/P/BM/2011 menghasilkan tebal lapisan pada masing-masing segmen sebesar 4 cm (AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 6 cm (AC-Base) untuk segmen 1. Pada segmen 2 tebal lapisan yang diperoleh sebesar 4 cm (AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 7 cm (AC-Base). Pada segmen 3 tebal lapisan yang diperoleh sebesar 4 cm (AC-WC), 6 cm (AC-BC), dan 4 cm (AC-Base). Perbedaan tebal lapis tambah yang diperoleh disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: metode analisa lalu lintas, faktor koreksi yang disebabkan oleh temperatur, dan jenis material yang digunakan. Dari hasil biaya pemeliharaan juga menunjukkan bahwa dalam penggunaan Pedoman Pd T-05-2005-B menghasilkan biaya lebih murah, yaitu sebesar Rp. 46.306.013.475,51, sementara untuk Pedoman Interim No 002/P/BM/2011 dihasilkan biaya untuk pemeliharaan sebesar 47.025.695,30 untuk umur rencana selama 20 tahun. Dari hasil diatas, perencanaan tebal lapis tambah dengan menggunakan Pedoman Pd T-05-2005-B lebih optimal dibandingkan dengan menggunakan Pedoman Interim No 002/P/BM/2011.

Wicaksono (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode Pd T-05-2005-B dan Metode SDPJL pada jalan Nasional di Jogjakarta” Menarik kesimpulan bahwa tebal lapis tambahan yang diperoleh dengan metode Pd T-05-2005-B sebesar 6,73 cm, sementara dengan menggunakan software SDPJL diperoleh tebal lapis tambah sebesar 5,5 cm dengan nilai CESA sebesar 11.395.015 ESA. Perbedaan tebal lapis tambah dipengaruhi oleh terbatasnya variasi VDF yang dapat di input ke dalam software SDPJL, serta pada metode Pd T-05-2005-B data CBR dan RCI tidak digunakan sehingga mengakibatkan tebal

lapis tambah semakin berbeda. Dalam penerapannya, metode Pd T-05-2005-B lebih flexible dibandingkan metode SDPJL karena metode Pd T-05-2005-B dapat menyesuaikan nilai VDF sesuai dengan kondisi jalan yang dianalisis serta pertumbuhan lalu lintas yang dapat dirubah sesuai dengan kondisi di lapangan, sementara pada metode SDPJL nilai VDF dan pertumbuhan lalu lintas sulit disesuaikan dengan kondisi yang ada dilapangan, karena penerapan metode SDPJL hanya cocok digunakan pada ruas jalan dengan LHR rendah. Dalam kemudahan penggunaan, metode SDPJL lebih mudah digunakan karena proses perhitungan dilakukan oleh software sehingga perhitungan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode Pd T-052005-B yang masih menggunakan perhitungan manual. Dari penjelasan tersebut, metode Pd T-05-2005-B lebih baik digunakan karena datanya dapat disesuaikan dengan data yang ada di lapangan.

Rizkiawan (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode Pd T-05-2005-B dan Metode SDPJL pada ruas jalan Klaten-Prambanan” menarik kesimpulan bahwa tebal lapis tambahan yang diperoleh dengan metode Pd T-05-2005-B sebesar 16 cm, sementara dengan menggunakan software SDPJL diperoleh tebal lapis tambah sebesar 13 cm dengan nilai CESA sebesar 40.000.000 ESA. Perbedaan tebal lapis tambah dipengaruhi oleh terbatasnya variasi VDF yang dapat di input ke dalam software SDPJL, serta pada metode Pd T-05-2005-B data CBR dan RCI tidak digunakan sehingga mengakibatkan tebal lapis tambah semakin berbeda. Dalam penerapannya, metode Pd T-05-2005-B lebih flexible dibandingkan metode SDPJL karena metode Pd T-05-2005-B dapat menyesuaikan nilai VDF sesuai dengan kondisi jalan yang dianalisis serta pertumbuhan lalu lintas yang dapat dirubah sesuai dengan kondisi di lapangan, sementara

pada metode SDPJL nilai VDF dan pertumbuhan lalu lintas sulit disesuaikan dengan kondisi yang ada dilapangan, karena penerapan metode SDPJL hanya cocok digunakan pada ruas jalan dengan LHR rendah. Dalam kemudahan penggunaan, metode SDPJL lebih mudah digunakan karena proses perhitungan dilakukan oleh software sehingga perhitungan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode Pd T-052005-B yang masih menggunakan perhitungan manual.

Shalahudin (2014) dalam penelyitian yang berjudul “ Analisa *Overlay* dengan Lendutan Balik Maksimum pada Jalan Dr. Muchtar Luthfi” menarik kesimpulan bahwa tebal overlay dipengaruhi oleh pembagian segmen jalannya. Apabila pada ruas Jalan Dr. Muchtar Luthfi dibuat dalam 1 segmen yaitu pada Sta. 0+000 ± Sta. 6+000 diperoleh tebal overlay sebesar 5,5 cm, sementara apabila dibuat menjadi 2 segmen, yaitu Sta. 0+000 ± Sta. 1+500 (Segmen 1) dan Sta. 1+500 ± Sta. 6+000 diperoleh tebal overlay masing-masing sebesar 3 cm (segmen 1) dan 5,5 cm (segmen 2). Dari hasil tersebut, dapat menunjukkan bahwa pembagian segmen membuat hasil menjadi lebih ekonomis dan teknis dibandingkan dengan hanya dibuat 1 segmen.

## **2.2. Umur Rencana**

Umur rencana ditentukan apabila desain suatu jalan telah jadi dan dibuka guna melayani lalu lintas hingga pada jangka waktu tertentu pelayanan jalan tersebut menurun samapai harus diperlukan adanya perbaikan/rehabilitasi berupa *overlay* lapisan perkerasan maupun pelebaran jalan untuk melayani laju pertumbuhan lalu lintas. Laju pertumbuhan lalu lintas merupakan dampak dari pertumbuhan kepemilikan kendaraan, pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan tata guna



lahan yang mengakibatkan terjadinya kepadatan lalu lintas dan bertambahnya volume lalu lintas pada setiap ruas jalan yang dapat menyebabkan berkurangnya tingkat pelayanan jalan. Tingkat pelayanan jalan yang menurun akibat semakin bertambahnya umur pelayanan dan pertumbuhan lalu lintas akan berlanjut pada kerusakan struktur jalan yang lebih parah hingga pada tingkat yang paling minimal, yang artinya jalan dinyatakan tidak layak lagi melayani pertumbuhan lalu lintas yang ada apabila tidak dilakukan rehabilitasi terhadap struktur jalan tersebut.

Apabila sudah terjadi kerusakan utama pada struktur jalan, kerusakan tersebut akan menjadi faktor untuk kerusakan-kerusakan yang lain. Sebagai contoh pada kerusakan retak buaya yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang dilayani dan faktor lingkungan disekitarnya, dimana retakan tersebut menjadi cela air meresap dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur jalan seperti lubang, pelepasan butiran, dan sampai tahap terparahnya apabila air masuk kedalam lapisan *subgrade* yang dapat menyebabkan *pumping* dan menyebabkan kerusakan yang lebih parah pada struktur jalan sehingga tidak mampu untuk melayani lalu lintas lagi. Pemeliharaan dan perbaikan jalan harus dilakukan pada tingkat kerusakan jalan yang masih rendah dikarenakan biaya untuk pemeliharaan dan perbaikan akan relatif lebih murah. Dan apabila tidak dilakukan pemeliharaan dan perbaikan, maka tingkat kerusakan menjadi lebih parah, maka biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan akan lebih tinggi.

### **2.3. Tingkat Kinerja Perkerasan Jalan**

Performa Perkerasan berdasarkan kinerja struktural (*structural performance*) dan kinerja fungsional (*functional performance*), dimana keduanya saling berpengaruh dalam pelayanan jalan terhadap lalu lintas yang dilayaninya. Adapun performa secara struktural meliputi

kekuatan, kenyamanan, dan keamanan *pevement* pada struktur penyusun perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, sedangkan performa secara fungsional dapat dinyatakan dalam Indeks Permukaan (IP)/*Present Serviceability Index* (PSI) atau dapat juga dinyatakan dalam Indeks Kondisi Jalan atau *Road Condition Index* (RCI) (Hardiani, 2008).

### 2.3.1. *Indek Permukaan (IP) atau Present Serviceability Index (PSI)*

Adapun tingkat kinerja perkerasan jalan didasarkan pada Indeks Permukaan (IP) atau *Serviceability Index* (PSI). Dimana nilai *Serviceability Index* (IP) dengan rentan 0-5, yang dimana rentan nilai 0 sampai 5 tersebut pada masing-masing angka menunjukkan nilai dari fungsi pelayanannya (Sukirman, 1999). Pada *serviceability Index* terdapat nilai IPO, yang dimana nilai IPO ditentukan berdasarkan jenis lapis permukaan yang dipilih dan nilai ketidakrataan permukaan yang mungkin dicapai pada saat itu dibangun atau nilai IPO ditetapkan pada saat jalan baru dioperasikan dan nilainya akan berangsur-angsur berkurang sesuai dengan bertambahnya umur struktur jalan, adapun indeks penilaian *Serviceability Index* (IP) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Indeks Permukaan/*Serviceability Index* (IP)

IP	Fungsi Pelayanan
4 – 5	Sangat Baik
3 – 4	Baik
2 – 3	Cukup
1 – 2	Kurang
0 – 1	Sangat Kurang

Sumber : Sukirman, 1999

### 2.3.2. Road Condition Index (RCI)

Indikator kinerja fungsional jalan selain Indeks Permukaan/*Serviceability Index* adalah *Road Condition Index* (RCI) dengan rentan nilai 2-10, yang dimana rentan nilai 2 sampai 10 tersebut pada masing-masing angka menunjukkan kondisi permukaan pada perkerasan jalan atau dapat dinyatakan bahwa nilai *Road Condition Index* (RCI) adalah tingkat performa jalan yakni tingkat kenyamanan yang dapat diperoleh dengan alat *roughometer* maupun *visual process*, adapun indeks penilaian *Road Condition Index* (RCI) yang diukur berdasarkan skala dan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index* = RCI)

RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
5 – 6	Baik
4 – 5	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
3 – 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2 – 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
≤ 2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4WD jeep

Sumber : Sukirman, 1999

Pada dasarnya kinerja struktur perkerasan jalan dilapangan seperti tingkat pelayanan, kekasaran permukaan, tingkat kenyamanan, kondisi atau wujud struktural dan lainnya, dimana nilai dari keseluruhan akan menurun dengan semakin bertambahnya umur dari struktur jalan tersebut sehingga perlu dilakukannya pemeliharaan. Pemeliharaan jalan merupakan upaya guna menghambat kerusakan yang berarti pada pekerasan jalan

sehingga mampu melayani atau memberikan pelayanan lalu lintas saat ini dan masa mendatang sesuai dengan yang direncanakan berdasarkan umur rencana. Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No. 024/T/Bt/1995 mengenai Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan Kabupaten pemeliharaan dibagi dalam 2 kategori, adapun dua ketegori dalam pemeliharaan jalan tersebut yaitu :

### 1. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin adalah kegiatan pekerjaan perbaikan kecil yang dilaksanakan secara rutin, dilakukan dengan jangka waktu yang teratur dalam setahun dan atas adasar sebagai yang dikehendaki seperti penambalan permukaan, pemangkasan trumbuhan liar (rumput) dan termasuk pekerjaan perbaikan untuk menjaga agar jalan tetap pada performa yang baik. Semua ruas atau segmen yang menjadi prioritas pelaksanaan dalam keadaan baik atau sedang, termasuk proyek-proyek pembangunan jalan baru dan peningkatan jalan sesudah berakhirnya ketentuan mengenai pemeliharaan dalam kontrak. Adapun frekuensi pemeliharaan yang dilakukan dengan interval penanganan kurang dari 1 (satu) tahun baik itu berupa kegiatan pemeliharaan rutin yang direncanakan (*cyclic*) maupun kegiatan pemeliharaan rutin yang tidak direncanakan yang tergantung pada kerusakan di lapangan (*reactive*).

### 2. Pemeliharaan Berkala

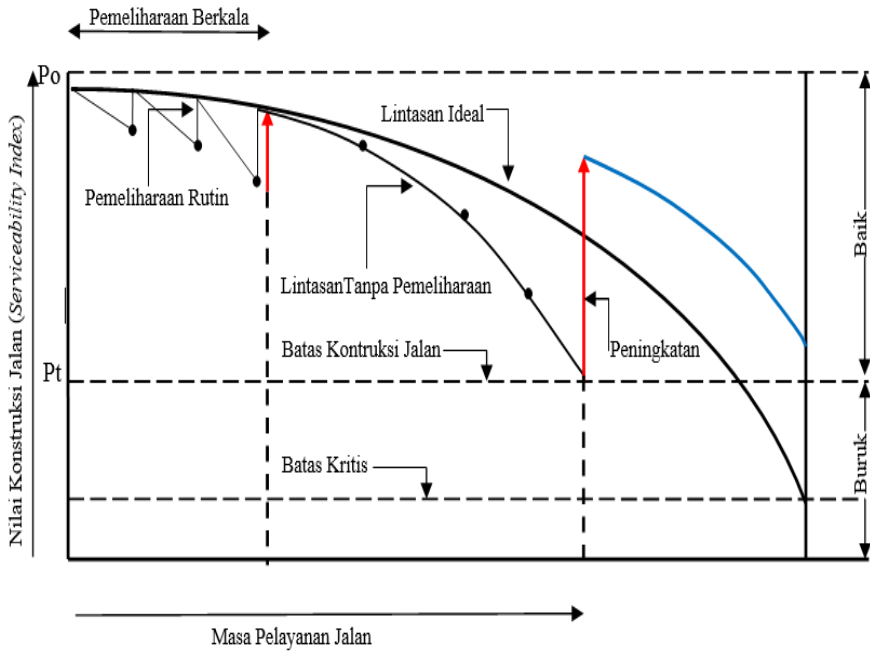
Merupakan kegiatan yang frekwensi pelaksanaannya terencana lebih satu tahun satu lokasi. Pada lokasi tertentu seperti di jalan Kabupaten pekerjaan berupa pelapisan ulang jalan dari aspal dan pemberian pelapisan ulang dari krikil.

Pada umumnya kondisi jalan yang sudah rusak berat ataupun rusak yang tidak berat memerlukan usaha-usaha yang berat untuk mencapai standar minimum untuk lalulintas yang diharapkan.

Adapun skema tingkat pelayanan jalan terhadap masa pelayanan dapat dijelaskan pada Gambar 2.1, jalan akan mengalami penurunan tingkat pelayanan atau dapat dikatakan menurunnya kondisi perkerasan akibat faktor lalu lintas maupun faktor non lalu lintas, dimana penurunan tingkat pelayanan jalan tersebut diindikasikan dengan terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan. Pada titik pemeliharaan rutin menunjukkan bahwa pada keadaan jalan akan berada pada lintasan ideal sesuai umur rencana apabila dilakukan pemeliharaan rutin atau pemeliharaan berkala serta membutuhkan dana yang lebih kecil dibandingkan dengan jalan tanpa adanya pemeliharaan secara rutin atau berkala hingga pada titik batas kemampuan akhir konstruksi jalan tersebut tidak mampu melayani beban lalu lintas yang ada sehingga membutuhkan dana yang lebih besar pada pelaksanaan *reconstruction* atau pembangunan kembali. Pelaksanaan peningkatan struktur jalan yang dijelaskan pada Gambar 2.2a dapat berupa lapis tambah (*overlay*) perlu dilakukan guna meningkatkan pelayanan jalan terhadap lalu lintas saat ini dan masa mendatang dengan umur rencana yang sudah ditentukan, hal tersebut juga dilakukan guna mencegah kerusakan yang berarti atau kegagalan struktur akibat umur rencana yang semakin berkurang dan beban lalu lintas yang semakin bertambah.

Menurut Hardiyatmo (2005), Pemeliharaan yang direncanakan sebelum terjadinya kerusakan (*preventif*) umumnya lebih diutamakan dibandingkan dengan pemeliharaan yang tidak terencana atau pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*korektif*). Pada Gambar 2.2b menunjukkan bahwa kondisi perkerasan yang masih baru awalnya dalam kondisi yang sangat baik, dan kemudian

memburuk perlahan-lahan dengan berjalannya waktu dan akibat repetisi beban lalu lintas. Saat terjadi penurunan kondisi perkerasan jalan hingga 40% dan segera dilakuka perawatan atau perbaikan, maka biayanya akan lebih murah 4 sampai 5 kalinya jika dibandingkan dengan biaya yang dibutuhkan apabila perkerasan jalan sudah mengalami penurunan sebesar 80%.



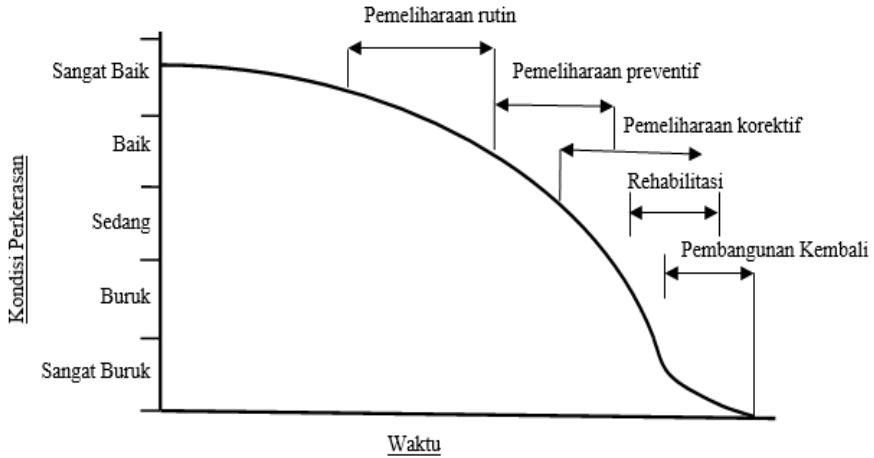
Keterangan :

$P_0$  = Nilai konstruksi/Serviceability index awal (baru)

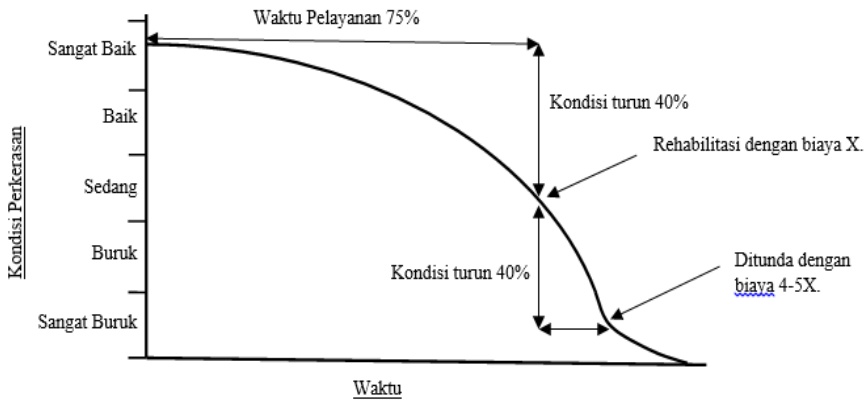
$P_t$  = Nilai konstruksi/Serviceability index akhir (batas kemampun akhir)

Sumber : Life Cycle Cost Analysis For Indot Pavement Design Procedures FHWA/IN/JTPR-2004/28 dalam Danu Wahyudi

Gambar 2.1 Grafik Hubungan mas apelayanan jalan dengan nilai konstruksi



Sumber : *Life Cycle Cost Analysis For Indot Pavement Design Procedures FHWA/IN/JTPR-2004/28*



Sumber : *Hardiyatmo, 2005*

Gambar 2.2 Hubungan Perbaikan Perkerasan Jalan dengan Biaya Perbaikan

Secara umum menurut *World Bank*, dapat dijelaskan bahwa terdapat 3 (tiga) tujuan utama dari pelaksanaan pemeliharaan jalan yaitu:

### 1. Mempertahankan Kondisi Jalan Agar Tetap Berfungsi

Salah satu tujuan adanya pemeliharaan dan peningkatan jalan adalah guna menjaga fungsi jalan agar tetap mampu melayani lalu lintas yang ada guna mendukung pelayanan perpindahan barang dan jasa, industri, perokonimian masyarakat, pembangunan dan bahkan keamanan/integrasi suatu daerah.

### 2. Mengurangi Tingkat Kerusakan Jalan

Jalan yang terus dibebani untuk melayani lalu lintas kondisinya pasti akan menurun, dan akhirnya konstruksi perkerasan akan semakin memburuk dan penurunan tersebut akan terus menerus sehingga sampai ke titik kritis atau gagal konstruksi sehingga tidak dapat digunakan untuk melayani lalu lintas yang ada. Dengan adanya pemeliharaan dan peningkatan kondisi jalan, maka percepatan kerusakan jalan tersebut dapat dikurangi atauantisipasi sehingga masa pelayanan jalan sesuai dengan umur rencananya.

### 3. Memperkecil Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

Pemeliharaan jalan dengan sistem berkala dan baik akan mempertahankan tingkat kerataan sehingga biaya operasional kendaraan tidak meningkat. Adapun besarnya biaya operasi kendaraan ditentukan oleh jenis geometri jalan, jenis kendaraan yang melintas, dan kondisi jalan. Jalan dengan kerusakan yang cukup tinggi akan memiliki ketidakrataan permukaan yang tinggi yang akan memberikan konsekuensi keausan kendaraan dan konsumsi bahan bakar yang meningkat.



## BAB III

# *Jalan*

### **3.1 Klasifikasi Jalan**

Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (UU No. 22 Tahun 2009). Pada Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang jalan pada bagian kesatu pasal 3 disebutkan bahwa penyelenggaraan jalan umum dilakukan dengan mengutamakan pembangunan jaringan jalan di pusat-pusat produksi dan yang menghubungkan pusat-pusat produksi dengan daerah pemasaran.

Penyelenggaraan jalan umum juga diarahkan untuk pembanguhan jaringan jalan untuk memperkokoh kesatuan wilayah nasional hingga menjangkau daerah terpencil. Sedangkan tujuan diselenggarakannya jalan umum diarahkan untuk mewujudkan perikehidupan rakyat yang serasi sesuai dengan tingkat kemajuan yang sama, merata, dan seimbang, serta berdaya guna dan berhasil guna untuk kepentingan pertahanan dan keamanan negara. Di Indonesia, jalan dapat diklasifikasikan atau dikelompokkan menjadi:

### **3.1.1. Jalan berdasarkan peruntukannya**

Merujuk pada UU No. 38 Tahun 2004 Pasal 6 ayat 1 tentang jalan, klasifikasi jalan berdasarkan peruntukannya dapat dibedakan menjadi:

a. Jalan Umum

Jalan umum adalah jaringan jalan yang digunakan untuk lalu lintas umum

b. Jalan Khusus

Jalan khusus adalah jalan yang dikelola oleh suatu instansi dan tidak diperuntukkan untuk lalu lintas umum, seperti jalan inspeksi saluran pengairan, jalan perkebunan, jalan kompleks perumahan bukan untuk umum, jalan di kompleks sekolah, dan jalan untuk daerah-daerah keperluan militer.

### **3.1.2. Jalan berdasarkan sistemnya**

Merujuk pada UU No. 38 Tahun 2004 Pasal 7 ayat 1 tentang jalan, klasifikasi jalan berdasarkan sistemnya dapat dibedakan menjadi:

a. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan yang menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang diwujudkan dalam pusat-pusat kegiatan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional.

b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa bagi masyarakat di wilayah perkotaan.

### 3.1.3. Jalan berdasarkan fungsinya

Merujuk pada Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang jalan, klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya dapat dibedakan menjadi:

- a. Jalan Arteri Jalan arteri adalah jalan umum yang bertujuan untuk melayani angkutan umum dengan ciri-ciri kendaraan yang melintasi jalan arteri melakukan perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien. Jalan arteri dibagi menjadi:

- 1) Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer yaitu jalan yang dibangun untuk menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah yang menghubungkan semua simpul jasa distribusi dengan wujud pusat-pusat kegiatan yang direncanakan mengikuti rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa dengan tujuan untuk mengembangkan wilayah diseluruh tingkat nasional.

Jalan arteri primer harus memiliki kapasitas yang lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata serta dilarang terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal. Jalan arteri primer dibangun dengan menggunakan desain kecepatan rencana minimal 60 (enam puluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 11 (sebelas) m.

- 2) Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang dibangun untuk menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua. Jalan arteri sekunder memiliki peranan

pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota dengan ciri-ciri angkutan (kendaraan) yang melewati Jalan arteri sekunder yaitu perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Pada daerah perkotaan Jalan arteri sekunder sering disebut sebagai Jalan Protokol. Jalan arteri sekunder dibangun dengan menggunakan desain kecepatan rencana minimal 30 (tiga puluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 11 (sebelas) m.

b. Jalan Kolektor Jalan Kolektor adalah jalan umum yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi yang ditandai dengan perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan dibatasi. Jalan kolektor dibagi menjadi:

1) Jalan Kolektor Primer Jalan kolektor primer sebagaimana dimaksud adalah jalan yang dibangun untuk menghubungkan antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Jalan kolektor primer dibangun dengan menggunakan desain kecepatan rencana minimal 40 (empat puluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 9 (sembilan) m.

2) Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang dibangun untuk menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga yang berperan untuk melayani jasa distribusi bagi masyarakat di dalam kota. Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri angkutan (kendaraan) yang

melewati jalan kolektor sekunder memiliki ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan kolektor sekunder dibangun dengan menggunakan desain kecepatan rencana minimal 20 (dua puluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 9 (sembilan) m.

- c. Jalan lokal merupakan jalan umum yang memiliki fungsi untuk melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri angkutan (kendaraan) yang melintasi jalan tersebut yaitu perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. Jalan lokal dibagi menjadi:
- 1) Jalan Lokal Primer Jalan lokal primer adalah jalan yang dibangun dan didisain menggunakan kecepatan rencana minimal 20 (dua puluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 7,5 m yang berfungsi untuk menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.
  - 2) Jalan Lokal Sekunder Jalan lokal sekunder adalah jalan yang dibangun dan didisain dengan menggunakan kecepatan rencana minimal 10 (sepuluh) km/jam dan lebar badan jalan keseluruhan minimal 7,5 (tujuh koma lima) m yang berfungsi untuk menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang dibangun untuk melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri angkutan (kendaraan) yang melintasi jalan tersebut yaitu perjalanan jarak pendek dan kecepatan rata-rata rendah. Jalan lingkungan dibagi menjadi:

1) Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang dibangun dan didesain dengan menggunakan kecepatan rencana minimal 15 (lima belas) km/jam dan lebar badan jalan keseluruhan minimal 6,5 (enam koma lima) m yang berfungsi untuk menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan pedesaan.

2) Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang dibangun dan didesain dengan menggunakan kecepatan rencana minimal 10 (sepuluh) km/jam dengan lebar badan jalan keseluruhan minimal 6,5 (enam koma lima) m. Jalan lingkungan sekunder yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 (tiga) atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan minimal 3,5 (tiga koma lima) m.

### **3.1.4. Jalan berdasarkan kelasnya.**

Merujuk pada UU No. 22 Tahun 2009 Pasal 19 ayat 2 tentang lalu lintas dan angkutan jalan, klasifikasi jalan berdasarkan kelasnya dapat dibedakan menjadi:

a. Jalan Kelas I

Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar maksimal 2.500 (dua ribu lima ratus) mm, panjang maksimal 18.000 (delapan belas

ribu) mm, tinggi maksimal 4.200 (empat ribu dua ratus) mm, serta muatan sumbu terberat maksimal 10 (sepuluh) ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar maksimal 2.500 (dua ribu lima ratus) mm, panjang maksimal 12.000 (dua belas ribu) mm, tinggi maksimal 4.200 (empat ribu dua ratus) mm, serta muatan sumbu terberat maksimal 8 (delapan) ton.

c. Jalan Kelas III

Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar maksimal 2.100 (dua ribu seratus) mm, panjang maksimal 9.000 (sembilan ribu) mm, tinggi maksimal 3.500 (tiga ribu lima ratus) mm, serta muatan sumbu terberat maksimal 8 (delapan) ton.

a. Jalan Kelas Khusus

Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar lebih dari 2.500 (dua ribu lima ratus) mm, panjang lebih dari 18.000 (delapan belas ribu) mm, dengan MST > 10 (sepuluh) ton.

b. Jalan berdasarkan statusnya.

Merujuk pada PP No. 34 Tahun 2006 bagian ke empat pasal 25, klasifikasi jalan berdasarkan statusnya dapat dibedakan menjadi:

1) Jalan Nasional

Jalan nasional sebagaimana dimaksud terdiri atas:

a) Jalan arteri primer;

b) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;

- c) Jalan tol; dan
  - d) Jalan strategis nasional.
- 2) Jalan Provinsi
- Jalan provinsi sebagaimana dimaksud terdiri atas:
- a) Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
  - b) Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten atau kota;
  - c) Jalan strategis provinsi; dan
  - d) Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan nasional.
- 3) Jalan Kabupaten
- Jalan kabupaten sebagaimana dimaksud terdiri atas:
- a) Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional sebagaimana dimaksud sebagai jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan provinsi;
  - b) Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa;
  - c) Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota; dan
  - d) Jalan strategis kabupaten.
- 4) Jalan Kota
- Jalan kota sebagaimana adalah jalan umum paada jaringan jalan sekunder di dalam kota.
- 5) Jalan Desa



Jalan desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan pedesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa.

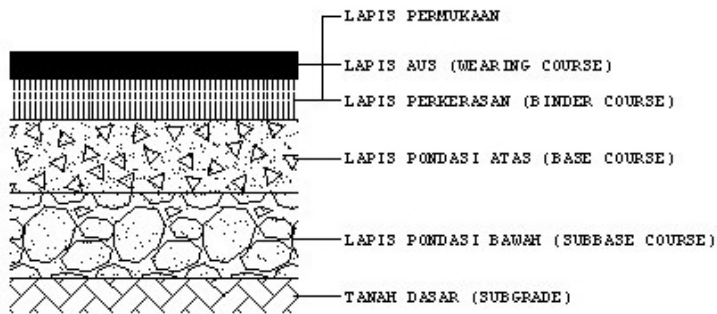
### **3.2. Jenis Perkerasan Jalan**

Perkerasan adalah susunan konstruksi struktural yang menggunakan campuran bahan ikat baik itu berupa aspal maupun semen (*portland cement*) dan agregat baik itu berupa batu pecah, batu kali, batu belah maupun berupa agregat sintesis/ buatan (*synthetic/artificial aggregates*) yang berada diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) guna melayani lalu lintas rencana yang telah ditentukan. Apabila dilihat dari bahan pengikatnya, maka jenis perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi:

#### **3.2.1 Flexible Pavemen (Perkerasan Lentur)**

Perkerasan adalah susunan konstruksi struktural yang tersusun atas material campuran bahan ikat baik berupa aspal ataupun semen (*portland cement*) dengan agregat halus (*pasir*) dan agregat kasar (*kerikil*) ataupun batu pecah yang diletakkan di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang dimaksudkan untuk melayani lalu lintas rencana yang sudah ditentukan.

Menurut Hardwiyono (2013), perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai material ikat yang terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan antara (*binder course*) lapisan permukaan permukaan (*surfce course*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lapisan-lapisan pembentuk perkerasan lentur

Adapun lapisan-lapisan perkerasan lentur beserta fungsinya adalah:

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang mengalami kontak langsung dengan roda kendaraan (Hardwiyono, 2013). Fungsi dari lapisan permukaan adalah sebagai:

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda di atasnya.
2. Sebagai lapisan kedap air yang berfungsi untuk melindungi jalan dari kerusakan akibat faktor iklim seperti hujan.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) merupakan lapisan perkerasan jalan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan (Hardwiyono, 2013).

Fungsi dari lapisan pondasi atas adalah sebagai:

1. Perletakkan atau pondasi untuk lapis permukaan.
2. Meneruskan atau mendistribusikan beban lalu lintas yang berada di atasnya ke lapis pondasi bawah.

Menurut Hardiyatmo (2015), bahan lapis pondasi (*base course*) terdiri dari material pilihan, yaitu batu pecah yang awet, tahan

terhadap pelapukan/abrasi yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang berulang, dengan gradasi material tertentu.

Pertimbangan utama dalam perancangan lapis pondasi atas adalah:

1. Ketebalannya.
2. Stabilitas material dari pengaruh beban lalu lintas.
3. Keawetan material dari terjadinya pelapukan.

Menurut Bina Marga (2010) mengenai spesifikasi umum tentang perkerasan jalan, agregat lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang digunakan sebagai lapisan struktur perkerasan dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas A, B, dan C. Material yang digunakan sebagai lapis pondasi atas adalah agregat dengan kategori kelas A dan B, sedangkan untuk lapis pondasi bawah digunakan agregat dengan kategori kelas C. Persyaratan material agregat dari setiap fraksi yaitu:

1. Fraksi Agregat Kasar  
Agregat kasar (tertahan pada ayakan 4,75 mm) memiliki syarat terdiri dari partikel yang awet dan keras. Agregat kasar kelas A yang berasal dari batu kali yang memiliki syarat 100% memiliki minimal dua bidang pecah. Agregat kasar kelas B yang berasal dari batu kali harus 65% memiliki minimal satu bidang pecah. Agregat kasar kelas C berasal dari kerikil.
2. Fraksi Agregat Halus Agregat halus (lolos saringan 4,75 mm) harus terdiri dari batu pecah halus atau partikel pasir.
3. Untuk lapis pondasi harus bersih dari bahan organik dan tanah menempel (lempung) atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki yang dapat menurunkan kualitas agregat di material agregat tersebut.

Dalam pemilihan agregat untuk lapisan perkerasan jalan, menurut Aminsyah (2010), terdapat beberapa parameter, yaitu:

1. Kualitas Agregat Kualitas dan sifat agregat sangat berpengaruh dalam menentukan beban lalu lintas, oleh karena itu, agregat dengan kualitas tinggi dipengaruhi oleh:
  - a. Kekerasan agregat.
  - b. Permukaan butir agregat.
  - c. Kelekatan agregat.
  - d. Ketahanan agregat terhadap cuaca.
2. Mutu Agregat Untuk menentukan mutu agregat terdiri dari beberapa parameter, yaitu:
  - a. Ukuran atau Gradasi Agregat yang digunakan untuk perkerasan jalan adalah agregat yang terdistribusi yang dimulai dari ukuran besar sampai dengan ukuran kecil. Distribusi agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi atau ukuran agregat dapat dibedakan menjadi gradasi seragam, gradasi rapat, dan gradasi buruk.
  - b. Bentuk Butir
  - c. Daya Absorpsi Agregat yang berpori banyak dapat menyerap air lebih banyak sehingga dapat menyebabkan kualitas agregat menjadi buruk.
3. Pengolahan Agregat Proses pengolahan agregat berpengaruh terhadap pemilihan agregat oleh pengguna material agregat tersebut. Beberapa proses pengolahan agregat, diantaranya:
  - a. Penggilingan. Dalam memproduksi agregat bertujuan untuk menurunkan ukuran agregat ke dalam batas yang lebih spesifik, dengan jumlah produksi yang minimum untuk material yang baik.
  - b. Mesin Pemecah Batuan. Mesin pemecah batuan bekerja dengan cara berputar dan menjepit agregat, dengan bentuk mesin seperti kerucut. Pengolahan agregat dengan

mesin pemecah batuan bertujuan untuk menurunkan ukuran agregat dengan menekan sesama material agregat sehingga relatif cenderung dapat meratakan.

- c. Mesin Pemecah Tumbukan Mesin pemecah tumbukan adalah mesin yang memproduksi agregat dengan cara menumbuk agregat menggunakan perputaran palu.

c. Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)

Adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan lapisan tanah dasar dan pondasi atas. Lapis pondasi bawah (subbase course) memiliki fungsi:

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan jalan yang bertujuan untuk mendukung dan menyebarkan atau mendistribusikan beban roda kendaraan.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif lebih murah sehingga membuat lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya
3. Mencegah subgrade masuk ke dalam lapis pondasi atas. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan pekerjaan perkerasan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (Subgrade)

Lapisan yang berfungsi untuk mendukung konstruksi di atasnya serta tempat perletakan lapis perkerasan. Jika tanah dasar dalam kondisi baik maka lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli, ataupun tanah urugan yang berasal dari tempat lain atau tanah yang sudah distabilisasi (diperbaiki) yang disebabkan karena tanahnya dalam kondisi kurang baik.

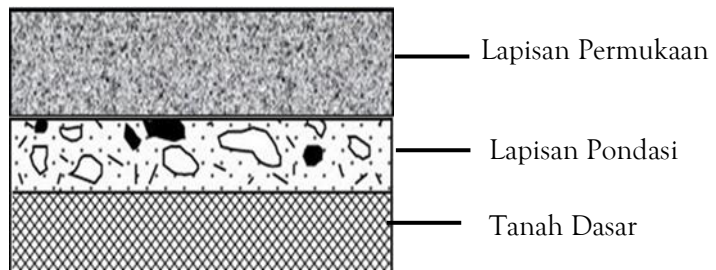
### 3.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigit Pavement*)

Perkerasan kaku atau *rigit pavement* adaah perkerasan yang menggunakan bahan ikat berupa semen dengan tulangan atau tanpa

tulangan dan beban lalu lintas yang dilalui pada perkerasan kaku ini relatif besar. Adapun menurut Suryawan (2015) perkerasan jalan beton semen portland atau yang lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga disebut *rigit pavement*, memiliki modulus elastisitas yang tinggi yang diletakkan diatas muka tanah dasar, dan beban akan dipikul sendiri oleh slab beton sendiri. Penggunaan perkerasan kaku adalah guna memenuhi kapasitas jalan dengan volume dan beban lalu lintas rencana yang besar dengan kapasitas daya dukung tanah dasar yang kurang baik. Keunggulan menggunakan perkerasan kaku yaitu mempunyai sifat kaku sehingga pendistribusian beban ke lapisan bawahnya merata. Pada perkerasan kaku dibuat dengan konstruksi *segment* dengan menggunakan sistem *joint*. Suryawan (2015) menyatakan bahwa lapisan perkerasan beton dapat diklasifikasikan atas dua tipe sebagai berikut:

- a. Perkerasan beton dengan tulangan *dowel* dan *tie bar*. Untuk menghindari retak bisa digunakan wire mesh.
- b. Perkerasan beton bertulang menerus terdiri dari susunan besi yang relatif banyak dan tidak ada siar, kecuali untuk keperluan pelaksanaan konstruksi dan beberapa siar muai.

Adapun lapisan-lapisan struktur dari perkerasan kaku (*rigit pavement*) beserta fungsinya adalah:



Gambar 3.2 Lapisan-lapisan Struktur Perkerasan Kaku

### 1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Adalah lapisan yang teratas pada suatu perkerasan kaku (*rigit pavement*) yang dimana lapisan ini berupa slab beton dengan tebal  $\geq 10-15$  cm, adapun jenis *rigit pavement* terdiri atas dua jenis, yaitu perkerasan dengan tulangan dan perkerasan tanpa tulangan. Adapun menurut Hardiyatmo (2015), plat beton biasanya diletakan di atas material granuler yang dipadatkan atau pondasi bawah yang dirawat (*treated subbase*) yang dibawahnya didukung oleh tanah dasar (*subgrade*) yang dipadatkan. Adapun fungsi dari lapisan permukaan (*surface course*) sama dengan perkerasan lentur, yaitu :

- a. Sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
- b. Memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- c. Sebagai lapisan yang memberikan koefisien gesek pada ban kendaraan sehingga tidak terjadi slip.
- d. Menahan repitisi dari adanya beban yang diakibatkan oleh kendaraan
- e. Lapisan kedap air yang mencegah meresapnya air ke dalam lapisan struktur dibawahnya.

### 2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) ini terletak diantara lapisan plat beton yang merupakan lapisan permukaan dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan pondasi ini bawah ini selain memberikan tambahan daya dukung atau kestabilan pada struktur juga berperan sebagai drainase bawah permukaan atau *drainage layer*. Pondasi bawah diharapkan dapat mengalirkan air resapan yang masuk lewat sambungan/*join slab* beton. Adapun fungsi dari lapisan pondasi bawah pada *rigit pavement* adalah :

- a. Mengurangi pengaruh pumping pada tanah dasar akibat resapan air dan air tanah yang muncul ke permukaan.
  - b. Sebagai lapisan drainase yang mengalirkan air resapan yang meresap melalui cela-cela sambungan pelat beton.
  - c. Sebagai lapisan guna menambah daya dukung atau kestabilan struktur terhadap beban lalu lintas.
  - d. Mengurangi terjadinya keretakan pada pelat beton.
  - e. Sebagai lantai kerja lapisan *rigid pavement*.
3. Lapisan Tanah dasar (*Subgrade*)

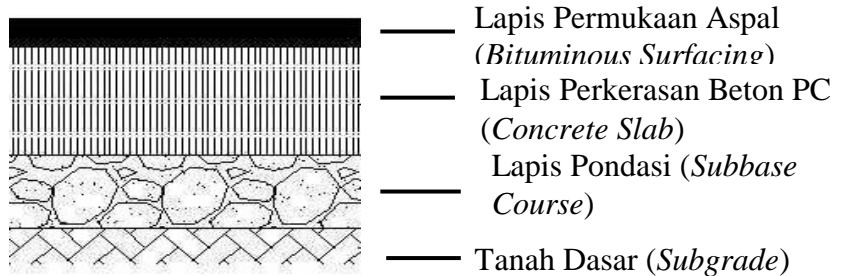
Sama halnya dengan perkerasan lentur, dimana lapisan tanah dasar adalah bagian terbawah dari perkerasan jalan berupa tanah asli, galian, maupun timbunan sebagai lapisan perletakan bagi lapisan di atasnya. Tidak dianjurkan menggunakan tanah dengan pastisitas tinggi yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH, OL, Oh, dan PT menurut “*Unified atau Casagrande Soil Classification System*”. Tebalnya berkisar antara 50 - 100 cm. Apabila mengacu pada dokumen AASHTO T99, lapisan tanah dasar (*subgrade*) harus dipadatkan sekurang-kurangnya 95% sampai dengan 100% dari kepadatan kering maksimum sebagaimana di laboratorium pada kadar air  $\pm 2\%$  dari kadar air optimum. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat perletakan jalan raya dan penopang lapisan perkerasan yang ada di atasnya.

### 3.2.3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan kombinasi antara konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya. Dari



kombinasi kedua perkerasan tersebut bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Adapun lapisan strukturnya dimulai dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi (*subbase course*), lapisan perkerasan beton, dan lapis permukaan aspal sebagai lapisan aus, yang dimana lapisan-lapisan struktural dari perkerasan komposit (*composite pavement*) memiliki fungsi yang sama seperti perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*).



Gambar 3.3 Lapisan-lapisan Struktur Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

### 3.3. Kerusakan Struktur Perkerasan Jalan

Pada konstruksi perkerasan jalan dapat kerusakan yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor antara lain menurut Morisca (2014):

1. Lalu lintas, yang berupa peningkatan jumlah lalu lintas dan repetisi beban.
2. Air, yang menggenang ataupun air yang mengalir dari sifat kapilaritas tanah serta drainase yang tidak baik.
3. Material konstruksi perkerasan, yang disebabkan sistem pengolahan material yang tidak baik atau material yang tidak sesuai spesifikasi.
4. Iklim, disebabkan oleh suhu udara dan curah hujan yang tinggi.
5. Tanah dasar yang tidak stabil, dapat disebabkan oleh pelaksanaan pemadatan yang tidak baik.

6. Proses pemadatan tanah di atas tanah dasar yang tidak sesuai dengan prosedur pemadatan tanah.

## BAB IV

# Metode Lendutan Balik

Perencanaan overlay pada perkerasan lentur jalan ini dilakukan dengan menggunakan Metode Lendutan Balik yang berpedoman pada Pd. T-05-2005-B. Perencanaan overlay perkerasan lentur jalan dengan berpedoman pada Pd T-05-2005-B memiliki beberapa tahap perhitungan yaitu:

### 4.1. Mencari Nilai dari Repetisi Beban Lalu Lintas Rencana (CESA)

Untuk menentukan nilai akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA), memiliki beberapa langkah pengerjaan yaitu:

- a. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)  
Koefisien distribusi kendaraan (C) dapat ditentukan dengan mengetahui jumlah lajur pada suatu ruas jalan atau jumlah lajur dapat juga ditentukan dari total lebar Perkerasan (L) suatu ruas jalan sesuai yang tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah lajur yang didasarkan pada lebar perkerasan (Bina Marga, 2005)

Lebar Perkerasan Total (L)	Jumlah Lajur Jalan
$L < 4,50 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L \leq 8,00 \text{ m}$	2
$8 \text{ m} \leq L \leq 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L \leq 15,00 \text{ m}$	4
$15,00 \text{ m} \leq L \leq 18,75 \text{ m}$	5
$18,5 \text{ m} \leq L \leq 22,50 \text{ m}$	6

Setelah diketahui jumlah lajur, kemudian mencari nilai koefisien distribusi kendaraan (C) yang ditentukan juga berdasarkan kendaraan dengan beban ringan dan kendaraan dengan beban berat yang lewat pada lajur jalan tersebut sesuai dengan yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Koefisien distribusi kendaraan (C) (Bina Marga, 2005)

Jumlah Lajur	kendaraan berbobot ringan*)		kendaraan berbobot berat**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1	1	1	1
2	0,6	0,5	0,7	0,5
3	0,4	0,4	0,5	0,475
4		0,3		0,45
5		0,25		0,425
6		0,2		0,4

Keterangan:

\*) Mobil Penumpang

\*\*) Truk dan Bus

b. Ekvivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Angka ekivalen (E) dari setiap golongan beban sumbu kendaraan dapat dicari dengan menggunakan Persamaan atau ditentukan sesuai yang tertera pada Tabel 4.3.

$$\text{Angka Ekvivalen STRT} = \left( \frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{5,40} \right)^4 \quad (4.1)$$

$$\text{Angka Ekvivalen STRG} = \left( \frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{8,16} \right)^4 \quad (4.2)$$

$$\text{Angka Ekvivalen SDRG} = \left( \frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{13,76} \right)^4 \quad (4.3)$$

$$\text{Angka Ekvivalen STrRG} = \left( \frac{\text{Beban Sumbu (Ton)}}{18,45} \right)^4 \quad (4.4)$$

Keterangan:

STRT =Sumbu Tunggal Roda Tunggal

STRG =Sumbu Tunggal Roda Ganda

SDRG =Sumbu *Dual* Roda Ganda  
 STrRG =Sumbu *Triple* Roda Ganda

Tabel 4.3 Nilai Ekvivalen beban (Bina Marga, 2005)

Beban Sumbu (Ton)	Nilai Ekvivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)			
	STRT	STRG	SDRG	STrRG
1	0,00118	0,00023	0,00003	0,00001
2	0,01882	0,00361	0,00045	0,00014
3	0,09526	0,01827	0,00226	0,0007
4	0,30107	0,05774	0,00714	0,00221
5	0,73503	0,14097	0,01743	0,00539
6	1,52416	0,29231	0,03615	0,01118
7	2,82369	0,54154	0,06698	0,02072
8	4,81709	0,92385	0,11426	0,03535
9	7,71605	1,47982	0,18302	0,05662
10	11,76048	2,25548	0,27895	0,0863
11	17,21852	3,30225	0,40841	0,12635
12	24,38653	4,67697	0,57843	0,17895
13	33,5891	6,44188	0,79671	0,24648
14	45,17905	8,66466	1,07161	0,33153
15	59,53742	11,41838	1,41218	0,4369
16	77,07347	14,78153	1,82813	0,56558
17	98,22469	18,83801	2,32982	0,72079
18	123,45679	23,67715	2,9283	0,90595
19	153,26372	29,39367	3,6353	1,12468
20	188,16764	36,08771	4,4632	1,38081

c. Nilai Faktor antara Umur Rencana dan Pertumbuhan Lalu Lintas (N) Dalam mencari nilai faktor hubungan antara umur rencana dan pertumbuhan lalu lintas dapat dicari menggunakan Persamaan 4.5 atau menggunakan Tabel 4.4.

$$N = \frac{1}{2} \left[ 1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \quad (4.5)$$

Keterangan:

N = Faktor hubungan umur rencana dan pertumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana, r =Pertumbuhan lalu lintas

Tabel 4.4 Faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembangan lalu lintas (N) (Bina Marga, 2005)

Umur Rencana (Tahun)	Pertumbuhan Lalu lintas (%)					
	2	4	5	6	8	10
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
2	2,04	2,08	2,1	2,12	2,16	2,21
3	3,09	3,18	3,23	3,28	3,38	3,48
4	4,16	4,33	4,42	4,51	4,69	4,87
5	5,26	5,52	5,66	5,81	6,1	6,41
6	6,37	6,77	6,97	7,18	7,63	8,1
7	7,51	8,06	8,35	8,65	9,28	9,96
8	8,67	9,4	9,79	10,19	11,06	12,01
9	9,85	10,79	11,3	11,84	12,99	14,26
10	11,06	12,25	12,89	13,58	15,07	16,73
11	12,29	13,76	14,56	15,42	17,31	19,46
12	13,55	15,33	16,32	17,38	19,74	22,45
13	14,83	16,96	18,16	19,45	22,36	25,75
14	16,13	18,66	20,09	21,65	25,18	29,37
15	17,47	20,42	22,12	23,97	28,24	33,36
20	24,54	30,37	33,89	37,89	47,59	60,14
25	32,35	42,48	48,92	56,51	76,03	103,26
30	40,97	57,21	68,1	81,43	117,81	172,72

#### 4. Repetisi Beban Lalu Lintas Rencana (CESA)

Dalam menentukan akumulasi ekivalen beban sumbu standar lalu lintas (CESA) selama umur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 4.6

$$CESA = \sum m \times 365 \times E \times C \times N \quad (4.6)$$

Keterangan:

CESA = Total ekivalen beban sumbu kendaraan

m = Total setiap kendaraan

365 = Jumlah hari dalam setahun

- E = Angka ekivalen sumbu kendaraan (Tabel 4.3)
- C = Nilai koefisien distribusi kendaraan (Tabel 4.2)
- N = Nilai faktor umur rencana dan pertumbuhan lalu lintas yang disesuaikan dengan pertumbuhan lalu lintas (Tabel 3.4)

#### 4.2. Menghitung Nilai Lendutan Balik menggunakan alat Benkelman Beam (BB)

Nilai lendutan balik yang dipakai untuk perencanaan yaitu nilai lendutan berdasarkan data dari pengujian di lapangan menggunakan alat Benkelman Beam (BB). Nilai lendutan yang didapat kemudian dikoreksi dengan beberapa faktor yaitu faktor musim, temperatur, serta koreksi beban uji. Besarnya nilai lendutan balik dapat dicari dengan menggunakan Persamaan

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times F_t \times C_a \times FK_{B, BB} \quad (4.7)$$

Keterangan:

- $d_B$  = Lendutan balik (mm)
- $d_1$  = Lendutan ketika beban berada di titik awal pengujian (mm)
- $d_3$  = Lendutan ketika beban berada 6 m dari titik pengujian (mm)
- $C_a$  = Faktor musim  
(1,20 untuk kemarau dan 0,9 untuk penghujan)
- $FK_{B, BB}$  = Faktor koreksi beban uji
- $BB$  =  $77,343 \times (\text{beban(ton)})^{(2,0715)}$  (4.8)
- $F_t$  = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35°C yang dapat dicari dengan Persamaan dan tergantung tebal perkerasan ( $H_L$ ).
- $F_t$  =  $4,184 \times T_L^{-0,4025}$   
untuk  $H_L < 10$  cm (4.9)

$$= 14,785 \times T_L^{-0,7573}$$

untuk  $H_L \geq 10$  cm (4.10)

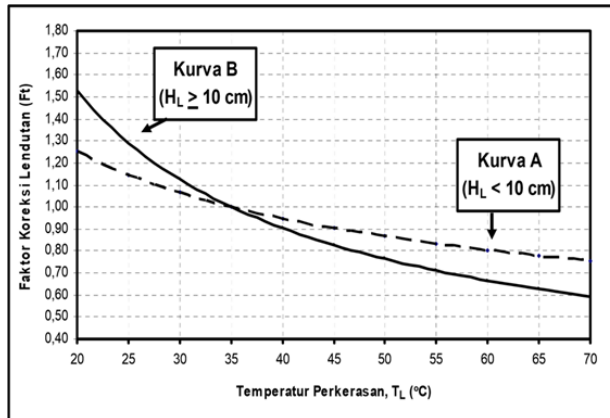
$$T_L = \frac{1}{3} \times (T_p + T_t + T_b)$$
(4.11)

Keterangan:

$T_p$  = Temperatur permukaan

$T_t$  = Temperatur tengah

$T_b$  = Temperatur bawah



Gambar 4.1 Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft)

Sumber: (Bina Marga, 2005)

Tabel 4.5 Faktor Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur Standar (Ft)

Faktor Koreksi (Ft)			Faktor Koreksi (Ft)		
$T_L$ (°C)	Kurva A ( $H_L < 10$ cm)	Kurva B ( $H_L \geq 10$ cm)	$T_L$ (°C)	Kurva A ( $H_L < 10$ cm)	Kurva B ( $H_L \geq 10$ cm)
20	1,25	1,53	46	0,90	0,81
22	1,21	1,42	48	0,88	0,79
24	1,16	1,33	50	0,87	0,76
26	1,13	1,25	52	0,85	0,74
28	1,09	1,19	54	0,84	0,72
30	1,06	1,13	56	0,83	0,70



32	1,04	1,07	58	0,82	0,68
34	1,01	1,02	60	0,81	0,67
36	0,99	0,98	62	0,79	0,65
38	0,97	0,94	64	0,78	0,63
40	0,95	0,90	66	0,77	0,62
42	0,93	0,87	68	0,77	0,61
44	0,91	0,84	70	0,76	0,59

Catatan:

- Kurva A adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) kurang dari 10 cm.
- Kurva B adalah faktor koreksi (Ft) untuk tebal lapis beraspal (HL) minimum 10 cm.

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

Tabel 4.6 Temperatur Tengah (Tt) dan Bawah (Tb) Lapis Beraspal Berdasarkan Data Temperatur Udara (Tu) dan Temperatur Permukaan (Tp)

Tu + Tp (°C)	Temperatur lapis beraspal (°C) pada kedalaman					
	2,5 cm	5,0 cm	10 cm	15 cm	20 cm	30 cm
45	26,8	25,6	22,8	21,9	20,8	20,1
46	27,4	26,2	23,3	22,4	21,3	20,6
47	28,0	26,7	23,8	22,9	21,7	21,0
48	28,6	27,3	24,3	23,4	22,2	21,5
49	29,2	27,8	24,7	23,8	22,7	21,9
50	29,8	28,4	25,2	24,3	23,1	22,4
51	30,4	28,9	25,7	24,8	23,6	22,8
52	30,9	29,5	26,2	25,3	24,0	23,3
53	31,5	30,0	26,7	25,7	24,5	23,7
55	32,7	31,2	27,6	26,7	25,4	24,6
56	33,3	31,7	28,1	27,2	25,9	25,1
57	33,9	32,3	28,6	27,6	26,3	25,5
58	34,5	32,8	29,1	28,1	26,8	26,0

59	35,1	33,4	29,6	28,6	27,2	26,4
60	35,7	33,9	30,0	29,1	27,7	26,9
61	36,3	34,5	30,5	29,5	28,2	27,3
62	36,9	35,1	31,0	30,0	28,6	27,8
63	37,5	35,6	31,5	30,5	29,1	28,2
64	38,1	36,2	32,0	31,0	29,5	28,7
65	38,7	36,7	32,5	31,4	30,0	29,1
66	39,3	37,3	32,9	31,9	30,5	29,6
67	39,9	37,8	33,4	32,4	30,9	30,0
68	40,5	38,4	33,9	32,9	31,4	30,5
69	41,1	39,0	34,4	33,3	31,8	30,9
70	41,7	39,5	34,9	33,8	32,3	31,4
71	42,2	40,1	35,4	34,3	32,8	31,8
72	42,8	40,6	35,8	34,8	33,2	32,3
73	43,4	41,2	36,3	35,2	33,7	32,8
74	44,0	41,7	36,8	35,7	34,1	33,2
75	44,6	42,3	37,3	36,2	34,6	33,7
76	45,2	42,9	37,8	36,7	35,0	34,1
77	45,8	43,4	38,3	37,1	35,5	34,6
78	46,4	44,0	38,7	37,6	36,0	35,0
79	47,0	44,5	39,2	38,1	36,4	35,5
80	47,6	45,1	39,7	38,6	36,9	35,9
81	48,2	45,6	40,2	39,0	37,3	36,4
82	48,8	46,2	40,7	39,5	37,8	36,8
83	49,4	46,8	41,2	40,0	38,3	37,3
84	50,0	47,3	41,6	40,5	38,7	37,7
85	50,6	47,9	42,1	40,9	39,2	38,2

### 4.3. Menghitung Keseragaman Lendutan (FK)

Menghitung tebal overlay dapat dicari untuk setiap titik pengujian atau juga dapat dilakukan pada setiap segmen (seksi). Jika perhitungan menggunakan seksi jalan, maka perlu dipertimbangkan juga keseragaman lendutannya. Keseragaman sangat baik memiliki

skala  $0 \pm 10$ , termasuk kategori keseragaman baik apabila memiliki skala  $11 \pm 20$ , dan termasuk kategori keseragaman cukup baik apabila memiliki skala  $21 \pm 30$ . Dalam mencari faktor keseragaman lendutan dapat dilakukan dengan cara memakai Persamaan 4.12

$$FK = s/d_R \times 100\% < FK \text{ ijin} \quad (4.12)$$

Keterangan :

FK = Faktor keseragaman.

FK ijin = Faktor keseragaman yang diijinkan. (4.13)

= 0 % - 10 %; keseragaman sangat baik.

= 11% - 20%; keseragaman baik.

= 21% - 30 %; keseragaman cukup baik.

$d_R$  = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan.

$$= \frac{\sum_1^{n_s} d}{n_s} \quad (4.14)$$

$s$  = Deviasi standar/simpang baku

$$= \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s - 1)}} \quad (4.15)$$

$d$  = Nilai lendutan balik ( $d_B$ ) atau lendutan langsung ( $d_L$ ) tiap titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

$n_s$  = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan.

#### 4.4. Lendutan wakil ( $D_{\text{wakil}}$ )

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Persamaan 4.16, 4.17 dan 4.18 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

a. Untuk jalan arteri atau jalan tol (tingkat kepercayaan 98%);

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 2s \quad (4.16)$$

b. Untuk jalan kolektor (tingkat kepercayaan 95%);

$$D_{\text{wakil}} = dR + 1,64s \quad (4.17)$$

c. Untuk jalan lokal (tingkat kepercayaan 90%);

$$D_{\text{wakil}} = dR + 1,28s \quad (4.18)$$

Keterangan:

$D_{\text{wakil}}$  = Lentutan yang mewakili suatu seksi

$d_R$  = Lentutan yang mewakili suatu seksi jalan

$s$  = Standar deviasi (simpangan baku)

#### 4.5. Lentutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ )

Hitung lentutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ ) dengan menggunakan Persamaan 3.19 untuk lentutan dengan alat FWD dan Persamaan 3.20 untuk lentutan dengan alat *Benkleman Beam* (BB):

$$D_{\text{rencana}} = 17,004 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \quad (4.19)$$

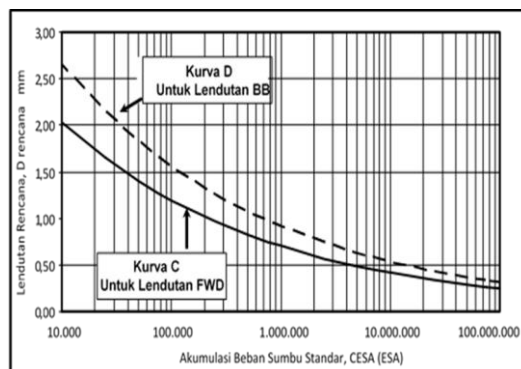
$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \quad (4.20)$$

Keterangan :

$D_{\text{rencana}}$  = Lentutan rencana, dalam satuan milimeter.

CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA atau

dengan memplot data lalu-lintas rencana (CESA) pada Gambar 4.2 Kurva C untuk lentutan dengan alat FWD dan Gambar 4.2 Kurva D untuk lentutan balik dengan alat *Benkleman Beam* (BB).



Gambar 4.2 Hubungan Antara Lentutan Rencana dan Lalu lintas (Bina Marga, 2005)

#### 4.6. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* ( $H_o$ ) sebelum dikoreksi

Menghitung tebal lapis tambahan atau *overlay* ( $H_o$ ) dengan menggunakan Persamaan 4.21 atau dapat diplotkan berdasarkan grafik hubungan antara lendutan sebelum *overlay* dengan lendutan setelah *overlay* pada gambar 4.3.

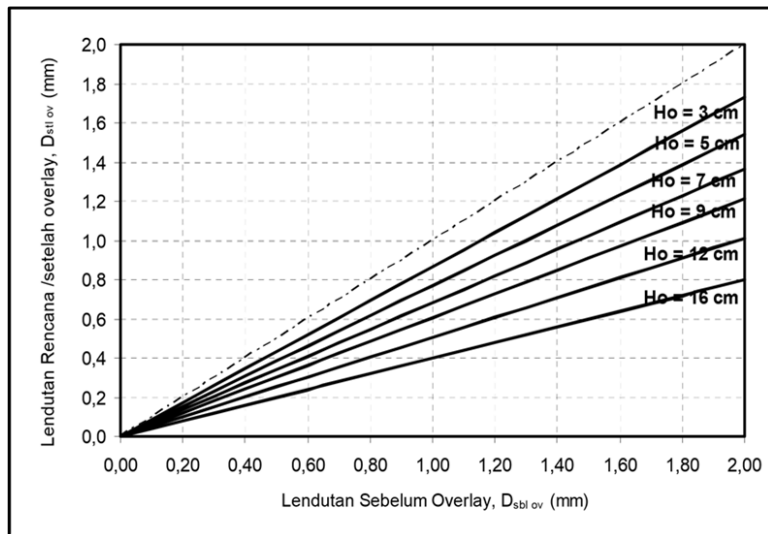
$$H_o = \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(D_{sbl\ ov}) - \text{Ln}(D_{stl\ ov})]}{0,0597} \quad (4.21)$$

Keterangan:

$H_o$  = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

$D_{sbl\ ov}$  = Lendutan sebelum lapis tambah atau  $D_{wakil}$  (mm)

$D_{stl\ ov}$  = Lendutan setelah lapis tambah atau  $D_{rencana}$  (mm)



Gambar 4.3 Tebal Lapis Tambahan/*Overlay* ( $H_o$ ) (Bina Marga, 2005)

#### 4.7. Hitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (Ht)

Untuk mencari tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (Ht) adalah dengan mengalikan nilai  $H_o$  dengan faktor koreksi *overlay* ( $F_o$ ). Dalam perencanaan tebal lapis tambah/*overlay* didasarkan pada temperatur standar dalam satuan °C yaitu sebesar 35°C, mengingat temperatur di daerah-daerah di Indonesia memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang tentunya berbeda-beda setiap daerahnya, maka perlu dilakukan koreksi berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota sesuai nilai temperatur perkerasan rata-rata tahunan yang terlampir pada Pedoman Pd T-05-2005-B. Adapun untuk menghitung tebal lapis tambahan/*overlay* terkoreksi (Ht) dapat dianalisis sesuai Persamaan 4.22 dan 4.23.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \quad (4.22)$$

Keterangan:

$F_o$  = Faktor koreksi tebal perkerasan (*overlay*)

TPRT = Temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah atau kota

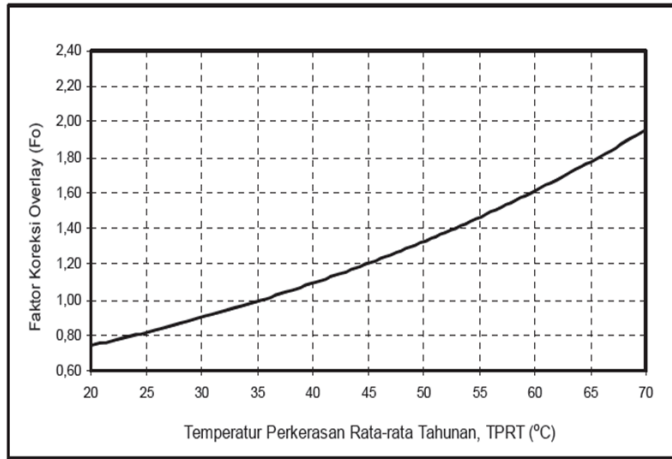
$$H_t = H_o \times F_o \quad (4.23)$$

Keterangan:

$H_t$  = Tebal lapis tambah, setelah dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

$H_o$  = Tebal lapis tambah, sebelum dikoreksi dengan temperatur perkerasan rata-rata tahunan daerah tertentu (cm)

$F_o$  = Faktor koreksi tebal lapis tambah



Gambar 4.4 Faktor Korelasi Tebal Lapis Tambah/*Overlay* (Fo) (Bina Marga, 2005)

#### 4.8. Jenis Lapis Tambah

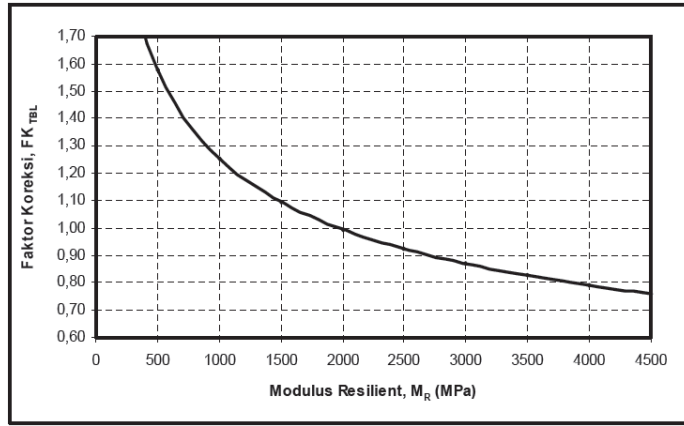
Pedoman Pd. T-05-2005-B ini berlaku untuk lapis tambah dengan Laston, yaitu modulus resilien (MR) sebesar 2000 MPa dan Stabilitas Marshall minimum 800 kg. Nilai modulus resilien (MR) diperoleh berdasarkan pengujian UMATTA atau alat lain dengan temperatur pengujian 25°C. Apabila jenis campuran beraspal untuk lapis tambah menggunakan Laston Modifikasi dan Lataston atau campuran beraspal yang mempunyai sifat berbeda (termasuk untuk Laston) dapat menggunakan faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK<sub>TBL</sub>) sesuai Persamaan 3.24 atau Gambar 3.6 dan Tabel 3.9

$$FK_{TBL} = 12,51 \times M_R^{(-0,333)} \quad (4.24)$$

Keterangan:

FK<sub>TBL</sub> = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

M<sub>R</sub> = Modulus resilien (MPa)



Gambar 4.6 Faktor Korelasi Tebal Lapis Tambah/*Overlay* ( $F_o$ )  
(Bina Marga, 2005)

Tabel 4.7. Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah Penyesuaian ( $FK_{TBL}$ )

Jenis Lapisan	Modulus Resilien, $M_R$ (MPa)	Stabilitas Marshall (Kg)	$FK_{TBL}$
Laston Modifikasi	3000	Min. 1000	0,85
Laston	2000	Min. 800	1,00
Laston	1000	Min. 800	1,23



## BAB V

# “Perencanaan lendutan Balik” pada Flexible Pavement

### 5.1 Studi Kasus

Ruas Jalan Triwidadi, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta mempunyai kondisi geometri jalan berbukit yang ditandai dengan banyaknya tanjakan dan turunan. Ruas Jalan Triwidadi tergolong jalan dengan perkerasan lentur (flexible pavement) serta menggunakan jenis material ikat berupa Asphalt Concrete (AC-BC). Ruas Jalan Triwidadi menurut status jalannya termasuk Jalan Kabupaten dengan fungsi jalan lokal dan tipe jalan dua lajur dua arah tidak terbagi (2/2 UD). Adapun data ruas Jalan Triwidadi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data ruas Jalan Triwidadi (Dinas PU, Bantul, Provinsi D.I.Y.)

Data Jalan	Keterangan
Nama Jalan	Triwidadi
Lokasi	Kecamatan Pajangan, Bantul, Provinsi D.I. Yogyakarta
Titik Pengujian	Sta.16+000 sampai dengan Sta.18+000
Tebal Perkerasan	± 6 cm
Jenis Perkerasan	AC-BC
Lebar Perkerasan	± 5 m
Tipe Jalan	2/2 UD

Status Jalan	Jalan Kabupaten
Fungsi Jalan	Jalan Lokal
Medan Jalan	Berbukit
Median	Tidak Ada

## 5.2. Data Lalu Lintas

Pada studi kasus ini menggunakan data LHR pada tahun 2017 yang diperoleh dengan cara survei langsung ke lokasi pengujian (data primer). Data LHR secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Data LHR ruas Jalan Triwidadi 2017

Golongan Kendaraan	Jenis	Kendaraan/Hari/2 Arah
1	Kendaraan Beroda Dua dan Tiga	11195
2	Sedan, Jeep, dan Statio Wagon, 2 Ton	580
3	Angkutan Umum Non Bus, 3,5 Ton	4
4	Pick Up, Mobil Hantaran, 3,5 Ton	391
5a	Bus Kecil, 6 Ton	5
5b	Bus Besar, 9 Ton	0
6a	Truk 2 As Sedang, 8,3 Ton	96
6b	Truk 2 As Besar, 18,2 Ton	83
7a	Truk 3 As, 25 Ton	1
7b	Truk Gandengan, 31,4 Ton	0
7c	Truk Semi Trailer, 42 Ton	0
8	Kendaraan Tidak Bermotor	76

## 5.3. Data Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Data pertumbuhan lalu lintas diperoleh dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari SAMSAT Kabupaten Bantul. Data pertumbuhan lalu lintas (i) dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Data pertumbuhan lalu lintas (SAMSAT Kabupaten Bantul, 2018)

Tahun	Jumlah Kendaraan	i (%)
2013	354238	-
2014	373290	5,4
2015	391489	4,9
2016	404421	3,3
2017	423429	4,7

#### 5.4. Data Lendutan

Data lendutan diperoleh dengan menggunakan data primer dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* pada Jalan Triwidadi, Pajangan, Bantul, yang dimulai pada Sta. 14+000 sampai dengan Sta. 18+000 dengan rentang antar titik pengujian sejauh 50 m dan dibuat 10 segmen dengan 1 segmen terdiri dari 4 titik pengujian. Data lendutan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4. Data uji lendutan

Seksi	Sta.	Beban Uji (ton)	Lendutan Balik (mm)			Suhu (°C)	
			d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	T <sub>u</sub>	T <sub>p</sub>
1	14+000	10,3	0	0,10	0,29	29	31
	14+050	10,3	0	0,35	0,41	29	31
	14+100	10,3	0	0,31	0,39	29	31
	14+150	10,3	0	0,27	0,32	29	31
2	14+200	10,3	0	0,31	0,46	30	36
	14+250	10,3	0	0,21	0,30	30	38
	14+300	10,3	0	0,25	0,33	30	39
	14+350	10,3	0	0,32	0,42	30	39
3	14+400	10,3	0	0,25	0,33	30	39
	14+450	10,3	0	0,24	0,28	30	42
	14+500	10,3	0	0,22	0,28	30	41
	14+550	10,3	0	0,35	0,37	30	41
4	14+600	10,3	0	0,29	0,34	30	41
	14+650	10,3	0	0,31	0,41	30	41

	14+700	10,3	0	0,19	0,29	30	39
	14+750	10,3	0	0,28	0,32	30	36
5	14+800	10,3	0	0,27	0,36	30	36
	14+850	10,3	0	0,24	0,32	30	36
	14+900	10,3	0	0,17	0,25	30	36
	14+950	10,3	0	0,26	0,32	31	36
	15+000	10,3	0	0,16	0,25	31	36
6	15+050	10,3	0	0,21	0,32	31	36
	15+100	10,3	0	0,24	0,37	31	34
	15+150	10,3	0	0,25	0,31	31	34
	15+200	10,3	0	0,20	0,26	31	34
7	15+250	10,3	0	0,20	0,41	31	34
	15+300	10,3	0	0,28	0,39	30	35
	15+350	10,3	0	0,32	0,38	30	35
	15+400	10,3	0	0,24	0,29	30	35
8	15+450	10,3	0	0,23	0,30	30	35
	15+500	10,3	0	0,09	0,16	31	35
	15+550	10,3	0	0,09	0,15	31	35
	15+600	10,3	0	0,38	0,48	31	36
9	15+650	10,3	0	0,18	0,25	31	36
	15+700	10,3	0	0,25	0,35	30	36
	15+750	10,3	0	0,15	0,25	30	36
	15+800	10,3	0	0,20	0,40	30	36
10	15+850	10,3	0	0,48	0,66	30	36
	15+900	10,3	0	0,46	0,65	30	37
	15+950	10,3	0	0,40	0,58	30	37
	16+000	10,3	0	0,22	0,28	30	37
11	16+050	10,3	0	0,48	0,63	30	35
	16+100	10,3	0	0,37	0,52	30	35
	16+150	10,3	0	0,30	0,41	30	35
	16+200	10,3	0	0,26	0,40	30	35
12	16+250	10,3	0	0,20	0,35	30	34
	16+300	10,3	0	0,40	0,53	30	34
	16+350	10,3	0	0,29	0,52	30	33
	16+400	10,3	0	0,25	0,41	30	33
13	16+450	10,3	0	0,50	0,61	30	32
	16+500	10,3	0	0,28	0,44	30	33

	16+550	10,3	0	0,23	0,44	30	34
14	16+600	10,3	0	0,40	0,48	31	34
	16+650	10,3	0	0,44	0,59	31	34
	16+700	10,3	0	0,33	0,56	31	34
	16+750	10,3	0	0,35	0,56	31	34
	16+800	10,3	0	0,45	0,76	31	34
15	16+850	10,3	0	0,63	0,79	31	34
	16+900	10,3	0	0,42	0,50	31	35
	16+950	10,3	0	0,47	0,51	31	34
	17+000	10,3	0	0,19	0,40	31	35
16	17+050	10,3	0	0,15	0,31	31	35
	17+100	10,3	0	0,20	0,40	31	35
	17+150	10,3	0	0,22	0,39	31	35
	7+200	10,3	0	0,30	0,44	31	35
17	17+250	10,3	0	0,22	0,36	31	35
	17+300	10,3	0	0,32	0,50	29	35
	7+350	10,3	0	0,21	0,39	29	35
	17+400	10,3	0	0,21	0,38	29	35
18	17+450	10,3	0	0,32	0,41	29	35
	17+500	10,3	0	0,24	0,36	29	35
	17+550	10,3	0	0,42	0,56	29	34
	17+600	10,3	0	0,28	0,41	29	34
19	17+650	10,3	0	0,22	0,29	29	35
	17+700	10,3	0	0,25	0,39	29	35
	17+750	10,3	0	0,25	0,33	29	35
	17+800	10,3	0	0,58	0,71	29	34
20	17+850	10,3	0	0,58	0,74	29	34
	17+900	10,3	0	0,50	0,63	29	34
	17+950	10,3	0	0,44	0,56	29	34

## 5.5. Analisis Data Lalu Lintas

Data lalu lintas yang didapat dari survei langsung di lokasi pengujian dan data tingkat pertumbuhan lalu lintas yang didapat dari SAMSAT Kabupaten Bantul sebesar 4,7% pada tahun 2017, dari dua data tersebut dapat dicari besar nilai CESA dalam satuan ESA selama umur rencana yang ditentukan (umur rencana 10 tahun) sebagai berikut:

### 5.5.1. Menentukan Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalan Triwidadi memiliki lebar jalan efektif total selebar ± 5 m dengan termasuk kedalam tipe jalan 2/2 UD. Dari data ruas jalan tersebut, dapat diketahui besar nilai koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan berbobot ringan dan kendaraan berbobot berat yang melintasi ruas jalan tersebut, yang ditunjukkan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Koefisien distribusi kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Keterangan : \*) Mobil Penumpang

\*\*) Truk dan Bus

Sumber: Badan Litbang DPU, Pd. T-05-2005-B.

### 5.5.2. Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E)

Adapun nilai ekivalensi setiap golongan kendaraan dapat dilihat sebagai berikut:

#### 1. Golongan 2

Kendaraan dengan golongan 2 yang memiliki beban sebesar 2 Ton mempunyai angka ekivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{50\% \times 2}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{50\% \times 2}{5,40}\right)^4 = 0,00235$$

2. Golongan 3

Kendaraan dengan golongan 3 yang memiliki beban sebesar 3,5 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{50\% \times 3,5}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{50\% \times 3,5}{5,40}\right)^4 = 0,02206$$

3. Golongan 4

Kendaraan dengan golongan 4 yang memiliki beban sebesar 3,5 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{50\% \times 3,5}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{50\% \times 3,5}{5,40}\right)^4 = 0,02206$$

4. Golongan 5a

Kendaraan dengan golongan 5a yang memiliki beban sebesar 6 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{34\% \times 6}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{66\% \times 6}{8,16}\right)^4 = 0,07583$$

5. Golongan 5b

Kendaraan dengan golongan 5b yang memiliki beban sebesar 9 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{34\% \times 9}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{66\% \times 9}{8,16}\right)^4 = 0,38390$$

6. Golongan 6a

Kendaraan dengan golongan 6a yang memiliki beban sebesar 8,3 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{34\% \times 8,3}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{66\% \times 8,3}{8,16}\right)^4 = 0,27769$$

7. Golongan 6b

Kendaraan dengan golongan 6b yang memiliki beban sebesar 18,2 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{34\% \times 18,2}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{66\% \times 18,2}{8,16}\right)^4 = 6,42006$$

8. Golongan 7a

Kendaraan dengan golongan 7a yang memiliki beban sebesar 25 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{25\% \times 18,2}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{75\% \times 18,2}{13,76}\right)^4 = 5,24222$$

9. Golongan 7b

Kendaraan dengan golongan 7b yang memiliki beban sebesar 31,4 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{18\% \times 31,4}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{28\% \times 31,4}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{27\% \times 31,4}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{27\% \times 31,4}{8,16}\right)^4 = 4,87830$$

10. Golongan 7c

Kendaraan dengan golongan 7c yang memiliki beban sebesar 42 Ton mempunyai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) sebesar:

$$E = \left(\frac{18\% \times 42}{5,40}\right)^4 + \left(\frac{28\% \times 42}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{54\% \times 31,4}{13,76}\right)^4 = 15,53620$$

### 5.5.3. Faktor Hubungan Umur Rencana dan Perkembangan Lalu Lintas (N)

Adapun pada studi kasus ini, ditentukan umur rencana yang digunakan selama 10 tahun dimana tahun awal penggunaan yaitu pada tahun 2019 dan tahun akhir penggunaan yaitu pada tahun 2029. Pada pengujian ini juga, ditentukan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,7% pada tahun 2017 dimana data tersebut didapat dari



SAMSAT Kabupaten Bantul. Dari kedua data tersebut, dapat dicari nilai faktor hubungan antara umur rencana dengan pertumbuhan lalu lintas (N) di Jalan Triwidadi, yaitu:

$$N = 0,5 \left[ 1 + (1+r)^n + 2 (1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right]$$

$$N = 0,5 \left[ 1 + (1+0,047)^{10} + 2 (1+0,047) \frac{(1+0,047)^{10-1} - 1}{0,047} \right]$$

$$N = 12,69464$$

#### 5.5.4. Akumulasi Ekvivalen Beban Sumbu Standar (CESA)

Adapun akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) dengan umur rencana selama 10 tahun, dimana tahun 2019 sebagai awal pemakaian dan tahun 2029 sebagai tahun akhir pemakaian. Adapun hasil analisa akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) sesuai dengan pedoman tebal tambah perkerasan lentur menggunakan metode lendutan (Pd T-05-2005-B) yang dapat dipaparkan secara singkat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Hasil akumulasi nilai CESA pada ruas Jalan Triwidadi

Golongan Kendaraan	LHR 2019	E	Hari	C	N	CESA
1	12273	0	365	0,5	12,69464	0
2	636	0,00235	365	0,5	12,69464	3465,73381
3	5	0,02206	365	0,5	12,69464	255,54082
4	429	0,02206	365	0,5	12,69464	21925,40250
5a	6	0,07583	365	0,5	12,69464	1054,12637
5b	0	0,38390	365	0,5	12,69464	0
6a	106	0,27769	365	0,5	12,69464	68195,33389
6b	91	6,42006	365	0,5	12,69464	1353515,92398
7a	2	5,24222	365	0,5	12,69464	24290,05447
7b	0	4,87830	365	0,5	12,69464	0
7c	0	15,53620	365	0,5	12,69464	0
8	84	0	365	0,5	12,69464	0
Jumlah (Sebelum Pembulatan)						1472702,11585
Jumlah (Setelah Pembulatan)						1480000

Dari Tabel 5.6 diatas didapatkan bahwa jumlah akumulasi ekivalen beban sumbu standar di ruas jalan Triwidadi adalah sebesar 1480000 ESA

### **5.6. Analisis Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Perkerasan Lentur**

Pada analisa tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan pada ruas Jalan Triwidadi ini dilakukan persegmen, adapun dilakukan analisa persegmen didasarkan pada nilai faktor keseragaman lendutan (FK) yang diinginkan.

Adapun dalam perencanaan tebal lapisan tambah (*overlay*) perkerasan lentur didasarkan pada data primer berupa data lendutan dan data sekunder dari Dinas terkait, adapun analisa data primer guna menentukan tebal lapis tambah perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

#### **5.6.1. Data Primer**

Data primer yang digunakan untuk analisis tebal lapis tambahan (*overlay*) perkerasan lentur adalah data lendutan dengan alat *Benkelman Beam* dan data temperatur (udara dan permukaan) yang ditampilkan pada Tabel 3.4.

#### **5.6.2. Data Sekunder**

Data sekunder yang digunakan untuk analisis tebal lapis tambahan (*overlay*) perkerasan lentur jalan adalah data geometri jalan yang ditampilkan pada Tabel 3.1, serta data lalu lintas dengan umur rencana 10 tahun (CESA) = 1.480.000 ESA yang ditampilkan pada Tabel 3.6.

#### **5.6.3. Analisa Data Lendutan**

1. Sta. 14+000 – Sta. 16+000

Contoh perhitungan pada segmen 1 (Sta. 14+000 – Sta. 14+150) :

- a. Temperatur udara ( $T_u$ ) = 29 °C
- b. Temperatur permukaan ( $T_p$ ) = 31 °C
- c. Temperatur tengah ( $T_t$ ) = 35,34 °C
- d. Temperatur bawah ( $T_b$ ) = 33,12 °C
- e. Temperatur lapis perkerasan ( $T_L$ ) = 35,1533 °C
- f. Koreksi pada temperatur standar ( $F_t$ )

Untuk tebal lapis perkerasan ( $H_L$ ) < 10 cm, maka  $F_t$  :

$$F_t = 4,184 \times T_L^{-0,4025}$$

$$F_t = 4,184 \times 35,1533^{-0,4025} = 1,0223$$

- g. Faktor koreksi beban uji BB ( $FK_{B-BB}$ )

$$FK_{B-BB} = 77,343 \times (\text{Beban uji dalam ton})^{(2,0715)}$$

$$= 77,343 \times (10,3)^{(2,0715)} = 0,6171$$

- h. Lendutan terkoreksi (Sta 14+000)

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times F_t \times C_a \times FK_{B-BB}$$

$$d_B = 2 \times (0,29 - 0) \times 1,0223 \times 0,9 \times 0,6171$$

$$d_B = 0,7728$$

- i. Lendutan rata-rata ( $dR$ )

$$dR = (\Sigma \text{ lendutan terkoreksi} / \Sigma \text{ titik})$$

$$= \frac{1,6010}{4} = 0,4003$$

- j. Deviasi standar ( $s$ )

$$S = \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{4(0,6533) - (1,6010)^2}{4(4-1)}} = 0,0645$$

- k. Keseragaman lendutan ( $FK$ )

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Keseragaman yang dipandang sangat baik mempunyai rentang faktor keseragaman antara 0

sampai dengan 10, antara 11 sampai dengan 20 keseragaman baik dan antara 21 sampai dengan 30 keseragaman cukup baik.

$$FK = s/d_R \times 100\% < FK \text{ ijin}$$

$$FK = \frac{0,0645}{0,4003} \times 100\% = 16,1104 \%$$

l. Lentutan wakil ( $D_{\text{wakil}}$ )

Mengingat Jalan Triwidadi berstatus jalan lokal, maka nilai lentutan wakil untuk jalan lokal:

$$\begin{aligned} D_{\text{wakil}} &= d_R + 1,28s \\ &= 0,4003 + (1,28 \times 0,0645) = 0,4828 \text{ mm} \end{aligned}$$

m. Lentutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ )

Menghitung lentutan rencana/ijin ( $D_{\text{rencana}}$ ) dengan alat *Benkleman Beam* (BB) dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} D_{\text{rencana}} &= 22,208 \times \text{Akumulasi ekivalen beban sumbu standar}^{(0,2307)} \\ &= 22,208 \times \text{CESA}^{(0,2307)} \\ &= 22,208 \times (1.480.000)^{(0,2307)} = 0,8376 \text{ mm} \end{aligned}$$

n. Hitung tebal lapis tambahan / *overlay* ( $H_o$ ) sebelum dikoreksi

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(D_{\text{sbloj}}) - \text{Ln}(D_{\text{stloj}})]}{0,0597} \\ &= \frac{[\text{Ln}(1,0364) + \text{Ln}(0,4828) - \text{Ln}(0,8376)]}{0,0597} \\ &= -8,6294 \text{ cm} \end{aligned}$$

o. Menentukan koreksi tebal lapis tambah ( $F_o$ )

Berdasarkan lokasi ruas Jalan Triwidadi, diperoleh temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) = 35,5. ( $F_o$ ) dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\begin{aligned} F_o &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \\ &= 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times 35,5)} = 1,0019 \end{aligned}$$

- p. Menghitung tebal lapis tambah terkoreksi ( $H_t$ )  
 Hitung tebal lapis tambah/overlay terkoreksi  $H_t$  dengan mengalikan  $H_o$  dengan faktor koreksi  $F_o$ , yaitu menggunakan persamaan:

$$H_t = \text{Tebal lapis tambahan} \times \text{koreksi tebal lapis tambah}$$

$$\begin{aligned} H_t &= H_o \times F_o \\ &= -8,6294 \times 1,0019 = -8,6461 \text{ cm} \end{aligned}$$

- q. Menghitung Nilai Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambahan Penyesuaian

( $FK_{TBL}$ )

Adapun hasil analisa tebal lapis tambah pada segmen 1 berdasarkan jenis perkerasan menggunakan Laston, yaitu Modulus Resilient ( $M_R$ ) sebesar 2000 Mpa dan Stabilitas Marshall minimum 800 kg. Untuk menghitung nilai  $FK_{TBL}$  dapat menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} FK_{TBL} &= 12,51 \times M_R^{(-0,333)} \\ &= 12,51 \times 2000^{(-0,333)} = 0,9954 \end{aligned}$$

- r. Menghitung Tebal Lapis Tambah Terkoreksi Akhir ( $H_{t \text{ akhir}}$ )

Dalam menghitung tebal lapis tambah terkoreksi akhir ( $H_{t \text{ akhir}}$ ) dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} H_{t \text{ akhir}} &= H_t \times FK_{TBL} \\ &= -8,6461 \times 0,9954 \\ &= -8,6461 \text{ cm} \end{aligned}$$

Hasil analisa tebal lapis tambahan pada segmen 1 dapat dilihat di Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Analisa Lapis Tambah Menggunakan Metode Lendutan Balik (Pd T-05-2005-B)

Deskripsi	Satuan	Segmen 1
Jenis Perkerasan	-	Laston
Modulus Resilient ( $M_R$ )	MPa	2000
Stabilitas Marshall	Kg	800
FK <sub>TBL</sub>	-	1,00
Tebal Lapis Tambah	Cm	-8

Adapun hasil analisa yang telah dilakukan berdasarkan data primer dan data sekunder pada ruas jalan Triwidadi sesuai dengan pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan (Pd T-05-2005-B) yang dimulai dari titik Sta. 14+000 sampai dengan Sta. 18+000 yang telah didapatkan seperti dipaparkan pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Hasil Analisa Lendutan pada Sta. 14+000 – Sta.18+000

Segmen	$d_R$ (mm)	S	FK (%)	$D_{wakil}$ (mm)	$D_{rencana}$ (mm)
1	0,4003	0,0645	16,1104	0,4828	0,8376
2	0,4083	0,0829	20,5390	0,5100	0,8376
3	0,3414	0,0573	16,7726	0,4147	0,8376
4	0,3599	0,506	14,0508	0,4246	0,8376
5	0,3388	0,0496	14,6293	0,4022	0,8376
6	0,3407	0,0556	16,3273	0,4119	0,8376
7	0,3946	0,0742	18,7903	0,4895	0,8376
8	0,2460	0,0894	36,3325	0,3604	0,8376
9	0,3600	0,1177	32,6880	0,5170	0,8376
10	0,6188	0,1294	20,9184	0,7844	0,8376
11	0,5019	0,1658	33,0331	0,7142	0,8376
12	0,4964	0,1001	20,1670	0,5245	0,8376
13	0,5283	0,1045	19,7818	0,6620	0,8376

14	0,6010	0,0518	8,61550	0,6673	0,8376
15	0,7015	0,1730	24,6646	0,9229	0,8376
16	0,4084	0,0475	11,6237	0,4692	0,8376
17	0,4622	0,0681	14,7302	0,5493	0,8376
18	0,4707	0,1021	21,6817	0,6014	0,8376
19	0,3908	0,0617	15,7973	0,4698	0,8376
20	0,7307	0,0899	12,3091	0,8459	0,8376

Sehingga tebal lapis tambah dan material penyusun yang diperlukan untuk ruas Jalan Triwidadi agar dapat melayani lalu lintas sebanyak 1.480.000 ESA selama umur rencana 10 tahun kedepan dapat dijabarkan secara singkat pada Tabel 5.9 dan hasil analisa lapis tambah (*overlay*).

Tabel 5.9 Hasil Analisa Tebal Overlay

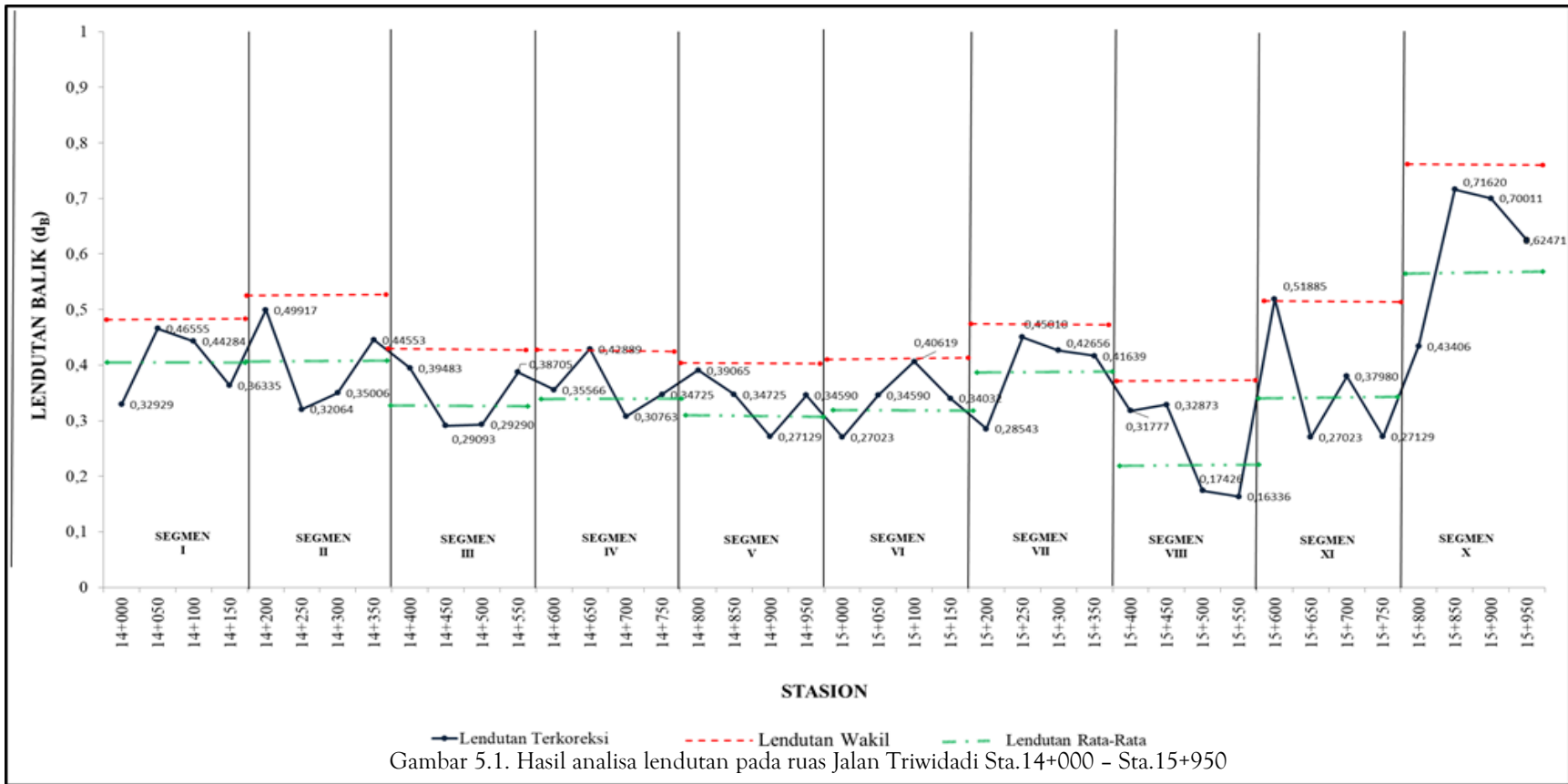
Segmen	Jenis Perkerasan Aspal	Stabilitas Marshall (kg)	M <sub>R</sub> (Mpa)	FK <sub>TBL</sub>	H <sub>o</sub> (cm)	H <sub>r</sub> (cm)	Tebal Overlay (cm)
1	Laston	800	2000	1,00	-8,6294	-8,661	-8
2	Laston	800	2000	1,00	-7,7106	-7,7255	-7
3	Laston	800	2000	1,00	-11,1750	-11,1966	-11
4	Laston	800	2000	1,00	-10,7819	-10,8027	-10
5	Laston	800	2000	1,00	-11,6885	-11,7111	-11
6	Laston	800	2000	1,00	-11,2915	-11,3134	-11
7	Laston	800	2000	1,00	-8,3974	-8,4137	-8
8	Laston	800	2000	1,00	-13,5247	-13,5509	-13
9	Laston	800	2000	1,00	-7,6887	-7,7036	-7
10	Laston	800	2000	1,00	-0,4990	-0,5000	0
11	Laston	800	2000	1,00	-2,0707	-2,0747	-2
12	Laston	800	2000	1,00	-4,3192	-4,3276	-4
13	Laston	800	2000	1,00	-3,3407	-3,3471	-3
14	Laston	800	2000	1,00	-3,2076	-3,2138	-3
15	Laston	800	2000	1,00	2,2249	2,2292	3
16	Laston	800	2000	1,00	-9,1088	-9,1264	-9
17	Laston	800	2000	1,00	-6,4681	-6,4806	-6

18	Laston	800	2000	1,00	-4,9514	-4,9609	-4
19	Laston	800	2000	1,00	-9,0874	-9,1050	-9
20	Laston	800	2000	1,00	0,7636	0,7650	1

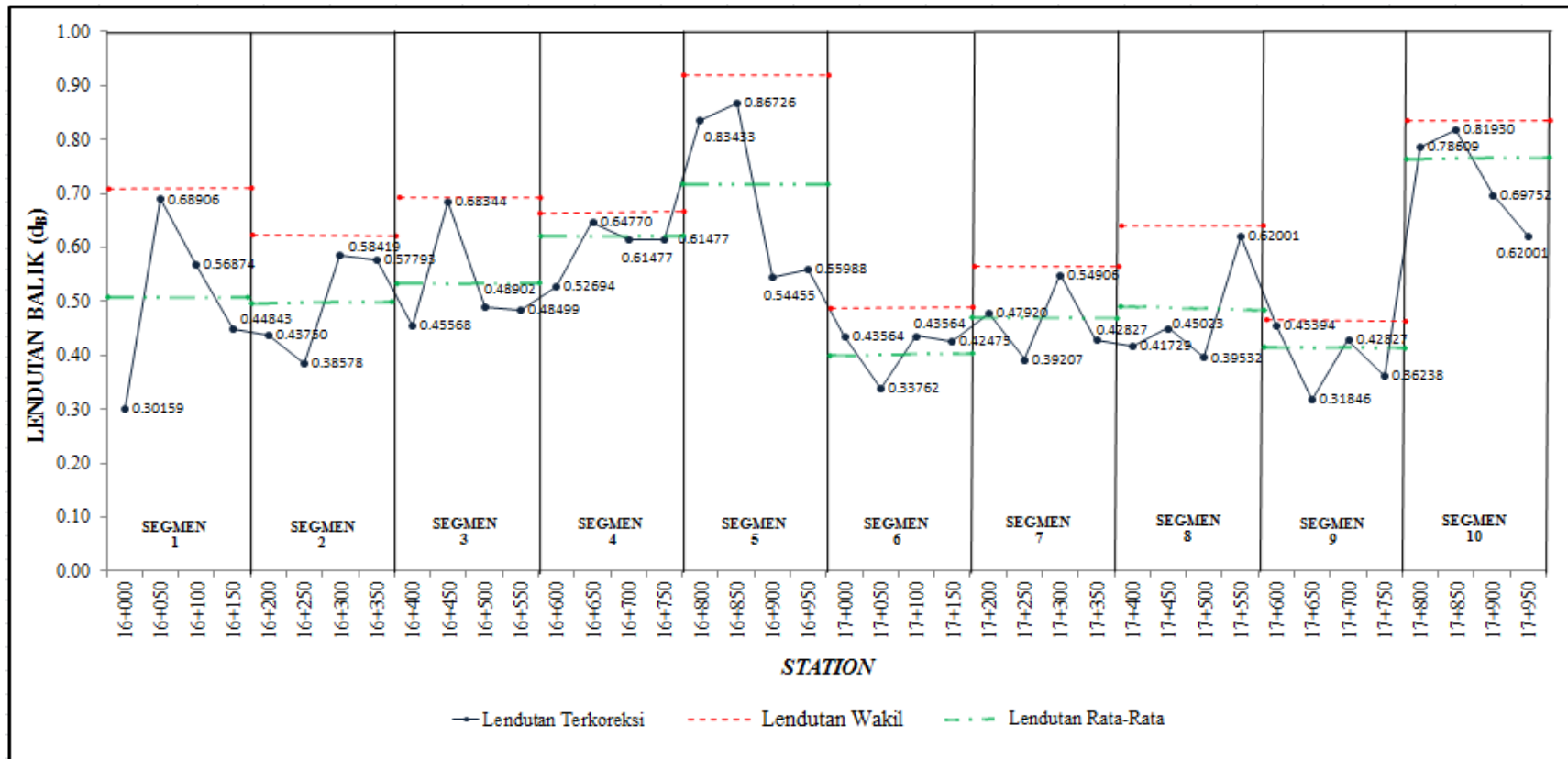
Dari Tabel 5.9 diatas terlihat jelas bahwa dari setiap pengujian pada segmen jalan, hasil analisis menunjukkan bahwa jalan tersebut secara struktural dalam keadaan baik, yang didukung dengan hasil perhitungan tebal *overlay* yang negatif. Namun terdapat satu segmen jalan yang menunjukkan bahwa ruas jalan tersebut memerlukan lapisan tambahan sebesar 3 cm.

Tebal lapis tambahan yang direkomendasikan dari analisa di atas bisa saja tidak ada. Namun beberapa pertimbangan seperti kerusakan fungsional yang terjadi pada permukaan menjadi justifikasi yang kuat untuk dilakukan *overlay* mengingat kenyamanan dan keselamatan bagi pengendara yang lewat di ruas jalan tersebut.





Gambar 5.1. Hasil analisa lendutan pada ruas Jalan Triwidadi Sta.14+000 - Sta.15+950



Gambar 5.1. Hasil analisa lendutan pada ruas Jalan Triwidadi Sta.16+000 - Sta.17+95

Gambar 5.1 dan 5.2 diatas merupakan grafik yang menunjukkan besar lendutan balik yang terjadi di sepanjang ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 sampai dengan Sta. 18+000 pada masing-masing segmen. Gambar 5 menunjukkan lendutan yang terjadi pada Sta. 14+000 sampai Sta. 16+000. Dari Gambar 5, terlihat bahwa lendutan balik terbesar terjadi pada segmen 10. Sedangkan pada Gambar 6 menunjukkan lendutan balik yang terjadi pada Sta. 16+000 sampai Sta. 18+000 dengan lendutan terbesar terjadi pada segmen 5 dan segmen 10.

## 5.7 Ringkasan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa hitungan tentang evaluasi nilai lendutan perkerasan lentur untuk merencanakan *overlay* dengan metode lendutan balik menggunakan alat *Benkelman Beam* dengan studi kasus pada ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 sampai dengan Sta. 18+000, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil analisa pada perhitungan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) pada setiap segmen, yaitu:
  - a. Segmen 1 sebesar -8 cm.
  - b. Segmen 2 sebesar -7 cm.
  - c. Segmen 3 sebesar -11 cm.
  - d. Segmen 4 sebesar -10 cm.
  - e. Segmen 5 sebesar -11 cm.
  - f. Segmen 6 sebesar -11 cm.
  - g. Segmen 7 sebesar -8 cm.
  - h. Segmen 8 sebesar -13 cm.
  - i. Segmen 9 sebesar -7 cm.
  - j. Segmen 10 sebesar 0 cm.
  - k. Segmen 11 sebesar -2 cm.
  - l. Segmen 12 sebesar -4 cm.
  - m. Segmen 13 sebesar -3 cm.
  - n. Segmen 14 sebesar -3 cm.
  - o. Segmen 15 sebesar 3 cm.
  - p. Segmen 16 sebesar -9 cm.
  - q. Segmen 17 sebesar -6 cm.
  - r. Segmen 18 sebesar -4 cm.
  - s. Segmen 19 sebesar -9 cm.
  - t. Segmen 20 sebesar 1 cm.
2. Dari hasil Analisa yang dilakukan, maka penanganan yang dapat dilakukan untuk Ruas Jalan Triwidadi adalah dengan jenis perkerasan Laston, Modulus Resilient (MR) = 2000 MPa, Stabilitas Marshall = 800 kg, Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

( $FK_{TBL}$ ) = 1,00, tidak dilakukan penambahan tebal lapis perkerasan untuk Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 - Sta. 18+000 karena struktural jalan relatif masih baik dan belum membutuhkan lapis tambahan.

3. Dalam perhitungan banklmen beam pada ruas jalan yang menghasilkan nilai positif, maka jalan tersebut harus mendapatkan perhatian khusus dengan antisipatif terhadap kerusakan fungsional agar tidak menyebabkan kerusakan pada lapisan struktural.

# *Daftar Pustaka*

- Bina Marga, 2010, Spesifikasi Umum Tahun 2010 Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal, Jakarta.
- Bina Marga, 2005, Pd T-05-2005-B, Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan, Jakarta
- BSN, 2011, SNI 2416:2011, Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Hardiani, Nurita Putri. 2008. Kajian Perkerasan Jalan Lentur Akibat Beban Lalu Lintas Dengan Menggunakan Program HDM-III. Depok. Universitas Indonesia.
- Hardwiyono, S., 2013, Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan, Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2015, Pemeliharaan Jalan Raya, Edisi ke 2, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Iskandar, 2017, Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) dengan Perbandingan Metode Bina Marga (2005) dan Manual Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013, Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik, 4(2), 1-9.
- Morisca, W., 2014, Evaluasi Beban Kendaraan terhadap Derajat Kerusakan dan Umur sisa Jalan (Studi Kasus: PPT. Simpang Nibung dan PPT. Merapi Sumatera Selatan), Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2(4), 692-699.
- Pemerintahan Republik Indonesia, 2006, Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, Jakarta.
- Pemerintahan Republik Indonesia, 2004, Undang-undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jakarta.
- Pemerintahan Republik Indonesia. 2018. Dinas PU, Bantul, Provinsi D.I.Y.

[www.bantulkab.go.id](http://www.bantulkab.go.id).

- Pemerintahan Republik Indonesia, 2009, Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Jakarta. (Hardiyatmo, 2015).
- Rizkiawan, E., 2017, Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Metode Bina Marga (2005) dan Metode SDPJL pada Ruas Jalan Klaten-Prambanan, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5(2), 725-732.
- Romauli, T. D., 2016, Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambahan (Overlay) pada Perkerasan Lentur dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Kairagi ± Mapanget), *Jurnal Sipil Statik*, 4(12), 749-759
- Shalahuddin, M. 2014, Analisa Overlay dengan Lendutan Balik Maksimum pada Jalan Dr. Muchtar Luthfi, *Jurnal Aplikasi Teknologi*, 6(2), 124-134.
- Sihombing, R. M., 2017, Analisa Deflectometry dan Tebal Lapis Tambah dengan Metode Bina Marga (2005) pada Perkerasan Lentur, *Jurnal Online*
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Badan Penerbit Nova.
- Wicaksono, A. N., 2017, Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode Bina Marga (2005) dan Metode SDPJL pada Jalan Nasional di Yogyakarta, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5(4), 623-631.
- Wahyudi, D., 2016, Analisis Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Cara Lendutan Balik dengan Metode Bina Marga (2005) dan Pedoman Interim Bina Marga (2011), *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(1), 137-152.

# Lampiran



a. Alat Banklement Beam



b. Termometer



c. Truk dengan beban



d. Pengaturan Kaki Alat Benkleman Beam





e. Pengaturan Arloji



f. Proses Pengambilan data



g. Pembacaan Arloji