

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur (*Overlay*)

Romauli dkk. (2016) pernah mencoba melakukan penelitian berjudul “Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Pada Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi kasus penelitian di ruas jalan Kairagi – Mapanget)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran nilai lendutan balik, d_{wakil} , dan besaran nilai *Curvature Function*, (CF), kemudian membandingkan nilai CESA, dan menganalisa tebal lapis tambah berdasarkan data pengujian *Benkelman Beam* menggunakan ketiga metode, yaitu metode Peraturan Bina Marga 2005, Bina Marga 2011, dan Bina Marga 2013. Hasil perhitungan d_{wakil} dan CF (*Curvature Fuction*) adalah Bina Marga 2005 (Pd T-05-2005-B) $d_{\text{wakil}} = 1,25$ mm dan CF = 0,21 mm, Bina Marga 2011 (No. 002/P/BM/2011) $d_{\text{wakil}} = 1,29$ mm, CF = 0,21 mm, Bina Marga 2013 (No. 02/M/BM/2013) $d_{\text{wakil}} = 1,45$ mm dan CF = 0,24 mm. Rekapitulasi penelitian ini menunjukkan bahwa nilai CESA (ESAL) dan perencanaan tebal lapis tambah dengan ketiga metode disajikan pada Tabel 2.1 adalah sebagai berikut

Tabel 2.1 Hasil rekapitulasi tiap metode tebal lapis tambah (Romauli dkk., 2016)

Metode	CESA (ESAL)	Rekomendasi Tebal Lapis Tambah (cm)	
		AC – WC	AC - BC
Bina Marga 2005	5.206.601	4	8
Bina Marga 2011	3.384.337	4	13,5
Bina Marga 2013	9.766.566	4	8,5

Dari tabel rekapitulasi diatas nilai tebal lapis tambah berdasarkan Bina Marga 2011 adalah paling tebal sebesar 4 cm untuk lapisan AC-WC dan 8 cm untuk lapisan AC-BC hasil ini berdasarkan faktor koreksi temperatur perkerasan

rata-rata tahunan (WMAPT) yaitu sebesar 1.30 dibandingkan Bina Marga 2005 sebesar 0.98, dan Bina Marga 2013 tanpa faktor koreksi tebal perkerasan.

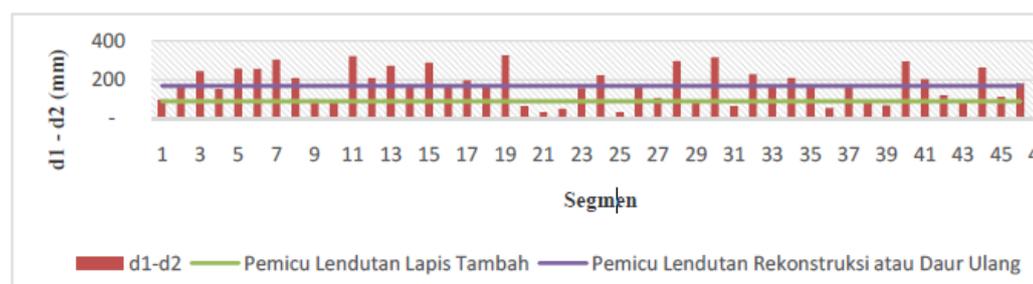
Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini kajian untuk menganalisis tebal lapis tambah (*overlay*) pada perencanaan dan desain struktur perkerasan ruas jalan Kairagi-Mapanget berdasarkan data lendutan balik *Benkelman Beam* tahun 2015 yang diperoleh dari P2JN Bina Marga Provinsi Sulawesi Utara diolah menggunakan ketiga metode sebagai dasar pedoman yaitu Bina Marga 2005, Bina Marga 2011, dan Bina Marga 2013 dengan umur rencana (UR) 10 tahun yang nantinya akan dibandingkan hasil perhitungan desain tebal lapis tambah yang akan dipakai dari setiap metode tersebut.

Shalahuddin (2014) dalam penelitiannya berjudul “Analisa *Overlay* dengan Lendutan Balik Maksimum pada Jalan Dr. Muchtar Luthfi” studi kasus pada Sta. 0+000 – 6+000. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai struktur perkerasan jalan dengan melakukan uji lendutan balik yang bersifat tidak merusak secara struktural dengan alat *Benkelman Beam* dan hasil nilai lendutannya digunakan untuk merencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur pada jalan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan truk bermuatan 8.16 ton pada gandar belakang sebagai beban pengujiannya kemudian di letakkan pangkal besi alat *Benkelman Beam* tepat disumbu roda pada sisi kanan atau kiri sebagai pusat bebannya, sehingga ketika truk berjalan arloji alat *Benkelman Beam* mencatat hasil lendutan balik yang terjadi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*Overlay*) yang didapatkan pada Sta. 0+000 – 1+500 sebesar 3.0 cm dan Sta 1+500 – Sta 6+000 sebesar 5.5 cm, sehingga tebal pada ruas jalan tersebut diperlukan tebal lapis tambah setebal 5,5 cm.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul,

Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini kajian perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) lendutan balik pada ruas Jalan Dr. Muchtar Luthfi menggunakan alat *Benkelman Beam* bersifat tidak merusak struktur jalan dengan beban truk 8,16 ton, pengujian ruas jalan pada penelitian ini sepanjang 6 Km yang dibagi menjadi 2 seksi agar lebih ekonomis dibandingkan hanya satu seksi dimulai dari Sta. 0+000 s/d 1+500 dan 1+500 s/d 6+000 dilokasi yang sama.

Suriyatno dkk. (2015) dalam penelitiannya berjudul “Analisis Tebal Lapis Tambah dan Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional di Provinsi Sumatera Barat)”. Tujuan Penelitian ini adalah merencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur dengan menggunakan dua data beban kendaraan sebagai pembandingnya. Dalam penelitian ini data pertama yang digunakan sebagai data beban kendaraan di lapangan berdasarkan hasil survei konsultan Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II dengan menggunakan alat *Portable Weighter* di Sumatera Barat sebagai beban standar, digunakan Panduan Batasan Maksimum Perhitungan JBI (Jumlah Kendaraan Berat yang diizinkan) dan JBKI (Jumlah Berat Kombinasi yang diizinkan (untuk Mobil Barang, Kendaraan Khusus, Kendaraan Penarik seperti Kereta gandengan/ Kereta Tempelan yang dikeluarkan Dirjen Perhubungan Darat Departemen Perhubungan tahun 2008, kedua data tersebut digunakan sebagai kelebihan beban antara perbedaan berat kendaraan. Analisis lendutan dilakukan untuk menentukan jenis penanganan dengan membagi ruas jalan berdasarkan keseragaman lendutan (segmentasi) terdapat 46 segmen di Ruas Jalan Badantung – Kiliran. Penentuan Jenis Penanganan pada ruas jalan disajikan pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Penentuan jenis penanganan di ruas jalan Tanah Badantung – Kiliran
 Jao (Suriyatno dkk., (2015)

nilai keseragaman yang digunakan sebesar <30% prediksi nilai CESA 10 tahun sebesar 57.579.722 dikarenakan nilai yang dihasilkan > 30 juta, maka metode AASHTO 1993 digunakan untuk umur rencana lapis tambah sebesar 5 tahun. Adapun hasil perhitungan pada ruas jalan tersebut tebal lapis tambah akibat beban yang ada di lapangan lebih besar dibandingkan akibat beban standar sebesar 48,7%. Rekapitulasi tebal lapis tambah untuk setiap segmen disajikan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Rekapitulasi tebal lapis tambah beban akibat yang ada di lapangan dan beban standar ruas jalan Tanah Badantung – Kiliran Jao (Suriyatno dkk., 2015)

No. segemen	Tebal Lapis Tambah (Beban yang ada di lapangan)	Tebal Lapis Tambah (Beban Standar)	Persentase Beda Lapis Tambah
	(cm)	(cm)	(%)
4	18,7	12,8	45,6
16	22,5	16,8	33,7
18	12,9	7,0	83,2
23	21,6	15,9	35,8
26	19,0	13,1	45,2
37	19,2	13,4	43,6
42	12,1	6,5	86,8
Rata-rata Beda Tebal Lapis Tambah			48,7

Berdasarkan Tabel pengurangan umur rencana dilakukan sebesar 56,8 % (2 tahun 10 bulan) atau dari umur rencana 5 tahun menjadi 2 tahun 2 bulan disebabkan beban di lapangan lebih tinggi daripada beban standar.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode Lendutan PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”. yaitu dalam penelitian ini kajian perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) menggunakan dua data perbedaan beban kendaraan dilapangan dan beban standar sebagai kelebihan

beban yang digunakan. Data pertama sebagai data kendaraan di lapangan diperoleh menggunakan alat *Portable Weighter* berdasarkan hasil survei konsultan dinas terkait dan data kedua sebagai beban standar digunakan panduan batasan maksimum perhitungan JBI dan JBKI yang dikeluarkan dari dinas terkait, yang nantinya akan menentukan perbedaan nilai ekivalen sumbu kendaraan (E) yang ada dilapangan dan beban standar sebagai tolak ukur umur rencana tebal lapis tambah (*overlay*) yang direncanakan. Metode pada penelitian ini menggunakan data sekunder berupa *Falling Weight Deflectometer* (FWD), *International Roughness Index* (IRI), Berat kendaraan, Data lalu lintas dan Tes Pit, Sebagai jenis penanganan analisisnya berpedoman pada Manual Desain Perkerasan Jalan No.2/BM/M/2013. Guna membandingkan beban mana yang lebih tinggi antara beban di lapangan atau beban standar yang mengakibatkan adanya pengurangan umur rencana.

Aris dkk. (2015) dalam penelitiannya berjudul “Analisis Perbandingan Perencanaan tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga (Studi Kasus Ruas Jalan Piringsurat – Batas Kedu Timur)”. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan membandingkan kekurangan dan kelebihan beberapa peraturan serta pedoman Bina Marga yang masih digunakan untuk menghitung hasil tebal perkerasan lentur yang direncanakan. Dalam penelitian ini data yang digunakan pada desain perkerasan guna memudahkan melakukan perbandingan, parameter data angka yang dibutuhkan seperti data pertumbuhan lalu-lintas (i) 2,5% sebelum tahun 2020 dan 3,5% untuk pertumbuhan sesudah tahun 2020. Metode yang digunakan sebagai dasar pedoman perhitungan penelitian ini ada empat, yaitu Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (Pt. T-01-2002-B), Metode Lendutan (Pd.T-05-2005-B). Desain Perkerasan Jalan Lentur (No.00/BT/2010), Manual Desain Perkerasan Jalan (02/M/BM/2013).

Adapun hasil rekapitulasi berdasarkan pedoman perhitungan perencanaan tebal perkerasan jalan baru dan tebal lapis tambah yang berlaku disajikan pada Tabel 2.3 dan hasil tebal perkerasan lapis tambah (*Overlay*) di Tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Hasil tebal perkerasan jalan baru (Aris dkk., 2015)

Pedoman	Jumlah CESA	Tebal Perkerasan
Pt. T-01-2002-B	11.082.681	D1 = 21 cm
		D2 = 21 cm
		D3 = 13 cm
		Total (D) = 55 cm
No. 001/BT/2010	8.470.517,29	D1 = 25 cm
		D2 = 13 cm
		D3 = 22 cm
		Total (D) = 60 cm
No. 02/M/BM/2013	23.306.050,94	D1 = 26 cm
		D2 = 34 cm
		D3 = 34 cm
		Lapis Penompang = 10 cm Total (D) = 94 cm

Tabel 2.4 Hasil tebal perkerasan lapis tambah (*overlay*) (Aris dkk., 2015)

Pedoman	Jumlah CESA	Tebal Lapis Tambah
Pt. T-01-2002-B	10.321.231	D = 15 cm (FWD)
		D = 12 cm (FWD)
Pd. T-05-2005-B	12.626.512	D = 19 cm (BB)
No. 001/BT/2010	7.887.071	D = 24 cm (BB)
No. 02/M/BM/2013	20.997.196	D = 20 cm (FWD)

Penjelasan berdasarkan hasilnya menyatakan bahwa Pd T-01-2002-B yang berpedoman pada parameter AASHTO 1993 tebal perkerasan yang direncanakan cukup baik akan tetapi pedoman ini belum memiliki parameter yang cukup jelas sehingga bisa memberikan kebebasan bagi para perencana untuk merencanakan desain lapis tambah perkerasan lentur, sedangkan pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan Raya No. 02/M/BM/2013 yang merupakan pedoman yang melengkapi Pd. T-01-2002-B mengacu pada AUSTROADS 2008 telah memiliki parameter desain yang sudah terencana sehingga bisa membatasi kebebasan

perencana untuk medesain tebal perkerasan jalan, dan peraraturan selanjutnya adalah Desain Perkerasan Jalan Lentur No. 001/BT/2010 merupakan hasil dari penyederhanaan dan penjelasan dari peraturan sebelumnya, dasar peraturan menggunakan perhitungan yang terdapat dari Austroad 92 sebagai hasil revisi oleh *Technical Basis of the 2004 Austroads Design Procedures for flexible Overlays on Flexible Pavement* dengan menggunakan rumus HRODI untuk reptisi beban lalu-lintas dibawah 1 juta ESA. Pedoman ini diharapkan guna adanya keseragaman dalam proses perencanaan.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini perencanaan tebal lapis tambah menggunakan beberapa metode Bina Marga untuk menganalisis data perhitungan kajian dan evaluasi pedoman-pedoman penelitian ini menggunakan empat pedoman desain perkerasan jalan lentur sebagai metode yang digunakan yaitu Pd. T-01-2002-B, Manual Desain Perkerasan Jalan Raya No. 02/M/BM/2013, dan Desain Perkerasan Jalan Lentur No. 001/BT/2010 yang nantinya akan dikaji lagi dan mengevaluasi dasar pedoman yang paling tepat sebagai acuan bagi perencana desain perkerasan jalan lentur.

Kambuaya dkk. (2015) dalam penelitiannya berjudul “Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Terhadap Umur Layan”. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian penilaian perkerasan jalan pada ruas Jalan Abepura – Kota Raja Km. 11+700 – Km.13+300 dan menentukan jumlah nilai CESA di tahun 2014 sebagai dasar perencanaan umur layan perkerasan jalan 5 sampai dengan 10 tahun kedepannya, Pengujian ini menggunakan metode *Pavment Condition Index* (PCI) dan pengujian lendutan balik menggunakan alat *Benkelman Beam*, pengujian ini dilakukan dengan membuat 16 segmen setiap dimensi sebesar 100 meter x 7 yang dibagi dengan empat seksi pengamatan. Adapun hasil pengujian ini menyebutkan bahwa berdasarkan hasil penilaian *Pavment Condition Index* (PCI) masing masing seksi adalah seksi I = 43 (*Poor*), seksi II = 53 (*Poor*), seksi III = 64 (*Fair*), dan seksi IV = 53 (*Poor*) berdasarkan nilai tersebut maka

diperlukannya rehabilitasi sekarang pada ruas Jalan Abepura-Kota Raja, (Km 11+700 – Km.13+300) dan nilai lendutan balik yang terjadi pada masing-masing seksi adalah pada seksi I = 16,079 mm, seksi II = 21,043 mm, seksi III = 11,233 mm, dan seksi IV = 16,079 mm. nilai lendutan melampaui ambang batas lendutan sebesar 3 mm, sedangkan untuk prediksi sisa umur layan sebesar 1,679 tahun berdasarkan eksisting jumlah CESA tahun 2011, 2012, dan 2014, maka dari itu untuk masing- masing seksi terhadap umur rencana dalam merencanakan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan menggunakan metode lendutan dipengaruhi oleh besarnya lendutan wakil, lendutan rencana, dan CESA rencana.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini perencanaan tebal lapis tambah menggunakan dua metode yaitu metode penilaian perkerasan jalan secara fungsional dengan melakukan pengujian *Pavment Condition Index* (PCI) dan menggunakan metode lendutan balik untuk menilai perkerasan secara struktural, kemudian hasil nilai rata-rata kondisi PCI yang didapatkan sebagai rekomendasi tindakan rehabilitasi secara berkala pada ruas jalan tersebut, kemudian sama halnya dengan hasil yang didapatkan dari pengujian lendutan guna memprediksi sisa umur layan pada ruas jalan Abepura-Kota Raja (Km. 11+700 – Km. 13+300).

Sihombing dkk. (2017) dalam penelitiannya berjudul “Analisa *Deflectometry* dan Tebal Lapis Tambah dengan Metode Pd T-05-2005-B pada Perkerasan Lentur” pada ruas Jalan Rangau – Duri dapat disimpulkan bahwa dari hasil *overlay* dengan umur rencana 5 tahun dengan nilai CESA sebesar 6.411.204,440 ESA sebesar 4 – 13 cm, sedangkan perencanaan tebal *overlay* dengan umur rencana 10 tahun dengan nilai CESA sebesar 14.559.215,260 sebesar 4 – 13,1 cm. Adapun berdasarkan nilai *deflectometry* menunjukkan bahwa kondisi tanah dasar (*subgrade*) dengan kondisi kategori 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+000, 22+500, 23+000, 24+000, 24+500, dan 25+000. Dari hasil

penelitian nilai *modulus resilien* aspal 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. Berdasarkan hasil penelitian peningkatan lendutan rata-rata pada suatu segmen jalan cenderung berbanding lurus dengan besarnya tebal lapis tambah yang didapatkan dan semakin tinggi nilai lendutan maka nilai *modulus resilien* dan stabilitas aspalnya semakin kecil.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini objek penelitian di Jalan Kolektor, sedangkan untuk data nilai lendutan yang diperoleh digunakan untuk mencari nilai *modulus resilien* dan stabilitas aspal dan mencari hubungan antara besarnya lendutan jalan terhadap nilai *modulus resilien* dan stabilitas aspal.

Iskandar (2017) dalam penelitiannya berjudul “Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) dengan Perbandingan Metode PD T-05-2005-B dan Manual Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013”. Dapat disimpulkan bahwa nilai D_{wakil} dan Tebal *overlay* untuk umur rencana 10 tahun dengan nilai CESA sebesar 6.546.500,63 ESA diperoleh nilai D_{wakil} sebesar 1,18 mm menggunakan metode Pd T-05-2005-B dengan tebal lapis tambah *overlay* sebesar 13 cm, sedangkan nilai D_{wakil} sebesar 1,36 mm menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dengan Tebal Lapis Tambah *overlay* sebesar 8,6 cm. Berdasarkan hasil analisa perencanaan tebal *overlay* menggunakan Metode Bina Marga 2013 diperoleh tebal *overlay* lebih tipis dibandingkan dengan Metode Pd T-05-2005-B. Hal tersebut disebabkan karena pada metode Bina Marga 2013 menggunakan nilai lendutan maksimum dan dengan menggunakan kurva lendutan, sedangkan dalam metode Pd T-05-2005-B tebal *overlay* didapatkan dari besar lendutan maksimum yang telah dikoreksi dengan rata-rata temperatur perkerasan lendutan (TPRT).

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode Lendutan PCI (Studi Kasus Ruas Jalan

Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”, yaitu dalam penelitian ini metode untuk perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) ada dua metode yaitu metode Bina Marga 2005 dan Bina Marga 2013 kemudian hasilnya dibandingkan antara kedua metode tersebut, akan tetapi hasil *overlay* tidak dibandingkan dengan penilaian perkerasan jalan secara fungsional.

Hellyantoro dkk., (2013) dalam penelitiannya berjudul “Evaluasi Tebal Perkerasan Lapis Tambah Dengan Menggunakan Program Everseries Dan Metode Bina Marga Studi Kasus: Jalan Tol Jagorawi ruas Jalan TMII – Cibubur). Dari hasil penelitiannya dapat disimpulkan bahwa pada perencanaan evaluasi tebal lapis tambah lapis tambah di penelitian ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan program EVERSERIES 5.0 dan menggunakan metode Bina Marga Pd. T-05-2005-B selama periode analisis 5 tahun, untuk periode yang direncanakan pada stasioning 6+000 – 8+000 jalur A 15.564.163 dan kumulatif ESAL untuk periode yang direncanakan pada jalur B adalah 14.933.798 ESA, proses analisis data lendutan *existing* dan temperatur menghasilkan nilai Modulus Elastisitas melalui program EVERLAC. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai tebal lapis ulang metode Bina Marga untuk jalur A sebesar 7,2 cm dan untuk jalur B sebesar 7,12 cm, sedangkan menggunakan metode EVERSERIES 5.0 untuk jalur A sebesar 11,9 cm dan untuk jalur B sebesar 10,29 cm. Maka, hasil yang diperoleh melalui kedua metode tersebut menunjukkan adanya tingkat tinjauan kerusakan lapisan yang berbeda satu sama lain.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”. Dalam penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode Bina Marga Pd- T-05-2005-B dan program EVERSERIES 5.0 untuk merencanakan tebal lapis perkerasan tambah, kemudian hasil yang diperoleh dibandingkan dengan kedua metode tersebut.

Wahyudi (2016) dalam penelitiannya berjudul “Analisa Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*overlay*) Cara Lendutan Balik Dengan Metode Pd T-05-

2005-B dan Pedoman Interim No.002/P/BM/2011”. Dari hasil penelitiannya dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan untuk perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan cara lendutan menggunakan pedoman Pd. T-05-2005-B dan pedoman interim perkerasan jalan lentur No. 002/P/BM/2011. Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui desain lapis tambah yang paling optimum dan biaya siklus hidup yang paling efisien pada proyek peningkatan kinerja ruas jalan Batas Kota Metro-Gadung dalam. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) menggunakan metode Pd. T-05-2005-B untuk lapisan AC-WC pada segmen I = 4 cm, segmen II = 4 cm, segmen III = 4 cm, lapisan AC-BC pada segmen I = 6 cm, segmen II = 6 cm, segmen III = 6 cm, lapisan AC-Base pada segmen I = 5 cm, segmen II = 6 cm, segmen III = 3 cm, sedangkan menggunakan pedoman interim No. 002/P/BM/2011 untuk lapisan AC-WC pada segmen I = 4 cm, segmen II = 4 cm, segmen III = 4 cm, lapisan AC-BC pada segmen I = 6 cm, segmen II = 6 cm, segmen III = 6 cm, lapisan AC-Base pada segmen I = 6 cm, segmen II = 7 cm, segmen III = 4 cm dan hasil analisa *life cycle cost* menunjukkan bahwa dengan umur rencana 20 tahun perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) menggunakan pedoman Pd. T-05-2005-B lebih murah sebesar Rp. 46.306.031.475,51 dibandingkan dengan pedoman interim No. 002/P/BM/2011, sehingga metode Pd. T-05-2005-B lebih direkomendasikan dari pada metode Interim No.002/P/BM/2011.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”. Dalam penelitian ini perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur menggunakan dua metode yaitu, metode Pd T-05-2005-B dan Pedoman No.002/P/BM/2011 kemudian tebal lapis tambah yang didapatkan dianalisa *life cycle cost* nya untuk mengetahui rekomendasi perbedaan biaya pemeliharaan dan biaya akhir umur rencana desain lapis tambah tambah (*overlay*).

Rizkiawan dkk. (2017) dalam penelitiannya berjudul “Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Metode Pd T-05-2005-B dan Metode SDPJL Pada Ruas Jalan Klaten – Prambanan”. Dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tebal

lapis tambah (*Overlay*) yang direncanakan dengan nilai CESA sebesar 40.000.000 ESA menggunakan metode Pd T-05-2005-B dan metode SDPJL, berdasarkan data yang digunakan adalah LHR, RCI, CBR, Temperatur/ iklim yang didapatkan dari survei di ruas Klaten – Prambanan sebagai data primer dan data sekunder didapatkan dari P2JN Jawa Tengah, diperoleh hasil lapis tambah dari Metode Lendutan Pd T-05-2005-B sebesar 16 cm dan tebal lapis tambah dari metode SDPJL sebesar 13 cm, perbedaan hasil disebabkan karena Metode SDJPL nilai variasi VDF masih terbatas dan pertumbuhan lalu lintas tidak bisa diinput lebih dari satu macam, selain itu tidak digunakannya data CBR dan RCI pada Metode Lendutan Pd T-05-2005-B juga membuat hasil semakin berbeda.

Perbedaan dengan penelitian “Evaluasi Hubungan Kondisi Kerusakan Lapisan Struktural Menggunakan Metode Lendutan Balik Dengan Kondisi Lapisan Fungsional Menggunakan Metode PCI (Studi Kasus Ruas Jalan Triwidadi Sta. 14+000 – Sta. 16+000, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta)”. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B dan Metode SDPJL, kemudian data yang dibutuhkan adalah data LHR, Kondisi Jalan, CBR, RCI, Lendutan FWD, dan data Temperatur. Proses perhitungannya dengan menginput data yang dibutuhkan dan *software* desain perkerasan jalan lentur (SDPJL) akan menganalisisnya dan menghasilkan output berupa tebal lapis tambah yang dibutuhkan pada lapis perkerasan jalan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Klasifikasi Jalan

Jalan merupakan infrastruktur pendukung perekonomian yang harus dikembangkan dan dipelihara kedepannya, guna menghindari terjadinya hambatan dalam peregerakan lalu lintas barang dan orang, maka kondisi jalan harus tetap dipertahankan dalam kondisi yang baik (Suriyatno dkk., 2015). Menurut (Arizona dan Mulyono, 2015) menambahkan bahwa jalan sebagai prasarana transportasi darat yang memiliki peran penting dalam perkembangan suatu wilayah baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan, politik serta pertahanan dan keamanan. Apabila berpedoman pada peraturan Pemerintah Republik Indonesia

tentang jalan No. 34 Tahun 2006 Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Jalan yang ada di Indonesia berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Klasifikasi jalan berdasarkan kelas.

Berdasarkan Peraturan UU No. 22 Tahun 2009 Pasal 19 ayat 2 yang berlaku berkaitan tentang lalu lintas dan angkutan jalan di Indonesia, penjelasan klasifikasi jalan berdasarkan kelasnya dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Jalan Kelas I

Jalan kelas I adalah jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 (sepuluh) ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia namun sudah mulai dikembangkan di berbagai negara maju seperti Prancis yang telah mencapai muatan sumbu terberat sebesar 13 (tiga belas) ton

b. Jalan Kelas II.

Jalan kelas II adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi dari 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi dari 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 (delapan) ton. Jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas

c. Jalan Kelas III.

Jalan kelas III adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar

tidak melebihi dari 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi dari 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 (delapan) ton.

d. Jalan Kelas Khusus.

Jalan kelas khusus adalah jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

Klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku tentang lalu lintas dan angkutan jalan secara singkat disajikan dalam Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Klasifikasi kelas jalan (Undang-undang No. 22 Tahun 2009)

Kelas	Peranan	Dimensi Kendaraan (m)		MST Maks	Kecepatan Maksimal (km/jam)	
		Panjang	Ton		Lebar	Primer
I	Arteri & Kolektor	18	10	2.5	100/80	-
II	Arteri, Kolektor, Lokal & Lingkungan	18	8	2.5	100/80	70/60
III	Arteri, Kolektor, Lokal & Lingkungan	9	8	2.1	100/80	70/60
Khusus	Arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor	18	10	2.5	80	50

2. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi

Pengelompokkan klasifikasi jalan di Indonesia berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2004 Pasal 7 ayat 1 antara lain:

a. Jalan Arteri

Jalan Arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien. Penjelasan pengelompokkan Jalan arteri di Indonesia sebagai berikut :

1. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional atau antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan. seperti menghubungkan secara terus menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan dan menghubungkan antar pusat kegiatan nasional. Kapasitas jalan arteri primer bermuatan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata serta lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu oleh lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal, dan kegiatan lokal. Perencanaan jalan arteri primer berdasarkan dari kecepatan rencana paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 11 (sebelas) meter.

2. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang melayani dan menghubungkan angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi seefisien dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota seperti jalan didaerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol. Perencanaan jalan arteri sekunder berdasarkan dari

kecepatan rencana paling rendah 30 (tiga puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 11 (sebelas) meter.

b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang digunakan untuk melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata > 40 km/jam, lebar jalan > 7 m dan jumlah jalan dibatasi. Penjelasan pengelompokkan jalan kolektor di Indonesia sebagai berikut:

1. Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan secara berdaya guna antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal. Perencanaan jalan kolektor primer berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 (empat puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan tidak kurang 9 (sembilan) meter.

2. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota. Perencanaan jalan kolektor sekunder berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan)

c. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri 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 menghubungkan secara berdaya guna 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. Perencanaan jalan lokal primer berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 7,5 (tujuh koma lima) meter.

2. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan antar kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Perencanaan jalan lokal sekunder berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 (sepuluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 7,5 (tujuh koma lima) meter.

- d. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah sebagai jalan umum yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan tidak dibatasinya jumlah jalan masuk. Penjelasan pengelompokan jalan lingkungan di Indonesia sebagai berikut:

1. Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang dapat menghubungkan antarpusat kegiatan di dalam kawasan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan pedesaan. Perencanaan jalan lingkungan primer berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 15 (lima belas) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 (enam koma lima) meter.

2. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan dalam skala kawasan perkotaan. Jalan lingkungan sekunder didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 (sepuluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 (enam koma lima) meter. Jalan lingkungan sekunder yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 (tiga) atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 (tiga koma lima) meter.

3. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Peruntukan

Klasifikasi jalan menurut UU No. 38 Tahun 2004 pasal 6 ayat 1 tentang jalan Indonesia berdasarkan peruntukannya sebagai berikut:

a. Jalan umum

Jalan umum adalah jalan yang digunakan untuk melayani lalu lintas umum.

b. Jalan khusus

Jalan khusus adalah jalan yang dikelola dari suatu instansi yang tidak diperuntukkan bagi 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 millimeter.

4. Klasifikasi jalan berdasarkan sistem

Klasifikasi jalan menurut UU No. 38 Tahun 2004 pasal 6 ayat 1 tentang jalan berdasarkan sistemnya sebagai berikut:

a. Sistem Jaringan Jalan Primer

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

b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

5. Klasifikasi jalan berdasarkan status

Klasifikasi jalan berdasarkan statusnya menurut Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 bagian ke tempat pasal 25 sebagai berikut:

a. Jalan Nasional

Jalan nasional sebagaimana dimaksud terdiri atas:

1. Jalan arteri primer;
2. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi;
3. Jalan tol; dan
4. Jalan strategis nasional

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi sebagaimana dimaksud terdiri atas:

1. Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota;
2. Jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota kabupaten
3. Jalan strategis provinsi; dan
4. Jalan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta, kecuali jalan nasional.

c. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten sebagaimana dimaksud terdiri atas:

1. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional sebagaimana dimaksud sebagai jalan kolektor primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan provinsi;
2. 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;
3. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota; dan
4. Jalan strategis kabupaten.

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum pada suatu jaringan jalan sekunder di dalam kota.

e. 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.

2.2.2. Perkerasan Jalan

Hardiyatmo (2015) menyatakan bahwa Perkerasan jalan adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar (*subgrade*). Tujuan dari direncanakannya perkerasan adalah guna memberikan umur pelayanan lalu lintas yang cukup panjang dengan permukaan rata dan kekesatan tertentu. Serta meminimumkan waktu pemeliharaan. Tanah dapat dinyatakan perkerasan adalah lapisan kulit (permukaan) yang diletakkan pada formasi tanah setelah selesainya pekerjaan tanah, atau dapat pula didefinisikan bahwa perkerasan adalah struktur yang memisahkan antar roda/ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya. Menurut (Surandono dan Rinaldi, 2015) lapisan perkerasan diletakkan di atas tanah dasar pada seluruh badan jalan, keuntungan permukaannya mudah mengalirkan air, sehingga air hujan mudah diatur di atasnya dan cepat mengalirkan air.

Adapun menurut Arminsyah (2010) berdasarkan bahan pengikatnya jenis konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Perkerasan lentur adalah jenis struktur perkerasan yang menggunakan bahan utama aspal sebagai bahan pengikat.

b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

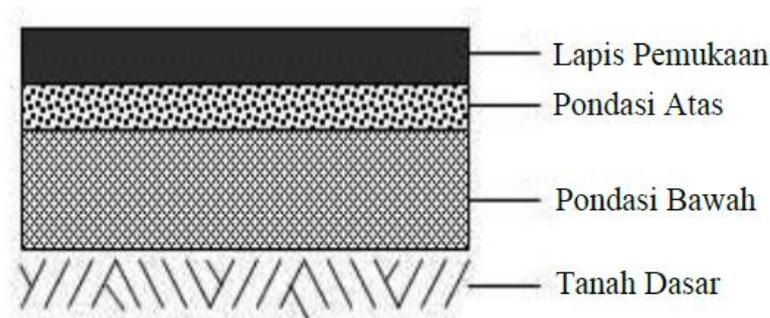
Struktur perkerasan kaku untuk bahan pengikat menggunakan semen, seperti plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.

c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit adalah kombinasi antara berupa perkerasan kaku di atas perkerasan lentur, atau perkerasan lentur di atas perkerasan kaku.

2.2.3. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah struktur perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal sebagai bahan utamanya, yang bersifat lentur terutama pada saat kondisi panas (Morisca, 2014). Menurut (Ardiansyah dkk., 2016) aspal sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur yang terdiri atas beberapa lapisan bahan, di setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya, dan kemudian disebarkan serta diteruskan ke lapisan bawahnya. Adapun menurut Hardwiyono (2013) lapisan struktur perkerasan lentur tersebut adalah lapisan permukaan/ penutup (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan tanah dasar (*subgrade*). Adapun lapisan-lapisan struktur dari perkerasan lentur (*flexibel pavement*) dapat disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Lapisan-lapisan pembentuk perkerasan lentur (Hardwiyono, 2013)

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang teratas pada suatu perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Lapisan ini mempunyai fungsi sebagai:

- a. Sebagai lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- b. Mampu menahan secara langsung dari gesekan yang ditimbulkan akibat beban rem kendaraan (lapis aus).
- c. Lapisan yang dapat mencegah jatuhnya air hujan di atas lapisan sehingga tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

lapis permukaan berfungsi untuk memberikan keamanan dan permukaan yang halus/rata, Menurut Hardiyatmo (2015) lapis permukaan jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Mempunyai kekesatan atau tahanan terhadap penggelinciran.
- b. Mampu menahan beban kendaraan dan deformasi permanen.
- c. Dapat mencegah masuknya air ke dalam struktur perkerasan.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*base course*) merupakan lapisan struktur perkerasan lentur yang terletak di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Hardiyatmo (2015) bahan lapis pondasi (*base course*) terdiri dari material pilihan, yaitu batu pecah yang stabil (awet), tahan terhadap pelapukan/abrasi akibat beban berulang, dengan gradasi tertentu, dan pertimbangan utama dalam perancangan pondasi adalah:

- a. Ketebalannya;
- b. Stabilitas akibat beban lalu lintas; dan
- c. Ketahanan terhadap pelapukan.

Hardwiyono (2013) menambahkan bahwa fungsi dari lapisan pondasi atas diantaranya sebagai:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.
- b. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Menurut (Bina Marga, 2010) mengenai spesifikasi umum tentang perkerasan jalan, menggunakan agregat lapis pondasi dan lapis pondasi bawah sebagai lapisan struktur perkerasan dibagi menjadi 3 kelas, A, B, dan C dengan persyaratan sebagai berikut:

a. Sumber Bahan

Pemilihan bahan agregat sebagai lapis pondasi harus ada persetujuan dari Direksi Pekerjaan yang terkait.

b. Kelas Lapis Pondasi agregat

Berdasarkan kelasnya lapis pondasi agregat terbagi menjadi tiga yaitu kelas A, kelas B dan kelas C. Agregat kelas A atau kelas B digunakan

untuk lapis pondasi atas, sedangkan agregat kelas C digunakan untuk lapis pondasi bawah.

c. Fraksi Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar harus tersusun dari partikel yang keras dan awet (tertahan pada saringan 4,75 mm). Agregat kasar kelas A yang berasal dari batu kali harus 100 % mempunyai paling sedikit dua bidang pecah. Agregat kasar kelas B yang berasal dari batu kali harus 65 % mempunyai paling sedikit satu bidang pecah. Agregat kasar kelas C berasal dari kerikil.

d. Fraksi Agregat Halus

Fraksi agregat halus (lolos saringan 4,75 mm) harus tersusun dari partikel pasir atau batu pecah halus.

e. Syarat bahan berdasarkan sifat-sifatnya.

Agregat untuk lapis pondasi harus bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki, dan harus memenuhi sifat-sifat yang sesuai dalam Tabel 2.6 dan memenuhi ketentuan gradasi yang di berikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.6 Gradasi agregat lapis pondasi (Bina Marga, 2010)

Ukuran saringan ASTM		Persen berat lolos saringan (%)		
Nomor	Diamter butiran (mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
2"	50	-	100	100
1 ½"	37,5	100	88 - 95	70 - 100
1"	25,0	77 - 85	70 - 85	55 - 87
3/8"	9,50	44 - 58	40 - 65	40 - 70
No. 4	4,75	27 - 44	25 - 52	27 - 60
No. 10	2,0	17 - 30	15 - 40	20 - 50
No. 40	0,425	7 - 17	8 - 20	10 - 30
No. 200	0,075	2 - 8	2 - 8	5 - 15

Tabel 2.7 Sifat-sifat agregat lapis pondasi dan pondasi bawah (Bina Marga, 2010)

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
Indeks plastisitas (SNI-03-1996-1990)	Maks. 6	Maks.6	4-9
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % lolos saringan No.200	Maks. 25	-	-
Batas cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
Bagian yang lunak	Maks. 5%	Maks. 5%	-
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min 90%	Min. 65%	Min. 35%
Perbandingan persen lolos saringan No.200 dan No.40	Maks 2/3	Maks. 2/3	Maks. 2/3

Adapun fungsi dari lapis pondasi (*base course*) ini diantaranya:

- a. Sebagai lapisan pendukung lapisan permukaan.
- b. Menyalurkan beban yang diterima menuju struktur di bawahnya
- c. Sebagai lapisan peletakan lapis permukaan.
- d. Sebagai lapisan drainase apabila terdapat resapan air.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan ini berada di antara lapisan pondasi atas dan di atas lapisan tanah dasar. Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah agregat yang harus bebas dari bahan organik dan memenuhi ketentuan gradasi yang disajikan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Sifat-sifat agregat lapis pondasi dan pondasi bawah (Bina Marga, 2010)

Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
Abrasi agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
Indeks plastisitas (SNI-03-1996-1990)	Maks. 6	Maks.6	4-9
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % lolos saringan No.200	Maks. 25	-	-
Batas cair (SNI 03-1967-1990)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
Bagian yang lunak	Maks. 5%	Maks. 5%	-
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min 90%	Min. 65%	Min. 35%
Perbandingan persen lolos saringan No.200 dan No.40	Maks 2/3	Maks. 2/3	Maks. 2/3

Jenis material pondasi bawah (*sub-base course*) yang biasanya dipakai di Indonesia menggunakan agregat bergradasi baik berupa Sirtu/Pirtu kelas A, Sirtu/Pirtu kelas B, dan Sirtu/Pirtu kelas C dengan bahan stabilisasi yang biasa digunakan berupa *cement treated sub base*, *lime treated sub base*, *soil cement stabilization*, dan *soil lime stabilization*. Adalah sebagai berikut:

- Menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar.
- Untuk mencegah naiknya tanah dasar ke lapisan pondasi.
- Efisien dalam penggunaan material dan biaya konstruksi, karena nilai material yang digunakan lebih murah daripada lapisan di atasnya.
- Mencegah terjadinya *pumping* pada tanah dasar apabila terjadi rembesan air maupun air tanah yang muncul.

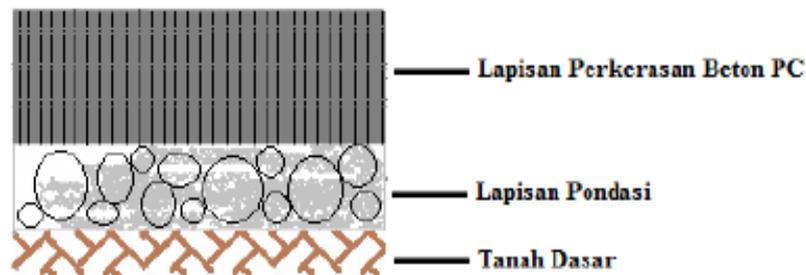
Menurut Lestari (2013) fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan guna mendukung dan menyebarkan beban roda saat berlangsung.
 - b. Menjaga efisiensi penggunaan bahan material yang relatif murah agar lapisan- lapisan sebelumnya dapat dikurangi tebalnya.
 - c. Untuk mencegah tanah dasar agar tidak masuk kedalam lapisan pondasi.
 - d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan perkerasan dapat berjalan optimal.
4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah bagian terbawah dari perkerasan jalan berupa tanah asli, galian, maupun timbunan sebagai lapisan perletakan bagi lapisan di atasnya. Apabila kondisi pada lokasi pembangunan jalan mempunyai spesifikasi yang direncanakan maka tanah tersebut akan langsung dipadatkan dan digunakan. Tebal 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 pada kadar air $\pm 2\%$ dari kadar air optimum di laboratorium. Fungsi utama lapisan tanah dasar (*subgrade*) adalah sebagai tempat perletakan jalan raya dan sebagai penopang lapisan perkerasan yang ada di atasnya. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dan lain-lain (Hardwiyono, 2013).

2.2.4. Perkerasan Kaku (*Rigid pavement*)

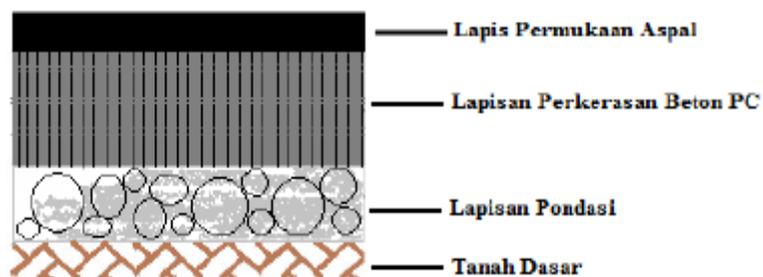
Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) adalah perkerasan yang bahan pengikatnya menggunakan (*Portland Cement*). Peletakkan tulangan atau tanpa tulangan plat beton diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, sehingga pelat beton mampu menahan sebagian besar beban lalu lintas (Wiyanti, 2011). Adapun struktur lapisan dari perkerasan kaku (*rigid pavement*) dapat disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Lapisan-lapisan pembentuk perkerasan kaku (Hardwiyono, 2013)

2.2.5. 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, dengan adanya syarat Ketebalan lapisan perkerasan aspal, agar mempunyai kemampuan kekakuan yang cukup guna mencegah retak refleksi dari perkerasan beton dibawahnya (Hardwiyono, 2013). Lapisan-lapisan struktur pada perkerasan komposit disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lapisan-lapisan pembentuk perkerasan komposit (Hardwiyono, 2013)

2.2.6. Umur Rencana

Menurut Hardiyatmo (2015) menyatakan bahwa umur rencana pelaksanaan jalan adalah waktu dimana perkerasan diharapkan mempunyai kemampuan pelayanan sebelum dilakukan pekerjaan rehabilitasi atau kemampuan pelayanan perkerasan jalan berakhir. Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru

umumnya 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi).

2.2.7. Tingkat Kinerja Perkerasan Jalan

Kinerja perkerasan berdasarkan kinerja struktural (*structural performance*), dan kinerja fungsional (*functional performance*), dimana keduanya saling berpengaruh dalam pelayanan jalan terhadap lalu lintas yang dilayaninya. Adapun kinerja perkerasan secara struktural meliputi keamanan, kenyamanan, dan kekuatan perkerasan pada struktur penyusun perkerasan dalam memikul beban lalu lintas, sedangkan kinerja perkerasan secara fungsional dapat dinyatakan dalam Indek Permukaan (IP)/*Present Serviceability Index* (PSI) atau dapat juga dinyatakan dalam Indeks Kondisi Jalan atau *Road Condition Index* (RCI). Adapun menurut (Ismy dan Nufus, 2015), menambahkan bahwa kinerja perkerasan jalan ditentukan berdasarkan persyaratan kondisi fungsional yaitu kekesatan permukaan perkerasan dan kerataan sedangkan persyaratan kondisi struktural berdasarkan kekuatan atau daya dukung perkerasan dalam melayani beban dan volume lalu lintas rencana, kondisi tersebut perlu dievaluasi guna mengukur kinerja perkerasan jalan untuk membantu dalam penentuan penanganan kegiatan penyelenggaraan jalan. Nilai kondisi jalan tersebut akan dijadikan acuan pemilihan metode yang akan digunakan untuk evaluasi pemeliharaan kerusakan pada kondisi struktural jalan, pemilihan metode yang tepat melakukan evaluasi penilaian kondisi permukaan jalan diantaranya adalah *International Roughness Index* (IRI) dan metode *visual Surface Distress Index* (SDI) serta *Pavement Condition Index* (PCI) (Tho'attin dkk., 2016).

1. *Present Serviceability Index* (PSI)

Menurut Hardiyatmo (2015) tingkat pelayanan perkerasan jalan berkaitan dengan kerataan dan kemampuan pelayanan perkerasan yang dinyatakan dalam indeks kemampuan pelayanan sekarang *Present Serviceability Index* (PSI). Tingkat penurunan pelayanan atau kerusakan perkerasan dinyatakan oleh kehilangan *Present Serviceability Index* (PSI) Pada suatu skala 0 sampai 5. Pada saat nol tahun, perkerasan masih mampu

melayani dengan indeks pelayanan sangat baik, nilai PSI diperoleh dari pengukuran kekasaran dan kerusakan perkerasan, contohnya: retakan, lubang dan kedalaman alur pada waktu selama umur pelayanan perkerasan, faktor yang mempengaruhi *Present Serviceability Index* (PSI) adalah kekasaran, karena perubahan kekasaran akan mempengaruhi perubahan umur perkerasan. kondisi perkerasan yang masih sangat baik dengan indeks pelayanan *Present Serviceability Index* (PSI) = 5, sedang buruk sekali *Present Serviceability Index* (PSI) = 0, untuk mendapatkan nilai PSI mendekati 5 masih sangat sulit. Pengelompokan klasifikasi nilai *Present Serviceability Index* (PSI) disajikan pada tabel 2.9 sebagai berikut.

Tabel 2.9 Skala *Present Serviceability Index* (PSI) (AASHTO, 1993)

Skala PSI	Kategori
0 – 1	Sangat buruk
1 -2	Buruk
2 – 3	Sedang
3 – 4	Baik
4 – 5	Sangat baik

2. *Road Condition Index* (RCI)

Menurut (Tho'attin dkk., 2016) 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 yang dapat diperoleh dengan alat *roughometer* maupun secara visual, adapun indeks penilaian *Road Condition Index* (RCI) dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Indeks Kondisi Jalan *Road Condition Index* (RCI) (Sukirman, 1999)

RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 - 10	Sangat rata dan teratur

Tabel 2.10 Lanjutan

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 lentur
≤ 2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4WD Jeep

3. *International Roughness Index* (IRI)

International Roughness Index (IRI) merupakan kondisi permukaan jalan yang tidak rata dapat dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak/panjang permukaan yang diukur (Tho'attin dkk., 2016). Menurut Suherman (2008) IRI dikembangkan oleh Bank Dunia pada tahun 1980an yang digunakan untuk menggambarkan suatu profil memanjang dari suatu jalan dan digunakan sebagai standar ketidakrataan permukaan jalan, adapun menurut (Tranggono dan Santoso, 2016) parameter IRI lebih baik digunakan dalam mengukur nilai evaluasi tingkat pelayanan perkerasan dibandingkan penggunaan parameter lainnya, dikarenakan hasil dari evaluasi tingkat pelayanan perkerasan lebih akurat. Adapun nilai *International Roughness Index* (IRI) berdasarkan pengelompokan klasifikasi kondisi jalan disajikan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Hubungan antara nilai *International Roughness Index* (IRI) dengan klasifikasi kondisi jalan (Tho'attin dkk., 2016)

Nilai IRI	Kondisi
< 4	Baik
4 – 8	Sedang

Tabel 2.11 Lanjutan

8 – 12	Rusak ringan
> 12	Rusak berat

4. *Surface Distress Index (SDI)*

Nilai *Surface Distress Index (SDI)* bisa dilakukan perhitungan dengan menggunakan 4 unsur penilaian, unsur penilaian tersebut adalah Jumlah lubang per km, lebar retak, % luas retak, rata-rata lebar retak, dan rata-rata kedalaman *rutting* bekas dari roda kendaraan yang melintas (Tho'attin dkk., 2016). pengelompokkan kondisi jalan berdasarkan *Surface Distress Index (SDI)* disajikan pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Pengelompokkan kondisi jalan berdasarkan *Surface Distress Index (SDI)* (Tho'attin dkk., 2016)

Nilai SDI	Kondisi
< 50	Baik
50 - 100	Sedang
100 - 150	Rusak ringan
> 150	Rusak berat

5. *Pavement Condition Index (PCI)*

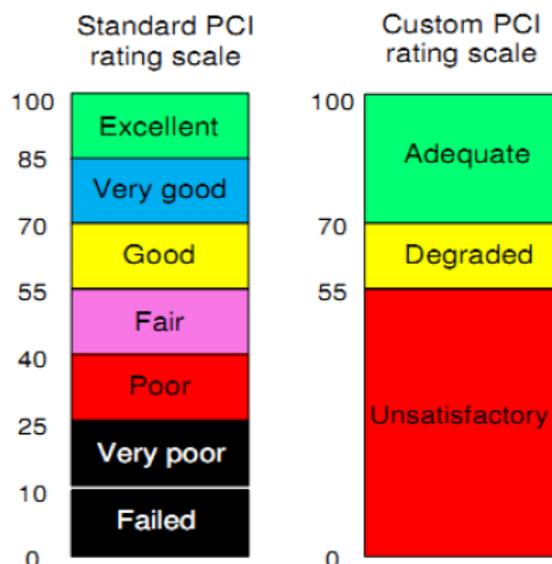
Pavement Condition Index (PCI) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat dan luas kerusakan yang terjadi, dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan, nilai PCI memiliki rentang 0 (Nol) sampai 100 (seratus) dengan kriteria sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), jelek (*poor*), sangat jelek (*very poor*), dan gagal (*failed*) (Suswandi dkk., 2008). Menurut (Tho'attin dkk., 2016) tahapan penentuan nilai *Pavement Condition Index (PCI)* adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pengukuran jumlah jenis kerusakan.
- b. Menentukan kerusakan jalan berdasarkan tingkatannya yaitu biasa (*Low*), sedang (*medium*), parah (*hight*).
- c. Menentukan kadar kerusakan (*density*).
- d. Menentukan nilai pengurang (*deduct value*).
- e. Menentukan total deduct value (*TDV*).
- f. Menentukan *corrected deduct value* (*CDV*).
- g. Menentukan nilai *Pavement Condition Index* (*PCI*),

Pengelompokkan kondisi jalan berdasarkan nilai *Pavement Condition Index* (*PCI*) disajikan pada Tabel 2.13 dan Gambar 2.5 *rating scale Pavement Condition Index* (*PCI*) sebagai berikut.

Tabel 2.13 Hubungan nilai *Pavement Condition Index* (*PCI*) dengan tingkat kondisi jalan (Tho'attin dkk., 2016)

Kondisi	PCI
Sempurna	85 - 100
Sangat bagus	70 - 85
Bagus	55 - 70
Sedang	40 - 55
Buruk	25 - 40
Sangat buruk	10 - 25



Gambar 2.5 Rating scale perkerasan berdasarkan nilai *Pavement Condition Index* (PCI) (Djakfar dkk., 2013)

2.2.8. Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No. 024/T/Bt/1995 mengenai Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan Kabupaten pemeliharaan dibagi dalam 2 (dua) katagori, yaitu:

1. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin jalan dilaksanakan untuk menjaga agar jalan tetap pada kondisi yang baik dengan cara melakukan perbaikan kecil dan pekerjaan rutin pada rentang waktu yang teratur. Pelaksanaan pemeliharaan rutin pada semua ruas atau segmen jalan yang ada dalam keadaan baik atau sedang, termasuk proyek-proyek pembangunan jalan baru dan peningkatan jalan sesudah berakhirnya ketentuan mengenai pemeliharaan dalam kontrak

2. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala adalah perencanaan pekerjaan di lokasi lebih dari satu tahun. Pekerjaan yang dilaksanakan ini terdiri dari pemberian aspal, dan pemberian lapis ulang kerikil, termasuk pekerjaan menyiapkan permukaan untuk golongan jalan-jalan kabupaten. Beberapa masalah pokok terkait peningkatan jalan/pekerjaan baru untuk drainase dimasukkan sebagai pekerjaan pemeliharaan. Pokok-pokok ini akan digolongkan sebagai

pemeliharaan berkala. Pada umumnya jalan-jalan dalam kondisi rusak berat diharapkan segera diperbaiki agar mencapai standar minimum yang sesuai lalu lintas dengan memerlukan usaha yang besar, usaha-usaha tersebut dapat berupa pembangunan baru, peningkatan atau rehabilitasi/penunjang dengan umur rencana 10 tahun. Adapun usaha-usaha tersebut berupa:

a. Pembangunan baru

Pembangunan baru kondisi pekerjaan seperti ini biasanya memerlukan dana yang besar, karena pekerjaan yang dilakukan berupa peningkatan pekerjaan tanah atau jalan setapak agar dapat dilewati kendaraan roda empat

b. Pekerjaan peningkatan

Pekerjaan peningkatan dilaksanakan seperti pengaspalan terhadap jalan yang belum diaspal, maupun penambahan lapis tipis aspal beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*) pada jalan yang menggunakan Lapen, atau penambahan lapisan struktural untuk memperkuat perkerasannya, maupun pelebaran lapis perkerasan yang ada.

c. Pekerjaan rehabilitasi

Pekerjaan ini diperlukan bila pekerjaan pemeliharaan yang seharusnya secara tetap dilaksanakan telah diabaikan, atau pemeliharaan berkala (pelapisan ulang) terlalu lama ditunda, sehingga keadaan lapis permukaan makin memburuk. Termasuk dalam kategori ini, ialah perbaikan terhadap kerusakan lapisan permukaan seperti lubang dan kerusakan struktural seperti amblas, asalkan kerusakan tersebut kurang dari 10-15% dari seluruh perkerasan yang biasanya berkaitan dengan lapis aus baru. Pembangunan kembali secara keseluruhan biasanya diperlukan bila kerusakan struktural sudah tersebar luas sebagai akibat dari diabaikannya pemeliharaan, kekuatan disain yang tidak sesuai, atau karena umur rencana sudah terlewati.

Adapun tingkat pelayanan jalan terhadap masa pelayanan 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 di 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 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.

Hardiyatmo (2015) menyatakan bahwa pemeliharaan yang direncanakan umumnya lebih diutamakan dibandingkan dengan pemeliharaan yang tidak terencana, dan pemeliharaan *preventif* umumnya lebih diutamakan dibandingkan dengan pemeliharaan *korektif*.

2.2.9. Penyebab Kerusakan Struktur Perkerasan Jalan

Menurut Hardiyatmo (2015) guna memastikan penyebab kerusakan jalan dengan cara melakukan penyelidikan mendalam berdasarkan pembuktian dari penilaian visual misalnya: pembuatan lubang uji, uji fisik dll. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketepatan diagnosis dengan observasi visual ini adalah sebagai berikut:

1. Sifat-sifat internal dari perkerasan umumnya tidak diketahui. Dalam suatu kerusakan, mungkin dibutuhkan untuk mengidentifikasi material dari lapis pondasi (*base*), dan sifat-sifat material yang lain.
2. Suatu kerusakan tertentu mungkin akibat dari kombinasi banyak kerusakan. Satu tipe kerusakan tertentu mungkin dapat disebabkan oleh faktor yang umum (misalnya kelelahan), tapi kerusakan sebenarnya mungkin timbul dari banyak faktor.

Adapun menurut (Utama dan Farida, 2016) menambahkan bahwa penyebab kerusakan perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

1. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban dan repitisi beban, makin banyak beban berulang.
2. Air hujan, kurang maksimalnya kerja sistem drainase jalan, dan meningkatnya permukaan air akibat sifat kapilaritas
3. Material konstruksi perkerasan yang disebabkan oleh sifat material atau dari sistem pengolah bahan kurang baik.
4. Iklim dan cuaca, di Indonesia berdominan beriklim tropis sehingga suhu dan curah hujan umumnya tinggi.
5. Kondisi tanah dasar tidak stabil, disebabkan oleh sistem pelaksanaan kurang baik.

2.2.10. Tebal Lapis Perkerasan Tambah (*overlay*)

Menurut (Aisyah dan Hariyadi, 2016) kondisi struktural dapat dilihat dari kekuatan struktur perkerasan yang ditandai dengan dua kriteria kerusakan struktural perkerasan (*fatigue & permanent deformation*) dan umur sisa perkerasan selama masa pelayanan, konstruksi jalan yang telah habis masa pelayanannya hingga menyebabkan nilai struktural jalan akan menurun dengan batas minimalnya, dimana jalan dianggap tidak mampu melayani lalu lintas yang ada.

Penurunan nilai struktural dapat diketahui dari kerusakan perkerasan seperti: retak (*cracking*), lubang (*pothole*), penurunan (*deformation*), pelepasan butiran permukaan perkerasan (*raveling*), dan permukaan yang keriting (*corrugation*) (Hariyadi dan Saputro, 2015). Maka jalan perlu meningkatkan kembali nilai struktural yang telah sampai batas minimal dalam pelayanan dengan melakukan *overlay*. Sebelum melakukan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) pada permukaan dan kondisi kelayakan struktural perkerasan jalan perlu dilakukan survei terlebih dahulu, guna mendapatkan metode yang lebih sederhana, praktis, dan efisien untuk penanganan yang direncanakan, tujuannya mencari hubungan antara hasil pengujian lendutan dan hasil pengukuran kondisi jalan

Survei yang dilakukan untuk melihat kondisi permukaan jalan bisa secara pengamatan visual maupun dengan menggunakan alat pada perkerasan lentur, survei yang dilakukan secara pengamatan visual meliputi

1. Melakukan penilaian terhadap permukaan jalan dengan kondisi baik, kritis atau sudah rusak
2. Melakukan penilaian dengan menggunakan mobil pada kecepatan 40 km/jam guna mengklasifikasikan menjadi nyaman, kurang nyaman, dan tidak nyaman di ruas permukaan jalan
3. Penilaian secara kualitas maupun kuantitas lebih intensif pada ruas permukaan jalan dengan mengelompokkan menjadi jenis-jenis kerusakan jalan diantaranya adalah retak, lubang, alur, pelepasan butir, pengelupasan lapis permukaan, keriting, amblas, bleeding, sungkur, dan jembul.

Survei yang dilakukan menggunakan bantuan alat untuk pengujian kondisi struktural pada perkerasan lentur tanpa melakukan perusakan (*non destruktif*) di permukaan perkerasan dengan menempelkan alat *Benkelman Beam* pada sumbu roda belakang kendaraan penguji, guna mengukur gerakan vertikal sumbu belakang kendaraan dengan kecepatan tertentu.

2.2.11. Benkelman Beam

Menurut pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B, *Benkelman Beam* merupakan alat untuk mengukur lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan yang menggambarkan kekuatan struktur perkerasan jalan. lendutan balik (*rebound deflection*) adalah besar lendutan balik vertikal suatu permukaan perkerasan akibat beban yang berpindah dan lendutan langsung (*directly deflection*) adalah besar lendutan vertikal suatu permukaan perkerasan akibat beban langsung. Tebal lapis tambah (*overlay*) merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang. Perhitungan tebal lapis tambah yang diuraikan dalam pedoman ini hanya berlaku untuk konstruksi perkerasan lentur atau konstruksi perkerasan dengan lapis pondasi agregat dengan lapis permukaan

menggunakan bahan pengikat aspal. alat *Bekelman Beam* digunakan untuk evaluasi perkerasan jalan yang sifatnya tidak menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan (*nondesdraktif*) (Aji dkk., 2015). Menurut Shalahuddin (2016) pengujian *Bekelman Beam* menggunakan beban 8,16 ton (18.000 Lb) di atas satu sumbu dengan menempatkan ujung beam di antara dua ban truk. Lentutan yang diukur dalam pemeriksaan ini adalah lentutan balik vertikal (*vertical rebound*) yang terjadi pada permukaan jalan akibat dihilangkannya beban pada saat truk berjalan. Nilai lentutan dikoreksi dengan faktor muka air tanah (faktor musim), koreksi temperatur, dan koreksi beban uji (standar beban sumbu 8.16 ton).

Menurut (Meir dan Rix, 1995 dalam Guzzarlpudi dkk., 2016) alat *Bekelman Beam* dalam pengujian evaluasi pada ruas jalan cukup lama digunakan, namun pengujian menggunakan alat ini memiliki beberapa kelemahan, contohnya nilai lentutan yang diperoleh menjadi kurang tepat disebabkan kurangnya referensi pada titik nol yang stabil. Pendapat ini diperkuat oleh (Feo dan Urrego, 2013 dalam Guzzarlpudi dkk., 2016) bahwa tingkat kinerja alat ini lambat, tidak adanya kepastian data, keandalan hasil data yang rendah saat melakukan penelitian evaluasi pada ruas jalan guna merencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) .

2.2.12. Pengujian Lentutan Perkerasan Lentur

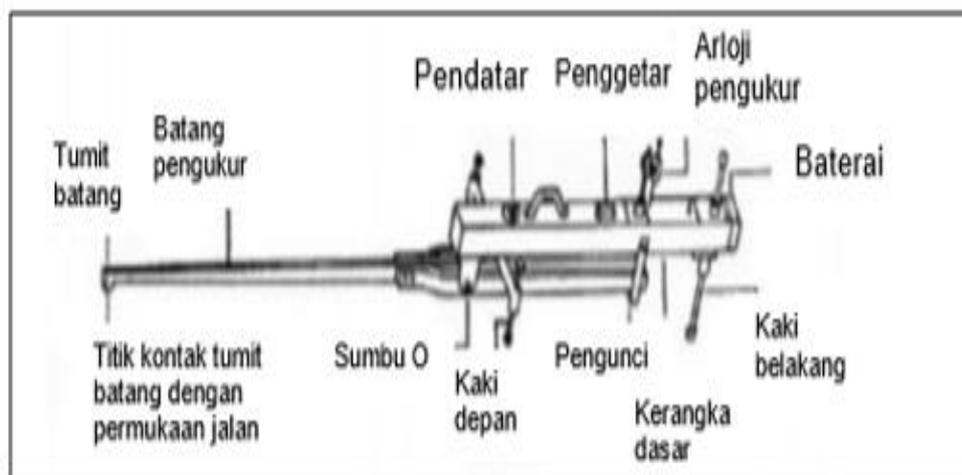
Alat *Bekelman Beam* merupakan alat yang digunakan dalam pengujian lentutan pada perkerasan lentur, pengujian ini tidak menyebabkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan (*nondesdraktif*) model alat ini diletakkan diatas lapis permukaan jalan. Menurut pedoman (BSN, 2011) mengenai Cara Uji Lentutan Perkerasan Lentur dengan Alat *Bekelman Beam* terdapat tiga jenis pengukuran yang dilakukan menggunakan alat *Bekelman Beam*, yaitu:

1. Lentutan balik maksimum (*Maximum Rebound Deflection*) merupakan besarnya lentutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Bekelman Beam* setelah beban berpindah sejauh 6 meter.
2. Lentutan balik titik belok merupakan besarnya lentutan balik perkerasan pada kedudukan di titik kontak batang *Bekelman Beam* setelah beban

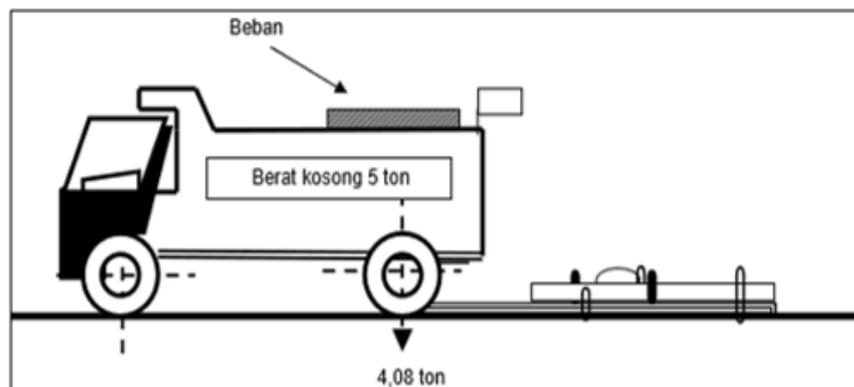
berpindah sejauh 0,30 meter untuk penetrasi asbuton dan laburan atau sejauh 0,40 meter untuk aspal beton.

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

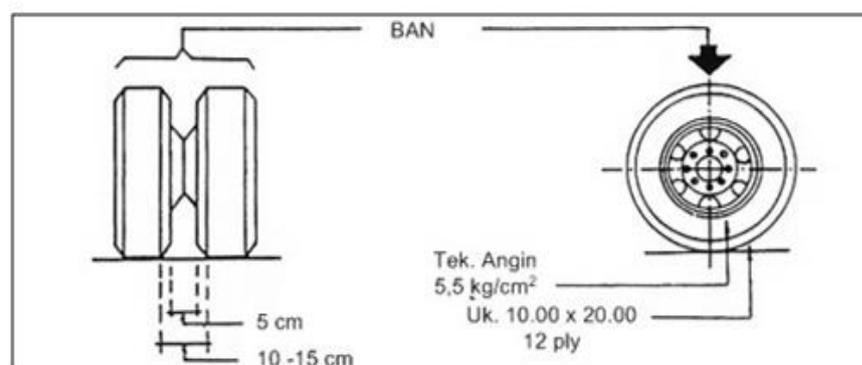
Menurut metode Pengujian Lendutan Perkerasan Lentur menggunakan Alat *Benkelman Beam* (BSN, 1991) menambahkan bahwa, yang dimaksud pengujian dengan alat *Benkelman Beam* adalah mengukur gerakan vertikal pada permukaan lapis jalan dengan mengatur pemberian beban roda yang diakibatkan oleh beban tertentu, dengan tujuan untuk memperoleh data lapangan yang akan bermanfaat bagi penilaian struktur memprediksi *performance* perkerasan dan perencanaan *overlay*. Apabila pada waktu pengujian lendutan ditemukan data yang meragukan maka lokasi atau titik tersebut, dianjurkan pengujian ulang atau titik pengujian dipindah pada lokasi titik disekitarnya. Dari hasil pengujian yang dilakukan menggunakan Alat *Benkelman Beam* dapat direncanakan tebal lapis tambah. Perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*) bertujuan untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang sudah masuk tahap rehabilitasi agar dapat melayani lalu lintas sekarang atau kurun waktu kedepannya (Bina Marga, 2005). Ilustrasi dari alat *Benkelman Beam* dan mekanisme pengambilan datanya disajikan pada gambar dibawah ini sebagai berikut.



Gambar 2.6 Alat *Benkelman Beam* (BSN, 2011)



Gambar 2.7 Spesifikasi truk pengujian (BSN, 2011)



Gambar 2.8 Spesifikasi truk pengujian (BSN, 2011)

2.2.13. Perencanaan Tebal Lapis Tambahan Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Metode Lentutan

Tebal lapis tambahan (*overlay*) merupakan konstruksi tambahan guna meningkatkan kekuatan pada struktur perkerasan jalan yang sudah tidak mampu melayani beban lalu lintas, adapun perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*) ini dapat direncanakan dengan menggunakan Metode Lentutan Balik Pd. T-05-2005-B yang didasarkan pada data survei menggunakan alat *Benkleman Beam* disajikan berupa data lendutan balik dan lendutan langsung perkerasan. Mengenai ketetapan tahapan berdasarkan perhitungan pada perencanaan tebal lapisan tambahan (*overlay*) perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Lentutan Pd. T-05-2005-B adalah sebagai berikut :

1. Menghitung repitisi beban lalu lintas (CESA) dalam ESA
 - a. Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang mampu menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan
(Bina Marga, 2005)

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

Koefisien distribusi kendaraan (C) yang digunakan untuk kendaraan berbobot ringan dan berbobot berat yang lewat pada lajur rencana ditentukan sesuai Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Koefisien distribusi kendaraan (C) (Bina Marga, 2005)

Jumlah Lajur	Kendaraan Bermuatan Ringan *)		Kendaraan Bermuatan Berat (**)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
	1	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475

Tabel 2.15 Lanjutan

4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,40

Keterangan : *) Mobil Khusus Penumpang

**) Truk dan Bus

b. Ekuivalen beban sumbu kendaraan (E)

Angka ekuivalen (E) beban sumbu (setiap kendaraan) pada setiap golongan masing-masing dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 2.1, 2.2, 2.3 dan 2.4 atau pada Tabel 2.16.

$$\text{Angka Ekuivalen STRT} = \left[\frac{\text{Beban.sumbu (ton)}}{5,40} \right]^4 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Angka Ekuivalen STRG} = \left[\frac{\text{Muatan.sumbu (ton)}}{8,16} \right]^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Angka Ekuivalen SDRG} = \left[\frac{\text{Muatan.sumbu (ton)}}{13,76} \right]^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Angka Ekuivalen STrRG} = \left[\frac{\text{Muatan.sumbu (ton)}}{18,45} \right]^4 \dots\dots\dots (2.4)$$

Tabel 2.16 Ekuivalen muatan sumbu kendaraan (E) (Bina Marga,2005)

Beban sumbu (ton)	Ekuivalen muatan 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	0,00070
4	0,30107	0,05774	0,00714	0,00221
5	0,73503	0,14097	0,01743	0,00539
6	152,416	0,29231	0,03615	0,01118

Tabel 2.16 Lanjutan

8	481,709	0,92385	0,11426	0,03535
9	771,605	147,982	0,18302	0,05662
10	1,176,048	225,548	0,27895	0,08630
11	1,721,852	330,225	0,40841	0,12635
12	2,438,653	467,697	0,57843	0,17895
13	3,358,910	644,188	0,79671	0,24648
14	4,517,905	866,466	107,161	0,33153
15	5,953,742	1,141,838	141,218	0,43690
16	7,707,347	1,478,153	182,813	0,56558
17	9,822,469	1,883,801	232,982	0,72079
18	12,345,679	2,367,715	292,830	0,90595
19	15,326,372	2,939,367	363,530	112,468
20	18,816,764	3,608,771	446,320	138,081

c. Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas (N)

Dalam menentukan faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas berdasarkan Persamaan 2.5 atau tabel 2.17.

$$N = 0,5 \left[1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \dots \dots \dots (2.5)$$

Tabel 2.17 Faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembangan lalu lintas (N) (Bina Marga, 2005)

n Tahun	r (%)					
	2	4	5	6	8	10
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05

Tabel 2.17 Lanjutan

2	2,04	2,08	2,10	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	6,10	6,41
6	6,37	6,77	6,97	7,18	7,63	8,10
7	7,51	8,06	8,35	8,65	9,28	9,96
8	8,67	9,40	9,79	10,19	11,06	12,01
9	9,85	10,79	11,30	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	68,10	81,43	117,81	172,72

d. Akumulasi ekuivalen muatan sumbu standar (CESA)

Akumulasi muatan sumbu lalu lintas (CESA) sewaktu umur rencana dapat ditentukan berdasarkan Persamaan 2.6.

$$\text{CESA} = \sum_{\text{Traktor-Trailer}}^{\text{MP}} m \times 365 \times E \times C \times N \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

CESA = Akumulasi ekivalen muatan sumbu standar

m = Jumlah masing-masing jenis kendaraan

365 = Jumlah hari dalam satu tahun

E = Ekivalen beban sumbu (Tabel 2.16)

C = Koefisien distribusi kendaraan (Tabel 2.15)

N = Faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas (Tabel 2.17).

2. Lendutan dengan *Benkelman Beam*

Bedasarkan hasil pengujian lendutan balik dilapangan nilai lendutan yang diperoleh dari hasil pengujian dengan alat *Benkelman Beam* digunakan untuk perencanaan. Nilai lendutan balik tersebut terlebih dahulu dikoreksi dengan, faktor muka air tanah (faktor musim) dan koreksi temperatur serta faktor koreksi beban uji (bila beban uji kurang dari 8,16 ton). Adapun menentukan besarnya lendutan balik berdasarkan Persamaan 2.7 berikut:

$$d_B = 2 \times (d_3 - d_1) \times Ft \times Ca \times FK_{B-BB} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

d_B = Lendutan balik (mm)

d_1 = Lendutan pada saat beban berada pada awal pengukuran (mm)

d_3 = Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran (mm)

F_t = Faktor penyesuaian lendutan terhadap temperatur standar 35° C, yang nilainya ditentukan menggunakan Persamaan 2.8 dan 2.9 atau melalui pembacaan grafik pada gambar 2.9 serta dapat pula ditentukan melalui tabel 2.18 sebagai berikut:

$$F_t = 4,184 \times T_L^{-0,4025} \text{ untuk } H_L < 10 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$F_t = 14,785 \times T_L^{-0,7573} \text{ untuk } H_L \geq 10 \text{ cm} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

T_L = Temperatur lapis beraspal, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan atau dapat ditentukan melalui prediksi berdasarkan temperatur udara dilapangan dengan menggunakan Persamaan 2.10 berikut:

$$T_L = \frac{1}{3} (T_p + T_t + T_b) \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

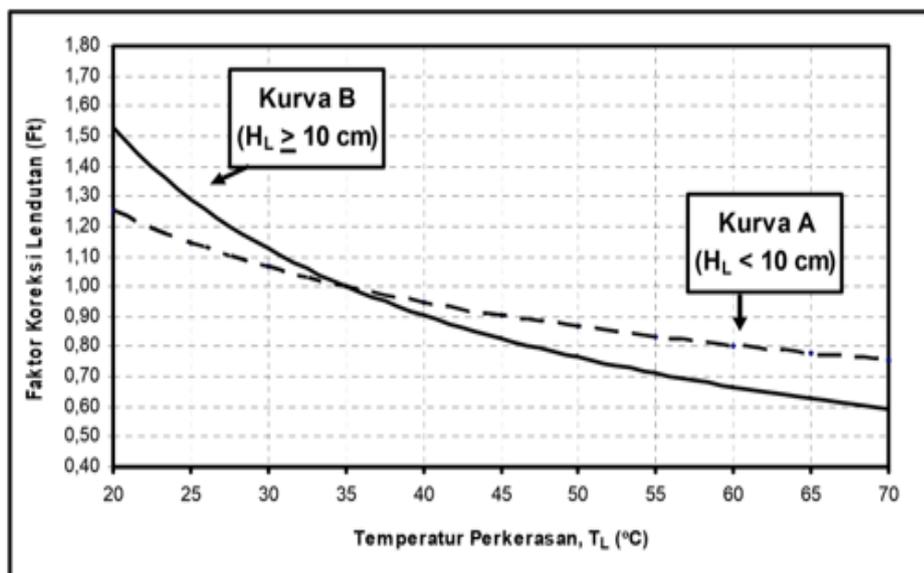
T_p = Temperatur permukaan lapis beraspal

T_t = Temperatur tengah lapis beraspal (Tabel 2.19.)

T_b = Temperatur bawah lapis beraspal (Tabel 2.19.)

Ca = Faktor pengaruh muka air tanah (faktor musim)
 = 1,20 ; musim kemarau atau muka air tanah rendah
 = 0,9 ; musim hujan atau muka air tinggi

FK_{B-BB} = Faktor koreksi beban uji *Benkelman Beam* (BB)
 = $77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)} \dots\dots\dots(2.11)$



Gambar 2.9 Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft) (Bina Marga, 2005)

Tabel 2.18 Faktor koreksi lendutan terhadap temperatur standar (Ft) (Bina Marga, 2005)

T _L (°C)	Faktor Koreksi Lendutan (Ft)		T _L (°C)	Faktor Koreksi Lendutan (Ft)	
	Kurva A	Kurva B		Kurva A	Kurva B
	(H _L < 10 cm)	(H _L ≥ 10 cm)		(H _L < 10 cm)	(H _L ≥ 10 cm)
20	1,25	1,53	46	0,90	0,81

Tabel 2.18 Lanjutan

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.

Tabel 2.19 Temperatur tengah (Tt) dan bawah (Tb) lapis beraspal berdasarkan data temperatur udara (Tu) dan temperatur permukaan (Tp) (Bina Marga, 2005)

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

Tabel 2.19 Lanjutan

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
54	32,1	30,6	27,1	26,2	25,0	24,2
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

Tabel 2.19 Lanjutan

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

3. Keseragaman lendutan (FK)

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Apabila berdasarkan panjang seksi maka cara keseragaman lendutan menjadi faktor pertimbangan untuk menentukan panjang seksi jalan. Faktor keseragaman yang memiliki rentang antara 0 sampai dengan 10, antara 11 sampai dengan 20 keseragaman baik dan antara 21 sampai dengan 30 keseragaman cukup baik. Dalam menentukan faktor keseragaman lendutan berdasarkan Persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$FK = s/d_R \times 100\% < FK \text{ ijin} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

FK = Faktor keseragaman.

FK ijin = Faktor keseragaman yang diijinkan.

= 0 % - 10 %; keseragaman sangat baik.

= 11% - 20%; keseragaman baik.

= 21% - 30 %; keseragaman cukup baik.

d_R = Lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan.

$$= \sum_{ns} \frac{d}{ns} \dots\dots\dots (2.13)$$

s = Deviasi standar/simpang baku

$$= \sqrt{\frac{n_s(\sum_1^{n_s} d^2) - (\sum_1^{n_s} d)^2}{n_s(n_s - 1)}} \dots\dots\dots (2.14)$$

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. Lendutan wakil (D_{wakil})

Nilai Lendutan wakil pada sub ruas/seksi jalan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.15, 2.16 dan 2.17 yang disikronkan dengan fungsi/kelas jalan sebagai berikut:

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

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 2s \dots\dots\dots(2.15)$$

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

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,64s \dots\dots\dots (2.16)$$

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

$$D_{\text{wakil}} = d_R + 1,28s \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

D_{wakil} = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

d_R = Lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

s = Standar deviasi (simpangan baku)

5. Lendutan rencana/ijin (D_{rencana})

Lendutan rencana/ijin (D_{rencana}) dapat dihitung nilai lendutannya berdasarkan Persamaan 2.18 lendutan menggunakan alat FWD dan Persamaan 2.19 lendutan menggunakan alat *Benkleman Beam* (BB):

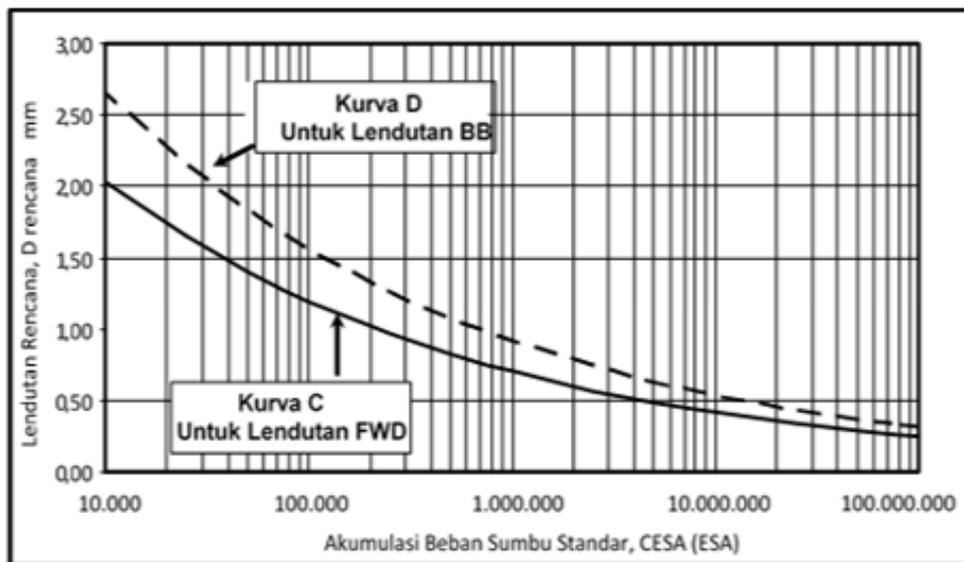
$$D_{\text{rencana}} = 17,004 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$D_{\text{rencana}} = 22,208 \times \text{CESA}^{(-0,2307)} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

D_{rencana} = Lendutan yang direncanakan, menggunakan satuan milimeter.

CESA = Beban sumbu standar di akumulasikan ekivalennya, dalam satuan ESA atau dengan memplot data lalu-lintas rencana (CESA) pada Gambar 2.10 Kurva C untuk lendutan menggunakan alat FWD dan Gambar 2.10 Kurva D untuk lendutan balik dmenggunakan alat *Benkleman Beam*.



Gambar 2.10 Hubungan antara lendutan rencana dan lalu lintas (Bina Marga, 2005)

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

Dalam menghitung tebal lapis tambahan atau *overlay* (H_o) dapat digunakan Persamaan 2.20 atau menentukan hubungan antara lendutan sebelum *overlay* dengan lendutan setelah *overlay* berdasarkan grafik pada gambar 2.11.

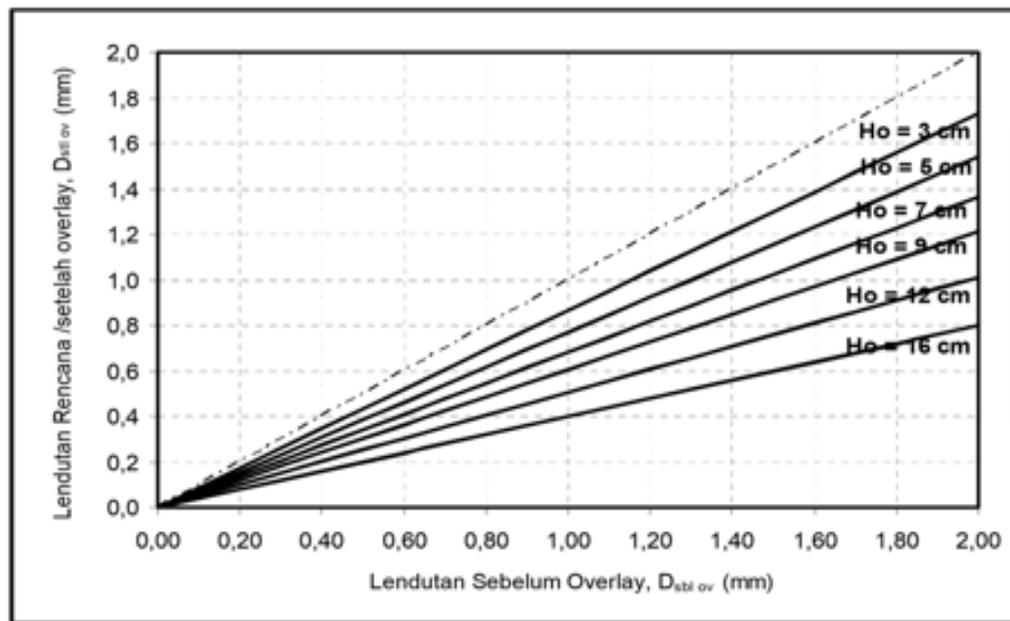
$$H_o = \frac{[\ln(1,0364) + \ln(D_{sbl\ ov}) - \ln(D_{stl\ ov})]}{0,0597} \dots\dots\dots (2.20)$$

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 2.11 Tebal lapis tambahan/*Overlay* (H_o) (Bina Marga, 2005)

7. Hitung tebal lapis tambahan (*overlay*) terkoreksi (H_t)

Menentukan tebal lapis tambahan (*overlay*) terkoreksi (H_t) adalah dengan mengalikan nilai H_o dengan faktor koreksi (*overlay*). Untuk merencanakan tebal lapis tambahan (*overlay*) berdasarkan temperatur standar dalam satuan $^{\circ}\text{C}$ yaitu sebesar 35°C , Adapun untuk menentukan tebal lapis tambahan (*overlay*) terkoreksi (H_t) dapat dianalisis sesuai Persamaan 2.21 dan 2.22.

$$F_o = 0,5032 \times \text{EXP}^{(0,0194 \times \text{TPRT})} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

F_o = Faktor koreksi tebal perkerasan (*overlay*)

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

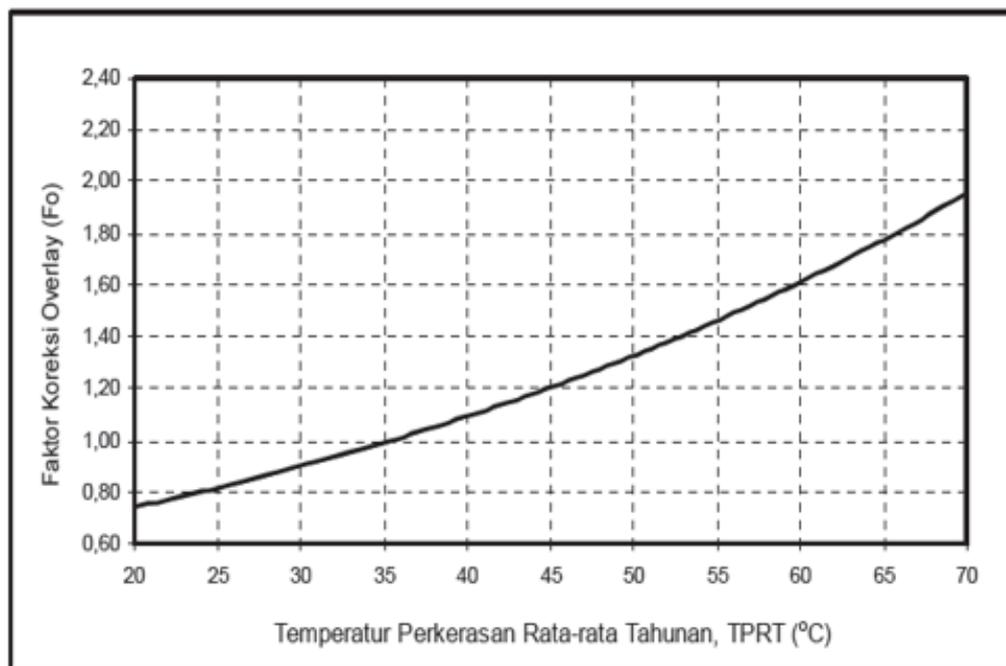
$$H_t = H_o \times F_o \dots\dots\dots (2.22)$$

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 2.12 Faktor koreksi *overlay* (F_o) temperatur rata-rata tahunan (TPRT)
(Bina Marga, 2005)

8. Jenis lapis tambah

Menurut Hardiyatmo (2015) jenis campuran aspal panas yang digunakan sebagai lapis tambah perkerasan di Indonesia sebagai berikut:

a. Lapis aspal beton (*Laston, Ac*)

Laston adalah suatu lapis permukaan yang tersusun dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston memiliki sifat kedap air, bernilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4 – 7 terhadap berat campuran, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang sampai berat.

b. Lapis tipis aspal beton (*Lataston, HRS*)

Lataston atau *Hot Rolled Sheets* (HRS) yang bergradasi senjang adalah campuran aspal dengan kadar aspal yang relatif tinggi dari pada jenis Laston, berguna agar perkerasan mempunyai fleksibilitas tinggi, awet dan tahan terhadap kelelahan. Ketiadaan ukuran agregat antara 2,36 mm dan ukuran 0,6 mm, menyebabkan campuran aspal yang diproduksi cenderung menjadi jenis aspal bergradasi relatif halus disertai kadar aspal

yang berlebihan sehingga campuran lebih tahan terhadap retak, tetapi mudah mengalami deformasi plastis yang berupa timbulnya alur (*rutting*) pada permukaan perkerasan, terutama akibat beban lalu lintas.

c. Laston Modifikasi

Laston Modifikasi adalah campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat/menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras yang dimodifikasi (seperti aspal polimer, aspal multigrade dan aspal keras yang dimodifikasi asbuton).

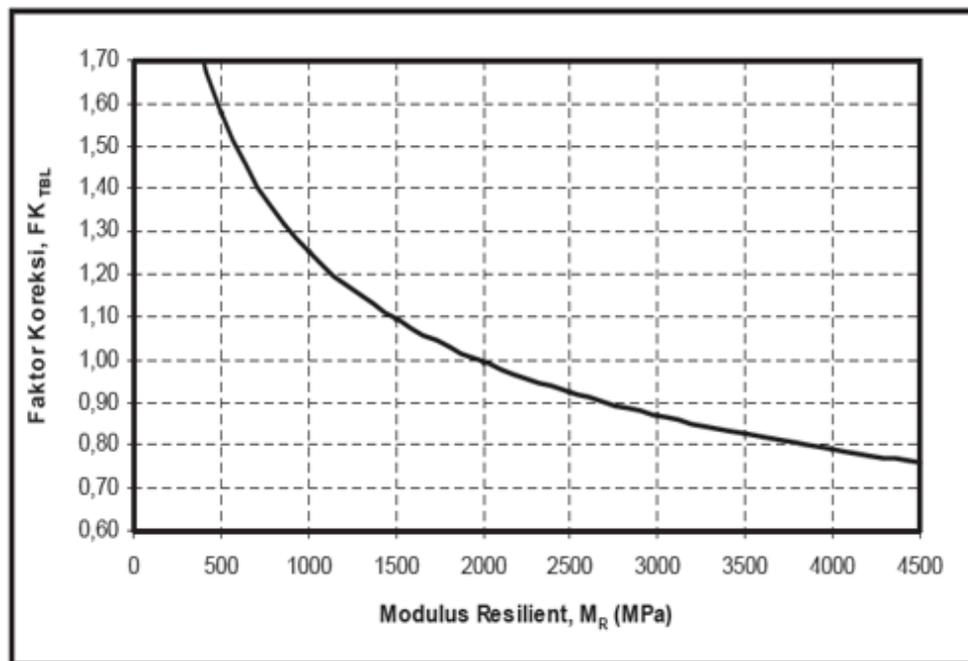
Pedoman Pd. T-05-2005-B ini digunakan untuk lapis tambah dengan campuran Laston, yaitu besaran nilai *modulus resilien* (MR) 2000 MPa dan *Stabilitas Marshall* minimum 800 kg. Pengujian UMATTA digunakan untuk mencari nilai modulus resilien (MR) atau bisa menggunakan dengan alat lain bertemperatur pengujian 25°C. Bilamana Laston Modifikasi dan Laston digunakan sebagai campuran beraspal guna lapis tambah atau campuran beraspal yang memiliki sifat yang berbeda (tergolong untuk Laston) dapat digunakan faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian (FK_{TBL}) berdasarkan Persamaan 2.23 atau Gambar 2.13 dan Tabel 2.20.

$$FK_{TBL} = 12,51 \times M_R^{(-0,333)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

FK_{TBL} = Faktor koreksi tebal lapis tambah penyesuaian

M_R = Modulus resilien (MPa)



Gambar 2.13 Faktor koreksi (FK_{TBL}) Modulus Resilien, M_R (Mpa) (Bina Marga, 2005)

Tabel 2.20 Penyesuaian faktor koreksi tebal lapis tambah (FK_{TBL}) (Bina Marga, 2005)

Tipe 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