

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi memiliki peranan penting dalam menentukan kelancaran proses pelaksanaan pembangunan pada suatu negara. Sayangnya masih banyak jalan di Indonesia yang tidak mampu melayani transportasi sebagaimana mestinya akibat sudah lewat umur rencana atau kurangnya perawatan jalan.

Ruas jalan **Namu Ukur – Batas Karo** merupakan salah satu jalur strategis di Sumatera Utara. Jalan yang termasuk dalam jalan provinsi ini menghubungkan dua kabupaten yaitu Kabupaten Karo dan Kabupaten Langkat. Dengan meningkatnya pertumbuhan kendaraan sebanyak 6% per tahun, mengakibatkan terjadinya kerusakan pada permukaan jalan dan struktur perkerasan. Adapun kondisi rata-rata perkerasan eksisting saat ini memiliki permukaan yang tidak lagi rata. Kondisi jalan yang tidak baik tentu saja menyebabkan melambatnya distribusi barang konsumsi, jasa, dan hasil pertanian juga yang pada akhirnya berdampak pada perekonomian masyarakat sekitar.

Adapun peta lokasi ruas jalan penelitian ini:



Gambar 1.1 Peta Lokasi

Sumber: Google Map

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- 1. Mengetahui hasil perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur menggunakan berbagai metode binamarga.**
- 2. Membandingkan dan mengidentifikasi persamaan dan perbedaan pada setiap peraturan yang telah dibuat Ditjen Binamarga.**
- 3. Menentukan Metode terbaik saat menentukan tebal lapis tambah.**

1.3 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

- 1 Hasil dari penelitian ini akan menjadi pengetahuan baru bagi peneliti yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan desain untuk jalan raya, apakah layak digunakan atau tidak.**

1.4 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah jalan Namu Ukur yang sudah tidak dapat lagi melayani sesuai desain awal. Salah satu

upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari kerusakan serius pada jalan adalah dengan penambahan tebal lapis tambah (*overlay*). Tujuan perencanaan tebal lapis tambah adalah mengembalikan kekuatan perkerasan sehingga mampu memberikan pelayanan yang optimal kepada pengguna jalan. Sehubungan dengan permasalahan diatas tentu diperlukan metode yang efektif dan efisien untuk merencanakan tebal lapis tambah agar diperoleh hasil yang baik.

Oleh sebab itu penulis tertarik untuk membahas perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*) perkerasan lentur pada ruas Jalan Namu Ukur dengan umur rencana 10 tahun. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini menggunakan beberapa metode Binamarga.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah adalah sebagai berikut:

- 1. Pembahasan hanya pada penentuan tebal *overlay* dengan metode Pd T-05-2005-B, pedoman desain perkerasan jalan lentur no 002-p-bm-2011 dan Manual Desain Perkerasan Jalan No 04/SE/Db/2017**
- 2. Ruas jalan yang diteliti adalah ruas jalan Namu Ukur – Batas Karo**

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan, Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

Bab III Metode Penelitian, bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dari teori yang ada.

Bab V Kesimpulan dan Saran, bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat. Perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu, konstruksi lentur (*Flexible Pavement*), konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), dan konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*).

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah yang dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Sementara untuk tebal lapis pada perkerasan jalan tergantung pada besar beban lalu lintas yang diterima jalan tersebut, karena itu dibutuhkan perhitungan tebal lapis perkerasan yang cermat dan didukung dengan pelaksanaan yang baik pula. (Silvia Sukirman, 1999)

2.2 Pengertian Jalan Raya

Jalan merupakan suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas.

Perkembangan kapasitas maupun kuantitas kendaraan yang menghubungkan antar wilayah dan terbatasnya sumber dana untuk pembangunan jalan raya serta belum optimalnya pengoperasian prasarana lalulintas yang ada, merupakan yang utama di Indonesia dan di banyak negara, terutama negara-negara yang sedang berkembang.

Untuk menghubungkan ruas jalan baru maupun peningkatan yang diperlukan sehubungan dengan penambahan kapasitas jalan raya. Tentu akan memerlukan metode efektif dalam perancangan maupun dalam perencanaan agar diperoleh hasil yang terbaik dan ekonomis, tetapi memenuhi unsur

keselamatan pengguna jalan dan tidak mengganggu ekosistem. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

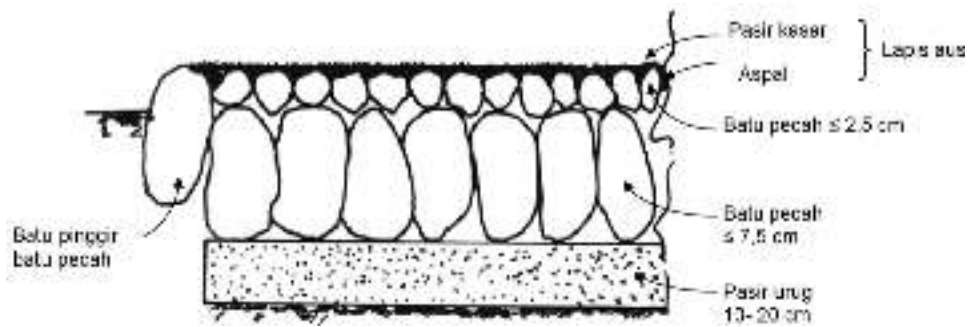
2.3 Sejarah Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan dimulai bersamaan dengan sejarah manusia sendiri yang berusaha mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Pada awalnya jalan hanyalah berupa jejak manusia yang mencari kebutuhan hidup ataupun sumber air. Setelah manusia mulai hidup berkelompok, jejak-jejak itu berubah menjadi jalan setapak. Dengan mulai dipergunakannya hewan-hewan sebagai alat transportasi, jalan mulai dibuat rata. Jalan yang diperkeras pertama kali ditemukan di Mesopotamia berkaitan dengan ditemukannya roda sekitar 3500 tahun sebelum masehi.

Konstruksi perkerasan jalan berkembang pesat pada zaman keemasan Romawi. Pada saat itulah telah dimulai pembangunan jalan yang terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan. Perkembangan konstruksi perkerasan jalan seakan terhenti dengan mundurnya kekuasaan Romawi sampai awal abad ke-18. Dan

pada saat itu beberapa ahli dari Perancis, Skotlandia menemukan sistem konstruksi perkerasan jalan yang sebagian sampai saat ini masih umum digunakan di Indonesia maupun di negara-negara lain di dunia.

John Louden Macadam (1756-1836), orang Skotlandia memperkenalkan konstruksi perkerasan yang terdiri dari batu pecah atau batu kali, dengan pori-pori atasnya ditutup dengan batu yang lebih halus dan jenis ini dinamakan Perkerasan Macadam. Untuk lapisan kedap air, maka di atas lapisan macadam diberi lapisan aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan ditaburi pasir kasar.



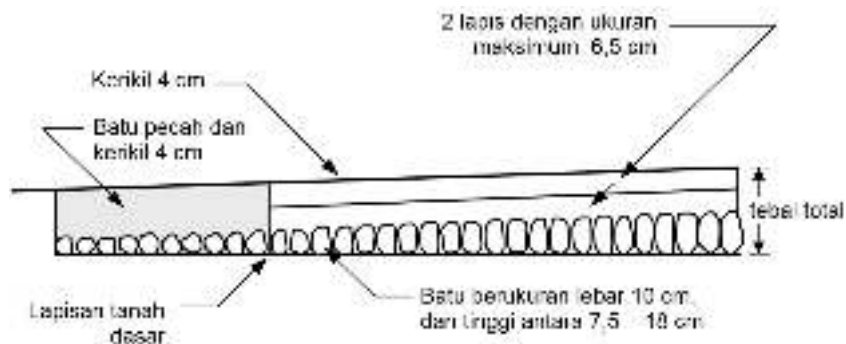
Gambar 2.1 Perkerasan Macadam

Sumber: Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999

Pierre Marie Jerome Tresagurt (1716-1796) dari Prancis mengembangkan sistem lapisan batu pecah yang dilengkapi dengan drainase, kemiringan melintang serta mulai menggunakan pondasi dengan batu.

Thomas Telford (1757-1834) dari Skotlandia membangun jalan mirip dengan yang telah dilaksanakan Tresaguet. Konstruksi perkerasannya terdiri dari batu pecah berukuran 15/20 sampai 25/30 yang disusun tegak. Batu-batu kecil diletakkan di atasnya untuk menutup pori-pori yang ada dan memberikan permukaan yang rata. Dan sistem ini terkenal dengan sistem Telford.

Pada umumnya jalan-jalan di Indonesia yang ada dibuat pada jaman dulu sebagian besar merupakan sistem jalan Telford, walaupun di atasnya telah dibuat lapisan aus dengan pengikat aspal. (Sukirman S, 1999)



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Telford

Sumber: Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999

2.4 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan UU no. 38 tahun 2004, jalan dikelompokkan menjadi:

2.4.1 Pengelompokan Jalan Menurut Sistem

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan dan menghubungkan antarpusat kegiatan nasional.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.4.2 Pengelompokan Jalan Menurut Fungsi

1. Jalan Arteri

Jalan Arteri adalah jalan yang melayani pengangkutan utama, ciri-ciri:

- a. Perjalanan jarak jauh.**
- b. Kecepatan rata-rata tinggi.**
- c. Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien dengan memperhatikan kapasitas jalan masuk.**

2. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian, dengan ciri-ciri:

- a. Perjalanan sedang.**
- b. Kecepatan rata-rata sedang.**
- c. Jumlah jalan masuk dibatasi.**

3. Jalan Lokal

Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan lokal, dengan ciri-ciri:

- a. Perjalanan jarak dekat.**
- b. Kecepatan rata-rata rendah.**
- c. Jumlah jalan m**
- d. asuk tidak dibatasi.**

4. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah jalan yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri:

- a. Perjalan jarak pendek.**
- b. Kecepatan rendah.**

2.4.3 Pengelompokan Jalan Menurut Statusnya

1. Jalan Nasional

- a. Jalan umum dengan fungsi Arteri Primer.**
- b. Menghubungkan antar Provinsi.**
- c. Jalan yang bersifat strategi Nasional.**

2. Jalan Provinsi

- a. Jalan umum dengan fungsi kolektor primer.**
- b. Menghubungkan Ibukota Provinsi dengan Ibukota Kabupaten atau Kota.**
- c. Jalan yang bersifat strategi Regional.**

3. Jalan Kabupaten

- a. Jalan umum dengan fungsi kolektor primer.**
- b. Menghubungkan Ibukota Kabupaten dengan Ibukota Kecamatan.**
- c. Jalan strategis local di daerah Kabupaten.**
- d. Jaringan jalan sekunder diluar daerah perkotaan.**

4. Jalan Kota

- a. Jalan umum dalam system sekunder.**
- b. Menghubungkan antar pusat kegiatan lokal dalam kota.**
- c. Berada di pusat perkotaan.**

5. Jalan Desa

- a. Jalan umum dalam sistem tersier.
- b. Menghubungkan kawasan di dalam desa dan antar pemukiman.

2.4.4 Pengelompokan Jalan Menurut Kelas Jalan

Pembagian kelas jalan didasarkan pada:

1. Fungsi jalan.

Kemampuan menerima muatan rencana sumbu terberat, baik konfigurasi rencana sumbu kendaraan atau sesuai dengan ketentuan teknologi alat transportasi.

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST). Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST)
Arteri	I	> 10 T
	IIA	10 T
	IIIA	8 T
Kolektor	IIIA	8 T
	IIIB	-

Sumber : Pasal 11, Peraturan Pemerintah No. 43/1993

2.5 Konstruksi Perkerasan Jalan

2.5.1 Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

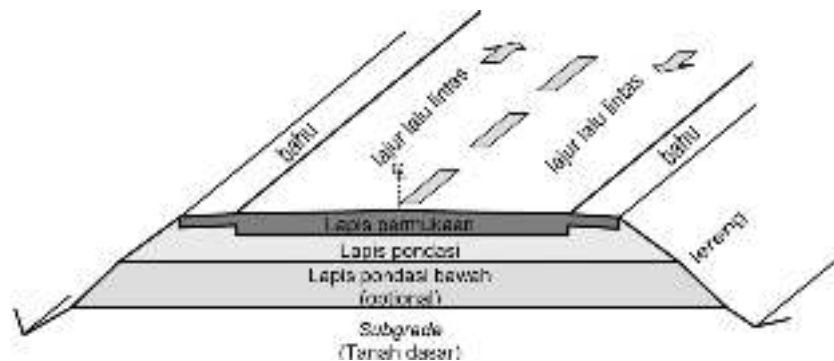
Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2.5.2 Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Bahan lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

2.6 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebabkan beban lalu lintas tanah dasar. Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan, dimana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya, meneruskan dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan dibawahnya. Jadi semakin ke lapisan struktur bawah, beban yang ditahan semakin kecil. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum dari karakteristik diatas, lapisan bahan biasanya disusun secara menurun berdasarkan daya dukung terhadap beban di atasnya. Lapisan paling atas adalah material dengan daya dukung terhadap beban paling besar dan semakin kebawah adalah lapisan dengan daya dukung terhadap beban semakin kecil dan semakin murah harganya. Pada gambar 2.3 bisa dilihat lapisan dari perkerasan letur, dimana dalam kegiatan *overlay* hanya menambah lapis permukaan.



Gambar 2.3 Susunan Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber: Silvia Sukirman, Perkerasan lentur Jalan Raya, 1999

Menurut Silvia Sukirman (1999) perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapis permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base*), lapis pondasi bawah (*subbase*) dan lapis dan lapis tanah dasar (*subgrade*).

1. Lapis Permukaan (*surface*)

Lapis permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas, fungsi dari lapisan permukaan adalah sebagai berikut:

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan ini memiliki stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang berada di bawahnya.

2. Lapisan Pondasi Atas (*base*)

Fungsi dari lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut:

- a. Merupakan bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan

3. Lapis Pondasi Bawah (*subbase*)

Merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material, material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal
- d. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi

- e. Lapis pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat besar
- f. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar untuk naik ke atas.

4. Lapis Tanah Dasar (*subgrade*)

Merupakan lapisan dimana akan diletakkan lapis pondasi bawah (*subbase*). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang di datangkan dari tempat lain dan di padatkan atau tanah yang di stabilisasi dengan bahan kimia atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah galian
- b. Lapisan tanah timbunan
- c. Lapisan tanah asli

Sebelum diletakkan lapisan-lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume. Hal ini dikarenakan kekuatan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar.

2.7 Tebal Lapis Tambah (*overlay*)

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. Tebal lapis tambah (*overlay*) dibutuhkan apabila konstruksi perkerasan yang ada tidak dapat lagi memikul beban lalu lintas yang beroperasi baik karena

penurunan kemampuan struktural atau karena mutu lapisan perkerasan yang sudah jelek. Tebal Lapis tambah juga dibutuhkan apabila perkerasan harus diperkuat untuk memikul beban yang lebih berat atau pengulangan beban yang lebih banyak dari yang diperhitungkan dalam perencanaan awal.

Salah satu jenis lapis tambah yang sering digunakan di Indonesia adalah laston (lapis aspal beton). Menurut Bina Marga (2017), laston adalah campuran beraspal dengan gradasi agregat gabungan yang rapat atau menerus dengan menggunakan bahan pengikat aspal keras tanpa dimodifikasi.

Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston Lapis Aus AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Coarse*), Laston Lapis Pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Coarse*) dan Laston Lapis Pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete Base*).

1. Laston Lapis Aus AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

2. Laston Lapis Pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Coarse*)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade*.

3. Laston Lapis Pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete Base*)

Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (AC-BC), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban

lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. *AC-Base* merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis Pondasi (*AC-Base*) mempunyai fungsi memberi dukungan lapis permukaan berupa mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*Sub Grade*).

2.8 Metode Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.8.1 Pendahuluan

Penanganan *overlay* seringkali dimaksudkan juga untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan perbaikan lain pada permukaan jalan yang sifatnya non struktural.

Terdapat 3 (tiga) pedoman yang dapat digunakan desain *overlay*, yaitu:

- a. Pendekatan berdasarkan lendutan yang terdapat dalam Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd. T-05-2005).
- b. Pendekatan berdasarkan AASHTO 1993 yang diuraikan pada Pedoman Perencanaan Lentur (Pt T-01-2002-B).
- c. Pendekatan berdasarkan lendutan (modifikasi dari Pd. T-05-2005) dalam Pedoman Desain Perkerasan Lentur (Interim) No.002/P/BM/2011.

Manual ini mempertajam pendekatan dalam Pedoman Interim NO.002/P/BM/2011 dan perangkat lunaknya karena selain lendutan maksimum, manual ini menggunakan pula analisis kurva atau lengkungan lendutan. Input data lendutan FWD atau *Benkelman Beam* yang dimodifikasi diperlukan untuk analisis kurva tersebut.

Pendekatan dalam penentuan *overlay* secara umum meliputi dua kriteria, yaitu:

- a. Deformasi permanen menggunakan lendutan maksimum

b. Retak leleh menggunakan lengkungan lendutan.

Jika diperlukan *overlay*, untuk perkerasan dengan beban lalu lintas rencana ≥ 100.000 ESA4 diperlukan pemeriksaan kinerja fatigure pada lapisan *overlay*. Pada jalan dengan lalu lintas rendah (<100.00 ESA4) dan perkerasan dengan HRS, retak leleh lapisan aspal bukan merupakan model kerusakan yang umum. Oleh sebab itu, untuk perkerasan dengan lalu lintas rendah dan perkerasan HRS, tidak dilakukan pemeriksaan kinerja fatigure.

Pendekatan berdasarkan lendutan maksimum (D_0) untuk menentukan ketebalan *overlay* digunakan pada Pedoman Interim No.002/P/BM/2011 dan metode desain *overlay Austroads*. Lendutan maksimum (D_0) digunakan untuk menentukan tebal *overlay* untuk mencegah terjadinya alur dan perubahan bentuk permanen pada subbase dan tanah dasar. Grafik desain berdasarkan lendutan maksimum ditunjukkan pada gambar 2.4

Desain berdasarkan lendutan maksimum (D_0) tidak dapat digunakan untuk menilai apakah lapis tambah berpotensi mengalami retak leleh (*fatigure cracking*). Untuk mengakomodasi retak leleh berlaku ketentuan tambahan berupa batasan nilai bentuk mangkuk lendutan (*deflection bowl*) atau lengkung lendutan (*deflection curvature, $D_0 - D_{200}$*) yang harus diperiksa untuk memastikan bahwa lapis *overlay* mampu menahan retak leleh.

Perkiraan kinerja berdasarkan retak leleh dihitung menggunakan Lengkung Lendutan Karakteristik ($D_0 - D_{200}$). Bagian desain untuk menghitung ketebalan *overlay* berdasarkan nilai lengkung lendutan dan rentang beban lalu lintas untuk kondisi iklim tropis ditunjukkan pada Gambar 2.6.

2.8.2 Prosedur Desain *Overlay*

Terdapat tiga prosedur tebal *overlay* berdasarkan beban lalu lintas.

a. Lalu Lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4

Retak leleh bukan merupakan kerusakan yang umum terjadi pada jalan dengan lalu lintas ringan dan perkerasan dengan HRS. Berdasarkan pertimbangan itu, desain jalan dengan beban lalu lintas rencana lebih kecil dari 100.000 ESA4 dan perkerasan dengan HRS kinerja fatigure *overlay*

tidak diperlukan. Desain tebal overlay cukup dengan pendekatan lendutan maksimum (D_0).

b. Lalu Lintas lebih besar dari 100.000 ESA4

Pada jalan dengan lalu lintas lebih besar dari 100.000 ESA4 terdapat potensi retak leleh lapisan aspal. Dengan demikian, kriteria deformasi permanen (pendekatan lendutan maksimum D_0) dan kriteria retak leleh (pendekatan lengkung lendutan, $D_0 - D_{200}$) harus diperhitungkan.

c. Lalu Lintas lebih besar 10×10^6 ESA4 atau 20×10^6 ESA5

Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas lebih besar daripada 10×10^6 ESA4 atau lebih besar daripada 20×10^6 ESA5 harus digunakan prosedur mekanistik empiris atau metode metode Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993.

Pada prosedur mekanistik empiris, data lendutan permukaan dan tebal perkerasan eksisting digunakan untuk perhitungan-balik (*back calculation*) nilai modulus lapisan perkerasan. Selanjutnya nilai modulus ini digunakan untuk menentukan solusi desain rekonstruksi atau *overlay* dengan program analisis perkerasan *multi-layer*.

Pada prosedur pelapisan tambah perkerasan lentur berdasarkan lendutan permukaan AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002-B temperatur standar untuk lendutan maksimum (D_0) yang digunakan adalah 68^0 F atau 20^0 C. Dengan demikian, lendutan maksimum pada temperatur saat pengukuran harus distandarkan ke temperatur 20^0 C.

d. Faktor pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel 2.2 dapat digunakan.

Tabel 2.2 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan	4,80	4,83	5,14	4,75

perkotaan				
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif:

$$\text{.....}1$$

- Dimana :
- R** = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
 - I** = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
 - UR** = umur rencana (tahun)

e. Lalu lintas pada umur rencana

Laju rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada suatu arah tertentu.

Faktor disitribusi lajur yang ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada jalur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80

3	60
4	50

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

f. Faktor ekivalen beban (VDF)

Tabel 2.5 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut perlu diperbaharui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun.

Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut tabel 2.6

Tabel 2.4 Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga

Jenis Kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6A	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50
6B	4.50	7.40	3.40	4.60	5.30	9.20	4.00	5.10	4.80	8.50	3.40	4.70	4.90	9.00	2.90	4.00	3.00	4.00	2.50	3.00
7A1	10.10	18.40	5.40	7.40	8.20	14.40	4.70	6.40	9.90	18.30	4.10	5.30	7.20	11.40	4.90	6.70	-	-	-	-
7A2	10.50	20.00	4.30	5.60	10.20	19.00	4.30	5.60	9.60	17.70	4.20	5.40	9.40	19.10	3.80	4.80	4.90	9.70	3.90	6.00
7B1	-	-	-	-	11.80	18.20	9.40	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13.70	21.80	12.60	17.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15.90	29.50	7.00	9.60	11.00	19.80	7.40	9.70	11.70	20.40	7.00	10.20	13.20	25.50	6.50	8.80	14.00	11.90	10.20	8.00
7C2A	19.80	39.00	6.10	8.10	17.70	33.00	7.60	10.20	8.20	14.70	4.00	5.20	20.20	42.00	6.60	8.50	-	-	-	-
7C2B	20.70	42.80	6.10	8.00	13.40	24.20	6.50	8.50	-	-	-	-	17.00	28.80	9.30	13.50	-	-	-	-
7C3	24.50	51.70	6.40	8.00	18.10	34.40	6.10	7.70	13.50	22.90	9.80	15.00	38.70	59.60	6.90	8.80	-	-	-	-

Sumber: Manual Pekerjaan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.5 Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan Yang Diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal (%)		Faktor Ekvivalen Beban (VDF) (ESA/Kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor kecuali Sepeda Motor	VDF4 Pangkat 4	VDF4 Pangkat 5
1	1	Sepeda Motor	1.1		2	30.40			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan/Angkot/Pickup/Station Wagon	1.1		2	51.70	74.30		
5a	5a	Bus Kecil	1.2		2	3.50	5.00	0.30	0.20
5b	5b	Bus Besar	1.2		2	0.10	0.20	1.00	1.00
6a.1	6.1	Truk 2 Sumbu - Cargo Ringan	1.1	Muatan Umu	2	4.60	6.60	0.30	0.20
6a.2	6.2	Truk 2 Sumbu - Ringan	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			0.80	0.80
6b1.1	7.1	Truk 2 Sumbu - Cargo Sedang	1.2	Muatan Umu	2			0.70	0.70
6b1.2	7.2	Truk 2 Sumbu - Sedang	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2			1.60	1.70
6b2.1	8.1	Truk 2 Sumbu - Berat	1.2	Muatan Umu	2			0.90	0.80
6b2.2	8.2	Truk 2 Sumbu - Berat	1.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	2	3.80	5.50	7.30	11.20
7a1	9.1	Truk 3 Sumbu - Ringan	1.2.2	Muatan Umu	3			7.60	11.20
7a2	9.2	Truk 3 Sumbu - Sedang	1.2.2	Tanah, Pasir, Besi, Semen	3	3.90	5.60	28.10	64.40
7a3	9.3	Truk 3 Sumbu - Berat	1.1.2		3	0.10	0.10	28.90	62.20
7b	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer Penarik 2 Sumbu	1.2-2.2		4	0.50	0.70	36.90	90.40
7c1	11	Truk 4 Sumbu - Trailer	1.2-2.2		4	0.30	0.50	13.60	24.00
7c2.1	12	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2		5	0.70	1.00	19.00	33.20
7c2.2	13	Truk 5 Sumbu - Trailer	1.2-2.2.2		5			30.30	69.70
7c3	14	Truk 6 Sumbu - Trailer	1.2.2-2.2.2		6	0.30	0.50	41.60	93.70

Sumber: Manual Pekerjaan Jalan No. 04/SE/Db/2017

g. Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA = \Sigma LHR \times VDF \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

- ESA = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen
- LHR = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga
- VDF = Faktor ekivalen beban
- DD = Faktor distribusi arah
- DL = Faktor distribusi lajur
- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.8.3 Tebal *Overlay* Non-Struktural

Lapisan *overlay* harus lebih besar atau sama dengan tebal minimum. Permukaan yang tidak rata memerlukan lapis aspal yang lebih tebal untuk mencapai level kerataan yang dikehendaki. Idealnya, permukaan yang sangat kasar dikoreksi dengan pelaksanaan dalam dua lapisan, dan tidak mengandalkan satu lapisan untuk mencapai IRI yang diharapkan. Pengupasan (*milling*) perlu dipertimbangkan untuk memperbaiki ketidakrataan permukaan.

Apabila *overlay* didesain hanya untuk memperbaiki kerataan saja (non-struktural), gunakan tebal *overlay* dari tabel 2.7

Tabel 2.6 Tebal *overlay* untuk menurunkan IRI (non-struktural)

IRI rata-rata	Tebal <i>overlay</i> minimum non-
4	40
5	45
6	50
7	55
8	60

Sumber: Manual Pekerjaan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.8.4 Tebal *Overlay* berdasarkan Lentutan Maksimum

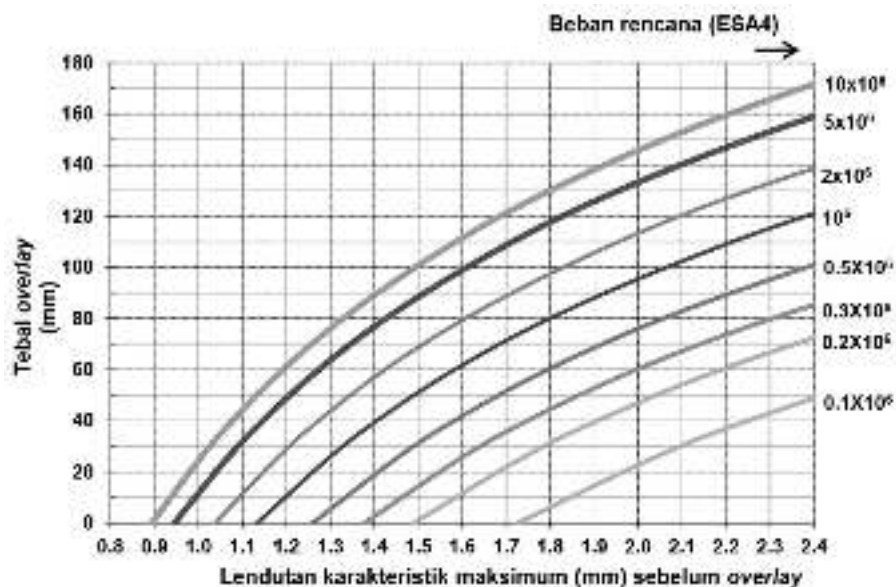
Bagan desain Gambar 2.4 digunakan untuk menentukan kebutuhan *overlay* untuk mengantisipasi deformasi permanen. Desain

berdasarkan Gambar 2.4 menghasilkan desain dengan biaya lebih rendah daripada desain menggunakan Pd T-05-2005 yang telah dimodifikasi menjadi pedoman interim No.002/P/BM/2011 dan perangkat-lunaknya SDPJL.

Untuk lalu lintas dengan beban >100.000 ESA4, desain tebal menggunakan Gambar 2.4 tersebut harus digunakan bersamaan dengan Gambar 2.6.a. dan Gambar 2.6.b. untuk mengantisipasi retak leleh. Dalam penggunaannya dibutuhkan justifikasi teknis, jika tidak ada indikasi potensi kegagalan tanah dasar, solusi berdasarkan lengkung lendutan sudah cukup memadai.

Untuk menentukan tebal *overlay* berdasarkan lendutan balik maksimum (yang diukur dengan alat *Benkelman Beam*). Hitung dan masukkan nilai lendutan karakteristik dan beban lalu lintas desain (ESA4) pada Gambar 2.4, serta dapatkan tebal *overlay* pada sumbu vertikal. Apabila pengukuran lendutan dilakukan dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)*, gunakan faktor penyesuaian lendutan.

Bagan desain Gambar 2.4 berlaku untuk beban rencana sampai dengan 10×10^6 ESA4.



Gambar 2.4 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Balik BB untuk WMAPT

410C

2.8.5 Tebal *Overlay* berdasarkan Lengkung Lentutan

Lengkung lentutan digunakan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 100.000 ESA4. Apabila hasil pengujian lentutan menunjukkan bahwa hanya diperlukan lapis HRS yang tipis, maka pengecekan persyaratan lengkungan lentutan tidak diperlukan karena ketahanan terhadap fatigue lapis HRS-WC cukup tinggi.

Langkah–langkah penentuan *overlay* berdasarkan lengkung lentutan adalah sebagai berikut:

- a. Gunakan alat FWD, atau apabila menggunakan alat BB (*Benkelman Beam*), lakukan pengukuran mengikuti prosedur yang disetujui untuk mengukur lengkung lentutan.
- b. Tentukan nilai rata–rata lengkung lentutan sebelum *overlay* sebagai nilai lengkung lentutan yang mewakili atau nilai karakteristik.
- c. Jika menggunakan data BB, koreksi nilai lengkung lentutan yang diperoleh dengan faktor penyesuaian lengkung lentutan BB ke FWD dengan mengalikan nilai lengkung lentutan yang diperoleh dari langkah-b di atas dengan faktor penyesuaian.
- d. Tentukan tebal *overlay* yang dibutuhkan sesuai ketentuan dalam prosedur desain *overlay*.

Lengkung lentutan dinyatakan pada titik belok lengkungan atau CF (*curvature function*) berdasarkan bentuk lengkung lentutan sebagai berikut:

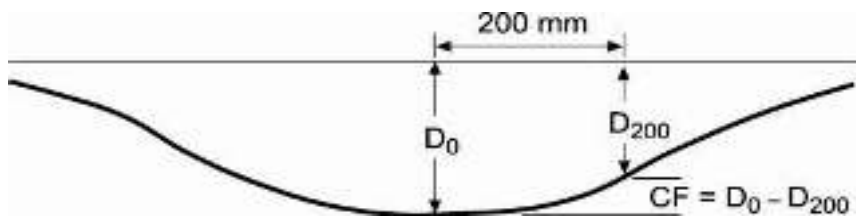
$$CF = D0 - D200$$

dengan:

D0 = Lentutan maksimum pada suatu titik uji (mm)

D200= Lentutan yang terjadi pada titik yang berjarak 200 mm dari titik tersebut (mm)

Gambar 2.5 menunjukkan skema dimensi fungsi lengkung lentutan (*curvature function* atau titik belok)

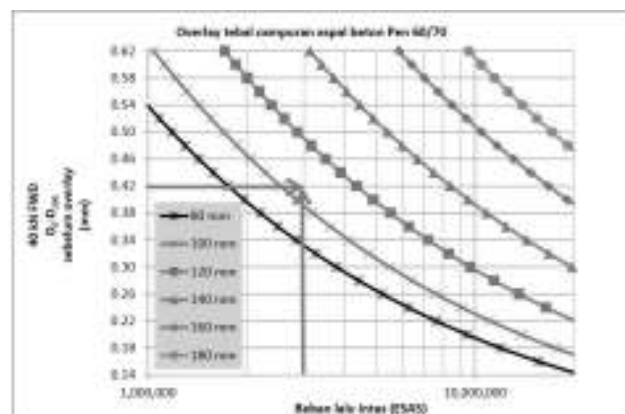
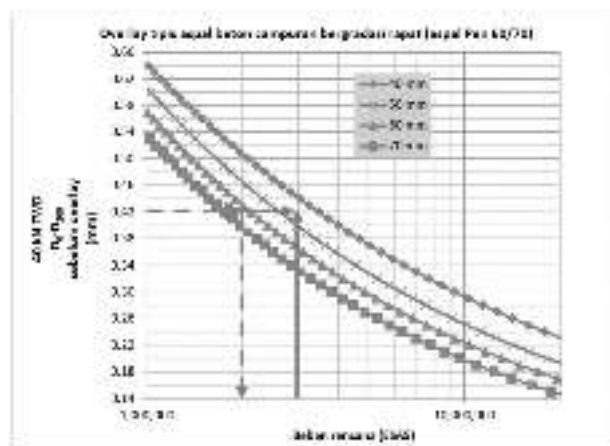


Gambar 2.5 Fungsi Lengkung Lentutan

Sumber: Manual Pakerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

a. Grafik desain lengkung lendutan pada WMAPT 41⁰ C

Tebal *overlay* berdasarkan lengkung lendutan dapat ditentukan berdasarkan *overlay* tipis atau *overlay* tebal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.



(a) *overlay* tipis

(b) *overlay* tebal

Gambar 2.6 Tebal overlay aspal konvensional untuk mencegah retak lelah akibat pada MAPT > 350C

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.8.6 Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan terhadap Musim

Besar lendutan permukaan perkerasan aspal dipengaruhi oleh jenis tanah dan kelembaban tanah dasar. Selain dari ketinggian muka air tanah, kelembaban tanah dasar dipengaruhi oleh iklim. Atas pertimbangan tersebut maka pengukuran sebaiknya dilakukan pada waktu perkerasan dalam keadaan terlemah yaitu pada musim penghujan.

Apabila suvei lendutan dilaksanakan pada musim kemarau maka nilai lendutan harus dikoreksi. Faktor koreksi terhadap musim adalah angka perbandingan antara lendutan maksimum pada musim penghujan dan lendutan pada musim kemarau:

Faktor koreksi musim kemarau = 1,2

Faktor koreksi musim penghujan = 1,0*

*Berlaku untuk pengujian lendutan pada musim penghujan atau jika muka air tanah lebih dalam dari 3 m di bawah level tanah dasar.

2.8.7 Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan terhadap Temperatur

Pengujian

Untuk overlay diatas perkerasan berbutir, hasil pengukuran lendutan perlu dikoreksi. Hal ini dikarenakan temperatur perkerasan mempengaruhi kekakuan dan kinerja perkerasan beraspal dalam merespon beban. Apabila temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan pada kondisi pelayanan berbeda secara signifikan, lengkung lendutan yang diukur tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas. Untuk itu, diperlukan faktor koreksi temperatur.

Temperatur perkerasan harian pada suatu lokasi dipengaruhi oleh temperatur perkerasan tahunan rata-rata (*Weighted Mean Annual*

Pavement Temperatur = WMAPT). Temperatur perkerasan rata-rata tahunan dapat diperkirakan berdasarkan temperatur rata-rata tahunan (*Weighted Mean Annual Air Temperatur, WMAAT*). Secara umum, temperatur perkerasan tahunan rata-rata di Indonesia adalah 42⁰C pada daerah pesisir dan 38⁰C pada daerah pegunungan. Temperatur perkerasan rata-rata 41⁰C digunakan sebagai acuan dalam manual ini.

Faktor koreksi temperatur untuk pengukuran lendutan dihitung mengikuti prosedur berikut:

Langkah 1: Tentukan faktor koreksi temperatur, *f_T*, sebagai berikut:

Langkah 2:

Tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Tabel 2.8 dan Tabel 2.9. Untuk pengujian menggunakan FWD atau Tabel 2.10 dan 2.11 apabila pengujian lendutan menggunakan Benkelman Beam. Pengujian lendutan perkerasan dengan tebal permukaan beraspal kurang dari 25 mm tidak memerlukan faktor koreksi temperatur.

Tabel 2.7 Faktor koreksi temperatur lendutan (D0) untuk FWD

	Tebal Aspal Eksisiting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,93	0,87	0,81	0,75	0,69	0,59
0,60	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,68
0,70	0,96	0,94	0,90	0,87	0,83	0,77
0,80	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,85
0,90	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
1,20	1,01	1,02	1,04	1,05	1,08	1,10
1,30	1,02	1,04	1,05	1,08	1,12	1,15
1,40	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,19
1,50	1,02	1,05	1,09	1,12	1,18	1,22
1,60	1,03	1,06	1,10	1,14	1,21	1,25
1,70	1,03	1,07	1,12	1,16	1,23	1,27
1,80	1,04	1,09	1,13	1,18	1,25	1,28

Sumber: Manual Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.8 Faktor koreksi temperatur Lengkung lendutan (D0-D200) untuk FWD

	Tebal Aspal Eksisiting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,91	0,76	0,63	0,54	0,41	0,31
0,60	0,93	0,81	0,71	0,64	0,53	0,46
0,70	0,95	0,86	0,78	0,73	0,65	0,60
0,80	0,97	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73
0,90	0,98	0,95	0,92	0,91	0,88	0,86
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,06	1,10	1,14	1,18	1,23
1,20	1,02	1,06	1,10	1,10	1,14	1,23
1,30	1,03	1,10	1,15	1,20	1,27	1,35
1,40	1,04	1,13	1,20	1,26	1,36	1,46
1,50	1,05	1,15	1,24	1,32	1,44	1,57
1,60	1,05	1,15	1,24	1,32	1,44	1,57
1,70	1,06	1,15	1,28	1,37	1,52	1,67
1,80	1,06	1,18	1,32	1,41	1,59	1,77

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.9 Faktor koreksi temperatur Lengkung lendutan (D0) untuk BB

	Tebal Aspal Eksisiting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,94	0,90	0,84	0,78	0,74	0,58
0,60	0,95	0,92	0,86	0,81	0,77	0,62
0,70	0,96	0,94	0,89	0,85	0,81	0,69
0,80	0,97	0,96	0,92	0,90	0,87	0,78
0,90	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,88
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,03	1,03	1,05	1,08
1,20	1,02	1,02	1,05	1,07	1,10	1,16
1,30	1,03	1,04	1,06	1,10	1,14	1,24
1,40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,18	1,31
1,50	1,04	1,06	1,09	1,14	1,21	1,37
1,60	1,04	1,07	1,11	1,16	1,25	1,42
1,70	1,04	1,08	1,12	1,20	1,30	1,50
1,80	1,04	1,09	1,13	1,22	1,35	1,55

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Tabel 2.10 Faktor koreksi temperatur Lengkung lendutan (D0-D200) untuk BB

	Tebal Aspal Eksisiting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,93	0,81	0,72	0,54	0,48	0,43
0,60	0,95	0,85	0,77	0,64	0,53	0,48
0,70	0,96	0,89	0,83	0,73	0,61	0,57
0,80	0,98	0,92	0,88	0,81	0,72	0,69
0,90	0,99	0,96	0,93	0,89	0,84	0,83
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,02	1,03	1,04	1,09	1,11
1,20	1,02	1,04	1,07	1,11	1,20	1,24
1,30	1,03	1,07	1,11	1,18	1,31	1,36
1,40	1,04	1,09	1,14	1,24	1,41	1,46
1,50	1,05	1,11	1,17	1,29	1,49	1,56
1,60	1,06	1,13	1,20	1,35	1,57	1,64
1,70	1,07	1,14	1,23	1,39	1,64	1,71
1,80	1,07	1,16	1,25	1,44	1,70	1,78

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.8.8 Penyesuaian Nilai Lendutan dan Lengkung Lendutan

Lendutan dan lengkung lendutan yang diuji menggunakan *Benkelman Beam* dan FWD akan menghasilkan nilai yang berbeda, oleh karena itu diperlukan penyesuaian atau standarisasi hasil pengukuran.

Bagan desain *overlay* dengan kriteria kelelahan (*fatigure*) perkerasan aspal didasarkan pada lengkung lendutan FWD. Oleh sebab itu, apabila pengukuran dilakukan dengan BB maka nilai yang diperoleh harus dikonversi ke nilai setara FWD dengan mengalikan nilai tersebut dengan Faktor Standarisasi. Faktor tersebut bervariasi sesuai komposisi perkerasan dan kekuatan tanah dasar. Faktor yang paling akurat adalah yang diperoleh dari pengukuran lapangan yang disejajarkan. Namun demikian untuk memudahkan, asumsi awal faktor penyesuaian yang disajikan pada Tabel 2.11 dapat digunakan.

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Lengkung Lendutan (D0 – D200) BB ke FWD

Tebal	Fakto	Tebal Aspal	Fakto
0	1	160	0,69
20	0,95	180	0,67
40	0,91	200	0,65
60	0,86	220	0,63
80	0,82	240	0,61
100	0,79	260	0,6
120	0,75	280	0,59
140	0,72	300	0,59

Sumber: Manual Pengerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Bagan desain overlay untuk kriteria lendutan maksimum adalah berdasarkan lendutan yang diukur dengan Benkelman Beam. Apabila data lendutan diperoleh dari FWD maka data yang diperoleh harus dikonversi ke data lendutan Benkelman Beam dengan mengalikan nilai yang diperoleh dengan faktor penyesuaian seperti ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Lendutan (D0) FWD ke BB

Tebal Aspal Eksisting (mm)	Fakto r	Tebal Aspal Eksisting (mm)	Fakto r
0	1,00	160	1,26
20	1,12	180	1,28
40	1,14	200	1,29
60	1,16	220	1,31
80	1,18	240	1,33
100	1,20	260	1,34
120	1,22	280	1,35
140	1,24	300	1,36

Sumber: Manual Pengerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

2.8.9 Lengkung Lendutan Karakteristik (*Characteristic Curvature*)

Untuk tujuan evaluasi desain *overlay* pada perkerasan lentur, Lengkung Lendutan Karakteristik harus digunakan untuk lalu lintas lebih besar dari 1×10^5 ESA5. Nilai ini ditentukan sesudah dilakukan koreksi terhadap musim, temperatur dan standarisasi terhadap masing-masing pengukuran.

2.8.10 *Overlay* Menggunakan Aspal Modifikasi

Aspal Modifikasi, khususnya aspal modifikasi SBS dapat memeperpanjang umur *fatigure* dari *overlay* aspal tipis sampai 3 kali lipat (lihat table 2.13)

Tabel 2.13 Umur Lelah (*fatigure*) Aspal Modofikasi

Deskripsi Bahan Pengikat Aspal Modifikasi	Penyesuaian Modulus Relatif terhadap Aspal Pen. 60/70	Faktor Penyesuaian Fatigure (Pendekatan Toleransi Fatigure Untuk Campuran Beraspal vs Aspal Standar)
Modifikasi Asbuton Menjadi Pen 40	1,35	1,00
6% SBS	0,70	3,00
5% SBS	0,75	2,50
3% SBS	0,80	1,50
Multi Grade	1,00	1,00
5% EVA	1,50	1,00
6% EVA	1,50	1,00

Sumber: Manual Pekerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017

Jika digunakan aspal modifikasi maka masa layanan dikalikan dengan factor yang terdapat dalam table 2.14 Jika diperoleh masa layanan yang sama atau lebih besar daripada umur rencana maka solusi *overlay* tipis dapat diambil sebagai solusi desain. Jika sumber daya untuk aspal modifikasi tersedia dan biaya penggunaanya lebih murah maka aspal modifikasi dapat digunakan.

2.9 Pedoman Desain Pejerasan Jalan Lentur No 002-p-bm-2011

Secara umum terdapat 2 macam *overlay* yaitu : *overlay* untuk perkuatan dan *overlay* berupa “*spot levelling*” atau perataan setempat. Perataan setempat ini dimaksudkan untuk membentuk kembali permukaan arah melintang akibat perubahan camber maupun meratakan permukaan dalam arah memanjang.

2.9.1 *Overlay* untuk perkuatan

Formula HRDI (*Hot Rolled Overlay Design in Indonesia*) merujuk pada HRS (*Hot Rolled Sheet*) dengan kadar aspal efektif sekitar 6,8% dan porsi agregat kasar +/- 30%. Untuk HRS yang bergradasi senjang dapat digunakan formula HRODI, sedangkan untuk AC yang bergradasi menerus dapat menggunakan formula selain HRODI.

Formula *overlay* untuk perkuatan (*Strengthening*) yang digunakan dalam pedoman ini adalah :

1. Lataston (HRS)

Untuk HRS (hanya digunakkan di lokasi yang mempunyai sumber bahan pasir halus) :

a. Lapis Pondasi Berbutir

$$t_s = [2,303(\log D) - 0,408 \{1 - \log L\}] / [0,08 - 0,013(\log L)] \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

t_s = tebal perkuatan (*strengthening*)(dalam cm)

L = repetisi beban lalu lintas (dalam juta ESA)

D = Lendutan rencana sebelum *overlay* (dalam mm)

2. Laston (AC)

Untuk AC :

a. Cara Lendutan

$$T_d = [(-13,76734894 (L)^{(-0,3924)} - 24,94880546) / D] + 32,72 \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

T_d : tebal *Strengthening* berdasarkan lendutan (dalam cm)

b. Cara Kemiringan titik belok

$$T_c = [(0,02851711(\text{Log } L)^3 - 3,389078498 (\text{Log } L)^2 + 1,844106464 (\text{Log } L) - 3,517110266)/CF] + 17,43 \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

T_c = Tebal *strengthen* berdasarkan *curvature* (dalam cm)

CF = *Curvative Function* (bentuk mangkok) desain, yang diambil dari [lendutan pada titik 0cm – lendutan pada titik 20cm] desain (dalam mm)

Formula untuk factor koreksi ketebalan sehubungan dengan tempratur pada daerah iklim tropis (F_{t2}) adalah :

$$F_{t2} = 0,0004 (WMAPT) + 0,0032(WMAPT) + 0,6774 \dots \dots \dots 7$$

Dimana :

F_{t2}: faktor penyesuaian tebal sehubungan dengann tempratur standar 25° C

WMAPT : “*weighted mean annual pavement tempratur*” (°C), diambil 35,2°C yang merupakan tempratur tahunan rata-rata hasil survey dari 187 lokasi di Indonesia sehingga diperoleh F_{t2} = 1,29 dibulatkan menjadi 1,3.

Tebal Perkuatan (t_s) setelah faktor koreksi = 1,3 x [terbesar antara T_d dan T_c].
.....8

2.10 Metode Pd -T -05 -2005 -B

2.10.1 Lalu lintas

– Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu-lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.14

Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,50 \text{ m}$	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

Sumber: Pedoman Perencanaan tebal perkerasan lentur PD-T-01-2005-B

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

Tabel 2.15 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

Sumber: Pedoman Perencanaan tebal perkerasan lentur PD-T-01-2005-B

Keterangan : *) Mobil Penumpang

****) Truk dan Bus**

– **Ekivalen beban sumbu kendaraan (E).**

Angka ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut Rumus 9, 10, 11 dan 12

[—————]

[—————]

[—————]

[—————]

Dengan Pengertian :

– **SDRG : Sumbu Dual Roda Ganda**

– **STRG : Sumbu Tunggal Roda Ganda**

– **STRT : Sumbu Tunggal Roda Tunggal**

– **STrRG : Sumbu *Triple* Roda Ganda**

– **Faktor umur rencana dan perkembangan lalu lintas**

Faktor hubungan umur rencana dan perkembangan lalu lintas ditentukan menurut Rumus 13 dibawah ini atau menggunakan tabel 2.17

– [—————]

Tabel 2.16 Faktor hubungan antara umur rencana dengan perkembangan lalu lintas (N)

n (tahun)	r (%)					
	2	4	5	6	8	10
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
2	2,04	2,08	2,10	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

Sumber: Pedoman Perencanaan tebal perkerasan lentur PD-T-01-2005-B

- Akumulasi ekivalen beban sumbu standar (CESA)

Dalam menentukan akumulasi beban sumbu lalu lintas (CESA) selama umur rencana ditentukan dengan Rumus .

$$\Sigma$$

Dengan Pengertian :

- CESA = Akumulasi ekivalen beban sumbu standar
- m = Jumlah masing-masing jenis kendaraan
- 365 = Jumlah hari dalam satu tahun
- E = Ekivalen beban sumbu
- C = Koefisien Distribusi Kendaraan (Tabel 2.16)
- N = Faktor hubungan umur rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas (Tabel 2.17)

2.10.2 Lendutan

Perhitungan tebal lapis tambah dapat dilakukan pada setiap titik pengujian atau berdasarkan panjang segmen (seksi). Apabila berdasarkan panjang seksi maka cara menentukan panjang seksi jalan harus dipertimbangkan terhadap keseragaman lendutan. 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. Untuk menentukan faktor keseragaman lendutan adalah dengan menggunakan Rumus 15 sebagai berikut:

—

Dengan pengertian:

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
$$\frac{\Sigma}{n}$$

S = Deviasi standar = simpangan baku
$$= \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n}}$$

D = Nilai lendutan balik (dB) atau lendutan langsung (dL) tiaptitik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

n_s = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

2.10.3 Lendutan Wakil

Untuk menentukan besarnya lendutan yang mewakili suatu sub ruas/seksi jalan, digunakan Rumus 18, 19 dan 20 yang disesuaikan dengan fungsi/kelas jalan, yaitu:

—
—
—

Dengan pengertian:

D_{wakil} = lendutan yang mewakili suatu seksi jalan

d_R = lendutan rata-rata pada suatu seksi jalan

s = deviasi standar sesuai

2.10.4 Lendutan Rencana/ Ijin (Drencana)

Lendutan Rencana/ijin ($D_{rencana}$) dengan alat BB dapat dihitung dengan rumus:

Dengan pengertian:

$D_{rencana}$ = lendutan rencana, dalam satuan millimeter.

CESA = akumulasi ekivalen beban sumbu standar, dalam satuan ESA

Atau dengan memplot data lalu-lintas rencana (CESA) pada Gambar 4 Kurva D untuk lendutan balik dengan alat BB.

2.10.5 Tebal Lapis Tambah / *Overlay* (H_o)

Tebal lapis tambah/*overlay* (H_o) dengan menggunakan Rumus 22

$$\left[\frac{\quad}{\quad} \right]$$

Dengan pengertian:

H_o = tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.

$D_{sbl\ ov}$ = lendutan sebelum lapis tambah/Dwakil, dalam satuan millimeter.

$D_{sbl\ ov}$ = lendutan setelah lapis tambah atau lendutan rencana, dalam satuan millimeter.

2.10.6 Faktor Koreksi Tebal Lapis Tambah

Tebal lapis tambah/*overlay* yang diperoleh adalah berdasarkan temperatur standar 35°C, maka untuk masing-masing daerah perlu dikoreksi karena memiliki temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) yang berbeda. Data temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk setiap daerah atau kota ditunjukkan pada Lampiran A, sedangkan faktor koreksi tebal lapis tambah/*overlay* (F_o) dapat diperoleh dengan Rumus 23.

Dengan pengertian :

Fo = faktor koreksi tebal lapis tambah/*overlay*

TPRT = temperatur perkerasan rata-rata tahunan untuk daerah/kota

2.10.7 Tebal Lapis Tambah Terkoreksi

Tebal lapis tambah terkoreksi (**Ht**) dihitung dengan mengkalikan **Ho** dengan faktor koreksi *overlay* (**Fo**), yaitu sesuai dengan Rumus 24

Dengan pengertian:

Ht = tebal lapis tambah/ *overlay* Laston setelah dikoreksi dengan temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.

Ho = Tebal lapis tambah Laston sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu, dalam satuan centimeter.

Fo = Faktor koreksi tebal lapis tambah/*overlay* (sesuai Rumus 23)

2.11 Penelitian Yang Sudah Dilakukan

Penelitian terdahulu adalah salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berikut ini penelitian terdahulu berupa yang terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis, sebagai mana terlihat pada tabel berikut

Hariri Rahman, I Wayan Suteja dan Ratna Yuniarti (2018) melakukan penelitian mengenai “Penanganan Kerusakan Perkerasan Jalan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017”. Penelitian ini mengambil data LHR, data struktur yang ada dan data lendutan *Benkelmen Beam*. Penelitian ini menghasilkan ESA4 sebesar 1230187 dan didapat tebal *overlay* 13.00 cm dengan bahan perkerasan HRS. Sedangkan tebal *overlay* berdasarkan lengkung lendutan untuk mengatasi retak leleh dengan nilai ESA5 = 1.500.768 dengan nilai faktor koreksi data lendutan BB ke FWD = 0.55 didapat tebal *overlay* tipis = 6.00 cm dan tebal *overlay* tebal = 10.00 cm dengan struktur perkerasan AC- BC normal untuk opsi utama dan AC BC modifikasi yang disetujui untuk opsi alternatif.

Theresia Dwiriani Romauli, Joice E. Waani dan Theo K. Sendow (2016) melakukan penelitian “Analisis perhitungan tebal lapis tambahan (*overlay*) pada perkerasan lentur dengan menggunakan manual desain perkerasan jalan 2013 (studi kasus : ruas jalan kairagi – mapanget)”. Penelitian ini Bina Marga 2005 (Pd T-05-2005-B): dwakil = 1,25 mm, Bina Marga 2011 (No.002/P/BM/2011): dwakil = 1,29 mm, Bina Marga 2013 (No. 02/M/BM/2013): dwakil = 1,45 mm, AC- WC = 4 cm AC BC = 8 cm. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan faktor koreksi temperatur pada nilai lendutan balik. Hasil perhitungan CESA untuk setiap metode adalah sebagai berikut. Bina Marga 2005 : CESA = 5.206.601 ESAL, Bina Marga 2011 : CESA = 3.384.337 ESAL, Bina Marga 2013 : CESA4 = 5.425.870 ESAL, dan CESA5 = 9.766.566 ESAL Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan cara perhitungan Angka Ekuivalen terhadap

Muhammad Nauval Araka Aris, Gerson Simbolan, Bagus Hario Setiadji dan Supriyono (2015) melakukan penelitian mengenai “Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga Studi Kasus: (Ruas Jalan Piringsurat – Batas Kedu Timur)”. Dalam penelitian ini tidak hanya menganalisis lapis tambah juga analisis desa perkerasan baru penulis juga menggunakan tiga pedoman atau peraturan Bina Marga, yakni: Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan (Pd. T-05-2005-B), Desain Perkerasan Jalan Lentur (No. 00 / BT / 2010) dan Manual Desain Perkerasan Jalan (02/M/BM/2013). Penelitian ini tidak hanya menggunakan data lendutan *Benkelmen Beam* tapi juga Menggunakan data lendutan alat FWD. Adapun hasil akhirnya adalah Pd. T-05-2005-B dengan CESA = 12.626.512, D = 12 cm (FWD) dan D = 19 cm (BB) ; No. 001/BT/2010 dengan CESA = 7.887.071, D = 24 cm (BB) ; No. 02/M/BM/2013 dengan CESA = 20.977.196, D = 20 cm (FWD)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini mengambil studi kasus pada ruas Jalan Namu Ukur – Batas Karo, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Peninjauan lokasi penelitian dimaksudkan untuk melihat kondisi wilayah yang akan dilakukan perencanaan tebal lapis tambah (*overlay*).

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan langsung ke lapangan pada hari Selasa, 15 Desember 2020 .

3.3 Tahapan Persiapan

Adapun tahap persiapan sebelum dilakukannya pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan pendahuluan
2. Kajian studi pustaka
3. Kajian landasan teori
4. Menentukan kebutuhan data

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data, diperlukan peran instansi terkait sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.4.1 Studi Literatur

Studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah data tertulis berupa literatur dan metode kerja yang digunakan.

3.4.2 Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara mendatangi instansi terkait dan sumber-sumber yang dianggap kompeten untuk dijadikan referensi.

3.4.3 Observasi

Dilakukan dengan survey langsung ke lapangan, agar dapat diketahui langsung kondisi dilapangan, sehingga dapat diperoleh gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

Berikut kondisi jalan yang terdapat di lokasi.



Gambar 3.1 Retak kulit buaya



Gambar 3.2 Terdapat lubang jalan di beberapa titik



Gambar 3.3 Kondisi jalan sebelum dilakukan lapis tambah perkerasan



Gambar 3.4 Kondisi jalan setelah dilakukan lapis tambah perkerasan

3.5 Data Penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data sekunder. Data sekunder adalah data yang didapat dari Dinas Binamarga Pemprovsu. Data tersebut adalah:

1. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) didapat dari instansi terkait.

2. Data Lendutan dengan *Benkelman Beam* (BB)

Data Lendutan dengan *Benkelman Beam* (BB) didapat dari instansi terkait.

3. Umur rencana

Umur rencana didapat dari Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Sumatera Utara.

3.6 Pengolahan dan Analisa Data

Data yang sudah didapat diolah menggunakan masing –masing metode sehingga didapat hasil akhir berupa tebal lapis tambah (*overlay*).

3.7 Tahapan Penelitian

