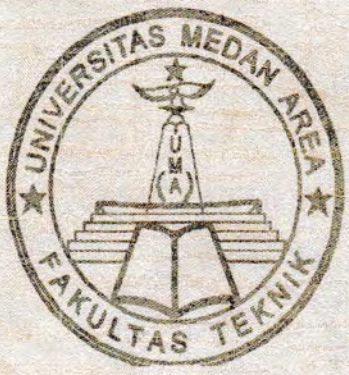
PERBANDINGAN PERHITUNGAN PELAPISAN ULANG (OVERLAY) JALAN METODA BINA MARGA DENGAN METODA NAASRA DI JALAN PERBAUNGAN - PANTAI CERMIN KM 10 + 00 - KM13 + 00 (STUDY KASUS)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat Untuk Menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :
RIFAN ANDRIAN
NIM : 958110010



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MEDAN AREA
(U M A)
2001

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

ABSTRAK

Perencanaan lapisan tambahan (Overlay Design) merupakan penentuan ketebalan dari lapisan aspal atau lapisan butir yang akan melapisi perkerasan yang ada. Selama beberapa tahun dalam perencanaan lapis tambahan aspal untuk perkerasan lentur didasarkan pada besarnya lendutan yang terjadi. Data lendutan terjadi merupakan salah satu hal yang penting dalam mengidentifikasi kekurangan dan kebutuhan yang ada. Data lendutan tersebut didapatkan dari pengukuran dengan menggunakan alat Benkelman Beam. Tebal lapisan tambahan merupakan tebal lapisan yang dibutuhkan untuk mengurangi lendutan yang terjadi selama umur rencana sampai batas yang diizinkan. Dalam merencanakan tebal lapisan perkerasan kita mengenai Metoda Bina Marga sebagai pedoman yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga dan pedoman yang berasal dari luar yaitu Metoda NAASRA (National Association of Australian State Road Authories) Australia. Dari kedua metode ini akan diperbandingkan dalam merencanakan tebal lapisan tambahan.

Dari contoh hasil perhitungan tampak secara umum Metoda NAASRA memberikan tebal lapis overlay yang lebih besar dari perhitungan Metoda Bina Marga. Hal ini terjadi karena perbedaan sifat karakteristik dari masing-masing metoda dalam mengambil suatu harga sehubungan dengan masukan data yang diperoleh. Selain itu faktor koreksi dalam menyesuaikan kondisi yang ada dengan kondisi dalam menyesuaikan kondisi yang ada dengan kondisi standar grafik yang digunakan, memberikan juga hasil yang cukup besar terhadap kedua metoda yang dibandingkan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

DAFTAR ISI

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTR TABEL x

DAFTAR NOTASI xi

BAB I : PENDAHULUAN 1

1.1. Latar belakang 1

1.2. Maksud dan Tujuan 3

1.3. Permasalahan 3

1.4. Pembatasan Masalah 4

1.5. Metodologi 5

BAB II: METODA PERENCANAAN TEBAL LAPISAN TAMBAHAN (OVERLAY) BERDASARKAN PENGUKURAN LENDUTAN DENGAN ALAT BENKELMAN BEAM 7

2.1. Lendutan Sebagai Bahan Masukan Pada Design Lapisan Tambahan (Overlay) 7

2.2. Pengukuran Lendutan Dengan Alat Benkelman Beam 8

2.2.1. Alat Benkelman Beam 9

2.2.2. Truk dengan Spesifikasi 14

2.2.3. Perlengkapan Penunjang 14

2.2.4. Perlengkapan Keamanan 14

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.2.5. Standart Pelaksanaan Pengujian 15

2.3. Metoda Bina Marga 17

2.3.1. Data Lendutan 17

2.3.2. Faktor Lingkungan 18

a. Temperatur 18

b. Muka Air Tanah 23

2.3.3. Lalu Lintas 24

2.3.4. Prosedur Perencanaan Overlay 24

2.4. Metoda NAASRA 31

2.4.1. Data Lendutan 31

2.4.2. Faktor Lingkungan 33

a. Temperatur 33

b. Faktor Lingkungan Lain 35

2.4.3. Lalu Lintas 35

2.4.4. Karakteristik Lendutan dan Karekteristik Fungsi Kurva 36

2.4.5. Desain Lendutan dan Desain Fungsi Kurva 37

2.4.6. Tebal Lapisan Tambahan 38

2.4.7. Prosedur Perencanaan Overlay 43

BAB III : PERBANDINGAN KARAKTERISTIK METODA BINA MARGA DENGAN METODA NAASRA 46

3.1. Persamaan Karakteristik 46

3.2. Perbedaan Karakteristik 47

3.2.1. Data dan Perhitungan Lendutan 48

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

3.2.2. Data dan Faktor Koreksi Temperatur Beserta Faktor Lingkungan Lainnya Terhadap Lendutan 49

3.2.3. Penentuan Tebal Lapisan Tambahan 50

BAB IV : APLIKASI 53

4.1. Prosedur Perbandingan 53

4.2. Data dan Asumsi 54

4.3. Perhitungan Lapisan Tambahan Dengan Metoda Bina Marga 55

4.3.1. Perhitungan Lanjutan Balik Karakteristik Terkoreksi Temperatur dan Lingkungan 55

4.3.2. Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan 62

4.4. Perhitungan Lapisan Tambahan Dengan Metoda NAASRA 66

4.4.1. Weighted Mean Annual Pavement Temperature (WMAPT) atauTemperatur Perkerasan Standar 66

4.4.2. Perhitungan Lendutan Karakteristik (Characteristic Deflection/CD) dan Karakteristik Fungsi Kurva (Characteristic Curvature Fungtion/CC) 68

4.4.3. Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan 73

4.5. Analisa dan Perbandingan Keluaran 77

4.5.1. Analisa Secara Umum 77

4.5.2. Analisa Masing-Masing Grafik 78

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN 85

5.1. Kesimpulan 85

5.2. Saran 86

DAFTAR PUSTAKA 88

LAMPIRAN 89

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sesuai dengan tujuan konstruksi jalan raya yaitu sebagai sarana perhubungan darat yang lancar, aman, nyaman dan ekonomis maka diperlukan pembangunan yang dapat menghasilkan suatu kontruksi jalan raya sebagai mana yang diharapkan.

Pembangunan yang pesat ini diiringi dengan pertumbuhan penduduk dalam penggunan jasa perhubungan darat ini menimbulkan permasalahan disebabkan beban lalu lintas bertambah kapasitasnya, sehingga kemacetan arus lalu lintas terjadi dimana-mana. Dengan keadaan terus berlanjut seperti ini maka kondisi jalan akan mengalami kerusakan. Karena itu perlu diadakan upaya evaluasi untuk peningkatan kualitas dan kelas jalan.

Usaha pembinaan jalan ditujukan agar jaringan jalan yang ada dapat menyelenggarakan perannya dengan baik. Jaminan tercapainya tujuan terseburt akan lebih mudah dipenuhi apabila setiap arus jalan yang ada dalam kondisi yang baik. Atas dasar pengertian inilah penyelenggaraan pemeliharaan jalan diusahakan agar menjaga jalan yang ada dalam kondisi kemampuan pelayanan yang baik. Untuk tercapainya tujuan ini kita terlebih dahulu merencanakan dan meninjau apakah perkerasan yang ada sudah memenuhi kriteria untuk diberi lapisan tambahan (Overlay).

Dalam merencanakan lapisan tambahan kondisi lingkungan merupakan suatu faktor penentu, karena keadaan lokasi mempengaruhi struktur perkerasan yang ada. Karena itu biasanya perencanaan lapisan tambahan didahului oleh survey untuk

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

mengetahui kondisi jalan yang diamati dan berapa tebal perkerasan yang dibutuhkan. Khusus untuk design Overlay diperlukan survey kelayakan struktur perkerasan yang dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara destruktif (merusak) dan cara non destruktif (tidak merusak) perkerasan yang ada. Survey kelayakan struktur perkerasan dilakukan dengan pengukuran lendutan termasuk yang bersifat non destruktif.

Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan adalah air yang berasal dari hujan (hal ini dikarenakan ada partikel-partikel aspal yang dapat larut dalam air) dan pengaruh perubahan temperatur akibat perubahan cuaca yang mengakibatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada berubah menurut perubahan cuaca tersebut. Bila temperatur menurun maka kekuatan dan lendutan akan meningkat dan begitu juga sebaliknya, keadaan disebabkan oleh aspal yang mempunyai salah satu sifat yaitu : thermo plastis, maksudnya vicositas (kekerasan) aspal akan berubah apabila temperatur berubah. Jika temperatur tinggi, maka viscositas akan rendah demikian juga sebaliknya. Untuk itu diperlukan faktor koreksi terhadap temperatur standart. Di Indonesia kita memakai metode Bina Marga dalam merencanakan struktur perkerasan jalan, dimana dalam hal ini Bina Marga menetapkan temperatur standart untuk semua lokasi di Indonesia adalah 35 ^{0}C seperti yang juga distandartkan untuk daerah tropis. Ini disebabkan perbedaan dan variasi temperatur yang terjadi tidak begitu besar dibanding dengan daerah yang mempunyai 4 musim seperti Australia. NAASRA (National Association of Austrlian State Road Authorities) tidak menetapkan suhu standart perkerasan yang sama untuk semua lokasi mengingat daerah Australia yang luas dan iklim yang beragam.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
Document Accepted 15/12/23
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Jadi perbedaan kedua metode ini dalam merencanakan tebal perkerasan tambahan pada konstruksi jalan raya berdasarkan sistem yang ada dan menganalisa menurut karakteristik masing-masing metoda.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan tugas akhir ini untuk mengetahui 2 metode yaitu metode Bina Marga dan metode NAASRA yang digunakan dalam merencanakan tebal perkerasan tambahan (Overlay) secara lebih dekat dan hasilnya dapat menjadi bahan perkembangan bagi pedoman perencanaan overlay di Indonesia.

Dan tujuan yang akan dicapai dalam tulisan ini adalah :

- Mengetahui karakteristik metode Bina Marga dan metode NAASRA dalam perencanaan lapisan tambahan (overlay) pada perkerasan lentur dengan melakukan pembahasan.
- Membandingkan kedua metode berdasarkan analisa perbandingan karakteristik dari contoh kasus.

1.3. Permasalahan

Perencanaan tebal lapisan tambahan pada struktur permukaan perkerasan jalan raya dilakukan karena masa pelayanan dari permukaan perkerasan jalan tersebut telah habis dan kerusakan yang terjadi akibat beban yang bergerak diatas perkerasan tersebut menimbulkan regangan sementara didalam material perkerasan dan sub-grade. Besarnya regangan sementara ini akan sangat bermacam-macam tergantung [illegible] efek kondisi suhu dan kelembaban terhadap sifat-sifat

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Document Accepted 15/12/23
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

regangan material perkerasan dan sub grade pada saat ada beban. Regangan sementara akibat beban roda akan melebihi suatu nilai kritis pada satu lapisan perkerasan atau lebih dan juga sub grade. Bila hal ini terjadi maka dianggap ada regangan yang tak dapat kembali lagi dan tersisa pada lapisan yang bersangkutan setelah kenderaan lewat. Perwujudan suatu perkerasan tentunya tergantung pada struktur perkerasannya, aspek ini dihubungkan dengan kenyataan bahwa jenis perkerasan yang ada sangat berbeda dalam kondisi dan ketebalan. Sehingga agak sukar untuk menentukan faktor ekivalensi dari setiap lapisan individu. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi dengan cara lebih mudah dan praktis, yaitu dengan cara pengukuran lendutan perkerasan, karena dengan cara ini tidak akan merusak perkerasan yang ada dan tidak perlu melubangi untuk mendapatkan contoh material. Agar dapat kembali mempunyai nilai kekuatan, tingkat kenyamanan, tingkat kekedapan terhadap air dan tingkat kecepatannya mengalirkan air, maka diperlukan perencanaan tebal overlay sesuai dengan perturan dan perencanaan yang ditetapkan oleh badan pemerintah yang bergerak menangani jalan raya. Untuk Indonesia perencanaan memakai metoda Bina Marga sedangkan di luar negeri yaitu Australia memakai metoda NAASRA. Dari kedua metoda ini nantinya akan dilakukan perbandingan dalam merencanakan tebal overlay.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

1.4. Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan tebal lapisan tambahan pada perkerasan lentur jalan raya dengan menggunakan 2 metoda. Metoda pertama yang sering digunakan di Indonesia adalah Metoda Bina Marga, dan kedua yang dijadikan standart di Australia yaitu metoda NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities).

- Dalam pembahasan metoda Bina Marga, cara yang diambil hanya pengukuran lendutan balik. Cara pengukuran lendutan balik titik belok dan mengenai umur sisa tidak dibahas.
- Data-data yang dibutuhkan metoda tidak ada dalam sumber tulisan tetapi dibuat menjadi asumsi-asumsi yang akan digunakan kedua metoda.
- Karekteristik yang akan dibandingkan adalah tebal lapisan tambahan yang diperlukan terhadap beberapa hal yang akan mempengaruhinya yaitu beban lalulintas, tebal perkerasan, temperatur standart perencanaan dan kelas jalan.

1.5. Metodologi

Metodologi perencanaan tebal lapisan tambahan dari tugas akhir ini merupakan studi kasus yang mengambil perbandingan dari dua metoda perencanaan overlay yang data-datanya diambil dari buku perencanaan overlay yaitu :

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
Document Accepted 15/12/23
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

- Metoda Benkelman Beam Bina Marga (dari manual pemeriksaan perkerasaan jalan dengan alat Benkelman Beam Bina Marga 1983). Cara yang diambil adalah cara A1 (pengukuran lendutan balik).
- Metoda NAASRA (dari A Guide to the Structural Design of Road Pavement, National Association of Australian State Road Authorities 1987) pada secton 10 mengenai Overlay Design.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB II

METODA PERENCANAAN TEBAL LAPISAN TAMBAHAN (OVERLAY) BERDASARKAN PENGUKURAN LENDUTAN DENGAN ALAT BENKLEMEN BEAM

2.1. LENDUTAN SEBAGAI BAHAN MASUKAN PADA DISAIN LAPISAN TAMBAHAN

Program pengembangan jalan di Indonesia pada masa sekarang membutuhkan perencanaan lapisan tambahan (overlay) yang praktis dan tepat. Dalam analisa kemampuan suatu jalan defenisi permukaan dan peramalan perwujudan perkerasan merupakan faktor penentu. Barangkali defenisi yang paling umum adalah bahwa perwujudan yang memuaskan adalah perkerasan yang dapat menampung lalu lintas. Hal ini merupakan defenisi yang kurang jelas dan sukar untuk diterima, karena perwujudan tergantung pada lengkungan arus lalu lintas.

Perwujudan suatu perkerasan tentunya tergantung pada struktur perkerasannya, aspek ini dihubungkan dengan kenyataannya bahwa jenis-jenis perkerasan yang ada sangat berbeda dalam kondisi dan ketebalan. Sehingga agak sukar untuk menentukan faktor ekivalensi dari tiap lapis individuil. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi dengan cara lebih mudah dan praktis, yaitu dengan cara pengukuran lendutan perkerasan, karena dengan cara ini tidak akan merusak perkerasan yang ada dan tidak perlu melubangi untuk mendapatkan contoh material.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Tujuan utama dari penentuan lendutan dari suatu perkerasan adalah untuk memperoleh data dengan kesimpulan atau dengan pengukuran langsung relatif terhadap sifat-sifat tegangan struktur perkerasan.

Telah diketahui bahwa bila suatu beban roda melewati suatu perkerasan, maka terjadi dipresi vertikal sementara pada permukaan perkerasan. Besarnya dipresi temporer akibat suatu beban pada 4 ton berkisar $\pm$ 0,25 mm untuk suatu perkerasan fleksibel yang baik. Besarnya dipresi atau defleksi (lendutan) permukaan tersebut merupkan fungsi dari beban roda kenderaan, luas kontak antara ban dan jalan, kecepatan roda dan karakteristik tegangan serta tebal dari berbagai lapisan dan sub grade.

Tiap kenderaan yang melewati suatu perkerasan menimbulkan regangan sementara di dalam material perkerasan dan sub grade, besarnya regangan sementara ini akan sangat bermacam-macam tergantung dari besarnya beban roda serta efek kondisi suhu dan kelembaban terhadap sifat-sifat regangan material perkerasan dan sub grade pada saat ada beban.

Regangan sementara akibat beban roda mungkin akan melebihi suatu nilai kritis pada satu lapis perkerasan atau lebih dan juga pada sub grade. Bila hal ini terjadi, maka dianggap ada regangan yang tak dapat kembali lagi dan tersisa pada lapisan yang bersangkutan setelah kenderaan lewat.

2.2. PENGUKURAN LENDUTAN DENGAN ALAT BENKELMAN BEAM

Metoda yang paling dan sering digunakan adalah metoda yang pertama kali diperkenalkan oleh Bina Marga yang dikenal dengan Benklemen Beam. Pertama kali

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

alat ini digunakan secara luas oleh AASHO pada kurun waktu 1958 sampai 1966. Di Australia pada tahun 1975 metoda Benkelman Beam mulai diperkenalkan oleh Cauntry Roads Board of Victoria dengan beberapa penyesuaian, dan pada tahun 1979 sudah hampir 300 proyek rehabilitasi jalan di Australia menggunakan metoda ini.

2.2.1. ALAT BENKELMAN BEAM

Alat Benkelman Beam yang digunakan merupakan alat yang terdiri dari dua buah yang mempunyai panjang total biasanya kurang lebih 366 cm atau 144 inc, yang terbagi menjadi dua bagian dengan perbandingan umum 1 : 2 terhadap sumbu 0, dengan perlengkapan sebagai berikut : (Gambar 2a dan Gambar 2b)

a. Arloji pengukur (dua gauge), berskala milimeter dengan ketelitian 0,01 mm

b. Alat penggetar (busser)

c. Alat pendatar (water pass)

d. Batang pengukur

e. Tumit batang(beam toe)

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.2.2.Truk dengan Spesifikasi

Truk dengan spesifikasi standar sebagai berikut (Gambar 2.1 dan Gambar 2.2) :

- ❑ Berat kosong truk (5 ± 0,1) ton
- ❑ Jumlah gandar 2 buah, dengan roda belakang ganda.
- ❑ Beban masing-masing roda belakang ban ganda (4,08 ± 0,045) ton
- ❑ Ban, dalam kondisi baik dan dari jenis kembang halus (zig-zag) dengan ukuran : 25,4 x 50,8 cm
- ❑ Tekanan angin ban (5,5 ± 0,07)kg/cm^2
- ❑ Jarak sisi kedua bidang kontak ban dengan permukaan jalan antara 10-15 cm

2.2.3. Perlengkapan Penunjang

- ❑ Kumpulan tekanan yang dapat mengukur tekanan angin ban minimum 80 psi
- ❑ Thermometer : $5^0 - 70^0$ dengan pembagian skala 1^0 C (Gambar 2.3).
- ❑ Rolmeter : 30 m dan 3 m (100ft dan 10 ft).
- ❑ Formulir – formulir lapangan dan hardboard

2.2.4. Perlengkapan Keamanan

- Perlengkapan keamanan bagi petugas dan tempat pemeriksaan (gambar 2.4)
- Tanda penunjuk jalur lalu lintas serta tanda batas kecepatan
- Tanda pengaman lalu lintas yang dipegas oleh petugas (STOP / JALAN)

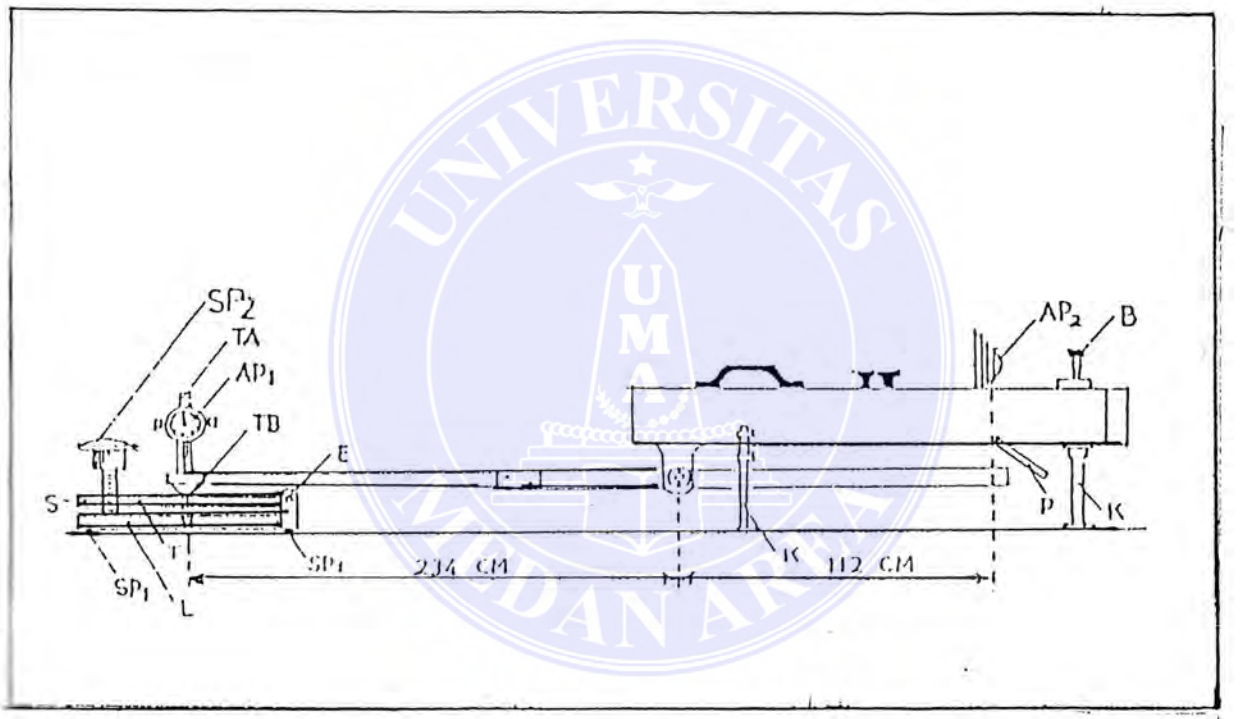
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



TA = Tiang dudukan arloji pengukur a
Sp1 = Sekrup pengatur pelat landasan L
SP2 = Sekrup pengatur pelat Tera
T = Pelat Tera
L = Pelat Landasan
TA = Tiang dudukan arloji pengukur
AP1 = Arloji Pengukur
E = Engsel
S = Bagian sisi pelat tera yang dapat turun naik
K = Kaki Benkelman Beam
P = Pengunci
TB = Tumit Batang Pengukur
AP2 = Arloji Pengukur
B = Stop Kontak

Gambar 2a

Skema Alat Benkelman Beam

Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

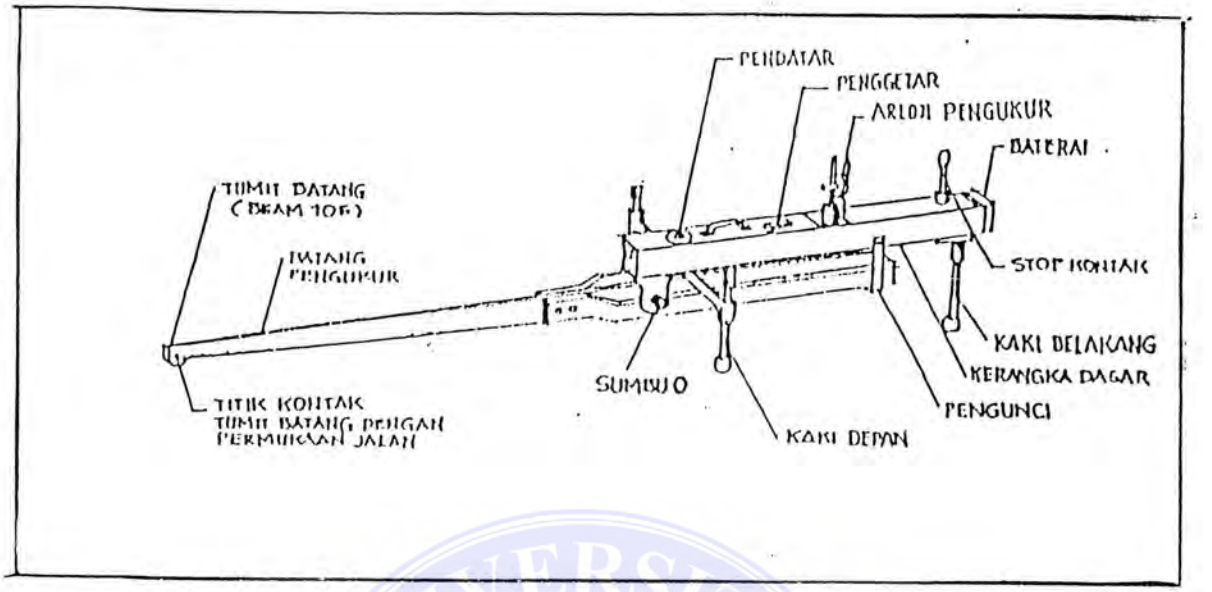
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

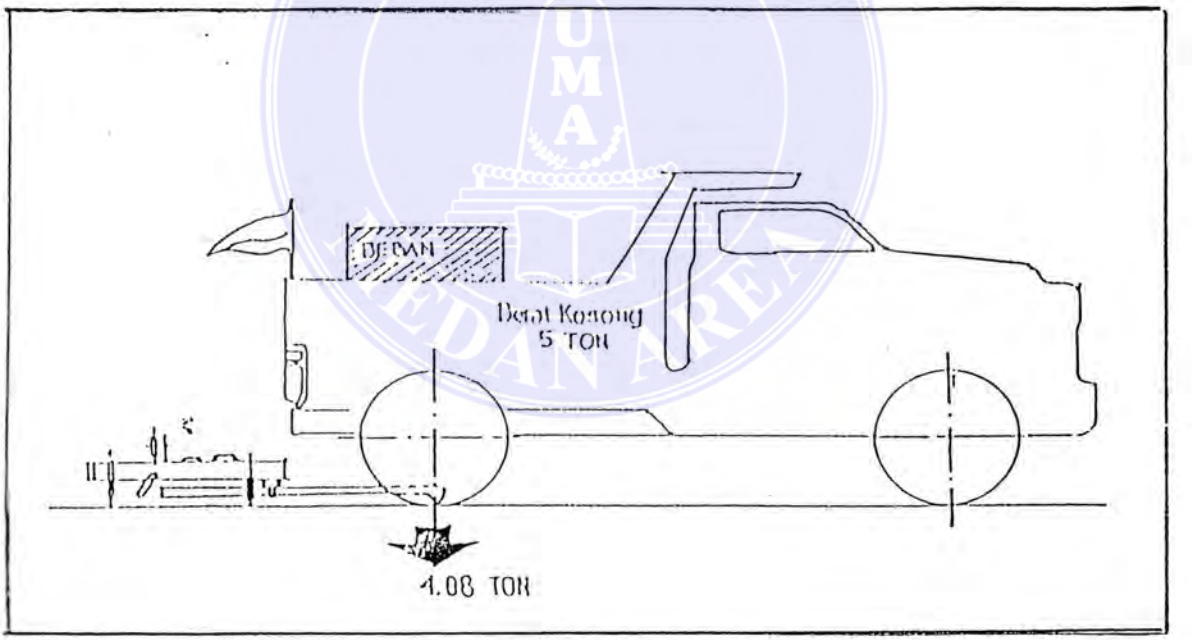
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



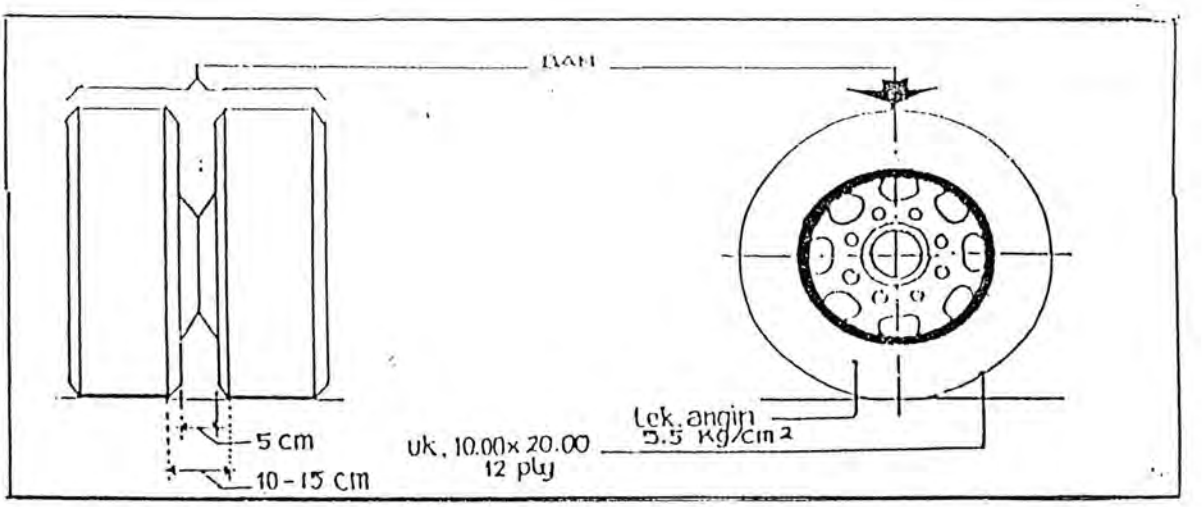
Gambar 2b
Alat Benkelman Beam dan Alat Penyetel



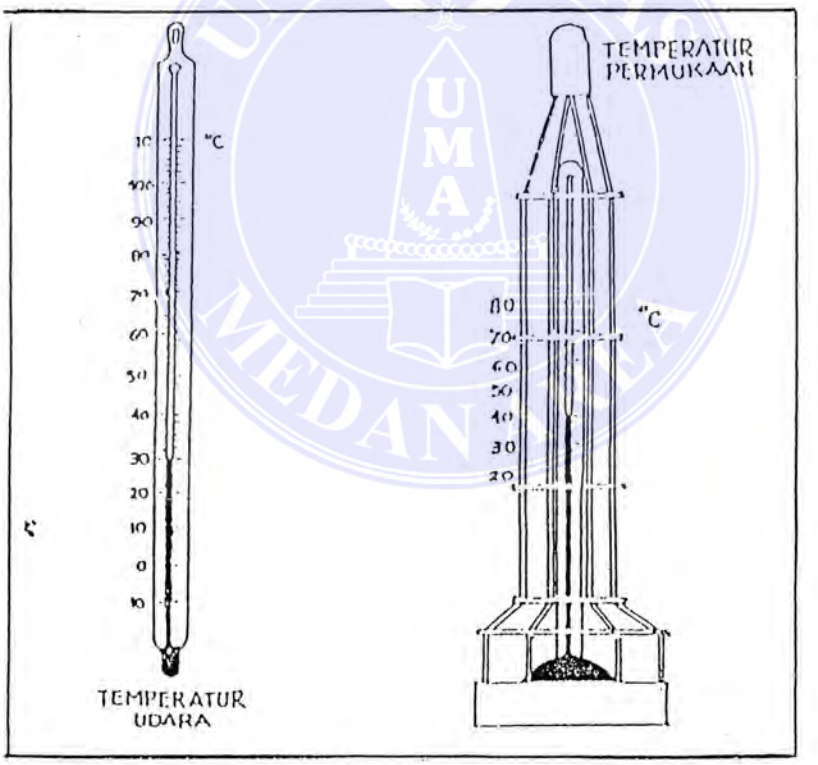
Gambar 2.1
Spesifikasi Truk Standar
Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

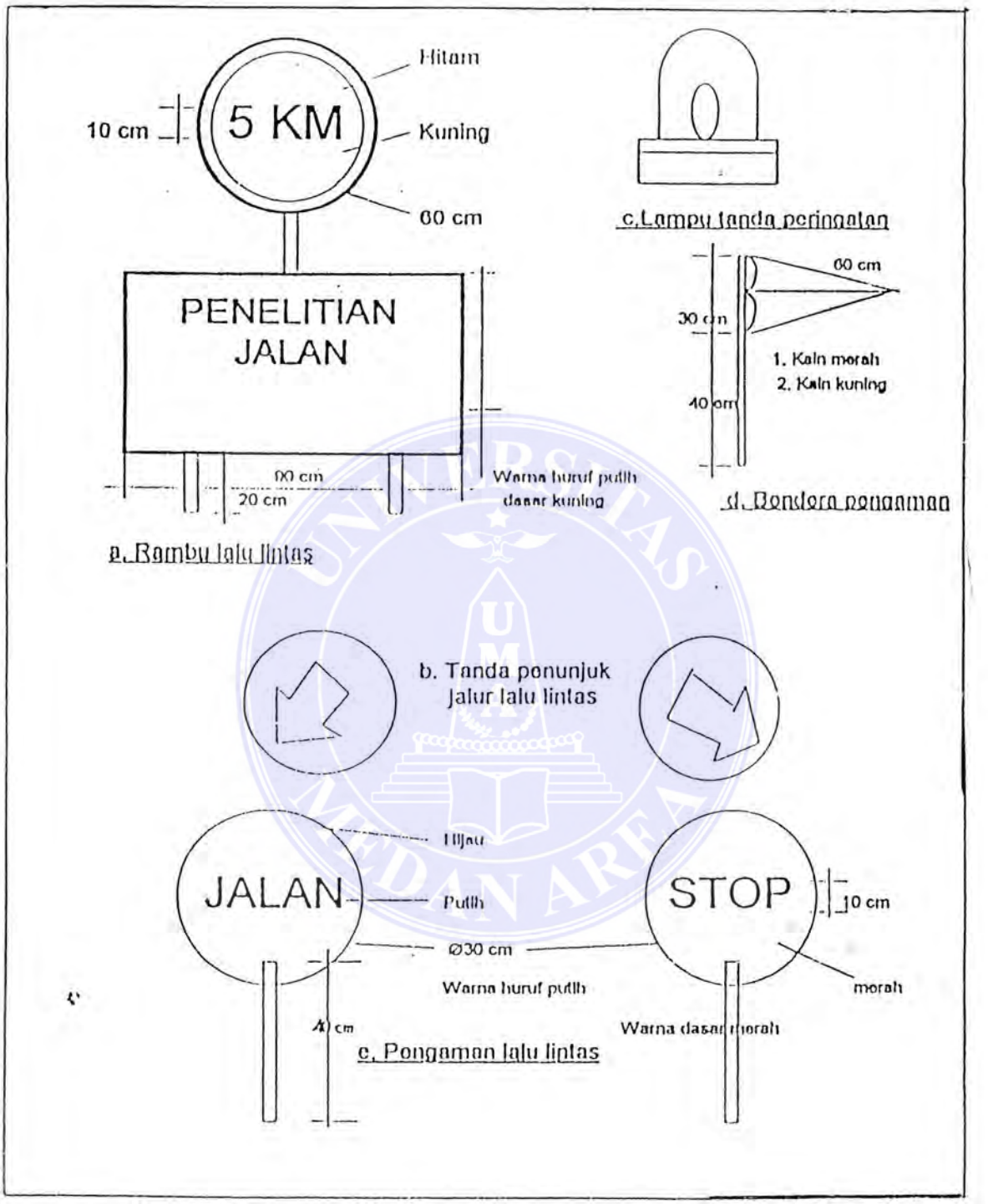


Gambar 2.2
Ban Roda Belakang Truk Standar



Gambar 2.3
Termometer Udara dan Permukaan
Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.4
Perlengkapan Keamanan
Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Document Accepted 15/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Rifan Andrian - Perbandingan Perhitungan Pelapisan Ulang (Overlay) Jalan Metoda Bina ....

2.2.5. Standar Pelaksanaan Pengujian

Metoda yang digunakan sebagai standar pengukuran lendutan dengan alat Benkelman Beam di Indonesia adalah Metoda Lendutan Balik (Rebound Deflection). Sedangkan standar pelaksanaan yang dikeluarkan oleh Bina Marga secara singkat adalah sebagai berikut :

- Semua peralatan disiapkan, termasuk penyetelan alat Benkelman Beam, pemuatan truk dengan beban yang disyaratkan, pemeriksaan tekanaan ban truk dibuat selalu $(5,5 \pm 0,07)$ kg / cm^2 serta pemeriksaan alat-alat lain.
- Menentukan dan menandai titik – titik pemeriksaan dengan jarak (dari sisi jalan) yang telah disyaratkan menurut tipe jalan, seperti terlihat pada Gambar 2.5.
- Salah satu ban ganda truk ditempatkan di titik yang akan diperiksa, kemudian alat Benkelman Beam diselipkan (tumitnya) diantara kedua ban dan setelah diperiksa kestabilan jarum pengukurannya, bacaan awal dapat dicatat (setelah perubahan jarum pengukur kurang atau sama dengan 0,01 mm atau setelah 3 menit).
- Untuk pembacaaan berikutnya truk bergerak dengan kecepatan maksimum 5 km / jam sampai ke jarak yang ingin diketahui lendutannya, kemudian catat lendutannya (dengan ketentuan yang sama dengan sebelumnya).
- Ukur dan catat suhu-suhu permukaan jalan, udara ditiap titik pemeriksaan (bila perlu suhu tengah dan bawah lapisan).

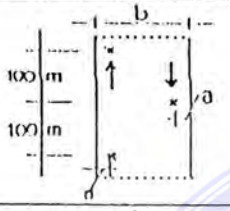
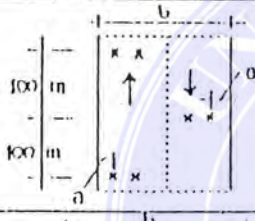
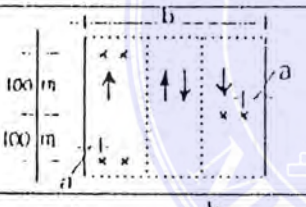
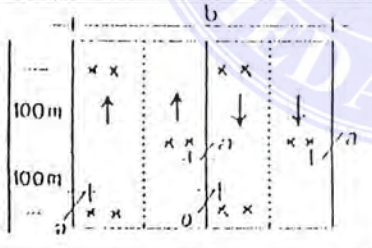
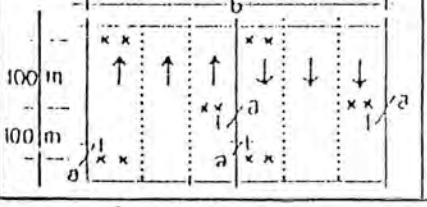
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Tipe Jalan	Letak Titik Pengujian	b (m)	a (m)	Jumlah Alat
1 Lajur		< 3 3,5 4,0 4,5 5,0 > 5,5	0,5 0,8 1,0 1,25 1,50 tipe 2 lajur	1 Alat
2 Lajur		< 5 5,5 7,0 8,0 > 8,25	tipe 1 lajur 0,80 0,80 0,80 tipe 3 lajur	2 Alat
3 Lajur		< 8 8,25 10,0 11,0 > 11,25	tipe 2 lajur 0,80 0,80 0,80 tipe 4 lajur	2 Alat
4 Lajur		< 11 11,25 15,0 18,0 > 18,75	tipe 3 lajur 0,80 0,80 0,80 tipe 6 lajur	2 x 2 Alat
6 Lajur		< 18 >18,75	tipe 4 lajur 0,80	2 x 2 Alat

Gambar 2.5
Letak Titik Pengujian
Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.3. METODA BINA MARGA

2.3.1. Data Lendutan

Dalam perencanaan lapisan tambahan Metoda Bina Marga, diperlukan minimal dua kali pembacaan lendutan (dengan alat Benkelmen Beam) pada tiap-tiap titik, yaitu pembacaan awal (ban truk berada pada tumit alat Benkelmen Beam) dan pembacaan akhir (6 meter dari pembacaan awal).

Dari data lendutan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alat Benkelmen Beam dengan metoda lendutan balik (Rebound Deflection), akan dapat dihitung besarnya Lendutan Balik.

Lendutan Balik adalah lendutan maksimum yang terjadi untuk memperoleh besarnya Lendutan Balik digunakan rumus :

$$d = 2 (d_3 - d_1) f_t . C$$

dengan : → d = Lendutan balik

d_1 = Pembacaan awal

d_3 = Pembacaan akhir

f_t = Faktor koreksi temperatur

C = Faktor koreksi muka air tanah /musim

Nilai lendutan balik (lendutan maksimum) inilah yang kemudian dipergunakan untuk menentukan tebal perkerasaan tambahan (overlay).

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Penggunaan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.3.2. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang diperhitungkan sebagai faktor koreksi lendutan dalam Metoda Bina Marga adalah temperatur dan pengaruh air tanah.

a. Temperatur

Kekakuan dari lapis perkerasan (Smix = Stiffness mix) dipengaruhi oleh variasi temperatur. Bila temperatur menurun, maka kekakuan perkerasan akan meningkat, sehingga penyebaran oleh lapis perkerasan akan meningkat, lendutan yang terjadi akan meningkat pula nilainya. Karena itu diperlukan suatu koreksi terhadap temperatur untuk merubah nilai lendutan pada temperatur tertentu menjadi nilai lendutan pada temperatur standar.

Bina Marga menggunakan temperatur (perkerasan) standar 35^{0} C untuk semua lokasi di Indonesia seperti yang juga di standarkan untuk daerah tropis. Hal ini dikarenakan perbedaaan dan variasi temperatur yang terjadi di wilayah Indonesia (antara musim dingin /hujan dan musim panas) tidaklah terlalu besar. Selain itu di daerah yang temperatur perkerasannya rata-rata lebih besar dari 30^{0} C, efek temperatur pada lendutan tidak begitu besar.

Untuk memperoleh faktor koreksi temperatur harus diketahui besarnya temperatur perkerasan (t_1). Temperatur perkerasan tersebut dapat diperoleh dengan melakukan temperatur pada permukaan perkerasan (t_p) tengah lapisan perkerasan (t_t) dan bawah lapisan perkerasan(t_b). Kemudian ketiga data temperatur pada kedalaman tertentu tersebut dirata-ratakan untuk mendapatkan besarnya temperatur perkerasan. Dalam persamaan ini ditulis menjadi :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

$$t_1 = 1/3\ (t_p + t_t + t_b) \qquad (2.2)$$

dimana : ⟶ t_p = Temperatur permukaan

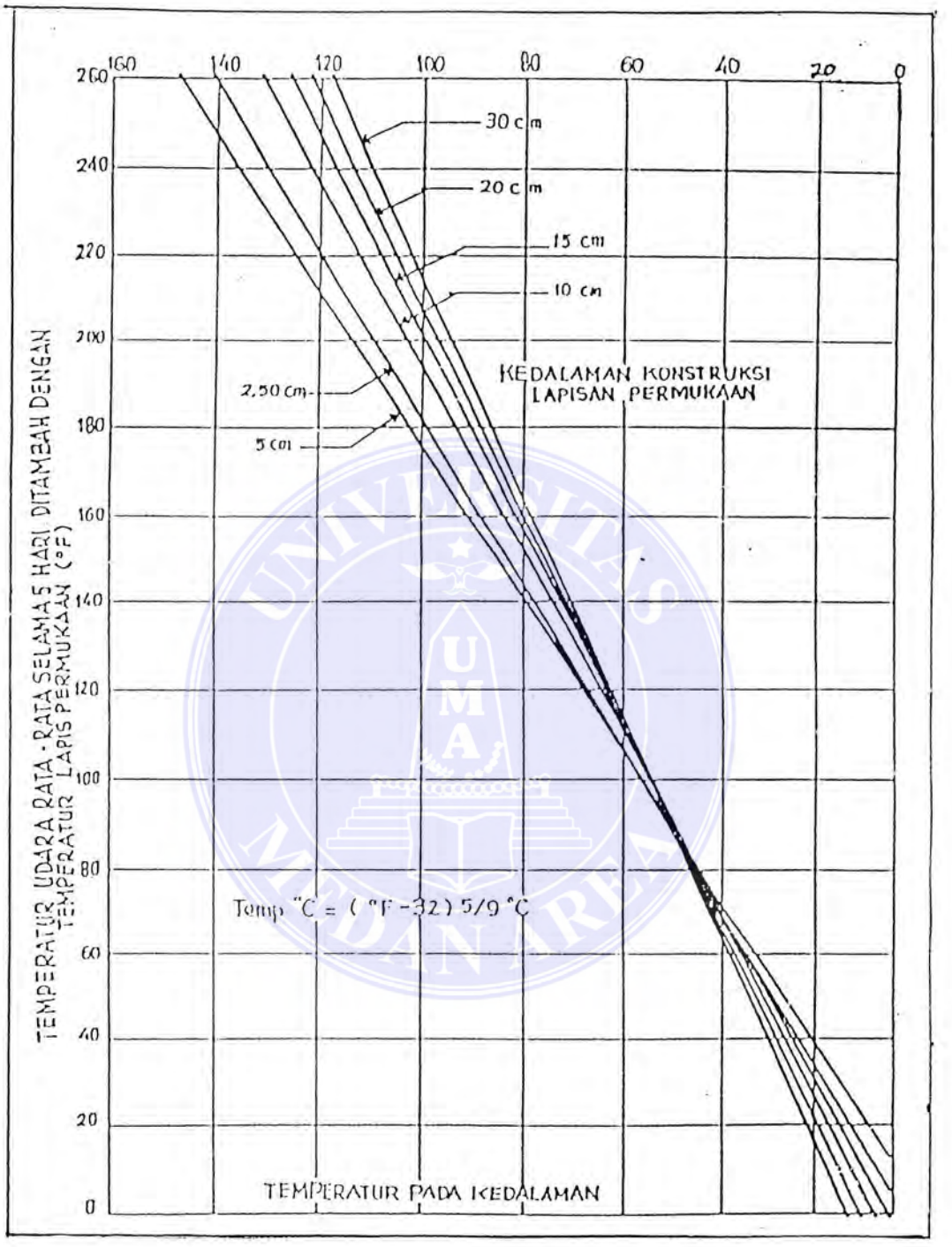
t_t = Temperatur tengah

t_b = Temperatur bawah

Data besarnya t_p diperileh dari pengukuran dilapangan. Sedangkan t_t dab t_b dapat diperoleh dari pengukuran dilapangan atau dengan menggunakan Gambar 2.6 dan Tabel 2.1 sesuai dengan besar suhu udara rata-rata selama lima hari ditambah dengan suhu permukaan (t_p) .

Nilai faktor koreksi akibat temperatur (f_t) diperoleh dari grafik hubungan antara temperatur perkerasan dengan faktor koreksi temperatur yang diadaptasikan dari Asphalt Insitut (Gambar 2.7a) dengan suhu 35^0 C (Gambar 2.7b atau Tabel 2.2) berdasarkan temperatur lapis permukaan (t_i) dan jenis perkerasannya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.6

Perkiraan Temperatur Lapis Perkerasan Pada kedalaman Tertentu

Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Document Accepted 15/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

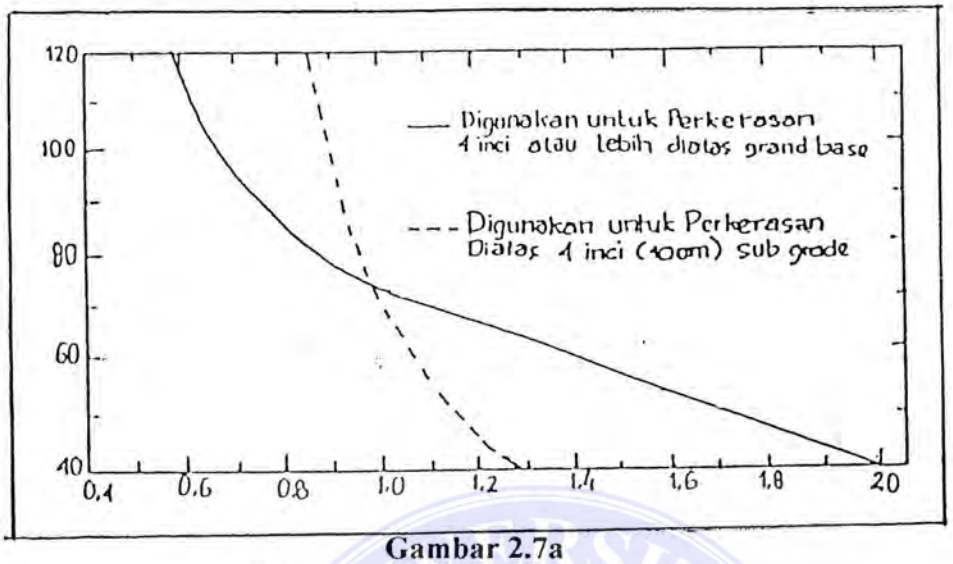
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

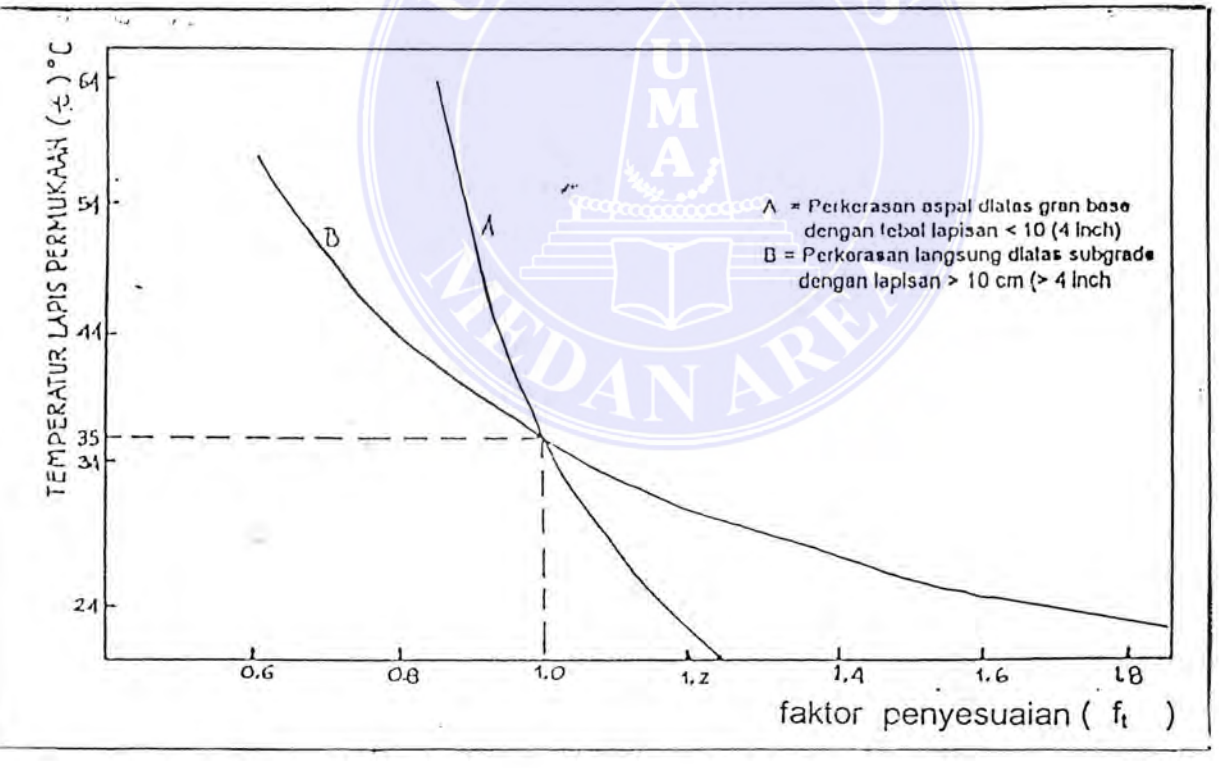
Tabel 2.1
Perkiraan Temperatur Lapis Perkerasaan
Pada Kedalaman Tertentu
Sumber :Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam, No. 01/MN/B/1983
Dep.PU Dirjen. Bina Marga

Temp ^{0}C	Temperatur pada kedalaman (^{0}C)					
(tu + tp)	2,5 cm	5,0 cm	10 cm	15 cm	20 cm	30 cm
45	27	26	24	22	21	20
46	28	26	25	22	21	21
47	28	27	25	23	22	21
48	29	27	26	23	22	21
49	29	28	26	24	23	22
50	30	28	26	24	23	22
51	30	29	26	25	24	23
52	31	29	27	25	24	23
53	32	30	27	26	24	24
54	32	31	27	26	25	24
55	32	31	27	27	25	25
56	33	32	28	27	26	25
57	34	32	28	28	26	26
58	35	33	28	28	27	26
59	35	33	29	29	27	26
60	36	34	29	29	28	27
61	36	35	29	30	28	27
62	37	35	30	30	29	28
63	37	36	30	31	29	28
64	38	36	30	31	30	29
65	38	37	31	32	30	29
66	39	37	31	32	30	30
67	40	38	31	32	31	30
68	41	38	32	33	31	31
69	41	39	32	33	32	31
70	42	39	32	34	32	31
71	42	40	33	34	33	32
72	43	41	33	35	33	32
73	43	41	33	35	34	33
74	44	42	34	36	34	33
75	45	42	34	36	35	34
76	45	43	34	37	35	34
77	46	43	35	37	36	35
78	47	44	35	38	36	35
79	47	45	35	38	36	35
80	48	45	36	39	37	36

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.7a
Faktor Koreksi dari Asphalt Institut



Gambar 2.7b
Faktor Koreksi Temperatur Bina Marga
Sumber : Manual Pemeriksaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 001/MN/B/1983
Departeman PU Direktorat Jenderal Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

---

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Tabel 2.2
Faktor Penyesuain untuk Koreksi Lendutan Balik terhadap
Temperatur standar 35^0 C Metoda Bina Marga
Sumber :Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam, No. 01/MN/B/1983
Dep.PU Dirjen. Bina Marga

Rata-rata T^0C	Faktor Penyesuaian		Rata-rata T^0C	Faktor Penyesuaian	
	A	B		A	B
20	1.25	2.00	40	0.97	0.84
21	1.22	1.89	41	0,96	0.82
22	1.19	1.79	42	0.96	0.80
23	1.16	1.70	43	0.96	0.78
24	1.13	1.61	44	0.94	0.76
25	1.12	1.54	45	0.94	0.74
26	1.10	1.46	46	0.93	0.72
27	1.09	1.40	47	0.92	0.71
28	1.08	1.34	48	0.92	0.70
29	1.06	1.28	49	0.91	0.69
30	1.05	1.21	50	0.90	0.67
31	1.03	1.60			
32	1.02	1.12			
33	1.01	1.08			
34	1.01	1.04			
35	1.00	1.00			
36	0.99	0.96			
37	0.99	0.92			
38	0.98	0.89			
39	0.97	0.87			

b. Muka Air Tanah

Faktor lingkungan lain yang diperhitungkan dalam desain Overlay Metoda Bina Marga (sebagai koreksi lendutan)adalah kondisi muka air tanah.

Bina Marga membagi faktor koreksi karena pengaruh muka air tanah (dianggap juga sebagai pengaruh musim) menjadi dua keadaan yaitu :

1 Apabila pemeriksaan dilakukan pada keadaan kritis (musim hujan atau air tanah tinggi) maka faktor koreksi lendutannya (C) adalah sama dengan 1,0.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2. Apabila pemeriksaan dilakukan pada keadaan baik (musim kemarau atau muka air rendah) maka faktor koreksi lendutannya (C) = 1,5.

2.3.3 Lalu Lintas

Perhitungan beban lalu lintas untuk desain overlay adalah sama dengan perhitungan beban lalu lintas untuk desain perkerasan baru, baik satuan maupun prosedur perhitungannya. Maka untuk desain Overlay Metode Bina Marga, perhitungan beban lalu lintasnya serupa dengan yang digunakan dalam Manual Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metoda Analisa Komponen Bina (Marga, 1987).

2.3.4. Prosedur Perencanaan Overlay

Tahapan perencanaan tebal lapis perkerasan tambahan (Overlay) dengan Metoda Bina Marga dapat dilihat pada Gambar 2.8 dengan penjelasan sebagai berikut :

a. Melakukan pengukuran alat Benkelman Beam untuk mendapatkan data lendutan pada setiap titik yang akan diamati. Data yang didapatkan merupakan data lapangan pertitik pengamatan yang belum dikoreksi.
b. Data lapangan pertitik (pada bagian a) dikoreksi terhadap lingkungan.
c. Data lapangan pertitik (pada bagian b) dikoreksi terhadap temperatur. Koreksi (faktor penyesuaian) temperatur (f_t) tergantung kepada besarnya temperatur bagian permukaan, tengah dan bawah dari lapisan permukaan perkerasan. Langkah pengerjaan bagian (c) dapat dilakukan sebelum melakukan langkah (b).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Hasil data yang telah dikoreksi tidak akan berbeda bila mendahulukan langkah (b) atau (c).

d. Tempatkan data panjang seksi jalan dengan mengusahakan agar masing-masing seksi jalan mempunyai lendutan balik yang relatif seragam.

e. Langkah selanjutnya adalah mencari lendutan balik yang melewati suatu seksi jalan. Untuk mendapatkan besarnya lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan tersebut (representative rebound deflection) dilakukan perhitungan dan faktor penyesuaian fungsi jalan.

Rumus-rumus disesuaikan dengan fungsi jalan sebagi berikut :

Untuk lendutan balik (dari buku Manual Pemeriksaan perkerasan Jalan dengan Alat Benkelmen Beam No : 01/MN/B/1983, DPU Bina Marga) :

- $D = \bar{d} + 2S$ ⟶ untuk jalan arteri / tol
- $D = \bar{d} + 1.64\,S$ ⟶ untuk jalan kolektor
- $D = \bar{d} + 1{,}28\,S$ ⟶ untuk jalan lokal

Dimana : $\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$

$$S = \sqrt{\frac{n(\overline{d^2}) - (\overline{d})^2}{n(n-1)}}$$

Keterangan :

- D = Lendutan balik yang mewakili suatu seksi jalan
- $\bar{d}$ = Lendutan balik rata-rata dalam suatu seksi jalan
- d = Lendutan balik tiap titik didalam seksi jalan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
Document Accepted 15/12/23
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

- S = Standar deviasi
- n = Jumlah titik pemeriksaan pada suatu seksi jalan

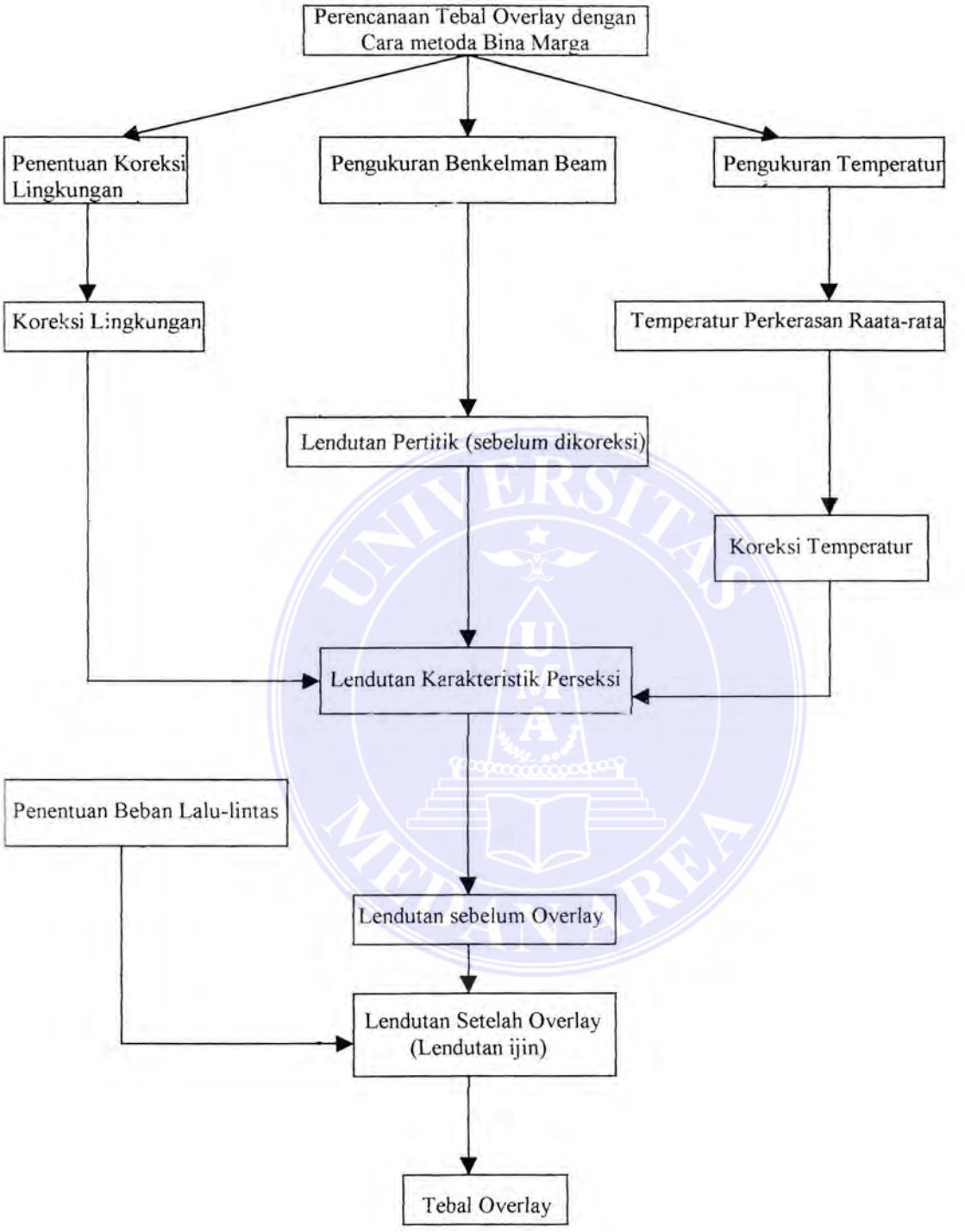
Hasil yang didapatkan dari tahap ini adalah besarnya lendutan sebelum dilakukan lapisan tambahan (Overlay) yang mewakili suatu pemeriksaan seksi jalan.

f. Mendapatkan data lalu lintas berupa data lalu lintas Harian Rata-rata (LHR). Data LHR tersebut dihitung besarnya menjadi jumlah ekivalensi harian rata-rata dengan satuan 8,16 ton (18 kip = 18000 lbs) dan faktor ekivalensi yang sesuai. Hasil jumlah ekivalen harian rata-rata tersebut digunakan untuk menghitung besar jumlah lalu lintas akumulatif selama umur rencana.

g. Hasil akumulatif as standar selama umur rencana pada tahap (f) digunakan untuk mencari besarnya lendutan balik yang diijinkan dengan memakai gambar 2.9 dan gambar 2.10. Gambar 2.9 merupakan kurva kritis untuk mencari lendutan ijin pada suatu beban sumbu tertentu pada jalan dengan lapisan permukaan bukan Aspal Beton (fleksibelitas tinggi, kurang kedap air). Sedangkan gambar 2.10 merupakan kurva failure digunakan seperti gambar 2.9 tetapi pada jalan dengan lapis permukaan Aspal Beton (fleksibelitas rendah, kedap air).

h. Dari hubungan balik yang mewakili suatu seksi jalan sebelum lapis tambahan dan besarnya lendutan ijin setelah lapis tambahan (gambar 2.11) maka didapatkan lapisan tambahan diperlukan.

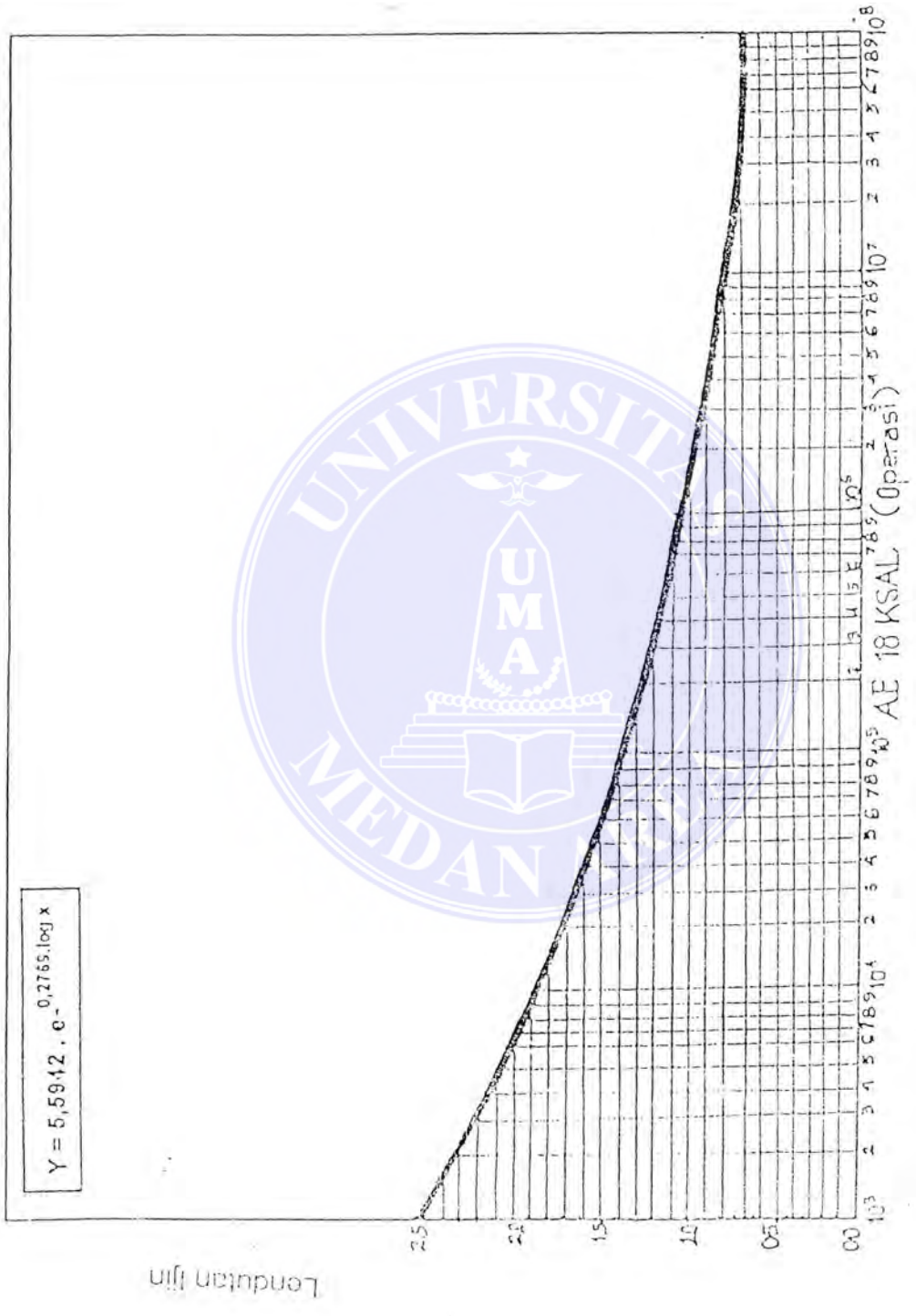
UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
Document Accepted 15/12/23
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.8
PROSEDUR PERENCANAAN TEBAL OVERLAY METODA BINA MARGA
Sumber : Manual Pemeriksaan Perkerasaan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No. 01/MN/B/1983
Dep. PU Dirjen Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.9
Grafik Kurva Kritis
Sumber : Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No.01/MN/B/1983, Dep. PU Dirjend Bina Marga

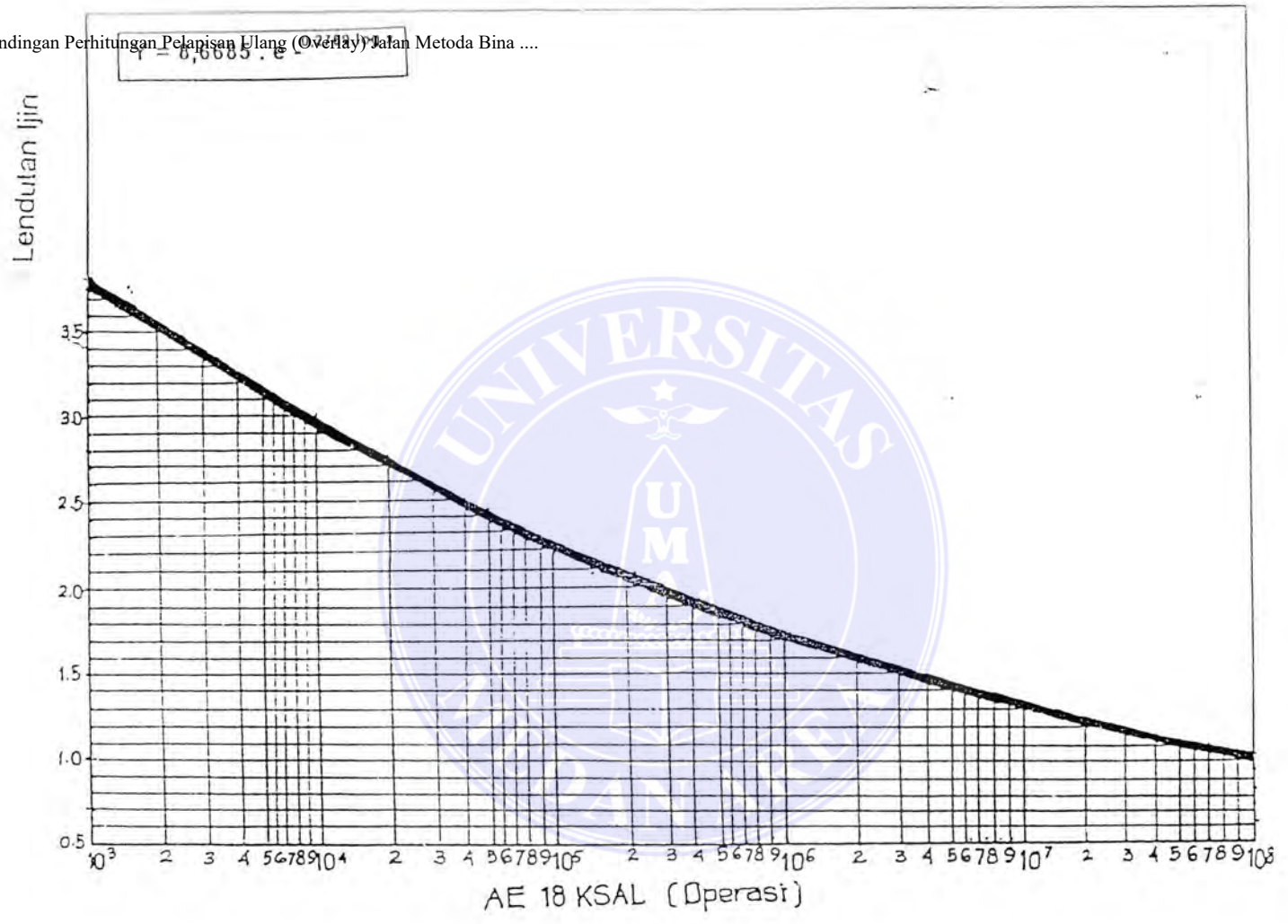
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

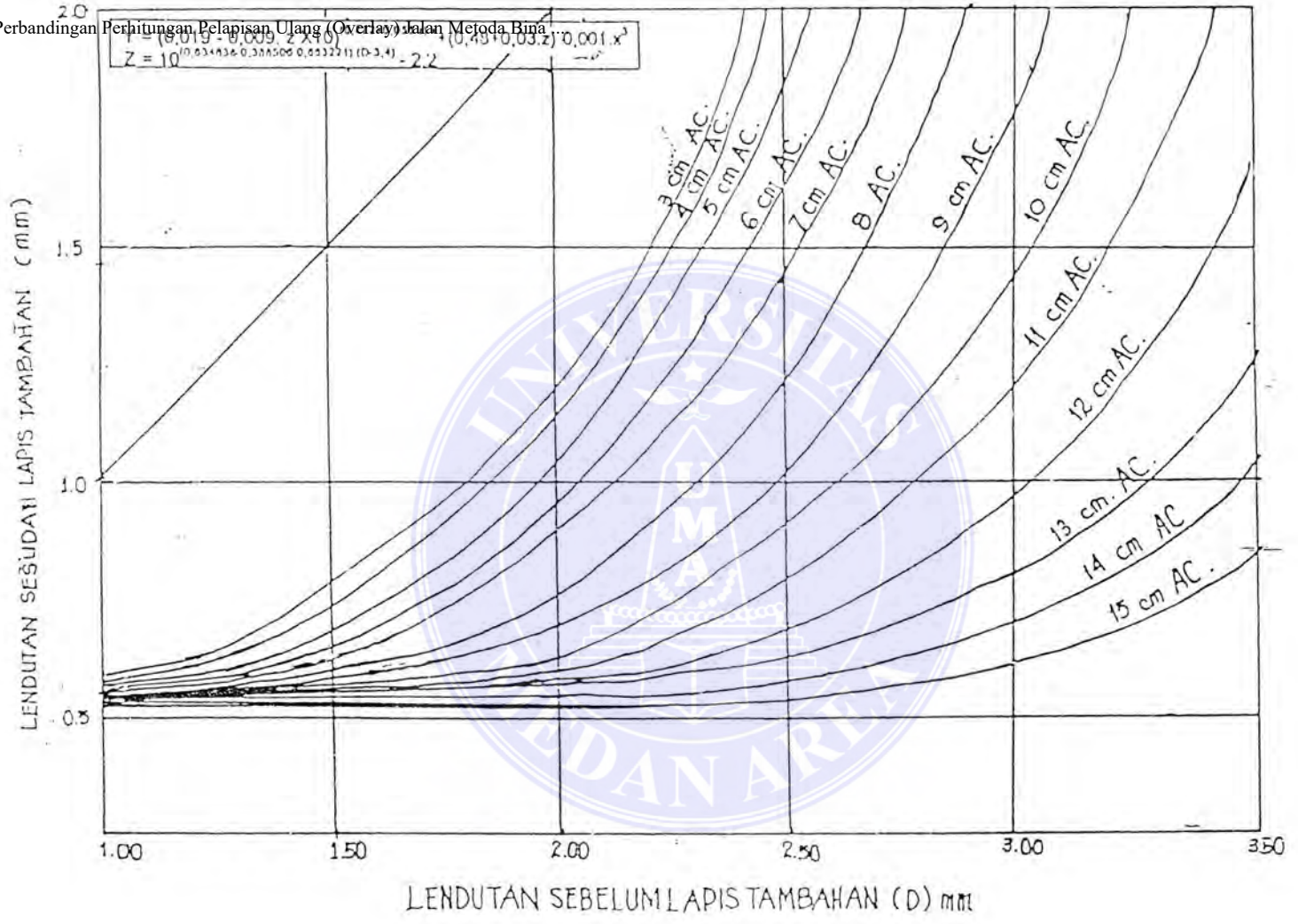
Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.10
Grafik Kurva Failure
Sumber : Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam, No.01/MN/B/1983, Dep. PU Dirjend. Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.11
Lendutan Sebelum Lapis Tambahan
Sumber : Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam, No.01/MN/B/1983, Dep. PU Dirjend. Bina Marga

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.4. METODA NAASRA

Metoda NAASRA adalah metoda yang dikembangkan oleh The National of Australian State Authories yang disesuaikan dengan kondisi daerah dan keadaan material di Austrtalia. Metoda ini digunakan dalam mnyeragamkan desain praktis dari aspek-aspek pembangunan jalan di Australia.

NAASRA merekomendasikan metodanya untuk menggunakan data lendutan yang diperoleh dengan pengukuran dengan menggunakan Benkelmaı Beam atau Lacroix Deflectograph, namun karena disini akan dibandingkan dengan metoda Bina Marga (yang digunakan data lendutan Benkelmen Beam), maka metoda NAASRA ini akan dibahas dengan data lendutan Benkelman Beam.

2.4.1. Data Lendutan

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, data lendutan balik (lendutan maksimum) saja belum cukup untuk dapat mengetahui keadaan struktural dari suatu perkerasan, dalam Metoda NAASRA dipergunakan data lain untuk mengecek fatugue life dari suatu perkerasan yaitu Curvature Function (Anderson, 1984).

Cekung lendutan adalah bentuk dari permukaan perkerasan yang disebabkan pembebanan. Cekung lendutan ini biasanya tidak diukur langsung, tetapi dengan prinsip super posisi pada pembacaan lendutan secara seri diatas titik perkerasan yang dibebani atau yang menyusut.

Sebagai contoh lendutan, cekung lendutan berjarak 200 mm dari maksimum lendutan diasumsikan sebagai akibat beban bergerak sejauh 200 mm. Bentuk lendutan mangkuk (cekung lendutan / deflection bowl) didapatkan dengan memplotkan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

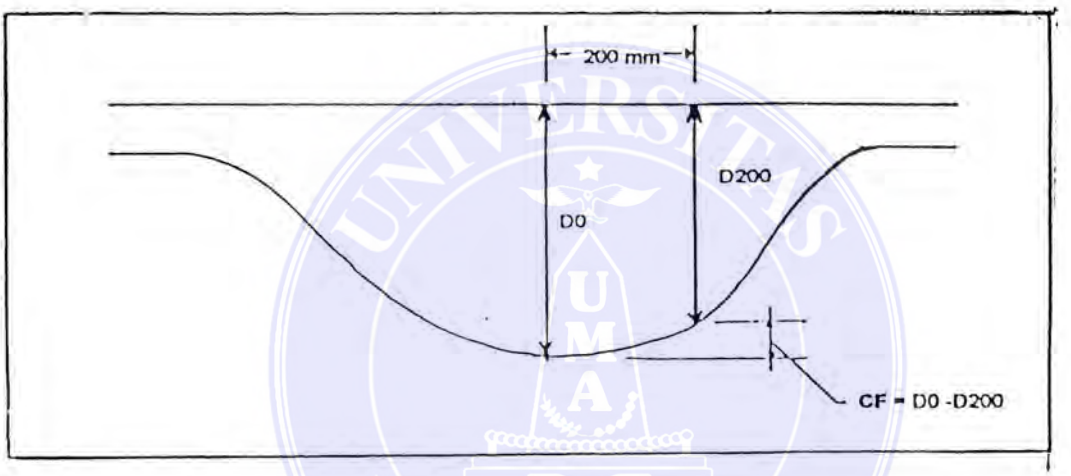
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

lendutan yang terjadi terhadap jarak pembebanan. Fungsi kurva (The Curvature Function) CF dari cekung lendutan didapat dengan :

$$\textbf{Curvature Function (CF)} = D_0 - D_{200} \qquad \textbf{(2.3)}$$

Dimana : → D_0 = maksimum lendutan pada test lapangan

D_{200} = besarnya lendutan yang terjadi ketika pembebanan berjarak 200 mm dari lendutan maksimum (lihat Gambar 2.12).

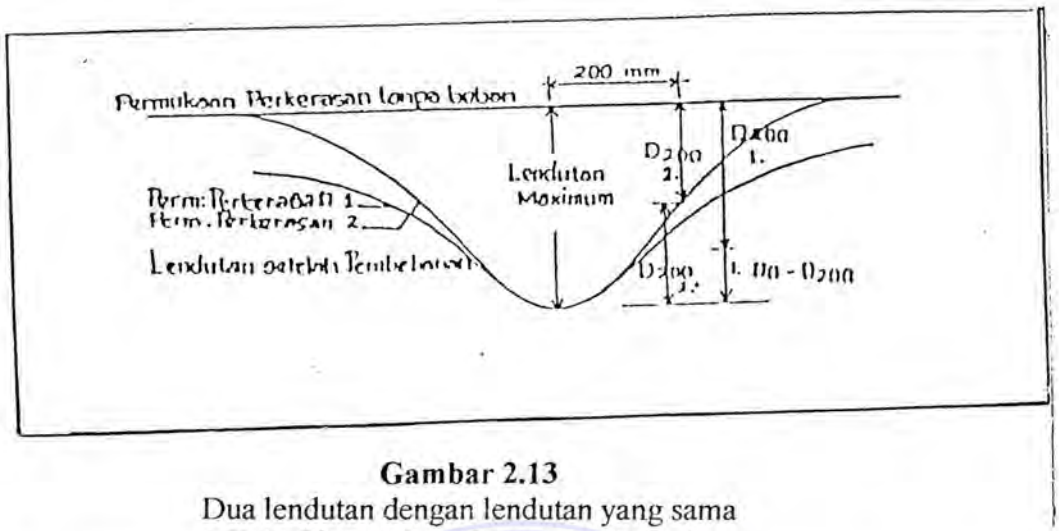


Gambar 2.12
Curvature Function
Sumber : NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities., 1987) " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

Curvature function dapat memberikan tambahan masukan untuk menilai kekuatan suatu struktur perkerasan. Seperti yang terlihat pad Gambar 2.13, dua struktur perkerasaan yang mempunyai lendutan maksimum yang sama belum tentu memiliki Curvature Function yang sama. Perkerasan yang memiliki Curvature yang lebih kecil mempunyai kekuatan struktur yang lebih tinggi. Hal ini tidak dapat terlihat bila parameternya hanya lendutan maksimum.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.13
Dua lendutan dengan lendutan yang sama
Tetapi kurva D_0 - D_{200} – nya berbeda
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

2.4.2. Lingkungan

a. Temperatur

Karena faktor temperatur cukup mempengaruhi pada perkerasan (khususnya aspal), maka pencatatan temperatur (udara maupun perkerasan) menjadi cukup penting agar lendutan yang diperoleh dapat dikoreksi. Sehingga kesalahan dalam penilaian struktural perkerasan yang ditinjau dapat diperkecil.

NAASRA mensyaratkan pengukuran temperatur perkerasan dilapangan (ketika melakukan lendutan) dilakukan pada kedalaman 30 mm dari permukaan perkerasan. Sehubungan dengan temperatur NAASRA, membedakan temperatur standar untuk koreksi terhadap lendutan sesuai dengan karakteristik temperatur daerah tersebut.

Dikarenakan kekeuatan aspal bervariasi terhadap temperatur maka karakteristik dari perkerasan yang mengandung aspal dapat menggambarkan temperatur daerah tersebut. Suatu tempat dapat digolongkan dalam satu Weighted

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Document Accepted 15/12/23
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Mean Annual Pavement Temperature (WMAPT) untuk analisa lendutan dan desain lapis tambahan aspal. Daftar besarnya telah dibuat untuk beberapa tempat di Australia. Untuk pemakaian test lendutan di lapangan dapat diambil data-data yang paling dekat atau sesuai dengan lokasi yang ada. WMAPT adalah metoda yang dipubliksikan oleh SHELL (1987) dan digunakan untuk menghitung hubungan antara temperatur aspal dan kelelahan beban. Konversi dari temperatur udara menjadi temperatur perkerasan yang digunakan diambil dari rata-rata di Australia. Biasanya data lendutan dari perkerasan yang diambil dari rata-rata di Australia. Biasanya data lendutan dari perkerasan yang diambil berbeda temperaturnya dengan temperatur standar. Dalam kasus-kasus seperti ini perlu dilakukan penyesuaian untuk merubah lendutan yang diukur menjadi suatu yang menggambarkan reaksi perkerasan reaksi perkerasan pada WMAPT.

Bila WMAPT suatu daerah dimana jalan yang ditinjau berbeda atau dekat dengan daerah tersebut sudah diketahui, maka dapat ditentukan besarnya faktor koreksi. Koreksi temperatur terhadap lendutan nilainya ditentukan dari besarnya faktor temperatur (ft), dimana :

$$ft = \frac{\text{Temperatur Perkerasan Hasil Pengukuran}}{\text{WMAPT}}$$

Faktor koreksi temperatur terhadap lendutan diperoleh dengan menggunakan gambar 2.14, sesuai dengan nilai ft, jenis dan tebal perkerasan eksisting tidak mempunyai lapisan aspal maka faktor penyesuaian tidak ada.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

b. Faktor Lingkungan Lain

Pada beberapa tempat pengukuran lendutan selama atau setelah musim hujan biasanya pada bagian dibawah perkerasan mengandung kadar air yang lebih besar, hal ini bisa mempengaruhi besarnya lendutan. Namun efek musim dan kelembaban terhadap lendutan tidak berakibat langsung.

Harus dicatat mengenai perubahan kondisi kandungan air, termasuk resapan permukaan, permeabilitas perkerasan dan tanah dasar, evaporasi dan kondisi drainase pada daerah pengukuran. Faktor evaporasi dan darinase menjadi batasan jumlah air yang dapat diterima untuk meresap ke tanah dasar, sewaktu mengontrol permeabilitas karena terjadi perubahan resapan dan akibatnya antara waktu hujan dan efeknya pada lendutan.

Dan sampai saat ini belum ada yang dapat diterima mengenai hubungan secara umum akibat musim (kadar air) pada lendutan. Meskipun demikian, NAASRA menganjurkan agar data-data lokasi yang memungkinkan untuk diketahui hendaknya dicatat sebagai masukan dalam menginterprestasikan data lendutan.

2.4.3 Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang digunakan oleh NAASRA dalam perencanaan lapis tambahan diperoleh dengan metoda perhitungan yang sama dan tidak terdapat banyak perbedaan dengan metoda Bina Marga.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

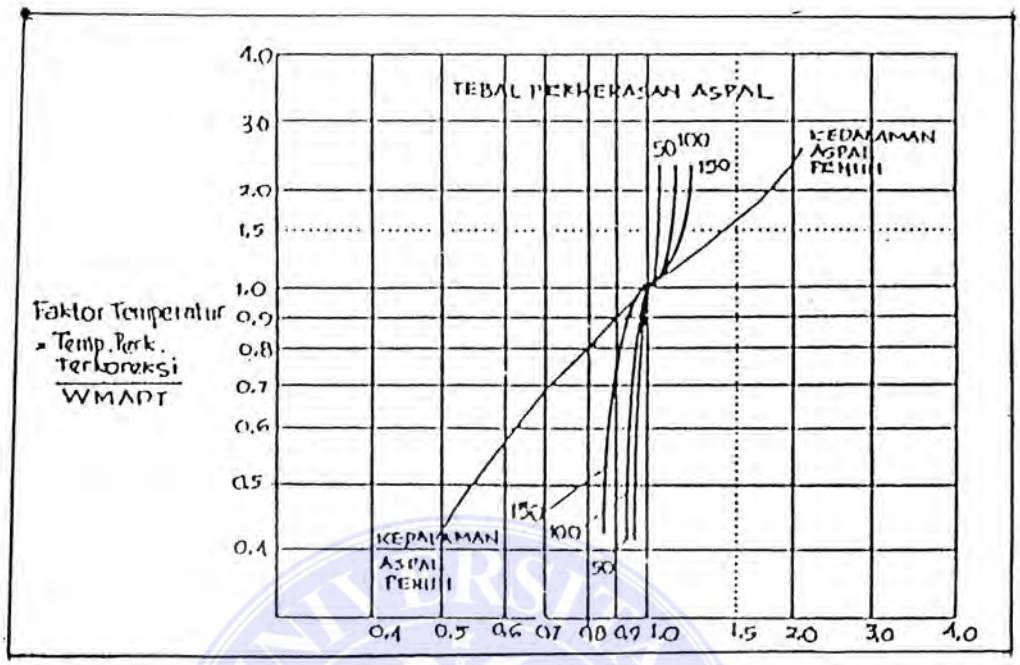
2.4.4 Karakteristik Lendutan dan Karakteristik Fungsi Kurva

Pada metoda ini keseragaman bagian-bagian perkerasan betul-betul dipertimbangkan untuk perkerasan yang mempunyai lendutan dan mempunyai koefisien variasi 0,25 atau kurang (dengan standar deviasi). Karakteristik lendutan (CD) dari suatu penampang perkerasan dihitung dari tes lendutan dan hasilnya sama dengan rata-rata lendutan **u** ditambah waktu dari standar deviasi **s**. Dalam persamaannya menjadi :

$$\mathbf{CD = \mu + f.s}$$

Dimana f dipilih untuk mendapatkan **CD.** Hal ini sehubungan dengan ketentuan yang disyaratkan dalam rehabilitasi. Nilai **f** yang telah direkomendasikan diberikan dalam tabel 2.3 yang telah disesuaikan. Hal ini perlu disadari sebab lebar jalan yang berbeda akan mempunyai nilai yang berbeda pula. Karakteristik kurva dari suatu benteng jalan adalah sama dengan rata-rata dari test fungsi kurva. Karakteristik lendutan (CD) dan Karakteristik Fungsi Kurva (CC) ini kemudian dikoreksi terhadap temperatur perkerasan dengan dibagi oleh faktor koreksi temperatur (dari ft tebal dan jenis perkerasan pada Gambar 2.14).

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.14
Grafik Koreksi Temperatur Metoda NAASRA
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

Tabel 2.3
Nilai f (untuk defenisi kelas jalan, lihat lampiran)
Rekomendasi Untuk Nilai f
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Road Pavents ".

Jenis kelas Jalan NAASRA	F	% dari seluruh lendutan yang akan disesuaikan untuk karakteristik Lendutan (CD)
1 and 6	2.00	97.5
2,7,8 and 9	1.65	95
3, 4 and 5	1.30	90

2.4.5 Desain Lendutan dan Desain Fungsi Kurva

Desain lalu lintas digunakan mengevaluasi perkerasan yang ada dan untuk lapis tambahan sebagai dasar perhitungan untuk perioda desain yaitu sejak dilakukan rehabilitasi atau pengukuran hingga perkerasan diperlukan kembali perbaikan. Selain itu terdapat pula hubungan antar desain lalu lintas dengan desain lendutan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Terdapat sebuah hubungan antara desain lendutan dengan besarnya pembebanan lalu lintas seperti pada gambar 2.15 kurva 1 mengontrol perubahan deformasi permanen pada perkerasan dan tanah dasar dapat digunakan untuk seluruh perkerasan apapun jenisnya permukaannya seperti karakteristik kelelahan permukaan aspal dengan yang dapat diketahui dari kurva. Kurva 2 digunakan untuk batas keretakan perkerasan dengan bahan semen.

Juga terdapat hubungan antara kurva desain beban lalu lintas seperti pada gambar 2.16. Jadi dari gambar 2.15 dan gambar 2.16 akan diperoleh besarnya Lendutan dan Desain Fungsi Kurva.

2.4.6 Tebal Lapisan Tambahan

Pada metoda NAASRA baik lendutan maupun Fungsi Kurva masing-masing menghasilkan tebal lapis tambahan sendiri.

Untuk ketebalan lapis tambahan menggunakan deflection (lendutan), diasumsikan bahwa setiap pemberian overlay (aspal overlay) setebal 25 mm, maka lendutannya akan terekdusi sebesar 10 % (kumulatif pada WMAPT 20^0 C tapi NAASRA menggunakan standar WMAPT 25^0 C, sehingga untuk mereduksi 10 % lendutan diperlukan ketebalan overlay lebih besar dari 25 mm. Jika dibuat grafiknya maka akan seperti Gambar 2.19. Ketebalan lapisan tambahan didapat dengan cara menghubungkan antara lendutan karakteristik (CD) yang didapat dari data lendutan dan dari desain lendutan karakteristik yang membentuk suatu titik koordinat pada kurva tebal lapis tambahan. Bila digunakan overlay bukan aspal melainkan granual,

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

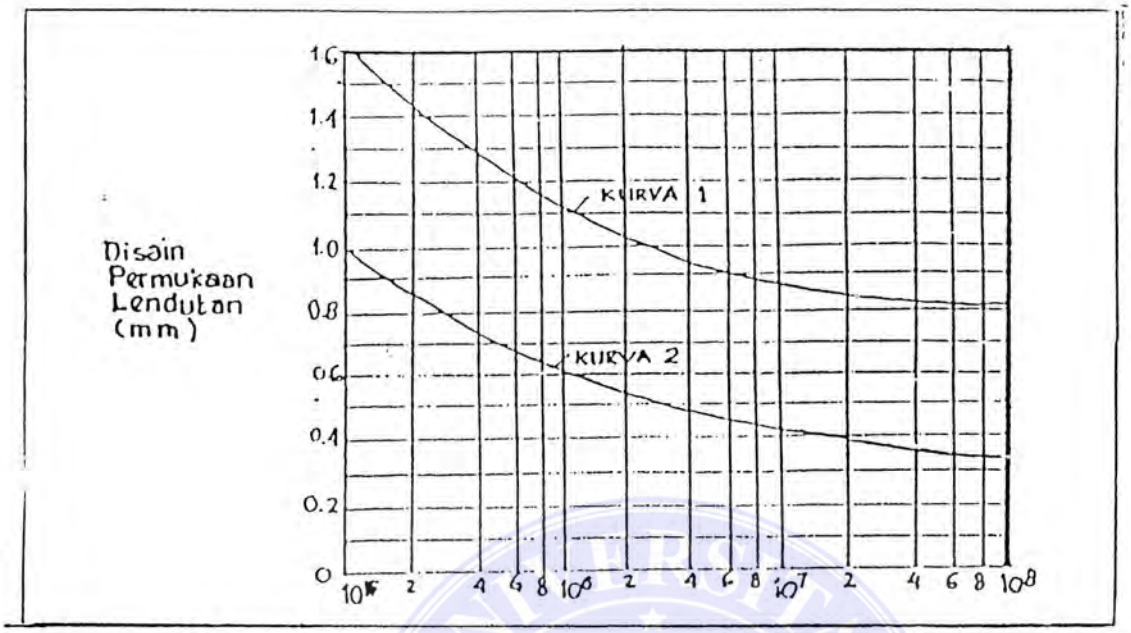
digunakan gambar 2.18 yang tentu saja mengenai persentase reduksi lendutan akibat overlay tidak sama dengan yang menggunakan overlay aspal.

Sedangkan untuk penentuan tebal lapis overlay menggunakan Fungsi Kurva (Curvature Function), setiap overlay aspal setebal 25 mm, Fungsi kurva akan tereduksi sebesar 20 % pada WMAPT 20^0 C. Grafik untuk menentukan tebal lapis perkerasan (pada WMAPT 25^0) adalah seperti pada gambar 2.20. Ketebalan lapisan tambahan didapat dengan menghubungkan fungsi kurva dari data lapangan dengan fungsi kurva dari desain yang membentuk suatu titik koordinat pada kurva tebal lapis tambahan.

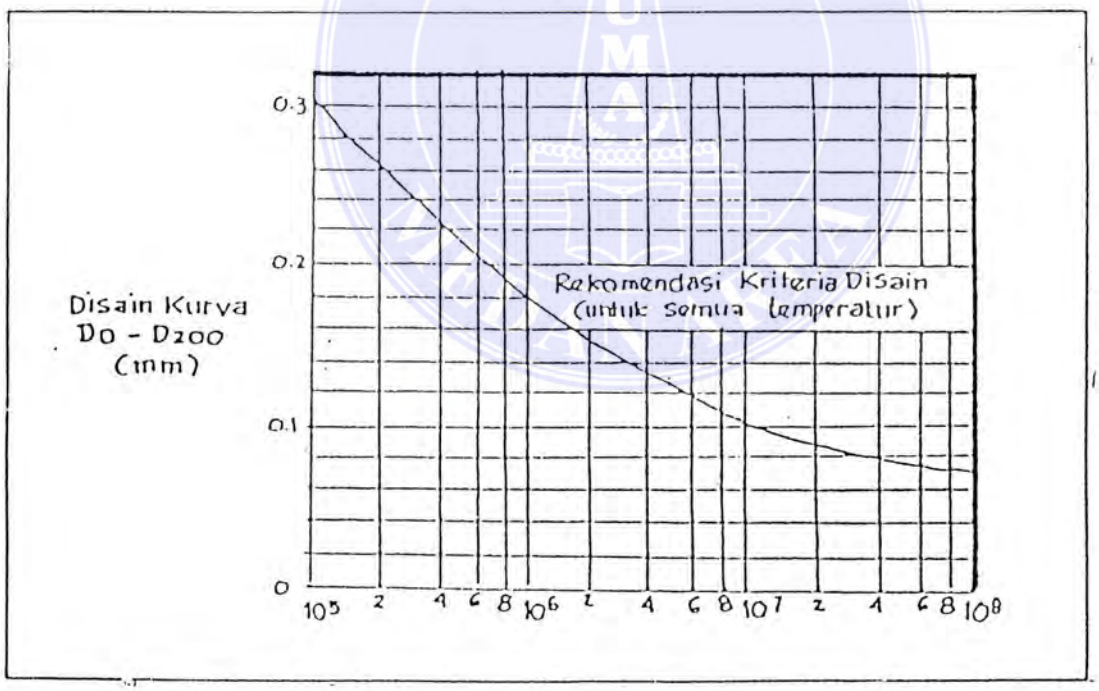
Perencanaan tebal overlay dengan lendutan karakteistik (Characteristic deflection) metoda NAASRA diatas adalah untuk kondisi dimana WMAPT standar 25^0 C. Diperlukan koreksi terhadap temperatur untuk daerah yang WMAPT-nya lebih tinggi atau kurang dari 25^0 C. Pada daerah yang WMAPT-nya lebih tinggi dari 25^0 C diperlukan koreksi, karena ketebalan overlay aspal yang diperoleh akan mereduksi lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan tebal overlay aspal yang sama pada WMAPT 25^0 C. Pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur standar kekakuan aspal menurun, hal ini berakibat tebal overlay yang diperlukan sebenarnya menjadi lebih besar dari yang didapatkan. Untuk itu diperlukan faktor koreksi WMAPT (diperoleh dari Gambar 2.20). Sebaliknya pada daerah yang WMAPT-nya lebih rendah dari 25^0 C tebal overlay yang diperlukan akan menjadi lebih kecil (karena aspal akan lebih kaku). Hal ini dikoreksi dengan faktor WMAPT pada grafik yang sama (gambar 2.21). Sedangkan tebal overlay yang diperoleh dari Fungsi Kurva (berdasarkan fatigue life) tidak diperlukan koreksi terhadap WMAPT.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



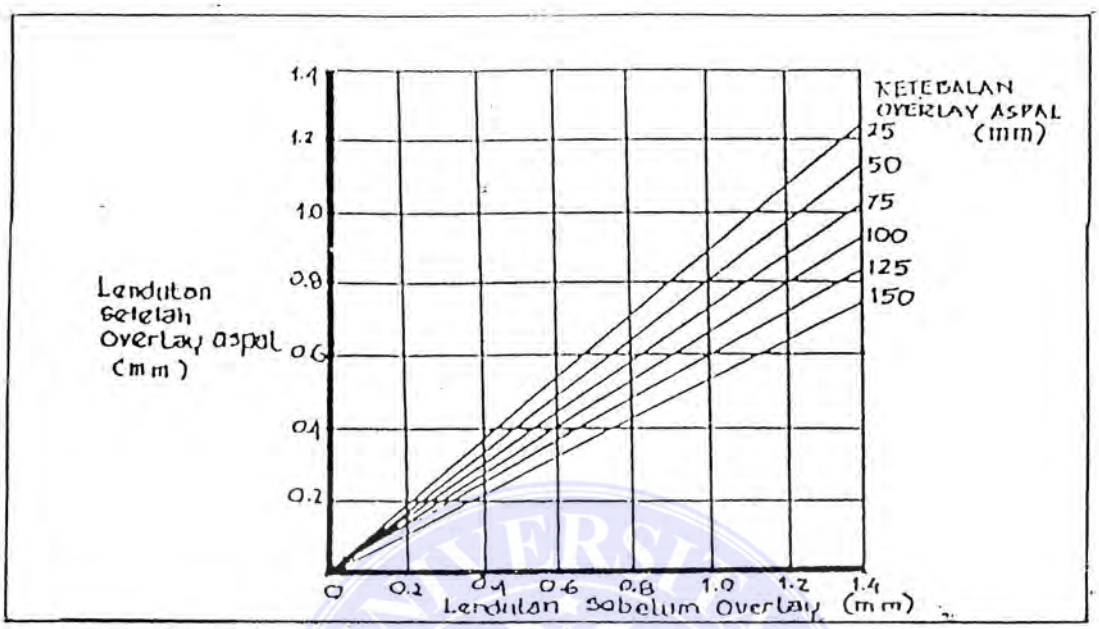
Gambar 2.15
Garfik Lendutan Desain



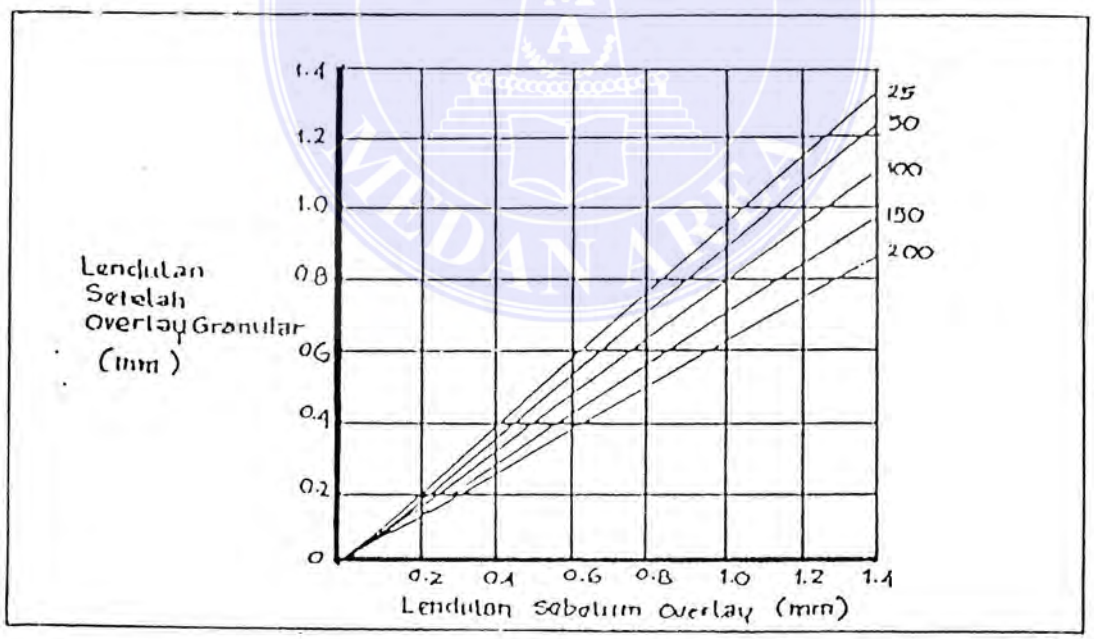
Gambar 2.16
Grafik Kurva $D_0 - D_{200}$
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



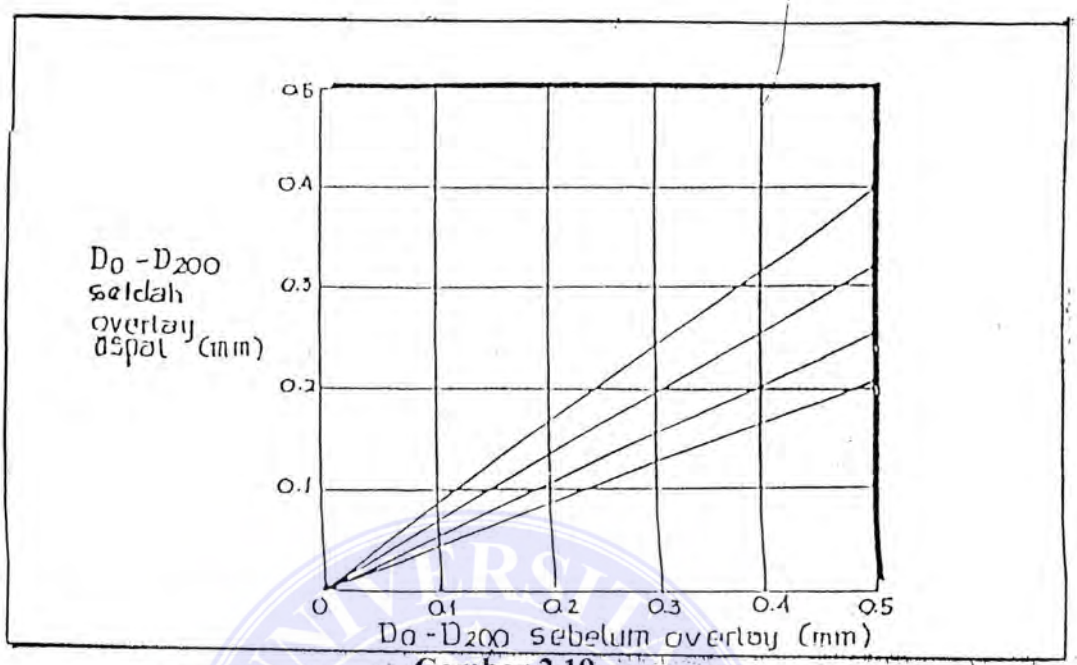
Gambar 2.17
Grafik Tebal Overlay (Aspal) Terhadap Lendutan



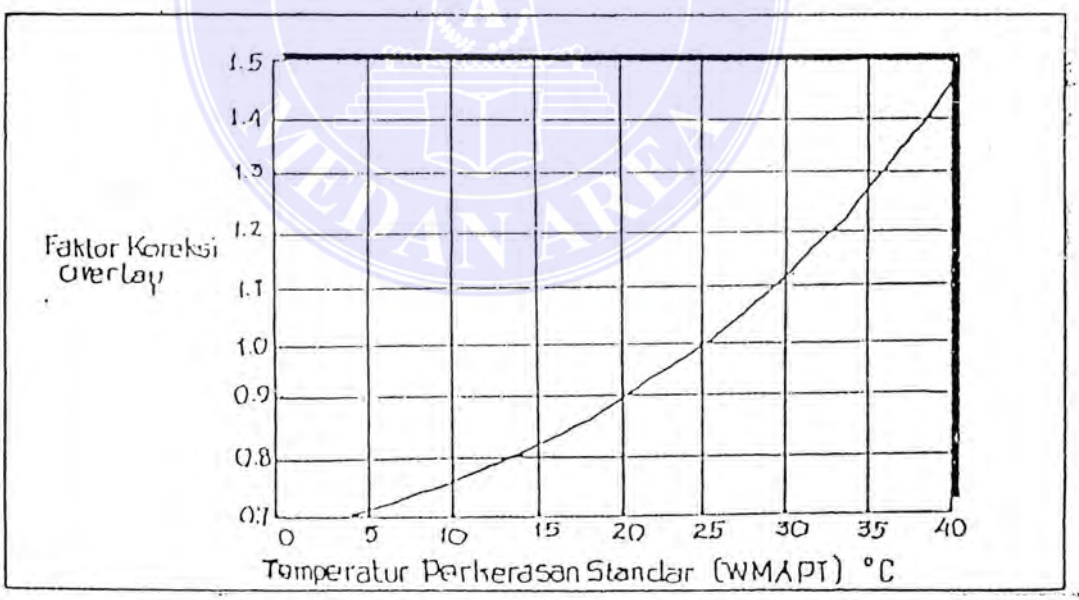
Gambar2.18
Grafik Tebal Overlay (Granual) Terhadap Lendutan
Sumber : AAASHTO 1987 " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23



Gambar 2.19
Grafik Tebal Overlay Terhadap Kurva $D_0 - D_{200}$



Gambar 2.20
Grafik Faktor Koreksi WMAPT
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2.4.7 Prosedur Perencanaan Overlay

Bagan Air dari prosedur perhitungan tebal lapis perkerasan tambahan dengan metoda NAASRA terdapat dalam gambar 2.21 dengan penjelasan sebagai berikut :

A. Melakukan pengukuran dengan menggunakan alat Benkelmen Beam untuk mendapatkan data lendutan pada setiap titik yang akan diamati. Data yang didapat merupakan data lapangan pertitik pengamatan yang belum dikoreksi. Data tersebut digunakan untuk menghitung Karakteristik Lendutan (CD) dan Karakteristik Kurva (CC).

B. Mengkoreksi data CD dan CC pada tahap A dengan suatu penyesuaian temperatur. Faktor penyesuaian temperatur yang mempengaruhi adalah :

- Temperatur perkerasan bila perkerasan yang ada mempunyai lapisan permukaan aspal
- Weight Mean Annual Temperature (WMAPT)
- Ketebalan lapisan perkerasan aspal yang ada
- Dari ketiga varibel yang ada faktor penyesuaian temperatur diatas akan didapatkan faktor lendutan / faktor penyesuaian kurva.

C. Untuk menentukan lendutan dan kurva desain diperlukan masukan estimasi desain pembebanan lalu lintas dan data komposisi perkerasan yang ada. Seperti terlihat pada gambar 2.15 dan gambar 2.16.

D. Pengecekan hasil yang didapat CD dari tahap B dan lendutan desain yang didapat dari tahap C. Bila CD lebih besar dari lendutan desain maka proses berlanjut pada tahap E dan F.

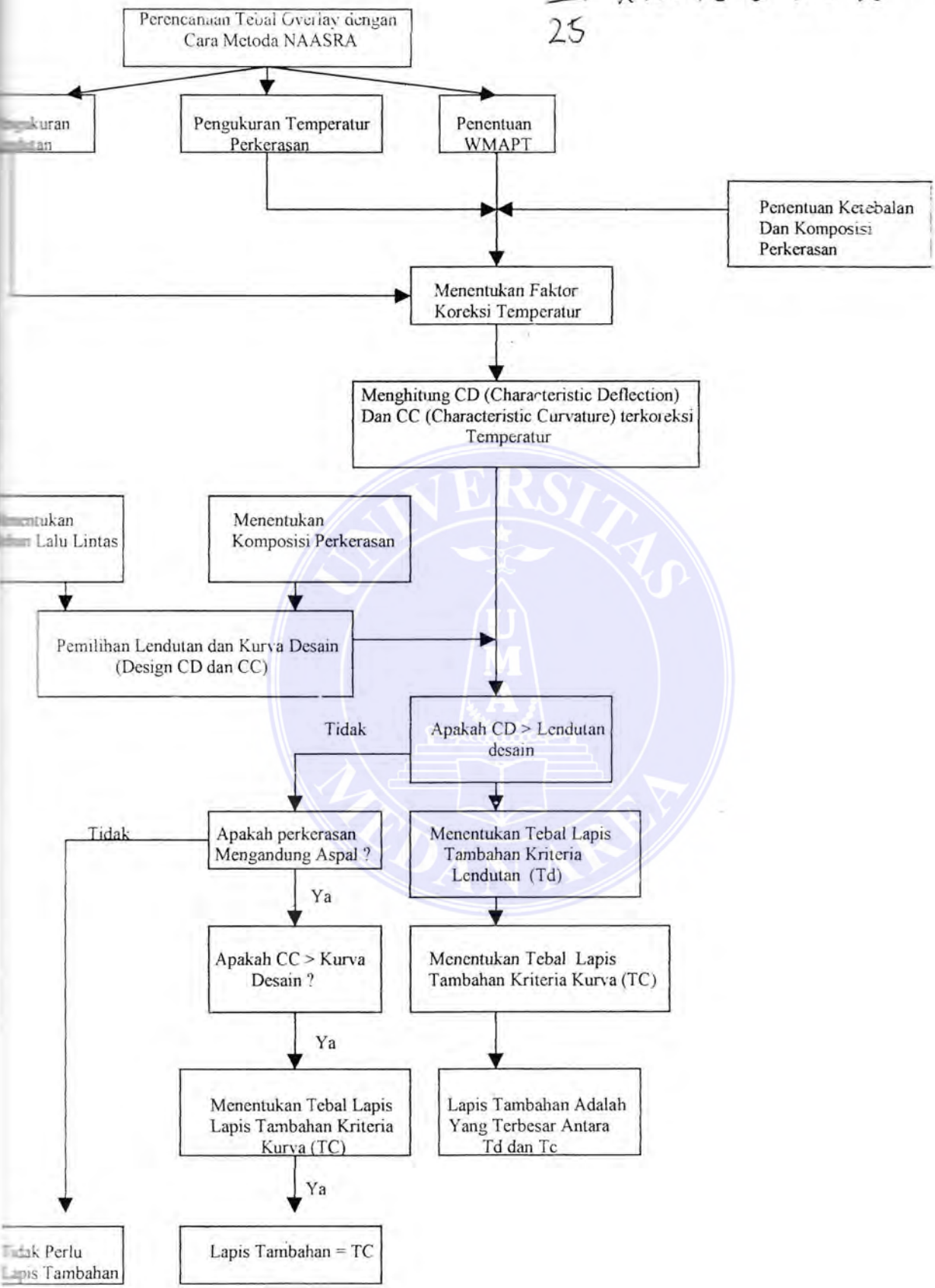
UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

E. Prediksikan ketebalan lapis tambahan yang sesuai dengan kriteria lendutan (gambar 2.18) dan kriteria kurva (gambar 2.10). Tebal yang diperoleh dari kriteria lendutan dikali dengan koreksi WMAPT (gambar 2.20)

F. Untuk metoda ini akan dihasilkan dua nilai tebal overlay yaitu yang berdasarkan lendutan maksimum (mengacu kepada kerusakan perkerasan karena deformasi permanen) (Td) dan yang berdasarkan curvature function (mengacu pada kerusakan perkerasan karena fatigue) (Tc). Lapis tambahan yang diperlukan adalah yang paling besar diantara Td dan Tc.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

$\frac{5}{25} \times 100\% = 20\%$



Gambar 2.21
Prosedur Perencanaan Overlay NAASRA

Sumber : NAASRA 1987 "Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements"

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Penggunaan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB III

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK METODA BINA MARGA DENGAN METODA NAASRA

Untuk membandingkan Metoda Bina Marga dan Metoda NAASRA dalam medesain lapis perkerasaan tambahan, akan dilakukan dua macam perbandingan, yaitu perbandingan karakteristik dan perbandingan analitis.

Dalam perbandingan karakteristik, dibandingkan dan dibahas perbedaan dan persamaan dari karakteristik kedua metoda. Sedangkan dalam perbandingan analitis akan dibahas dari hasil contoh kasus dengan data yang sama pada BAB IV.

3.1. Persamaan Karakteristik

Prosedur umum metoda perencanaan lapis perkerasaan tambahan untuk kedua metoda ini kurang lebih sama yaitu dari :

- Evaluasi umum metoda perencanaan (Eksisting). Untuk Metoda Bina Marga dan NAASRA digunakan metoda evaluasi perkerasaan " non-destruktif " yaitu dengan test lendutan menggunakan alat Benkelman Beam.
- Pertimbangan terhadap beban lalu lintas dan lingkungan yang didasarkan pada periode desainnya.
- Penentuan kebutuhan perkerasaan (eksisting) akan kekuatan tambahan untuk memenuhi waktu layannya.

Bila prosedur tersebut agak dipersempit maka akan diperoleh elemen (yang kurang lebih masih sama Metoda Bina Marga dan NAARA) adalah sebagai berikut :

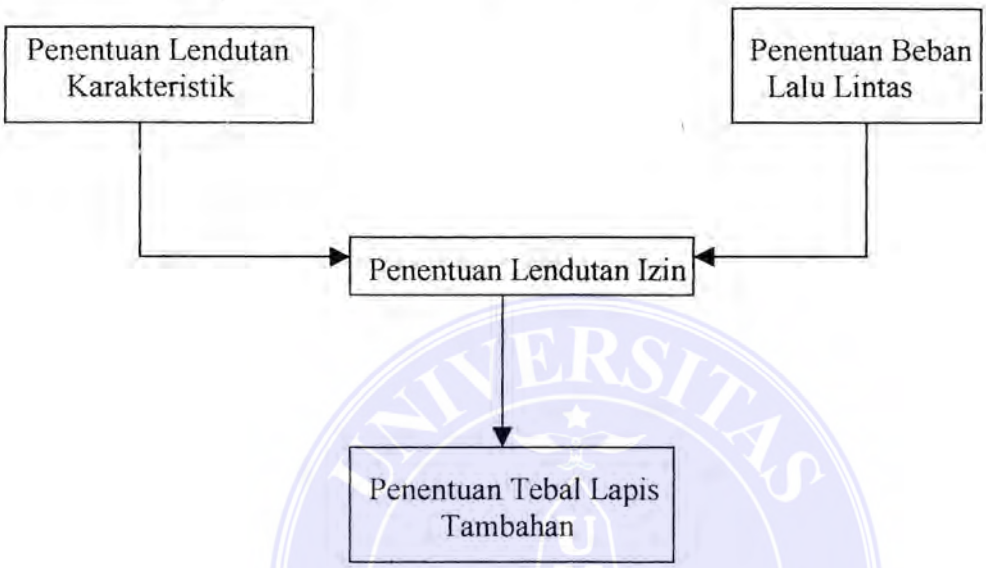
- Penentuan Lendutan Karakteristik

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

- Penentuan Beban lalu Lintas
- Penentuan Lendutan Izin

Dengan hubungan seperti yang ditujukan dalam Gambar 3.1 :



Gambar 3.1
Prosedur Umum Desain Overlay
Sumber : NAASRA 1987, " Pavement Design A Guide to the Structural Design of Road Pavements ".

3.2 Perbedaan karakteristik

Beberapa hal yang akan ditinjau dalam masing-masing metoda perencanaan overlay untuk kemudian dilihat perbedaannya untuk :

1. Data dan perhitungan lendutan.
2. Data dan faktor koreksi temperatur beserta faktor lingkungan lain.
3. Penentuan tebal lapis perkerasan tambahan

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

Perbedaan seperti yang terlihat dalam tabel berikut :

Tabel 3.1

Perbedaan Karakteristik Metoda Bina Marga dan NAASRA

No.	Metoda Bina Marga	Metoda NAASRA
1	Data Minimal dua lendutan pada masing-masing titik	Data Minimal tiga lendutan pada masing-masing titik
2	a. Koreksi (temperatur dan lingkungan) dilakukan pertitik	Koreksi (temperatur dan lingkungan)tidak dilakukan pertitik
	b. Koreksi lingkungan dibakukan dalam prosedur perhitungan	Koreksi lingkungan tidak dibakukan dengan prosedur perhitungan
	c. Temperatur standar perencanaan sama untuk lokasi di Indonesia	Temperatur standar perencanaan tidak sama untuk semua lokasi
3	Hubungan tebal lapis overlay dan lendutan tidak linear	Hubungan tebal lapis overlay dan lendutan linier

3.2.1 Data dan Perhitungan Lendutan

Pada Metoda Bina Marga digunakan data lendutan hasil test menggunakan alat benkelman Beam. Data lendutan menimal yang diperlukan untuk metoda Bina Marga dari masing-masing titik pengamatan adalah :

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

- Lendutan Awal (d_1)

  Lendutan yang terbaca pada alat Benkelman Beam ketika roda berada pada posisi tumit belakang alat Benkelman Beam, biasanya pembacaan lendutan awal ini dinolkan.

- Lendutan Akhir (d_3)

  Yaitu ketika beban (roda truk)berada sejauh 0,6 meter dari titik awal. Sedangkan untuk Metoda NAASRA juga digunakan data lendutan dari test Benkelman Beam metoda Lendutan Balik (Rebound Deflection) dengan data lendutan minimal yang diperlukan dari masing-masing titik pengamatan sejumlah tiga lendutan :

  1. Lendutan Awal
  2. Lendutan Antara
  3. Lendutan Akhir

Pada metoda NAASRA lendutan Antaranya adalah lendutan ketika roda truk berjalan 200 mm (0,2 meter) dari tumit alat Benkelman Beam, dimana data Lendutan Antara (bersama dengan Lendutan Awal) ini digunakan untuk menghitung nilai Curvature Function ($D_0 - D_{200}$).

3.2.2 Data dan Faktor Koreksi Temperatur Beserta Faktor Lingkungan Lainnya Terhadap Lendutan

Metoda Bina Marga menggunakan suhu perkerasan standar 35 ^{0} C untuk semua lokasi di Indonesia. Artinya lendutan yang didapat dari hasil pengukuran akan dikoreksi terhadap suhu standar tersebut. NAASRA tidak memberikan suhu standar perkerasan yang sama untuk semua lokasi, mengingat daerah aplikasi NAASRA

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Document Accepted 15/12/23
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

(Austaralia) yang begitu luas dengan iklim yang beragam. Sedangkan suhu standar perkerasan karakteristik temperatur udara dan iklimnya.

Temperatur perkerasan standar untuk masing-masing lokasi disebut WMAPT (Weight Mean Annual Pavement Temperature). Untuk Austaralia sudah dilakukan perhitungan WMAPT untuk beberapa lokasi (kota) dan lokasi lain yang tidak diketahui WMAPT-nya menggunakan WMAPT daerah / kota terdekat. Untuk daerah lain (diluar Australia) yang belum diketahui WMAPT-nya dapat diturunkan dengan cara yang sama dengan yang telah dilakukan di Australia.

Faktor lingkungan lainnya seperti muka air tanah, keadaan drainase dan lain-lain, dalam Metoda Bina Marga diperhitungkan secara langsung dan menghasilkan faktor koreksi untuk lendutan (C). Besarnya C tergantung pada saat dilakukan test, apakah sedang musim hujan (muka air tanah tinggi) atau musim kemarau (muka air tanah rendah). Sedangkan pada metoda NAASRA faktor-faktor lingkungan ini tidak diperhitungkan sebagai faktor koreksi yang baku, tetapi dicatat sebagi pembantu (data tambahan) dalam menginterprestasikan hasil test lendutan, atau sebagai batasan pembagian seksi-seksi (keseragaman) jalan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

3.2.3 Penetuan Tebal Lapisan Tambahan

Perkerasan aspal pada temperatur diatas 30 ^{0} C akan berada dalam kondisi kekakuan yang relatif cukup rendah. Hal ini berakibat fatigue life-nya (kelelahan selama umur pelayanan) lebih tinggi dan perkerasan menjadi lebih sensitif terhadap lendutan tetap (permanent deflection). Mengacu pada keadaan seperti itu dapat dimengerti bila desain overlay Metoda Bina Marga lebih menitik beratkan pada desain overlay dengan lendutan balik merujuk pada kerusakan perkerasan karena permanent deformasi (deformasi tetap).

Sedangkan Metoda NAASRA aplikasi untuk daerah dengan iklim yang beragam, sehingga untuk metoda ini tidak bisa desain overlaynya dititik beratkan pada Lendutan Balik saja. Karena untuk daerah dingin (dalam hal ini Australia bagian selatan) kelakuan perkerasaan aspal akan tinggi, sehingga perkerasaan aspal tersebut lebih sensitif terhadap kerusakan karena fatigue (kelelahan). Artinya perencanaan overlay-nya pun akan lebih didasarkan pada Curvate function (fungsi kuva). Maka itu Metoda NAASRA memberikan perhatian yang sama antara desain overlay menggunakan Characteristic Deflectio (Karakteristik Lendutan) dan Curvature Function (Fungsi Kurva).

Dalam perolehan kebutuhan tebal overlay dengan menggunakan grafik hubungan antara lendutan sebelum overlay vs lendutan sesudah overlay. Metoda NAASRA menggunakan grafik yang hubungannya linier, dengan anggapan setiap 25 mm overlay akan mereduksi 10 % lendutan balik (atau mereduksi 20 % curvate function). Sedangkan Bina Marga menggunakan grafik yang hubungannya non linear. Sehingga bila dibandingkan kedua metoda Bina Marga akan menghasilkan tebal

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

overlay yang lebih besar dari hasil yang didapatkan dengan menggunakan Metoda NAASRA sampai nilai tertentu. Selanjutnya, untuk lebih jelas dapat dilihat perbedaan antara Gambar 2.17 (Metoda NAASRA) dan Gambar 2.11 (Metoda Bina Marga).

NAASRA menggunakan temperatur perkerasan standar (WMAPT untuk memperoleh tebal overlaynya sebesar 25^{0}, karena itu bagi daerah yang WMAPT-nya lebih rendah atau lebih tinggi, hasil perolehan tebal overlay dari lendutan balik menggunakan Metoda NAASRA yang didapatkan harus dikoreksi terhadap WMAPT standar tersebut.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Overlay dilakukan pada saat lapisan perkerasan mengalami penurunan kekuatan serta untuk melindungi struktur selama periode desain. Perencanaan lapisan tambahan (overlay) merupakan ketebalan dari lapisan aspal atau butir yang akan dilapisi perkerasan yang ada.

Tebal lapisan kedua cara yaitu metode NAASRA mempunyai tebal lapisan yang ditentukan 25 mm, sedangkan untuk metode Bina Marga tidak ditentukan melainkan dilakukan survey dilapangan. Untuk metode Bina Marga Tebal Overlay lebih kecil dari NAASRA (< 25 mm).

Dari pembahasan yang telah dilakukan untuk kedua metoda dapat disimpulkan berdasarkan pengamatan :

1. Dari contoh hasil perhitungan tampak secara umum Metoda NAASRA memberikan tebal lapis overlay yang lebih besar dari perhitungan Metoda Bina Marga. Hal ini terjadi karena perbedaan sifat karakteristik dari masing-masing metoda dalam mengambil suatu harga sehubungan dengan masukan data yang diperoleh. Selain itu faktor koreksi dalam menyesuaikan kondisi yang ada dengan kondisi dalam menyesuaikan kondisi yang ada dengan kondisi standar grafik yang digunakan, memberikan juga hasil yang cukup besar terhadap kedua metoda yang dibandingkan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

2. Tebal lapis tambahan Metoda Bina Marga dan Metoda NAASRA dipengaruhi oleh :
   - Jumlah beban lalu lintas selama umur rencana
   - Tebal perkerasan eksisting
   - Jenis jalan
   - Besar temperatur pengukuran dan temperatur standar
3. Pada metoda NAASRA pengaruh temperatur standar mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tebal lapisan tambahan, sedangkan pada metoda Bina Marga pengaruh perubahan temperatur standar tidak dapat dianalisa karena metoda yang ada tidak memberikan alternatif pemakaian temperatur standar selain 35^{0} C.
4. Metoda Bina Marga mempunyai kelebihan yaitu pengaruh kondisi lingkungan (dalam hal ini kondisi air tanah = C) sudah diperhitungkan secara langsung dan sangat tepat untuk daerah tropis karena temperatur perkerasan rata-ratanya tinggi. Sedangkan Metoda NAASRA faktor pengaruh lingkungan tidak lingkungan tidak dijelaskan secar tuntas dalam proses perhitungannya dan bila diaplikasikan didaerah panas akan menghasilkan tebal overlay yang cukup besar.
5. Kekurangan dari Metoda Bina Marga yaitu dalam proses desain overlaynya tidak memperhitungkan kelelahan bahan perkerasan dan tidak dapat diaplikasikan pada daerah temperatur sedang dan minimum. Sedangkan untuk metoda NAASRA memperhitungkan kelelahan bahan perkerasan dan sangat cocok untuk daerah beriklim sedang dan dingin dan dapat pula diaplikasikan untuk daerah panas.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

5.2 SARAN

- Perlu adanya pembahasan berikutnya dalam hal ini study lain yang mengamati tentang masalah kelelahan bahan terhadap tebal lapisan tambahan pada kedua metoda untuk dibandingkan hasilnya. Dengan demikian diharapkan akan menambah penilaian terhadap masalah ini.
- Perbandingan kedua metoda untuk selanjutnya lebih lengkap terhadap fokus yang ditinjau untuk menghasilkan nilai atau perbedaan yang lebih terperinci lagi agar hasil yang didapat nanti dapat mengefisienkan tebal overlay dilapangan.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, " Pelaksanaan Pembangunan Jalan (Highway) Engineering" Lestari Jakarta, Oktober 1979
- Departemen Pekerjaan Umum, " Manual Pemeriksaan Jalan Dengan Alat bengkelman Beam", No.01/MANAJER/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983
- Departemen Pekerjaan Umum, " manual Pemeliharaan Jalan " , No. 03/MANAJER/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga , 1983.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Central Quality Control & Monitoring Unit, " Manual Supervisi Lapangan Untuk Pengendalian Mutu Pada Kontrak Pemeliharaan Peningkatan Jalan, Agustus 1988.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, " Peraturan Pelaksanaan Jalan Raya ", Tahun 1988/1989.
- Gary Hicks, R Oglesby. H. Curkson, " Teknik Jalan Raya", Edisi ke empat Jilid 2
- National Association of Australian State Road Authorithies, " Pavements Design : A guide to the Structural Design of Road Pavements", National Association State Road Authorites , 1987.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
---
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Document Accepted 15/12/23
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23