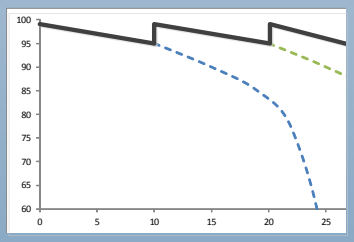
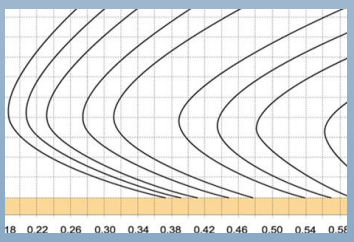
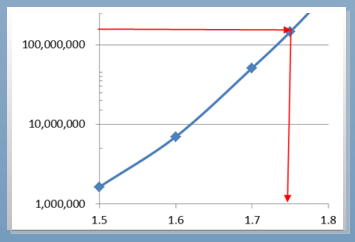
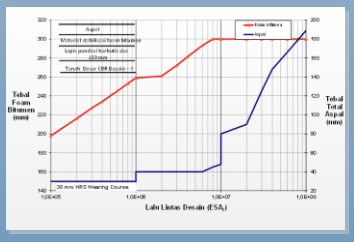
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN

Nomor 02/M/BM/2013





Note : Pembaharuan dan dukungan sesama untuk manual ini akan diterbitkan secara periodik. Pengguna publikasi ini harus melakukan registrasi untuk menerima pembaharuan dan dukungan sarana yang dimaksud dengan mengirimkan email ke : juliaag@gmail.com

KATA PENGANTAR

Dalam Rencana Strategis Jangka Menengah, Indonesia ditargetkan menjadi negara dengan pendapatan per kapita 14.250-15.500 USD atau salah satu negara dengan pendapatan tinggi pada tahun 2025. Untuk mencapai hal ini, infrastruktur jalan harus dikembangkan dan dipelihara untuk menjamin tidak adanya hambatan dalam pergerakan barang dan orang yang kemudian mengarah pada pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Salah satu langkah strategis Ditjen Bina Marga adalah dengan mengembangkan dan meningkatkan pendekatan perencanaan dan desain untuk mengakomodasi tantangan – tantangan terkait isu kinerja aset jalan.

Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia telah diakomodasi dalam manual ini : beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak. Dalam manual ini dideskripsikan pendekatan dengan desain mekanistik, prosedur pendukung empiris, dan solusi berdasarkan chart yang mengakomodasi keempat tantangan tersebut secara komprehensif. Peran dari tenaga perencana (desainer) tetap kritis : kondisi lapangan harus diidentifikasikan secara benar dan dimasukkan dalam proses desain, desain harus cukup praktis untuk dilaksanakan, dapat dipercaya, dan tepat biaya. Pedoman desain perkerasan yang ada : Pd T-01-2002-B, Pd T-14-2003, Pd T-05-2005 dan Pedoman No.002/P/BM/2011 tetap valid namun solusi desain harus konsisten dengan semua persyaratan dalam manual ini, terutama yang terkait dengan umur rencana, beban berlebih, faktor kerusakan, dan desain pondasi jalan. Semua desain yang diusulkan harus memenuhi persyaratan dalam manual ini.

Tantangan ke lima : mutu konstruksi, harus ditingkatkan dengan peningkatan profesionalisme industri konstruksi jalan.

Peningkatan komprehensif dalam kinerja aset jalan mengharuskan ke lima tantangan tersebut teratasi. Manual Desain Perkerasan ini mewakili salah satu langkah – langkah penting dalam peningkatan manajemen dan kinerja aset jalan.

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA
Ir. Djoko Murjanto, M.Sc

Juli 2013

Tim Penyusun dan Review

Tim Review:

Dr.Ir.Hedy Rahadian, MSc

Ir. Effendi Radia, MT

Julia Augustine, ST, MT

Dr.Ir. Djunaedi Kosasih, MSc, PhD

Prof.Dr.Ir. Bambang Sugeng, DEA

Dr. Ir. Seigfried, MSc

Ir. Soehartono Irawan, MSc

Edward James

Indii 209.01 Authors

Edward James

Geoffrey Jameson

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN

Bagian I
Struktur Perkerasan Baru

Bagian I
Struktur Perkerasan Baru

DAFTAR ISI

1 PENDAHULUAN 1

1.1 Ruang Lingkup 1
1.2 Kebijakan desain 1
1.3 Jenis Struktur Perkerasan 3
1.4 Acuan 4
1.5 Istilah dan Definisi 5
1.6 Simbol dan Singkatan 6

2 UMUR RENCANA 9

3 PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN 11

3.1 Sumber Daya Lokal dan Nilai Pekerjaan 11
3.2 AC dengan Cement Treated Base (CTB) 12
3.3 AC dengan Lapis Pondasi Berbutir 12
3.4 AC dengan Aspal Modifikasi 12
3.5 Lapis Aus Tipe SMA 12
3.6 Lapis Pondasi dengan Aspal Modifikasi 12
3.7 Perkerasan Kaku 13
3.8 Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah 13
3.9 Perkerasan Tanpa Penutup (Jalan Kerikil) 13
3.10 Pelebaran Jalan dan Penambalan (Heavy Patching) 13
3.11 Gambut 14
3.12 Pelaburan (Surface Dressing) diatas Lapis Pondasi Berbutir 14
3.13 AC-WC HRS-WC tebal ≤50 mm diatas Lapis Pondasi Berbutir 14
3.14 Lapis Pondasi Soil Cement 14

4 LALU LINTAS 15

4.1 Analisis Volume Lalu Lintas 15
4.2 Jenis Kendaraan 15
4.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas 15
4.4 Pengaruh Alihan Lalu Lintas (Traffic Diversion) 16
4.5 Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur 16
4.6 Perkiraan Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) 16
4.7 Pengendalian Beban Sumbu 17
4.8 Beban Sumbu Standar 17

4.9 Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan niaga 17
4.10 Beban Sumbu Standar Kumulatif 17
4.11 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah 17

5 *TRAFFIC MULTIPLIER* – LAPISAN ASPAL 20

6 ZONA IKLIM 23

7 MODULUS BAHAN 25

7.1 Aspal Modifikasi dan Inovasi Material Lainnya 26
7.2 Koreksi Temperatur 26

8 DRAINASE BAWAH PERMUKAAN 29

9 DESAIN PONDASI JALAN 33

9.1 Pendahuluan 33
9.2 Umur Rencana Pondasi jalan 34
9.3 Outline Prosedur desain Pondasi jalan 34
9.3.1 Metode A untuk tanah normal 35
9.3.2 Metode B untuk tanah aluvial jenuh 35
9.3.3 Metode C untuk tanah alluvial kering 35
9.4 Pondasi Jalan untuk Tanah Ekspansif 40
9.5 Penanganan Tanah Gambut 40
9.6 Survei Lapangan, Pengujian dan Analisis Material Tanah Dasar 41
9.6.1 CBR Karakteristik 41
9.6.2 Penentuan Segmen Tanah Dasar Seragam 41
9.6.3 Alternatif Pengukuran Daya Dukung 42
9.6.4 CBR Ekivalen untuk Tanah Dasar Normal untuk Perkerasan Kaku 43
9.7 Perbaikan Tanah Dasar dengan Stabilisasi 43
9.8 Formasi Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir 44

10 TANAH DASAR LUNAK 45

10.1 Umum 45
10.2 Pemilihan Penanganan Pondasi Tanah Lunak 45
10.3 Lapis Penopang 46
10.4 Pondasi Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak 47
10.4.1 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar 47
10.4.2 Deformasi Plastis Tanah Dasar akibat Beban Dinamis 48
10.5 Penurunan (Settlement) terkait Kegagalan pada Tanah Lunak 49
10.5.1 Kasus Umum Perbedaan Penurunan 51
10.5.2 Total Settlement pada Oprit Jembatan dan Bersebelahan dengan Struktur Tertanam 53

10.6 Waktu Pra-Pembebanan pada Tanah Lunak 53
10.7 Tinggi Minimum Timbunan untuk Mendukung Perkerasan Kaku diatas Tanah Lunak Tanpa Perbaikan 53

11 DESAIN PERKERASAN 57

11.1 Struktur Perkerasan 57

12 MASALAH PELAKSANAAN YANG MEMPENGARUHI DESAIN 65

12.1 Ketebalan Lapis Perkerasan 65
12.2 Daya Dukung Tepi Perkerasan 65
12.3 Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Boxed Construction) 66
12.4 Pengaruh Musim Hujan 67
12.5 Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas 67
12.6 Lokasi Sambungan 67
12.7 Kemampuan Kontraktor 67

13 PROSEDUR DESAIN 69

13.1 Perkerasan Lentur 69
13.2 Perkerasan Kaku 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) 9
Tabel 3.1 Pemilihan Jenis Perkerasan..... 11
Tabel 4.1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain..... 15
Tabel 4.2 Faktor Distribusi Lajur (D_L)..... 16
Tabel 4.3 Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas 16
Tabel 4.4 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah 18
Tabel 4.5 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar 19
Tabel 6.1 Zona Iklim untuk Indonesia 23
Tabel 7.1 Karakteristik modulus bahan berpengikat yang digunakan untuk pengembangan bagandesain dan untuk analisis mekanistik 25
Tabel 7.2 Karakteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan bagandesaindan untuk analisis mekanistik..... 25
Tabel 7.3 Parameter Kelelahan (Fatigue) K yang digunakan untuk pengembangan bagandesain dan untuk analisis mekanistik 26
Tabel 7.4 Faktor koreksi temperatur perkerasan interim untuk tebal lapis beraspal dari desain – MAPT standar 41^0C..... 27
Tabel 8.1 Koefisien Drainase ‘m’ untuk Tebal Lapis Berbutir 31
Tabel 9.1 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar akibat Variasi Musiman..... 43
Tabel 9.2 Tinggi minimum tanah dasar diatas muka air tanah dan muka air banjir 44
Tabel 10.1 Batas-batas penurunan (*settlement*) bagi timbunan pada tanah lunak..... 50
Tabel 10.2 Estimasi waktu pra-pembebanan timbunan diatas tanah lunak..... 53
Tabel 12.1 Ketebalan Lapisan yang Diijinkan Untuk Pembatasan 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Komponen Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) 3
Gambar 1.2 Komponen Struktur Perkerasan Kaku 4
Gambar 6.1 Zona Iklim di Indonesia 23
Gambar 9.1 Bagan Alir desain Pemilihan Metode desain Pondasi jalan 37
Gambar 10.1 CBR Maksimum Tanah Dasar untuk Permukaan Tanah Lunak yang diberi Lapis Penopang..... 47
Gambar 10.2 Struktur perkerasan kaku yang digunakan dalam analisa Gambar 10.1 (kasus perkerasan kaku)..... 48
Gambar 10.3 Tinggi minimum dari permukaan akhir sampai batas deformasi plastis permukaan tanah lunak asli dibawah sambungan pelat 49
Gambar 12.1 Dukungan terhadap Tepi Perkerasan..... 66
Gambar 12.2 Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Kasus Tipikal) 67

DAFTAR BAGAN DESAIN

Bagan Desain1: Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar 38
Bagan Desain 2: Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum[3] 39
Bagan Desain 3: Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB) [1] 58
Bagan Desain 3A: Desain Perkerasan Lentur Alternatif 59
Alternate Bagan Desain 3A: Plexible Pavement Design – Asphalt with Granular Base 60
Bagan Desain 4: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Berat..... 61
Bagan Desain 5A: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Berat..... 61
Bagan Desain6: Perkerasan Berbutir dengan Lapis Aspal Tipis 62
Bagan Desain 7: Perkerasan Tanah Semen (Soil Cement) 62
Bagan Desain 8: Perkersan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Tipis 63

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat A1

LAMPIRAN B Kakulator Faktor Ekivalen Beban (VDF) untuk Kendaraan Niaga B1

LAMPIRAN C Prosedur Penggunaan Bagan Desain 7 Untuk Desain Jalan Tanpa Penutup Aspal C1

LAMPIRAN D Desain Bahu Jalan.....D1

LAMPIRAN E Saran Untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Konstruksi Perkerasan...E1

LAMPIRAN F Garis Besar Prosedur Mekanistik (General Mechanistic Procedure) Untuk Desain Perkerasan Lentur Baru Dan Rehabilitasi Perkerasan F1

1 PENDAHULUAN

1.1 Ruang Lingkup

Lingkup manual ini meliputi desainperkerasan lentur dan perkerasan kaku untuk jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi.Manual ini juga menjelaskan faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan dan ulasan mengenai pendetailan desain, drainase dan persyaratan konstruksi.

Manual ini merupakan pelengkap pedomandesain perkerasan Pd T-01-2002-B dan Pd T-14-2003, dengan penajaman pada aspek – aspek sebagai berikut:

a) Penentuan umur rencana;

b) Penerapan minimalisasi *discounted lifecycle cost*;

c) Pertimbangan kepraktisan pelaksanaan konstruksi;

d) Penggunaan material yang efisien.

Penajaman pendekatan desain yang digunakan dalam melengkapi pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B dan Pd T-14-2003, adalah pada hal – hal berikut:

a) umur rencana optimum yang ditentukan dari analisis *life cycle cost*;

b) koreksi terhadap faktor iklim yang mempengaruhi masa pelayanan perkerasan;

c) analisis beban sumbu secara menyeluruh;

d) pengaruh temperatur;

e) pengenalan struktur perkerasan *cement treated base*;

f) pengenalan prosedur rinci untuk desainpondasi jalan;

g) pertimbangan desain drainase;

h) ketentuan analisis lapisan untuk Pd T-01-2002-B;

i) penerapan pendekatan mekanistis;

j) katalogdesain.

Manual desainperkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal (berdasarkanbagandesain) yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B, dan Software desain Perencanaan Jalan Perkerasan Lentur (SDPJL) untuk desain perkerasan lentur, dan dengan Pd T-14-2003 untuk desain perkerasan kaku. Manual ini akan membantu dalam menyakinkan kecukupan struktural dan kepraktisan konstruksi untuk kondisi beban dan iklim Indonesia. Sebagai konsekuensinya saat memvalidasi kecukupan struktural, sangat penting untuk menguasai elemen kunci tertentu dari metode desain dalam manual ini.Prosedur validasi harus menggunakan ketentuan umur rencana, beban, iklim, tanah dasar lunak dan batasan kontruksi yang diuraikan dalam manual ini, dan dilakukan dengan penuh pertimbangan dan kehati-hatian. Perubahan yang dilakukan terhadap desain awal menggunakan manual ini harus dilakukan secara benar dalam hal memberikan biaya siklus umur (*life cycle cost*) terendah.

1.2 Kebijakan desain

desain yang baik harus memenuhi kriteria - kriteria sebagai berikut:

1. menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sepanjang umur pelayanan jalan;
2. merupakan *life cycle cost* yang minimum;
3. mempertimbangkan kemudahan saat pelaksanaan dan pemeliharaan;
4. menggunakan material yang efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimum mungkin;
5. mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan;
6. mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Kebijakan desain terkait dengan penggunaan manual ini adalah :

1. desainer, Tim Supervisi dan PPK harus memberlakukan kebijakan “tanpa toleransi” untuk kegiatan pelaksanaan pekerjaan jalan yang tidak sesuai. desain perkerasan harus mengasumsikan kesesuaian atau pemenuhan kualitas pelaksanaan yang ditentukan.
2. desain dan rehabilitasi perkerasanmengakomodasi beban kendaraan aktual. Pengendalian beban sumbu hanya dapat dipertimbangkan bila:
   - terdapat prosedur yang jelas untuk mengendalikan beban aktual dan jangka waktu implementasi yang telah disetujui oleh semua pemangku kepentingan;
   - telah ada tindakan awal implementasi kebijakan tersebut;
   - adanya keyakinan bahwa kebijakan ini dapat dicapai.
3. Pemilihan solusi desain perkerasan didasarkan pada analisis biaya umur pelayanan (*discounted*)termurah dan pertimbangan sumber daya konstruksi.
4. Setiap jenispekerjaan konstruksi baru, peningkatan dan rehabilitasi harus menyediakan bangunan drainase permukaan dan bawah permukaan yang dibutuhkan.
5. Lapisan pondasi berbutir untuk jalan nasional dan jalan propinsi harus dapat terdrainase baik dengan bahu jalan *full depth* dengan drainase dari badan jalan atau dengan drainase bawah permukaan yang berlokasi pada bagian tepi perkerasan.
6. Bahu berpenutup harus disiapkan jika :
   - Gradien jalan lebih dari 4% (potensial terhadap gerusan)
   - Pada area perkotaan
   - Bersampingan dengan garis kerb
   - Jalan dengan lalu lintas berat dengan proporsi kendaraan roda dua cukup tinggi.

   Bahu berpenutup harus didesain untuk menyediakan paling tidak umur pelayanan 10% atau sama dengan perkerasan tergantung pada penggunaan yang diharapkan.
7. Sistem drainase permukaan komprehensif harus disediakan. Drainase bawah permukaan dapat dipertimbangkan jika:
   - Terdapat kerusakan pada perkerasan eksisting terkait kadar air;
   - Terdapat sumber air mengalir ke perkerasan, seperti aliran air tanah dari galian atau saluran irigasi;
   - Konstruksi perkerasan segi-empat (*boxed construction*) tanpa adanya alur drainase yang memadai dari lapis perkerasan berbutir yang keluar dari perkerasan.
8. Geotekstil yang berfungsi sebagai separator harus disediakan dibawah lapis penopang atau lapis drainase langsung diatas tanah lunak (tanah rawa) dengan CBR lapangan kurang dari 2% atau diatas tanah gambut.

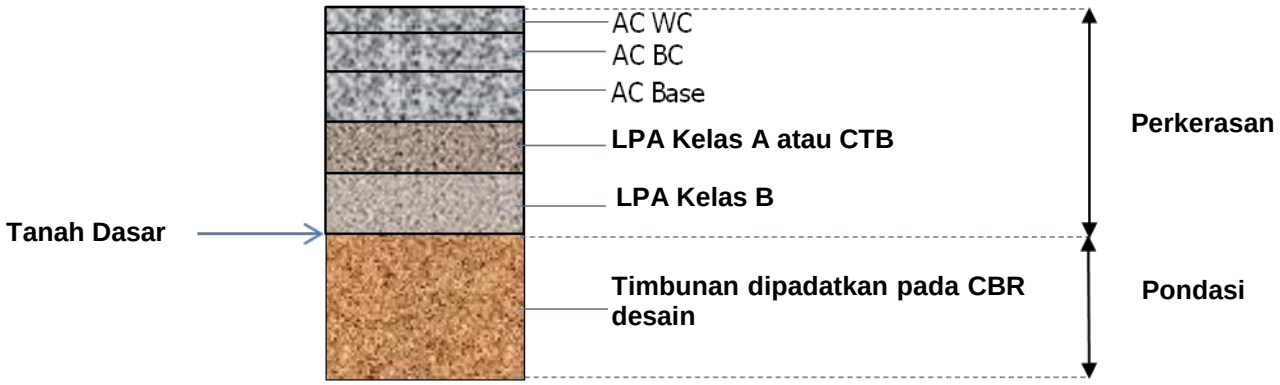
1.3 Jenis Struktur Perkerasan

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain struktur perkerasan baru terdiri atas:

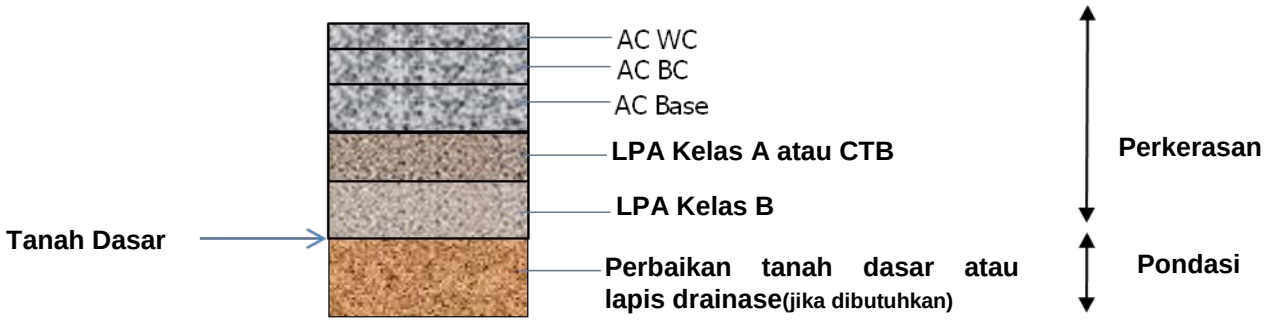
1. Struktur perkerasan pada permukaan tanah asli;
2. Struktur perkerasan pada timbunan;
3. Struktur perkerasan pada galian.

Tipikal struktur perkerasan dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.

Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada PermukaanTanah Asli (At Grade)

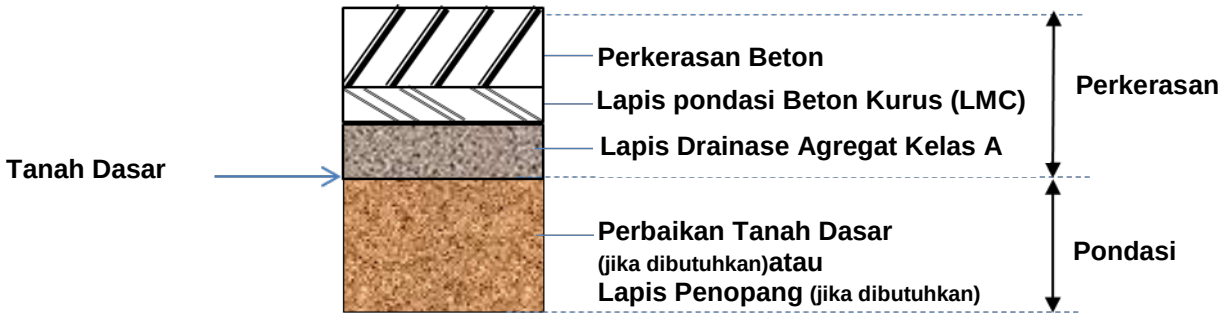


Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Timbunan

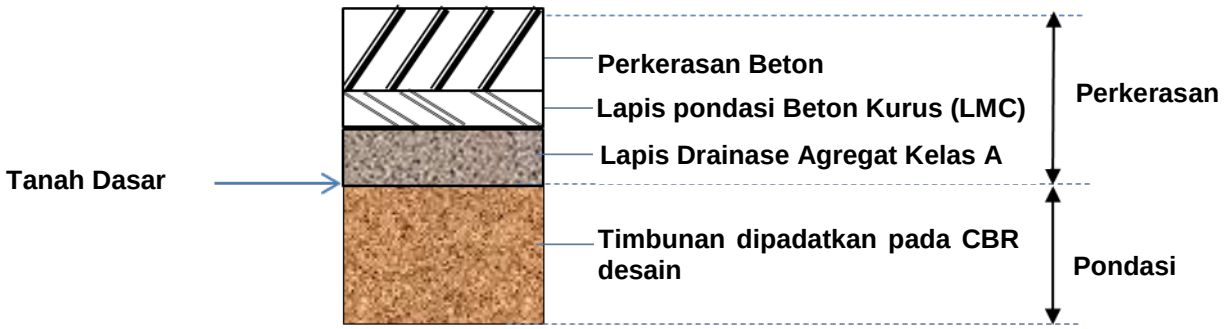


Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Galian

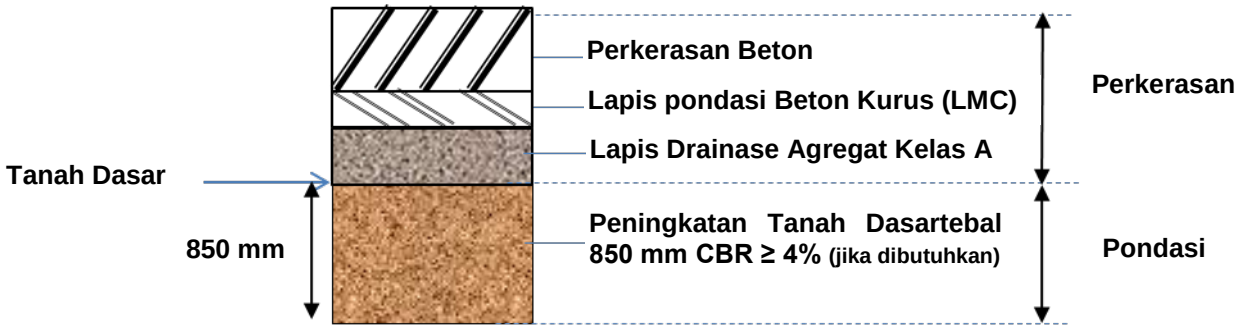
Gambar1.1Komponen Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat)



Struktur Perkerasan Kaku pada PermukaanTanah Asli (At Grade)



Struktur Perkerasan Kaku Pada Timbunan



Struktur Perkerasan Kaku Pada Galian

Gambar1.2Komponen Struktur Perkerasan Kaku

1.4 Acuan

Pd T-01-2002-B Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Pd T-14-2003 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen

Pd T-05-2005 Perencanaan Tebal Lapis Tambah PerkerasanLentur dengan Metode Lendutan

Austroads, Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements, 2008

AASHTO Guide for Design of Pavement Structure, 1993

1.5 Istilah dan Definisi

Capping Layer

Lapisan material berbutir atau lapis timbunan pilihan yang digunakan sebagai lantai kerja dari lapis pondasi bawah, dan juga meminimalkan efek dari tanah dasar yang lemah ke struktur perkerasan.

Cement Treated Base

Campuran dari agregat berbutir dengan semen dan air dalam proporsi tertentu, dan digunakan sebagai lapis pondasi.

Daya DukungTanah Dasar Karakteristik (Characteristic Subgrade Bearing Capacity)

Daya dukung yang mewakili 90% dari keseluruhan data dari seksi yang seragam (homogen).

Drainase Bawah Permukaan (Sub Surface Pavement Drainage)

Sistem drainase yang dipasang di bawah perkerasan dengan tujuan untuk menurunkan muka air tanah.

Discounted Whole of Life Cost

Biaya konstruksi dan pemeliharaan yang didiskon ke nilai sekarang (present value) pada nilai bunga (discount rate) yang disetujui.

Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Suatu faktor yang menunjukkan besar kerusakan dari satu kendaraan dari kelas tertentu terhadap perkerasan dalam satuan equivalent standard axle load (ESA).

Koefisien Variasi

Standar deviasi dari serangkaiandata dibagi dengan nilai rata – rata, digunakan untuk mengukur ketidakseragaman set data.

Life Cyle Cost

Biaya yang dibutuhkan untuk membangun dan memelihara perkerasan selama umur rencana, dimulai dari kegiatan pembangunan, pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan kegiatan rehabilitasi.

Lean Mix Concrete

Campuran material berbutir dan semen dengan kadarsemen yang rendah. Digunakan sebagai lapis pondasi bawah untuk perkerasan beton.

Tanah Dasar (Sub Grade)

Permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang berhubungan langsung (kontak) dengan lapisan terbawah perkerasan, umumnya lapis pondasi bawah (sub base).Dalam segala hal, lapis tanah dasar harus dibentuk sesuai dengan profil desain dan penampang melintang perkerasan, dan harus dipadatkan pada 100% kepadatan kering modifikasi pada kedalaman 30 cm dan harus memenuhi CBR desain.

Seksi Seragam (Homogen)

Bagian dari jalan dengan daya dukung tanah dasar atau lendutan yang sama, umumnya dibatasi dengan koefisien variasi 30%.

Traffic Multiplier

Faktor yang digunakan untuk mengkoreksi jumlah pengulangan beban sumbu (ESA) pangkat empat menjadi nilai faktor pangkat lainnya yang dibutuhkan untuk desain mekanistik dengan software CIRCLY. (Contoh :kelelahan lapisan aspal (fatigue) (pangkat 5), deformasi tanah dasar pangkat 7).

Tied Shoulder

Perluasan landasan beton di luar tepi lajur (umumnya 500 – 600 mm) yang didesain untuk menyediakan dukungan lateral terhadap beban roda pada tepi perkerasan.

1.6 Simbol dan Singkatan

AASHTO	Association of American State Highway and Transportation Officials
AC	Asphaltic Concrete
AC BC	Asphaltic Concrete Binder Course
AC WC	Asphaltic Concrete Wearing Course
AC Base	Asphaltic Concrete Base Course
Austroads	Association of Australian and New Zealand road Transport and Traffic Authorities
BB	Benkelman Beam
CBR	Californian Bearing Ratio
CESA	Cumulative Equivalent Standard Axles
CIRCLY	Australian mechanistic design software programme used by Austroads 2004
CTB	Cement Treated Base
DBST	Double Bituminous Surface Treatment(BURDA)
DCP	Dynamic Cone Penetrometer
ESA_4	Equivalent Standard Axle – Pangkat 4
$ESA_{asphalt}$	Equivalent Standard Axle for Asphalt (Pangkat 5)
FWD	Falling Weight Deflectometer
GMP	General Mechanistic Procedure (desain perkerasan)
IRI	International Roughness Index
IRMS	Indonesian Road Management System
L_{ij}	beban dari suatu kelompok sumbu
LMC	Lean Mix Concrete
MAPT	Mean Annual Pavement Temperature
MDD	Maximum Dry Density
MKJI	Manual Kapasitas Jalan Indonesia
OMC	Optimum Moisture Content
ORN	Overseas Road Note
PI	Plasticity Index

RVK	Rasio Volume Kapasitas
S_{mix}	Kekakuan Campuran Beraspal (definisi Shell Pavement Design Method)
SBST	Single Bituminous Surface Treatment
SG2	Subgrade dengan CBR 2%
$TM_{asphalt}$	Traffic Multiplier untuk desain lapisan beraspal
V_b	Volume aspal dalam campuran beraspal
VDF	Vehicle damage factor
με	microstrain

2 UMUR RENCANA

Umur rencana perkerasan baru seperti yang ditulis di dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	pondasi jalan	40
	semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based	
Perkerasan Kaku	lapis pondasiatas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10

Catatan :

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted whole of life cost*, dimana ditunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted whole of life cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh darihttp://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/.
2. Umur rencana tidak boleh diambil melampaui kapasitas jalan pada saat umur rencana

3 PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai estimasi lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan di dalam Tabel 3.1 tidak absolut.desainerjuga harus mempertimbangkan biaya selama umur pelayanan terendah, batasan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif diluar solusi desain awal berdasarkan manual ini harus didasarkan pada biaya biaya umur pelayanan discounted terendah.

Tabel 3.1 **Pemilihan Jenis Perkerasan**

Struktur Perkerasan	desain	ESA20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 – 0.5	0.1 – 4	4 - 10	10 – 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1 ,2			
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (panghat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	Gambar 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan tanpa penutup	Gambar 6	1				

Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah)
Alternatif – lihat catatan

Catatan: tingkat kesulitan:
1 kontraktor kecil - medium
2 kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai
3 membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda

3.1 Sumber Daya Lokal dan Nilai Pekerjaan

Sumber daya setempat dan nilai pekerjaan akan menentukan pilihan jenis perkerasan. Kontraktor lokal tidak akan mempunyai sumber daya untuk semua kelas pekerjaan. Pekerjaan kecil tidak akan menarik bagi kontraktor besar untuk menawar, sehingga solusi yang kurang rumit mungkin dibutuhkan.

Solusi perkerasan yang kompleks dapat dipertimbangkan untuk pekerjaan yang lebih besar.Lebih banyak pilihan dapat dipertimbangkan pada pekerjaan yang ramah lingkungan daripada pekerjaan pelebaran.

3.2 AC dengan Cement Treated Base (CTB)

CTB menawarkan penghematan yang signifikan dibanding perkerasan lapis pondasi berbutir untuk jalan yang dilewati lalu lintas sedang dan berat. Biaya perkerasan berbasis CTB secara tipikal lebih murah daripada perkerasan kaku atau perkerasan beraspal tebal konvensional untuk kisaran beban sumbu 4 sampai 30 juta CESA, tergantung pada harga setempat dan kemampuan kontraktor (catatan 3). CTB juga menghemat penggunaan aspal dan material berbutir, dan kurang sensitif terhadap air dibandingkan dengan lapis pondasi berbutir. LMC (Lean Mix Concrete) dapat digunakan sebagai pengganti CTB, dan akan memberikan kemudahan pelaksanaan di area kerja yang sempit misalnya pekerjaan pelebaran perkerasan atau pekerjaan pada area perkotaan.

Muatan berlebih yang merupakan kondisi tipikal di Indonesia, menyebabkan keretakan sangat dini pada lapisan CTB.Maka dari itu desain CTB hanya didasarkan pada tahap desain*post fatigue cracking* tanpa mempertimbangkan umur *pre fatigue cracking*. Struktur perkerasan dalam desain 3 solusi perkerasan dengan CTB ditentukan menggunakan CIRCLY dan metode desain perkerasan Austroad Guide 2004 dengan nilai reliabilitas 95% (mengacu Austroads Guide 2004, Section 2.2.1.2).

Konstruksi CTB membutuhkan kontraktor yang kompeten dengan sumber daya peralatan yang memadai.Perkerasan CTB hanya bisa dipilih jika sumber daya yang dibutuhkan tersedia.

3.3 AC dengan Lapis Pondasi Berbutir

AC dengan CTB cenderung lebih murah dari pada lapis AC yang tebal dengan lapis pondasi berbutir untuk kisaran beban sumbu 4 – 10 juta CESA, namun sangat sedikit kontraktor yang memliliki sumber daya untuk konstruksi CTB.

3.4 AC dengan Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (wearing course) untuk jalan dengan repetisilalu lintas selama 20 tahun melebihi 10 juta ESA. Tujuan dari penggunaan bahan pengikat aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan dan umur fatigue dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat lalu lintas berat.

Aspal modifikasi hanya boleh digunakan jika sumber daya untuk pencampuran dan penyimpanan tersedia.

3.5 Lapis Aus Tipe SMA

Lapis aus (wearing course) tipe SMA dengan aspal modifikasi hanya bisa dipertimbangkan jika agregat kubikal dengan gradasi dan kualitas memadai tersedia yang memenuhi persyaratan campuran SMA.

3.6 Lapis Pondasi dengan Aspal Modifikasi

Prosedur desain mekanistik dapat digunakan untuk menilai sifat (*property*) dari lapis pondasi dengan aspal modifikasi.

3.7 Perkerasan Kaku

Solusi penggunaan perkerasan kaku umumnya lebih tepat biaya pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA.Kehati-hatian sangat dibutuhkan untuk desain perkerasan kaku diatas tanah lunak atau daerah lainnya dengan potensi pergerakan tidak seragam. Untuk daerah tersebut, perkerasan lentur akan lebih murah akibat adanya biaya penanganan dengan pondasi jalan yang tebal dan biaya penulangan.

Perkerasan kaku umumnya lebih murah daripada perkerasan lentur pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA. Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku adalah :

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebih besar daripada perkerasan kaku
- Pekerjaan konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah untuk daerah perkotaan yang tertutup termasuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika dilaksanakan dengan baik : keuntungan signifikan untuk area perkotaan dengan Lintas Harian Rata-rata ahunan (LHRT) tinggi.
- Pembuatan campuran yang lebih mudah (contoh, tidak perlu pencucian pasir).

Kerugiannya antara lain :

- Biaya lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan diatas tanah asli yang lunak
- Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah.

Oleh karena itu, perkerasan kaku seharusnya digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas tinggi.

3.8 Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah

Perkerasan kaku (sebagaimana digunakan untuk lalu lintas ringan/berat) akan lebih mahal untuk lalu lintas ringan/sedang, daerah desa atau perkotaan dimana pelaksanaannya tidak begitu menganggu pada daerah tersebut, dibandingkan perkerasan lentur. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat.Pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur jika ruang kerjanya terbatas.

3.9 Perkerasan Tanpa Penutup (Jalan Kerikil)

Perkerasan tanpa penutup (jalan kerikil) adalah jalan khusus untuk volume lalu lintas rendah, yang ekivalen dengan lalu lintas selama umur pelayanan sebesar 500.000 ESA_4.

3.10 Pelebaran Jalan dan Penambalan (Heavy Patching)

Untuk penanganan perkerasan eksisting umumnya dipilih struktur perkerasan yang sama dengan struktur eksisting. Kehati-hatian harus dilakukan untuk menjamin drainase mengalir dari struktur eksisting dan lapisan berbutir baru. Jika perkerasan kaku digunakan untuk pelebaran perkerasan lentur, terutama untuk jalan diatas tanah lunak, maka rekonstruksi dengan lebar penuh harus dipertimbangkan, karena jika tidak maka serangkaian pemeliharaan lanjutan pada perkerasan lentur akanmenjadi lebih sulit.

3.11 Gambut

Perkerasan kaku tidak boleh digunakan diatas tanah gambut, dan perkerasan lentur harus digunakan.Konstruksi bertahap harus dipertimbangkan untuk membatasi dampak penurunan yang tak seragam.

3.12 Pelaburan (Surface Dressing) diatas Lapis Pondasi Berbutir

Surface dressing (Burda atau Burtu) sangat tepat biaya jika dilaksanakan dengan benar.Sangat sedikit kontraktor yang memiliki sumber daya peralatan dan kemampuan untuk melaksanakan pelaburan permukaan perkerasan dengan benar.Dibutuhkan peningkatan dalam kapasitas dan kompetensi kontraktor dalam teknologi ini.

3.13 AC-WC HRS-WC tebal ≤50 mm diatas Lapis Pondasi Berbutir

AC-WC HRS-WC tebal ≤50 mm diatas Lapis Pondasi Berbutir merupakan solusi yang paling tepat biaya untuk rekonstruksijalan dengan volume lalu lintas sedang (mencapai 5 juta ESA atau lebih tinggi tergantung kemampuan kontraktor) namun membutuhkan kualitas pelaksanaan terbaik khususnya untuk LPA Kelas A. Solusi ini akan kurang tepat biayanamun harus dengan kompetensi kontraktor yang lebih baik daripada sub-bab 3.12.

3.14 Lapis Pondasi Soil Cement

Digunakan di daerah dengan keterbatasan material berbutir atau jika stabilisasi tanah dasar akan memberikan harga yang lebih murah.

LALU LINTAS

4 LALU LINTAS

4.1 Analisis Volume Lalu Lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain, volume lalu lintas dapat diperoleh dari :

1. Survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara Manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil – hasil survey lalu lintas sebelumnya.
3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan dari Sub Bab 4.11.

Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30% jumlah sepeda motor.

Sangat penting untuk memperkirakan volume lalu lintas yang realistis.Terdapat kecenderungan secara historis untuk menaikkan data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi.Hal ini tidak boleh dilakukan untuk kebutuhan apapun.desainer harus membuat survey cepat secara independen untuk memverifikasi data lalu lintas jika terdapat keraguan terhadap data.

4.2 Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan di dalam Tabel4.1.Dalam melakukan survey lalu lintas harus menggunakan pembagian jenis kendaraan dan muatannya seperti yang tertulis di dalam tabel tersebut.

4.3 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada Tabel 4.1 digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 4.1 **Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum untuk desain**

	2011 – 2020	> 2021 – 2030
arteri dan perkotaan (%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0.01i)^{UR}-1}{0,01i}$$

Dimana R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
i = tingkat pertumbuhan tahunan (%)
UR = umur rencana (tahun)

4.4 Pengaruh Alihan Lalu Lintas (Traffic Diversion)

Untuk analisis lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus diperhatikan faktor alihan lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didesain.

4.5 Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 4.2.Beban desainpada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana.Kapasitas lajur mengacu kepada Permen PU No.19/PRT/M/2011 mengenai Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan Rasio Volume Kapasitas (RVK) yang harus dipenuhi.Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI.

Tabel 4.2 **Faktor Distribusi Lajur (D_L)**

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

4.6 Perkiraan Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari :

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain;
2. Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain;
3. Tabel 4.5
4. Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

Ketentuan untuk cara pengumpulan data beban lalu lintas dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

Tabel4.3**Ketentuan Cara Pengumpulan Data Beban Lalu Lintas**

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2[1]
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 4

Data yang diperoleh dari metode 1,2 atau 4 harus menujukkan konsistensi dengan data pada Tabel 4.5.

[1]Untuk kasus alinyemen baru dimana tidak ada jalan eksisting.

Jika survey beban lalu lintas menggunakan sistem timbangan porTabel, sistem harus mempunyai kapasitas beban satu pasangan roda minimum 18 ton atau kapasitas beban satu sumbu minimum 35 ton.Data yang diperoleh dari sistem *Weigh in Motion* hanya bisa digunakan bila alat timbang tersebut telah dikalibrasi secara menyeluruh terhadap data jembatan timbang.

LAMPIRAN B memberikan prosedur sederhana untuk menentukan karakteristik nilai rata – rata faktor ekivalen beban (VDF) untuk setiap kendaraan niaga.

4.7 Pengendalian Beban Sumbu

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020.Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN.Bina Marga dapat menentukan waktu implementasi efeketif alternatif dan mengendalikan beban ijin kapan saja.

4.8 Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan Kelas I. Namun demikian nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standar 80 kN.

4.9 Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan niaga

Dalam pedoman desain perkerasan kakuPd T-14-2003,desain perkerasan kaku didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga(heavy vehicle axle group, HVAG) dan bukan pada nilai CESA.Karakteristik proporsi sumbu dan proporsi bebanuntuk setiap kelompok sumbu dapat menggunakan data hasil survey jembatan timbang atau mengacu pada LAMPIRAN A.Sebaran kelompok sumbu digunakan untuk memeriksa hasil desain dengan pedoman desainPd T-14-2003.

4.10 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desainpada lajur desainselama umur rencana, yang ditentukan sebagai :

ESA = $(\Sigma_{\text{jenis kendaraan}}$ LHRT x VDF)

CESA = ESA x 365 x R

Dimana
- ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (equivalent standard axle) untuk 1 (satu) hari
- LHRT : lintas harian rata – rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu
- CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana
- R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (sub bab 4.3)

4.11 Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

Untuk jalan dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah untuk mendapatkan desain yang aman, maka nilai perkiraan dalam Tabel berikut dapat digunakan :

Tabel 4.4 **Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah**

(Kasus Beban Berlebih)

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Pertumbuhan lalu lintas kumulatif	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (overloaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^6$
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^6

Tabel 4.5 **Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar**

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan[2] yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
	Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF_4 Pangkat [4]	VDF_5 Pangkat [5]
	1	1	Sepeda Motor	1.1		2	30,4			
	2 , 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / pickup / station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
KENDARAAN NIAGA	5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
	5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu–cargoringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu- ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu–cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu- sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu- berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5.50	0,9	0,8
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu- berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 sumbudan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2 - 22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu- trailer	1.22 - 22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu- trailer	1.2 - 222		5			30,3	69,7
	7c3	14	Truk 6 sumbu- trailer	1.22 - 222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

Catatan :Data didasarkan pada survey beban lalu lintas Arteri Pulau Jawa – 2011. Lihat hasil survey WIM 2011 untuk informasi lebih lanjut

[2]Perhitungan lalu lintas untuk desain perkerasan harus meliputi semua kelas kendaraan dalam daftar dengan sub kelompok muatan seperti yang dicantumkan.

5 *TRAFFIC MULTIPLIER* – LAPISAN ASPAL

Untuk perkerasan lentur, kerusakan yang disebabkan lalu lintas desaindinyatakan dalam ekivalen Sumbu Standar 80 kN. Berdasarkan jalan percobaan AASHTO, faktor ekivalen beban dihitung sebagai berikut:

Kerusakan perkerasan secara umum $ESA_4 = \left(\frac{L_{ij}}{SL}\right)^4$

Dimana Lij = beban pada sumbu atau kelompok sumbu
SL = beban standar untuk sumbu atau kelompok sumbu (nilai SL mengikuti ketentuan dalam pedoman desain Pd T-05-2005).

Kinerja perkerasan lentur dipengaruhi oleh sejumlah faktor, namun tidak semua faktor tersebut tercakup di dalam persamaan diatas.Misalnya faktor kelelahan. Hubungan kelelahan lapisan aspal (asphalt fatigue) untuk lapis beraspal tebal berkaitan dengan regangan (strain) sebagaimana terlihat dalam persamaan berikut:

Kerusakan lapisan aspal $ESA_5 = ESA_{aspal} = \left[RF \frac{6918(0.856\ Vb + 1.08)}{S_{mix}^{0.36} \mu\varepsilon}\right]^5$ (Austroads, 2008)

Dimana RF = tingkat kepercayaan (diambil nilai 1 untuk reliabilitas 95%)
Vb = volume bitumen
Smix = kekakuan aspal
με = regangan

Kerusakan yang diakibatkan oleh lalu lintas yang dinyatakan dalam ESA_4 memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan kerusakan akibat kelelahan lapisan aspal (asphalt fatigue) akibat overloading yang signifikan. Traffic multiplier (TM) digunakan untuk mengoreksi ESA_4akibat kelelahan lapisan aspal:

Kerusakan lapisan aspal $ESA_{aspal} = ESA_5$

$= TM_{lapisanaspal}. ESA_4$

dimana ESA_{aspal} = jumlah pengulangan sumbu standar untuk desainlapisan aspal total dengan tebal lebih besar dari 50 mm (tidak berlaku untuk lapisan yang tipis).

ESA_4 = jumlah pengulangan sumbu standar dihitung dengan menggunakan rumus pangkat 4 yang digunakan untuk desainPondasi jalan.

Nilai TM kelelahan lapisan aspal ($TM_{lapisan\ aspal}$) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 - 2. Nilai yang akurat berbeda-beda tergantung dari beban berlebih pada kendaraan niaga di dalam kelompok truk.LAMPIRAN B memberikan dasar untuk VDF kelompok kendaraan dan perhitungan TM untuk Indonesia.

Nilai CESA tertentu (pangkat 4) untuk desain perkerasan lentur harus dikalikan dengan nilai TM untuk mendapatkan nilai $CESA_5$, $CESA_5 = (TM \times CESA_4)$.

Sama halnya juga untuk mengakomodasi deformasi tanah dasar dan lapis perkerasan dengan pengikat semen masing-masing juga mengikuti aturan pangkat 7 dan pangkat 12, sehingga juga dibutuhkan penggunaan faktor TM untuk desain mekanistik.

desain dalam manual ini didasarkan pada nilai CESA pangkat 4 dan 5 yang sesuai. Karena itu sangat penting untuk menggunakan nilai CESA yang benar sebagai masukan dalam penggunaan desain.

- Pangkat 4 digunakan untuk bagandesain pelaburan tipis (Burda) dan perkerasan tanpa penutup
- Pangkat 5 digunakan untuk perkerasan lentur
- desain perkerasan kaku membutuhkan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat dan bukan nilai CESA
- Nilai TM dibutuhkan hanya untuk desain dengan CIRCLY

ZONA IKLIM
MODULUS BAHAN

6 ZONA IKLIM

Pembagian zona iklim untuk Indonesia dinyatakan di dalam Gambar 6.1 dan Tabel 6.1.

Dalam desain perkerasan, iklim mempengaruhi:

a) temperatur lapisan aspal dan nilai modulusnya;
b) kadar air di lapisan tanah dasar dan lapisan perkerasan berbutir.

Sub bab 6 membahas pengaruh temperatur pada modulus lapisan aspal, dan Sub bab 8 membahas pengaruhkelembaban perkerasan terhadap proses pemilihan modulus tanah dasar. Zona iklim diperlukan untuk dapat menggunakandesain1.

Gambar6.1Zona Iklim di Indonesia

Tabel 6.1 **Zona Iklim untuk Indonesia**

Zona	Uraian (HDM 4 types)	Lokasi	Curah hujan (mm/tahun)
I	tropis, kelembaban sedang dengan musim hujan jarang	Sekitar Timor dan Sulawesi Tengah seperti yang ditunjukkan gambar	<1400
II	tropis, kelembaban sedang dengan musim hujan sedang	Nusa Tenggara, Merauke, Kepulauan Maluku	1400 - 1800
III	tropis, lembab dengan musim hujan sedang	Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Papua, Bali, seperti yang ditunjukkan gambar	1900 - 2500
IV	tropis, lembab dengan hujan hampir sepanjang tahun dan kelembaban tinggi dan/atau banyak air	Daerah pegunungan yang basah, misalnyaBaturaden (tidak ditunjuk-kan di peta)	>3000

7 MODULUS BAHAN

Karakteristik modulus bahan untuk iklim dan kondisi pembebanan Indonesia diberikan dalam Tabel 7.1 untuk bahan berpengikat dan Tabel 7.2untuk bahan berbutir lepas. Karakteristik bahan lapisan aspal yang lain yang diperlukan untuk keperluan analisis mekanistik diberikan di dalam Tabel 7.3.

Modulus lapisan aspal telah ditetapkan berdasarkan kisaran temperatur udara umumnya antara 24 ^{0}C sampai 34^{0}C dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata-rata (MAPT) 41^{0}C. Jika iklim lokal memberikan nilai MAPT yang berbeda maka faktor penyesuaian tebal lapis beraspal dalam Tabel 7.4 dapat digunakan.

Tabel 7.1 Karakteristik modulus bahan berpengikat yang digunakan untuk pengembangan bagandesain dan untuk analisis mekanistik

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Koefisien Relatif (a)	Rasio Poisson's
HRS WC	800 MPa	0,28	0,40
HRS BC	900 MPa	0,28	
AC WC	1100 MPa	0,31	
AC BC (lapis atas)	1200 MPa	0,31	
AC Base atau AC BC (sebagai base)	1600 MPa	0,31	
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak		0,2 (mulus) 0,35 (retak)
Tanah dasar (disesuaikan musiman)	10xCBR (MPa)		0,45 (tanah kohesif)
			0,35 (tanah non kohesif)

Besarnya modulus bahan berbutir lepas tergantung dari tegangan yang bekerja.Dengan alasan tersebut modulus yang tercantum di dalam Tabel 7.2 menurun apabila ketebalan dan kekakuan lapisan aspal diatasnya membesar.

Tabel 7.2 Karakteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan bagandesaindan untuk analisis mekanistik

Ketebalan lapisan atas bahan berpengikat	Modulus bahan lapis atas berpengikat (MPa)		
	900 (HRS WC/ HRS Base)	1100 (AC WC)	1200 (AC BC) atau AC Base
40 mm	350	350	350
75 mm	350	350	350
100 mm	350	350	350
125 mm	320	300	300
150 mm	280	250	250
175 mm	250	250	250
200 mm	220	210	210
225 mm	180	150	150
≥ 250 mm	150	150	150

Tabel 7.3 Parameter Kelelahan (Fatigue) K yang digunakan untuk pengembangan bagandesain dan untuk analisis mekanistik

Bahan lapisan aspal	Volume aspal (Vb) (%)	Parameter K [1] untuk kondisi iklim Indonesia
HRS WC	16,4	0,009427
HRS BC	14,8	0,008217
AC WC	12,2	0,006370
AC BC	11,5	0,005880
AC Base atau AC BC sbg base	11,5	0,005355
[1] $K = (6918(0{,}856Vb + 1{,}08)/E^{0{,}36}$		

Dalam setiap hal, desainer harus konsisten dengan prinsip-prinsip yang diuraikan di dalam manual ini dan dapat menggunakan bagandesain yang telah dikembangkan dalam manual ini yaitu:

BAGAN DESAIN 1	:	Estimasi nilai CBR tanah dasar
BAGAN DESAIN 2	:	Solusi desain pondasi jalan minimum
BAGAN DESAIN 3	:	desain perkerasan lentur aspal (opsi biaya minimum termasuk CTB)
BAGAN DESAIN 3A	:	desain perkerasan lentur alternatif : lapis beraspal dan lapis pondasi berbutir
BAGAN DESAIN 4	:	desain perkerasan kaku untuk lalu lintas berat
BAGAN DESAIN 4A	:	desain perkerasan kaku untuk lalu lintas ringan
BAGAN DESAIN 5	:	desain perkerasan kerikil dengan pelaburan aspal tipis
BAGAN DESAIN 6	:	desain perkerasan soil cement
BAGAN DESAIN 7	:	desain perkerasan kerikil tanpa penutup dan Perkerasan kerikil dengan pelaburan aspal tipis

7.1 Aspal Modifikasi dan Inovasi Material Lainnya

Perkerasan lentur yang menggunakan aspal modifikasi atau lapis aus SMA dapat menggunakan bagandesain 3, 3A atau 7.Manfaat utama dari kasus ini adalah untuk meningkatkan durabilitas dan ketahanan terhadap alur (rutting).

Inovasi aspal modifikasi atau solusi desain lainnya yang mengambil manfaat dari sifat material khusus harus didukung oleh :

a. Sertifikat manufaktur yang menggambarkan sifat material
b. Program pengujian menyeluruh yang mengkonfirmasi sifat material dan campuran beraspal oleh laboratorium aspal yang disetujui.
c. Analisis desain mekanistik dengan menggunakan prinsip – prinsip dalam manual ini.
d. Pengujian lapangan jika diminta Direktorat Bina Teknik.
e. Bukti bahwa transportasi dan penyimpanan aspal, alat pencampuran dan penghamparan sesuai dengan campuran beraspal modifikasi yang digunakan.

7.2 Koreksi Temperatur

Modulus mengasumsikan temperatur perkerasan rata – rata (siang dan malam, pada kedalaman rata – rata) sebesar 41^0C yang umumnya dapat diterimauntuk

iklim Indonesia.Data temperatur PUSJATAN untuk lokasi tertentu dapat digunakan. Sebagai perkiraan interim, faktor penyesuaian tebal berikut dapat digunakan untuk nilai tebal dari desain untuk perkerasan beraspal. Faktor pengali ini berlaku pada total tebal lapis beraspal.

Tabel 7.4 Faktor koreksi temperatur perkerasan interim untuk tebal lapis beraspal dari desain – MAPT standar 41^{0}C

Temperatur perkerasan rata - rata MAPT (Celsius)	34 - 38	39 - 43	44 - 48
Faktor koreksi tebal aspal	0,91	1	1,09

DRAINASE

8 DRAINASE BAWAH PERMUKAAN

Drainase bawah permukaan (*sub surface pavement drainage*) harus disediakan untuk memenuhi ketentuan-ketentuan berikut:

- Seluruh lapis pondasi bawah (sub base) harus dapat mengalirkan air.
- desain pelebaran perkerasan harus menjamin tersedianya drainase yang memadai dari lapisan berbutir terbawah pada perkerasan eksisting.
- Lapis terbawah perkerasan harus dapat mengalirkan air atau tebal lapis perkerasan berbutir efektif harus dikalikan dengan faktor m. Jalur air dengan batas timbunan paling tidak 500 m dari lapisan berbutir ke tepi timbunan (titik free drainage) harus dianggap dapat mengalirkan air. Drainase melintang pada titik rendah atau pada pusat 10 m harus dianggap memberikan free drainage pada subbase (Tabel 8.1 memberikan semua opsi tersebut).
- Apabila ketinggian sub base lebih rendah dari pada ketinggian permukaan tanah sekitarnya, baik di daerah timbunan ataupun di permukaan tanah asli, maka harus dipasang drainase bawah permukaan (bila memungkinkan keadaan ini dapat dihindari dengan desain geometris yang baik), bila drainase bawah permukaan tidak tersedia atau jika muka air tanah lebih tinggi dari 600 mm dibawah tanah dasar maka harus digunakan penyesuaian dengan faktor “m” untuk tebal lapis berbutir sesuai AASHTO 93 pasal 2.4.1 (Tabel 8.1).
- Drainase bawah permukaan harus disediakan didekat saluran U dan struktur lain yang menutup aliran air dari setiap lapisan sub base. Lubang kecil (weep holes) harus ditempatkan secara benar selama konstruksi namun tidak dapat dijadikan satu – satunya metode yang dilakukan. Secara umum drainase bawah permukaan harus diupayakan untuk disediakan.
- Drainase bawah permukaan harus ditempatkan pada kemiringan yang seragam tidak kurang dari 0,5% sehingga air akan mengalir dengan bebas sepanjang drainase sampai ke titik keluar (outlet point). Selain itu harus juga tersedia titik akses untuk membersihkan drainase atau titik pembuangan (discharge point) pada jarak tidak lebih dari 60 m.
- Elevasititik masuk dan pembuangan drainase bawah permukaan harus lebih tinggi dari muka banjir rencana sesuai standar desain drainase.

Untuk jalan 2 jalur terpisah (divided road) dengan superelevasi, apabila drainase di arahkan ke median, maka harus diberi sistem drainase bawah permukaan di median desainer perkerasan harus mengkomunikasikan kriteria drainase yang dipersyaratkan kepada desainer drainase dan harus memastikan bahwa drainase yang dibutuhkan tergambarkan dengan jelas dalam Gambar Rencana.

Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat diberikan yang umumnya terjadi pada daerah perkotaan, harus digunakan koefisien drainase “m” pada desain ketebalan lapis pondasi berbutir sesuai dengan aturan AASHTO 93 pasal 2.4.1 dan Tabel 8.1. Faktor m tersebut digunakan untuk design check dengan metode AASHTO 1993. Tebal lapis pondasi berbutir dari desain 3 harus disesuaikan dengan membagi tebal desain lapis berbutir dengan faktor m. Nilai yang didapat menjadi tebal desain lapis pondasi berbutir.

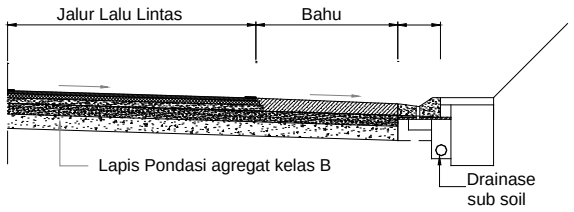
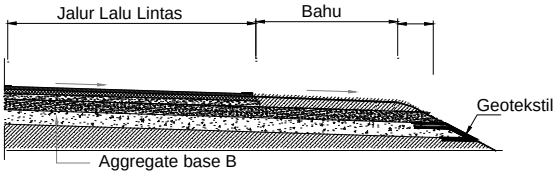
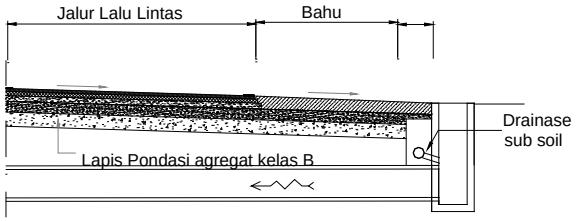
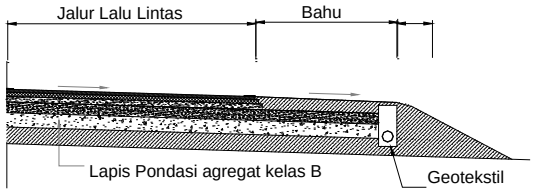
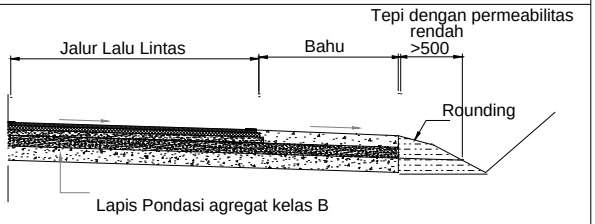
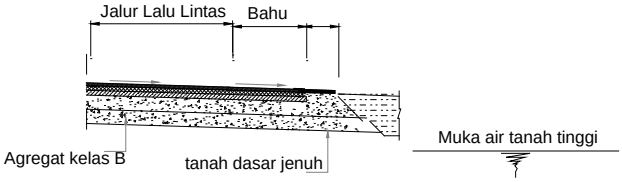
desainerdalam melakukan desain sedemikian rupa sehingga didapat nilai m ≥ 1.0, dan menghindari desain dengan m < 1.0 (kecuali kondisi lapangan tidak memungkinkan).

desain dalam manual ini mengasumsikan drainase dalam kondisi baik. Jika kondisi drainase m dibawah 1, maka tebal lapis berbutir harus dinaikkan dengan formula :

Tebal lapis berbutir desain = (tebal hasil dari bagandesain) / ‘m’

Koefisien drainase “m” lebih besar dari 1 tidak boleh digunakan kecuali ada keyakinan bahwa kualitas pelaksanaan yang disyaratkan dapat terpenuhi.

Tabel 8.1 Koefisien Drainase ‘m’ untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' utk desain	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase sub soil, terdrainase sempurna (keluaran drainase sub soil selalu diatas muka banjir	1.2	
2. Timbunan dg lapis pondasi bawah menerus sampai bahu (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.2	
3. Diatas permukaan tanah dengan drainase sub soil, medan datar Terkadang drainase sub soil dibawah	1.0	
4. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah boxed. Tepi jalur drainase lebih dari 500 m. solusi alternatif dengan drai-nase melintang dari sub base pada jarak < 10 m atau pada titik terendah.	0.9	
5. Galian, pada permukaan tanah, atau timbunan tanpa drainase subsoil dan tepi dg permeabilitas rendah > 500mm	0.7	
6. Tanah dasar jenuh secara permanen selama musim hujan dan tidak ter-alirkan. Tanpa titik keluar utk sistem sub soil. Aturan lapis penutup capping juga berlaku.	0.4	

DESAIN PONDASI JALAN
TANAH DASAR LUNAK

9 DESAIN PONDASI JALAN

9.1 Pendahuluan

desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (capping), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) atau penanganan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku dan sebagai akses untuk lalu lintas konstruksi pada kondisi musim hujan.

Tiga faktor yang paling berpengaruh pada desain perkerasan adalah analisis lalu lintas, evaluasi tanah dasar dan penilaian efek kelembaban.Analisis lalu lintas dibahas di dalam Sub Bab 3. Daya dukung tanah dasar dan toleransi terhadap efek kelembaban akan dibahas dalam sub bab ini. Pada perkerasan berbutir dengan lapisan permukaan aspal tipis (≤ 100 mm), kesalahan dalam evaluasi tanah dasar dapat menyebabkan perbedaan daya dukung lalu lintas sampai 10 kali lipat (contoh : perkiraan CBR 6% namun kenyataan hanya 4%). Masalah tersebut tidak akan memberikan perbedaan yang begitu besar pada perkerasan dengan lapisan aspal yang tebal (≥ 100 mm), tetapi perbedaan tersebut masih tetap signifikan. Artinya penetapan nilai kekuatan tanah dasar yang akurat dan solusi desain pondasi jalan yang tepat merupakan persyaratan utama untuk mendapatkan kinerja perkerasan yang baik.Persiapan tanah dasar yang baik sangatlah penting terutama pada daerah tanah dasar lunak.

Kerusakan perkerasan banyak terjadi selama musim penghujan. Kecuali jika tanah dasar tidak dapat dipadatkan seperti tanah asli pada daerah tanah lunak, maka daya dukung tanah dasar desainhendaknya didapat dengan perendaman selama 4 hari, dengan nilai CBR pada 95% kepadatan kering maksimum atau menggunakan BaganDesain1.

Berdasarkan kriteria tersebut, CBR untuk timbunan biasa dan tanah dasar dari tanah asli di Indonesia umumnya 4% atau berkisar antara 2,5% - 7%. desainersering berasumsi bahwa dengan material setempat dapat dicapai CBR untuk lapisan tanah dasar sebesar 6%, yang seringkali hal ini tidak tercapai. Karena itu perlu dilakukan pengambilan sampel dan pengujian yang memadai.

Perkerasan membutuhkan tanah dasar yang :

- Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain
- Dibentuk dengan baik
- Terpadatkan dengan benar
- Tidak sensitif terhadap hujan
- Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

Pada kegiatan konstruksi, untuk dapat melaksanakan pemadatan yang benar pada setiap lapis pekerasan, maka sangat penting untuk mengendalikan kadar air tanah dasar menggunakan sistem drainase, pelapisan bahu jalan, dan geometri jalan (Sub Bab 7 dan 10).

Musim hujan yang cukup panjang serta curah hujan yang tinggi membuat pekerjaan pemadatan tanah dasar relatif lebih sulit.Oleh sebab itu, BaganDesain 1 dan BaganDesain2 memberikan solusi konservatif yang sesuai, Untuk semua kasus kecuali yang membutuhkan lapis penopang, maka tingkat pemadatan yang disyaratkan harus dapat dicapai baik untuk tanah dasar atau pada timbunan. Pemadatan tanah dasar sering kali diabaikan di Indonesia.Kontraktor dan Supervisi harus memberikan perhatian lebih pada masalah ini.

Pada perkerasan kaku di atas lapisan tanah dasar aluvial lunak, ada ketentuan tambahan untuk mencegah retak yang berlebih. Masalah ini dijelaskan lebih lanjut pada sub bab 10. Dalam hal tertentu bisa terjadi struktur pondasi jalan perkerasan kaku yang dibutuhkan melebihi pondasi jalan perkerasan lentur (merujuk BaganDesain1).

Perkerasan kaku mudah terpengaruh oleh erosi, yaitu terjadinya migrasi butiran halus tanah dasar melalui sambungan akibat air dan tegangan dinamik.Maka dari itu pondasi jalan, lapis drainase dan lapis pondasi bawah (sub base) harus didesain untuk meminimalkan masalah ini.

9.2 Umur Rencana Pondasi jalan

Umur rencana pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun karena :

a) Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan rekonstruksi total;
b) Keretakan dini akan terjadi pada perkerasan kaku pada tanah lunak yang pondasi-nya didesainlemah (*under design*);
c) Perkerasan lentur dengan desainpondasi lemah (*under design*), umumnya selama umur rencana akan membutuhkan perkuatan dengan lapisan aspal struktural, yang berarti biayanya menjadi kurang efektif bila dibandingkan dengan pondasi jalan yang didesain dengan umur rencana lebih panjang.

9.3 Outline Prosedur desain Pondasi jalan

Empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan adalah :

A. Kondisi tanah dasar normal, dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. desain ini meliputi perkerasan diatas timbunan, galian atau tanah asli (kondisi normal ini lah yang sering diasumsikan oleh desainer).
B. Kondisi tanah dasar langsung diatas timbunan rendah (kurang dari 3 m) diatas tanah lunak aluvial jenuh. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR tidak dapat digunakan untuk kasus ini, karena optimasi kadar air dan pemadatan secara mekanis tidak mungkin dilakukan di lapangan. Lebih lanjutnya, tanah asli akan menunjukkan kepadatan rendah dan daya dukung yang rendah sampai kedalaman yang signifikan yang membutuhkan prosedur stabilisasi khusus.
C. Kasus yang sama dengan kondisi B namun tanah lunak aluvial dalam kondisi kering. Prosedur laboratorium untuk penentuan CBR memiliki validitas yang terbatas karena tanah dengan kepadatan rendah dapat muncul pada kedalaman pada batas yang tidak dapat dipadatkan dengan peralatan konvensional. Kondisi ini membutuhkan prosedur stabilisasi khusus.
D. Tanah dasar diatas timbunan diatas tanah gambut.

Prosedur desain untuk setiap kondisi kecuali tanah gambut akan dibahas pada bagian selanjutnya. Gambar 4 menggambarkan proses desain untuk desain pondasi jalan untuk tanah selain gambut, dan BaganDesain2 menyajikan solusi pondasi jalan minimum selain kasus khusus untuk perkerasan kaku diatas tanah lunak.

9.3.1 Metode A untuk tanah normal

Kondisi A1 : Apabila tanah tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas Atterberg (PI), gradasi, nilai Potensi Pengembangan (Potential Swell), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR dari BaganDesain1 atau dari uji laboratorium perendaman 4 hari.

Kondisi A2 : Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi.

Untuk kedua kondisi, pilih tebal perbaikan tanah dasar dari BaganDesain2.

9.3.2 Metode B untuk tanah aluvial jenuh

Lakukan survey DCP atau survey resistivitas dan karakterisasi tanah untuk mengidentifikasi sifat dan kedalaman tanah lunak dan daerah yang membutuhkan perbaikan tambahan (sebagai contoh daerah yang membutuhkan lapis penopang, konstruksi perkerasan khusus, pondasi cakar ayam atau pancang mikro). Jika tanah lunak terdapat dalam kedalaman kurang dari 1 m, maka opsi pengangkatan semua tanah lunak perlu ditinjau keefektivitas biayanya.Jika tidak, tetapkan tebal lapisan penopang (*capping layer*) dan perbaikan tanah dasar dari BaganDesain 2.Tetapkan waktu perkiraan awal pra-pembebanan dari Tabel 10.2.Sesuaikan waktu perkiraan awal tersebut (umumnya *primary settlement time*) jika dibutuhkan untuk memenuhi ketentuan jadwal pelaksanaan melalui analisis geoteknik dan pengukuran seperti beban tambahan (surcharge) atau vertikal drain.

Jika waktu preload berlebihan atau terdapat batas ketinggian timbunan (misal pada kasus pelebaran jalan eksisting atau untuk jalan dibawah jembatan, maka bisa digunakan metode stabilisasi lainnya misal cakar ayam, pemacangan atau pencampuran tanah dalam.

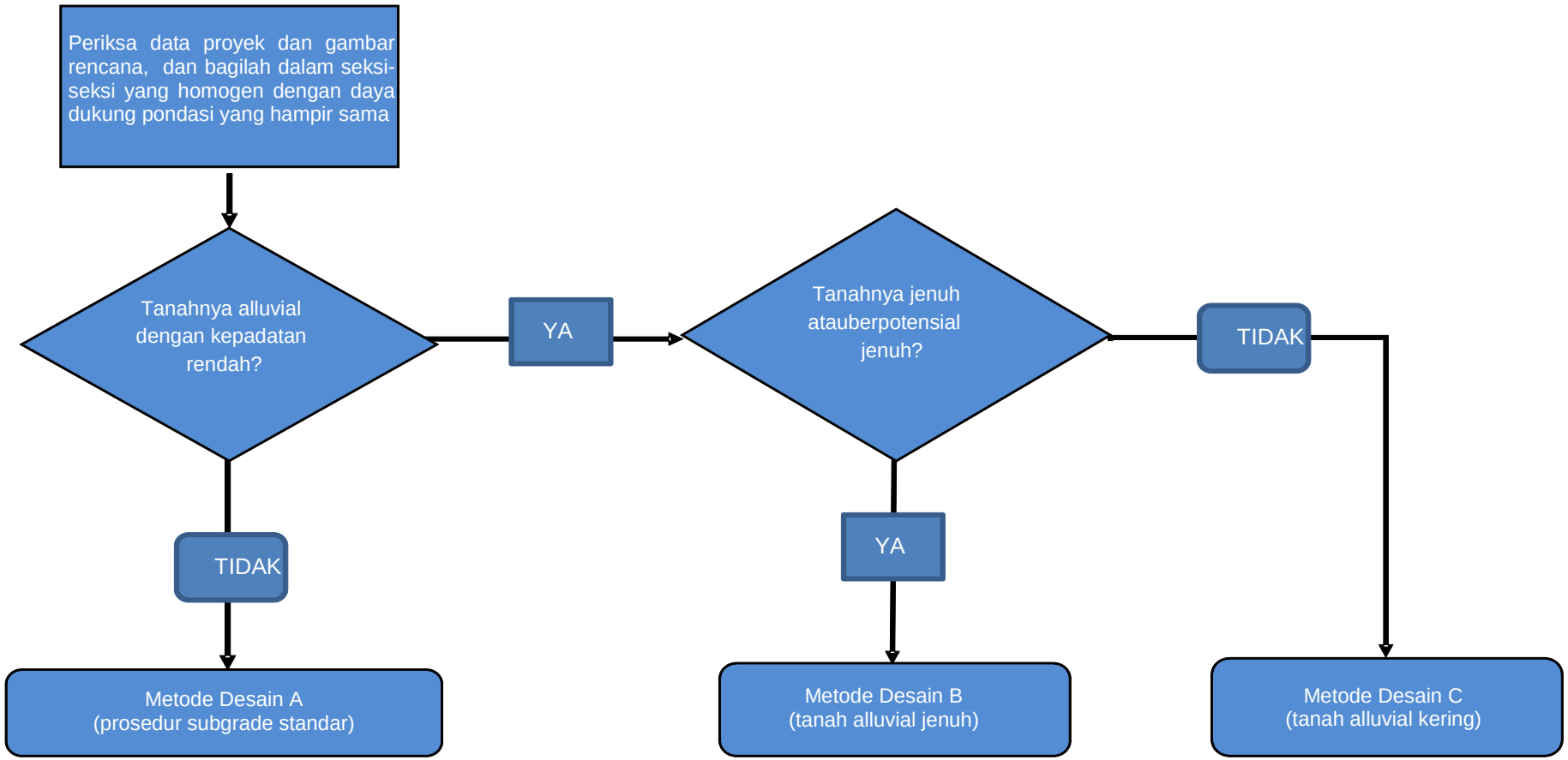
Jika tidak ada contoh atau pengalaman yang mendukung kecukupan desain lapis penopang atau desain lainnya untuk kondisi sejenis, maka perlu dilakukan uji timbunan percobaan dan pengujian pembebanan untuk verifikasi.

9.3.3 Metode C untuk tanah alluvial kering

Tanah alluvial keringpada umumnya memiliki kekuatan sangat rendah (misal CBR < 2%) di bawah lapis permukaan kering yang relatif keras. Kedalaman lapisan permukaan tersebut berkisar antara 400 – 600 mm. Identifikasi termudah untuk kondisi ini adalah menggunakan uji DCP.Kondisi ini umumnya terdapat pada dataran banjir kering dan area sawah kering.

Masalah terbesar dari kondisi tanah seperti ini adalah daya dukung yang memuaskan dapat hilang akibat pengaruh dari lalu lintas konstruksi dan musim hujan. Karenanya penanganan pondasi harus sama dengan penanganan kasus tanah aluvial jenuh, kecuali jika perbaikan lanjutan dilakukan setelah pelaksananpondasi jalan selesai pada musim kering, jika tidak perbaikan metode B harus dilakukan. Metode perbaikan lanjutan tersebut adalah:

a) Jika lapis atas dapat dipadatkan menggunakan pemadat pad foot roller, maka tebal lapis penopang dari BaganDesain2 dapat dikurangi sebesar 200 mm.
b) Digunakan metode pemadatan dalam terbaru misal High energy Impact Compaction (HEIC) atau pencampuran tanah dalam yang dapat mengurangi kebutuhan lapis penopang.



Gambar 9.1 Bagan Alir Desain Pemilihan Metode Desain Pondasi jalan

Bagan Desain1: Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar

(tidak dapat digunakan untuk tanah alluvial jenuh atau tanah gambut)

Catatan dalam kasus 2,3,4 atau 6 nilai digunakan untuk desainperlu disesuaikan denganfaktor penyesuaian m.

Jenis Tanah	Posisi muka air tanah	LHRT <2000			LHRT ≥2000		
	Posisi	Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL< 1000 mm diatas muka tanah asli		Galian di zona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000mm di atas muka tanah asli	Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL< 1000 mm diatas muka tanah asli		Galian di zona iklim 1 dan semua timbunan dengan drainase sempurna (m ≥ 1) dan FSL > 1000mm di atas muka tanah asli
Lempung subur Lempung kelanauan		1	2	3	4	5	6
Lempung kepasiran	20	4	4,3	5	4,5	4,8	5,5
	10	4	4,3	5	4,5	5	6
Lanau		1	1,3	2	1	1,3	2

FSL: finished surface level (sampai dengan bagian teratas perkerasan)

Bagan Desain 2: Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum[3]

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta $CESA_5$)		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tidak perlu peningkatan		
5	SG5					100
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif (*potential swell*> 5%)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak[5]	SG1 aluvial[1]	B	Lapis penopang (*capping layer*)[(2)(4)]	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid [(2)(4)]	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir[(2)(4)]	1000	1250	1500

(1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.

(2) Diatas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekivalen 2,5%.

(3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis.

(4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi.

(5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan

9.4 Pondasi Jalan untuk Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif didefinisikan sebagai tanah dengan Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) melebihi 5%. Persyaratan tambahan untuk desain pondasi jalan diatas tanah ekspansif (prosedur AE pada BaganDesain2) adalah sebagai berikut :

- Lapis penopang diatas lapisan ekspansif yang mempunyai Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) melebihi 5% harus diberi lapisan penopang dengan tebal minimum seperti dalam BaganDesain*2*. Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) didefinisikan sebagai pengembangan yang diukur dalam metode uji CBR (SNI No 03-1774-1989 pada kadar air optimum dan 100% Kepadatan Kering Maksimum). Bagian atas dari lapis penopang atau lapis timbunan pilihan harus memiliki permeabilitas rendah atau seharusnya merupakan lapisan yang distabilisasi.
- Variasi kadar air tanah dasar harus diminimasi. Pilihannya termasuk pemberian lapis penutup (*seal*) untuk bahu jalan, drainase permukaan yang diberi pasangan, pemasangan saluran penangkap (*cut off drains*), penghalang aliran. Drainase bawah permukaan digunakan jika penggunaannya menghasilkan penurunan variasi kadar air.

9.5 Penanganan Tanah Gambut

Penyelidikan geoteknik dibutuhkan untuk semua daerah tanah gambut.Analisis geoteknik harus sudah termasuk penentuan pembebanan awal (preload) dan waktu penurunan dan CBR efektif dari bagian atas lapis penopang. Pondasi harus memenuhi ketentuan minimum BaganDesain2, namun ketentuan tersebut umumnya tidak mencukupi. Konstruksi harus dilaksanakan bertahap untuk mengakomodasi terjadinya konsolidasi sebelum penghamparan lapis perkerasan beraspal.Konsolidasi harus dipantau dengan menggunakan pelat penurunan (settlement plate).Tinggi timbunan harus diminimasi tapi harus memenuhi ketentuan Sub Bab 8, termasuk akomodasi konsolidasi setelah konstruksi. Jika dibutuhkan timbunan tinggi, contohnya untuk oprit jembatan, struktur jembatan harus diperpanjang atau timbunan harus dipancang untuk mengurangi beban lateral pada tiang pancang jembatan. Kemiringan timbunan tidak boleh lebih curam dari 1 banding 3 kecuali terdapat bordes (*berm*). Drainase lateral harus diletakkan pada jarak yang memadai dari kaki timbunan untuk menjamin stabilitas. Bordes (*berm*) harus disediakan jika dibutuhkan untuk meningkatkan stabilitas timbunan.Jika pengalaman terdahulu dari kinerja jalan akibat lalu lintas diatas tanah gambut terbatas, maka timbunan percobaan harus dilaksanakan. Timbunan percobaan harus di monitor untuk memverifikasi stabilitas timbunan, waktu pembebanan, dan data lainnya. Tidak boleh ada pelaksanaan pekerjaan sebelum percobaan selesai.

Setiap lokasi memiliki waktu pembebanan awal yang berbeda.Dibutuhkan penyelidikan geoteknik untuk menentukan waktu pembebanan awal tanah gambut.

Perkerasan kaku tidak boleh dibangun diatas tanah gambut.

9.6 Survei Lapangan, Pengujian dan Analisis Material Tanah Dasar

9.6.1 CBR Karakteristik

Prosedur dalam penentuan daya dukung untuk tanah normal adalah sebagai berikut :

a) Tentukan CBR rendaman 4 hari dari permukaan tanah asli pada elevasi tanah dasar untuk semua area diatas permukaan tanah, untuk daerah galian yang mewakili jika memungkinkan, dan untuk material timbunan biasa, timbunan pilihan dan material darisumber bahan (*borrow material*) atau tentukan dengan BaganDesain2. Identifikasi awal seksi seragam (homogen) secara visual dapat mengurangi jumlah sampel yang dibutuhkan. Daerah terburuk secara visual harus dimasukkan dalam serangkaian pengujian. Perlu dicatat apakah daerah terburuk tersebut diisolasi dan dapat dibuang maka harus dicatat
b) Identifikasi segmen tanah dasar yang mempunyai daya dukung seragam berdasarkan data CBR, titik perubahan timbunan/galian, titik perubahan topografi lainnya dan penilaian visual. Variasi segmen seringkali terjadi pada lokasi perubahan topografi;
c) Tentukan daya dukung tanah dasar rencana pada setiap segmen yang seragam (homogen). Untuk daerah timbunan, daya dukung rencana adalah daya dukung untuk timbunan biasa atau timbunan pilihan. Pada daerah galian dapat digunakan nilai konservatif untuk material permukan eksisting sebesar 3% pada tahap desain kecuali sampel yang mewakili dapat diambil dari elevasi akhir tanah dasar pada galian. Untuk perkerasan diatas permukaan tanah (*at grade*) dan pelebaran pada timbunan eksisting, nilai CBR harus ditentukan dari sampel yang diambil dari tanah asli yang diambil dari elevasi tanah dasar atau material pilihan atau distabilisasi yang mungkin disebutkan.
d) Mengidentifikasi kondisi-kondisi yang memerlukan perhatian khusus seperti: lokasi dengan muka air tanah tinggi; lokasi banjir (tinggi banjir 10 tahunan harus ditentukan); daerah yang sulit mengalirkan air/drainase yang membutuhkan faktor koreksi m; daerah yang terdapat aliran bawah permukan /rembesan (*seepage*); daerah dengan tanah bermasalah seperti tanah alluvial lunak/tanah ekspansif/tanah gambut.

9.6.2 Penentuan Segmen Tanah Dasar Seragam

Panjang rencana jalan harus dibagi dalam segmen – segmen yang seragam (homogen) yang mewakili kondisi pondasi jalan yang sama:

a) Apabila data yang cukup valid tersedia (minimal 16[3] data pengujian per segmen yang dianggap seragam), formula berikut dapat digunakan :

[3]Umumnya jumlah pengujian ini tidak tersedia untuk segmen yang seragam.

CBR karakteristik = CBR rata[2] – 1.3 x standar deviasi

Data CBR dari segmen tersebut harus mempunyai koefisien variasi 25% - 30% (standar deviasi/nilai rata-rata).

b) Bila set data kurang dari 16 bacaan maka nilai wakil terkecil dapat digunakan sebagai nilai CBR dari segmen jalan. Nilai yang rendah yang tidak umum dapat menunjukkan daerah tersebut membutuhkan penanganan khusus, sehingga dapat dikeluarkan, dan penanganan yang sesuai harus disiapkan.

Nilai CBR karakteristik untuk desain adalahnilai minimum sebagaimana ditentukan diatas untuk data valid dari:

- data CBR laboratorium rendaman 4 hari, atau
- data DCP yang disesuaikan dengan musim, atau
- Nilai CBR yang ditentukan dari batas atterberg BaganDesain1.

9.6.3 Alternatif Pengukuran Daya Dukung

Hasil-hasil pengujian DCP hanya dapat digunakan secara langsung untuk memperkirakan nilai CBR bila saat pengujian kadar air tanah mendekati kadar air maksimum. Tidaklah selalu dimungkinkan untuk merencanakan program pengujian selama musim hujan, maka untuk menentukan nilai CBR sebaiknya digunakan hasil uji CBR laboratorium rendaman dari contoh lapangan. Kecuali untuk tanah dengan kondisi berikut:

a) Tanah rawa jenuh mempunyai sifat sulit untuk dipadatkan di lapangan. Untuk kasus tanah rawa jenuh, CBR hasil laboratorium tidak relevan. Pengukuran CBR dengan DCP akan menghasilkan estimasi yang lebih handal.
b) Lapisan lunak atau kepadatan rendah (umumnya 1200 – 1500 kg/m^3) yang terletak di bawah lapisan keras yang terletak di bawah muka tanah dasar desain. Kondisi ini sering terjadi pada daerah alluvial kering terkonsolidasi. Kondisi ini harus diidentifikasi dengan pengujian DCP dan harus diperhitungkan dalam penentuan desain.

Data lendutan dapat juga digunakan untuk menentukan modulus tanah dasar dari tanah dasar yang dipadatkan sebelumnya.misalnya dengan menggunakan data LWD (light weight deflectometer), yang dikalibrasi baik dengan metode AASHTO atau metode mekanistik dengan perhitungan mundur.**Tapi metode ini harus digunakan dengan hati – hati dan harus didukung dengan pengujian CBR langsung**[4].Jika modulus tanah dasar diestimasi dengan DCP atau data lendutan maka sangat penting untuk menyesuaikan modulus yang didapat dengan variasi musiman.Perbedaan antara modulus musim kering dan musim hujan dapat bervariasi sebesar tiga kali lipat atau lebih.Faktor penyesuaian harus diestimasi dengan data lendutan musim kemarau

[4]Pelaksanaan pengujian lendutan harus dipertimbangkan masuk dalam spesifikasi sebagai alat penerimaan konstruksi pondasi jalan.

dan musim hujan.Faktor penyesuaian dari Tabel 9.1 dapat digunakan sebagai nilai minimum.Penyelidikan sangat diutamakan untuk dilaksanakan setelah musim hujan yang panjang untuk mengurangi ketidakpastian terkait dengan penentuan pada musim kemarau.

Tabel 9.1 Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar akibat Variasi Musiman

Musim	Faktor Penyesuaian Minimum untuk CBR dari pengujian DCP	Faktor Penyesuaian Minimum Pengukuran Lendutan
Musim Hujan dan Tanah Jenuh	0.90	1
Peralihan	0.80	1.15
Musim Kering	0.70	1.13

Nilai desain (CBR/lendutan) = (hasil bacaan DCP atau data lendutan) x faktor penyesuaian

Pendekatan umum untuk desain pondasi harus diambil konservatif, yang mengasumsikan kondisi terendam pada tingkat pemadatan yang disyaratkan.

9.6.4 CBR Ekivalen untuk Tanah Dasar Normal untuk Perkerasan Kaku

Sub bab ini menjelaskan mengenai semua tanah dasar dibawah perkerasan kaku selain yang diatas tanah gambut atau timbunan dengan tinggi kurang dari 2,5 m diatas tanah terkonsolidasi normal (Lihat Bab 10).

a. Pedoman desain Pd T-14-2003 menggunakan nilai CBR ekivalen untuk tanah dasar normal yang ditentukan dengan :

Jika solusi desain pondasi membutuhkan beberapa lapisan atau jika tanah dasar asli terdiri atas beberapa lapisan dengan lapis teratas memiliki kekuatan paling besar, maka CBR tanah dasar ditentukan sebagai CBR ekivalen sebagai :

$$\text{CBR ekivalen} = \{\sum hCBR^{0,333}\}/\sum h\}^3$$

Dimana h = tinggi lapisan dan ∑h adalah 1 meter.

b. Jika semakin kekuatan tanah asli semakin meningkat maka formula diatas tidak digunakan. Untuk kasus tersebut CBR karakteristik merupakan CBR lapis permukaan tanah dasar.

9.7 Perbaikan Tanah Dasar dengan Stabilisasi

Termasuk dalam perbaikan tanah dasar adalah penggunaan material timbunan pilihan, stabilisasi kapur, atau stabilisasi semen.Pekerjaan pelebaran perkerasan pada area galian sering terjadi pada daerahyang sempit atau tanah dasar yang dibentuk tak teratur, yang sulit untuk distabilisasi.Dalam kasus ini maka timbunan pilihan lebih diutamakan.

Jika stabilisasi kapur atau semen digunakan daya dukung dari material stabilisasi yang digunakan untuk desain harus diambil konservatif dan tidak lebih dari nilai terendah dari :

a. Nilai yang ditentukan dari uji laboratorium rendaman 4 hari;
b. Tidak lebih dari empat kali lipat daya dukung material asli yang digunakan untuk stabilisasi;
c. Tidak lebih besar dari nilai yang diperoleh dari formula:

$$CBR_{\text{lapis atas tanah dasar distabilisasi}} = CBR_{\text{tanah asli}} \times 2^{\wedge(\text{tebal tanah dasar stabilisasi}/150)}$$

9.8 Formasi Tanah Dasar diatas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Tinggi minimum tanah dasar diatas muka air tanah dan muka air banjir ditentukan dalam Tabel 9.2.

Tabel 9.2 Tinggi minimum tanah dasar diatas muka air tanah dan muka air banjir

Kelas Jalan	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
Jalan Raya	600 (jika ada drainase di median)	
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	na

desainerharus mengikuti aturan diatas pada saat melakukan desain dan benar – benar memperhatikan pelaksanaannya pada masa konstruksi.

10 TANAH DASAR LUNAK

10.1 Umum

Untuk perkerasan diatas tanah lunak harus dilakukan analisis yang lebih mendalam.Uraian berikut ini dapat memberikan gambaran hal – hal yang penting untuk diperhatikan.

Dalam manual ini tanah lunak didefinisikan sebagai tanah **terkonsolidasi normal** (***normally consolidated)***[5]atau terkonsolidasi agak overyang biasanya lempung atah lempung kelanauan. Tanah semacam ini biasanya mempunyai nilai CBR lapangan kurang dari 3% dan kuat geser (qc) kurang dari 7,5 KPa hingga kedalaman 1 – 5 meter. Dalam bahasa geoteknik, tanah lunak mempunyai rasio terkonsolidasi over mendekati 1, yang mengindikasikan tidak adanya konsolidasi sebelumnya selain tekanan tanah permukan eksisting. Setelah lapis kerakpermukaan, nilai qc meningkat linier seiring kedalaman. Konsolidasi normal biasanya ditemukan pada daerah dataran alluvial Indonesia.

Metode-metode khusus diperlukan untuk mempersiapkan pondasi perkerasan yang memadai pada tanah terkonsolidasi normal. Metode biasa dengan memadatkan permukaannya dan mengadopsi nilai CBR laboratorium tidak valid karena a) daerah tersebut seringkali jenuh dan oleh sebabnya, tidak bisa dipadatkan dengan cara-cara biasa, b) bahkan jika tanah kering sehingga bisa dipadatkan, hanya bagian permukaan yang bisa dipadatkan dengan peralatan normal, lapisan dibawahnya akan tetap berkepadatan rendah dan akan mempunyai nilai kuat geser rendah bila jenuh, c) tanah terkonsolidasi normal akan mengalami lebih banyak pergerakan pada beban statis atau dinamis daripada tanah dasar yang dipadatkan secara mekanis. Jadi, hubungan kegagalan yang berbeda berlaku untuk tanah dasar lunak. Ketentuan-ketentuan yang diuraikan dalam bagian-bagian berikutnya hendaknya digunakan.

10.2 Pemilihan Penanganan Pondasi Tanah Lunak

- Bila kedalaman tanah lunak didefinisikan sebagai kedalaman dimana daya dukung tanah lunak mencapai CBR 3% (metode DCP pukulan tunggal) kurang dari 1 meter, pembuangan seluruh tanah lunak sebaiknya dipertimbangkan. Pemilihan hendaknya berdasarkan biaya konstruksi yang lebih rendah antara pengupasan keseluruhan dan penggunaan lapis penopang.
- Jika kedalaman landasan tanah lunak berada dalam kedalaman lebih dari 1 meter maka penanganan dengan lapis penopang harus dipertimbangkan.
- Bila kedalaman tanah lunak memerlukan waktu pra-pembebanan yang berlebihan, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) hendaknya dipertimbangkan (lapisan lempung kelanauan setebal 1,5 m bisa memerlukan waktu pra-pembebanan selama 4 bulan, lapisan setebal 3 m membutuhkan 16 bulan atau lebih).
- Saat kondisi lapangan tidak memungkinan bagi penggunaan lapis penopang *(capping layer)*; beban timbunan tambahan sementara *(surcharge)*, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*), cakar ayam atau *micro pile* hendaknya digunakan. desain penanganan-penanganan tersebut di luar cakupan Manual ini. Analisa geoteknik diperlukan.

[5] Tanah terkonsolidasi normal adalah tanah yang sedang mengalami tegangan tertingginya.

10.3 Lapis Penopang

Lapis penopang memberikan landasan kerja bagi lalu lintas konstruksi, untuk pemadatan lapisan perkerasan berbutir manapun, dan untuk penghamparan lapisan perkerasan berpengikat. BaganDesain2 menampilkan ketebalan minimum lapis penopang untuk mengatasi kondisi ini. Jika lapis penopang *(capping layer)* akan dipergunakan sebagai jalur angkutan *(haul road)* material timbunan dalam jumlah besar, ketebalan yang dibutuhkan mungkin akan lebih besar[6].

Lapis penopang harus memenuhi persyaratan berikut ini:

a) Persyaratan desain umum untuk semua jenis perkerasan

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang adalah timbunan pilihan, kecuali bila lapisan berada di bawah air dimana timbunan pilihan berbutir hendaknya digunakan.
2. Kemampuan untuk memberikan landasan kerja yang kuat sepanjang masa pelaksanaan (BaganDesain2).
3. Setidaknya setebal 600 mm untuk melapisi tanah dasar pada tanah ekspansif.
4. Hendaknya paling tidak di atas muka air banjir dan/atau standar desain minimum dari muka air tanah ke elevasi permukaan tanah dasar.
5. Pembentukan alur *(rutting)* akibat lalu lintas konstruksi tidak melebihi 40 mm.

b) Persyaratan desain umum untuk semua jenis perkerasan

Metode pemadatan hendaknya ditentukan oleh Direksi Pekerjaan berdasarkan percobaan lapangan bila diperlukan. Pemadatan berat hanya dapat dilakukan setelah periode pembebanan awal.Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan pada elevasi yang ditetapkan atau disetujui oleh Direksi Pekerjaan.Pemadatan yang tercapai mungkin kurang dari 95% MDD pada bagian bawah lapis penopang.Pemadatan maksimum yang dapat dicapai sangat penting untuk perkerasan kaku untuk mengurangi retak akibat penurunan tanah yang berbeda pada material lapis penopang setelah konstruksi.Pemadatan dengan impact energi tinggi harus dipertimbangkan.

Proof rolling harus dilakukan untuk mengidentifikasi bagian-bagian setempat lunak yang membutuhkan penanganan lebih lanjut. Lendutan dari benkelman beam sebesar 2,5 mm akibat as ganda 14,5 ton dengan tekanan roda 450 kPa (LAMPIRAN F) menunjukkan dukungan lapis penopang yang memadai.

Penelitian diperlukan dalam peningkatan spesifikasi material, metode pemadatan, dan pengujian penerimaan untuk lapis penopang.

c) Separator Geotekstil

Separator geotekstil hendaknya diberikan pada antarmuka dari tanah asli dan tanah lunak jika permukaantanah asli telah jenuh atau akan mengalami kejenuhan dalam masa layan.

---

[6]Metode Giroud and Han 2004 bisa digunakan untuk menentukan solusi alternatif lapis penopang*(capping layer)*.

10.4 Pondasi Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak

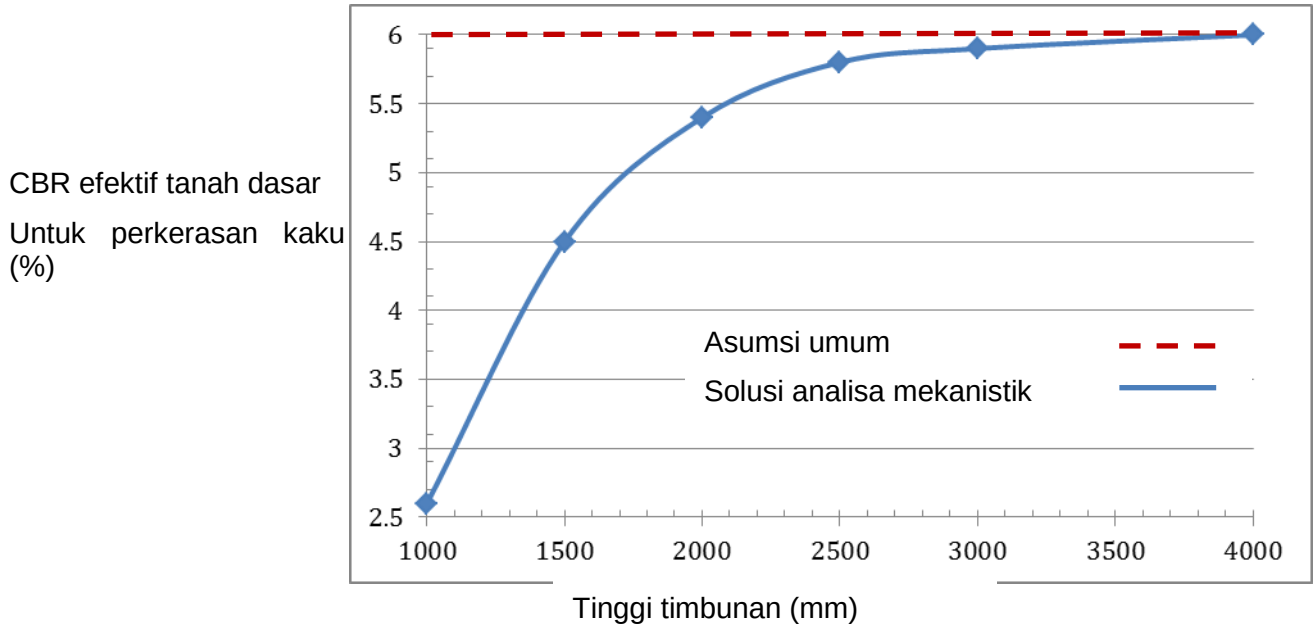
Pondasi untuk perkerasan kaku dengan lalu lintas berat harus meliputi :

a. Pengangkatan dan penggantian tanah lunak, atau
b. Lapis penopang dengan nilai CBR desaintanah dasar tidak lebih besar dari yang ditentukan dalam Gambar 5. Lapis penopang harus diberikan beban awal untuk membatasi pergerakan tak seragam setelah konstruksi, atau
c. Pondasi khusus seperti cakar ayam untuk mendukung lapis pondasi.

Jika tinggi timbunan dibatasi seperti dalam kasus pelebaran perkerasan eksisting, penanganan khusus seperti cakar ayam dapat diperlukan.

10.4.1 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Metode-metode yang dipakai saat ini melibatkan setidaknya a) penentuan daya dukung ekivalen bagi satu meter pertama tanah dasar atau b) penentuan modulus reaksi tanah dasar dari *plate bearing test*. Metode ketiga yang diajukan yaitu: daya dukung ekivalen yang menghasilkan tingkat tegangan maksimum yang sama pada dasar pelat perkerasan kaku di atas tanah lunak yang diberi lapis penopang (*capped*) dibandingkan terhadap tanah dasar yang seragam dengan kedalaman tak terbatas yang mempunyai daya dukung yang sama. Analisa multi-layer (CIRCLY) digunakan untuk memperoleh matriks solusi.Gambar 10.1 menunjukkan solusi untuk struktur perkerasan umum yang ditunjukkan dalam Gambar 10.2.

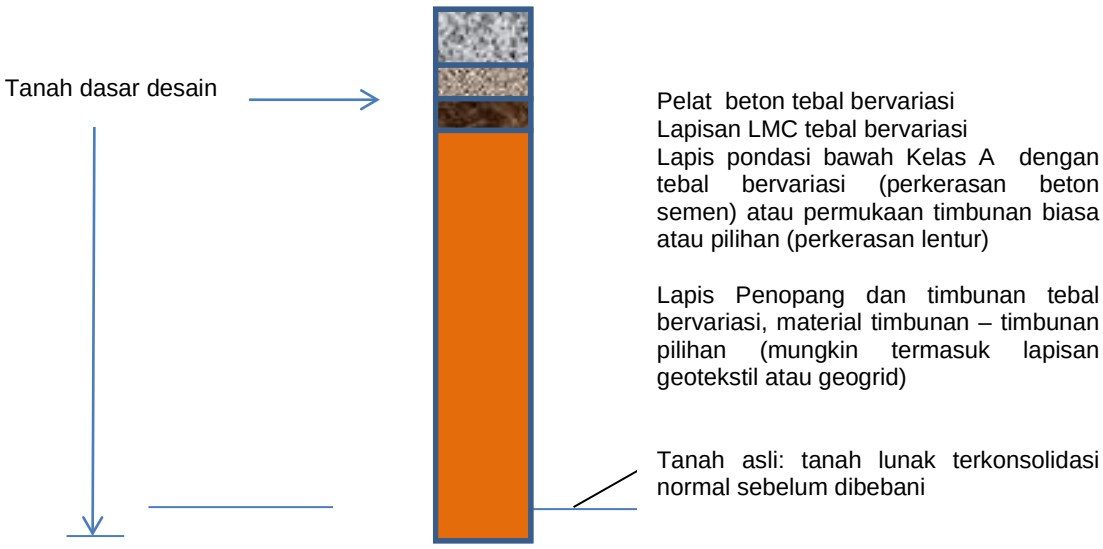


Gambar 10.1 CBR Maksimum Tanah Dasar untuk Permukaan Tanah Lunak yang diberi Lapis Penopang

Catatan :

1. Tinggi timbunan ditentukan dari permukaan tanah lunak sampai dasar lapis pondasi LMC

2. CBR efektif untuk desain perkerasan kaku ditentukan dari Gambar 5 sangatlah sensitif terhadap tinggi timbunan dan nilainya lebih rendah daripada nilai yang dihasilkan dari sebagian besar metode-metode lainnya untuk tinggi timbunan yang kurang dari 3 meter.



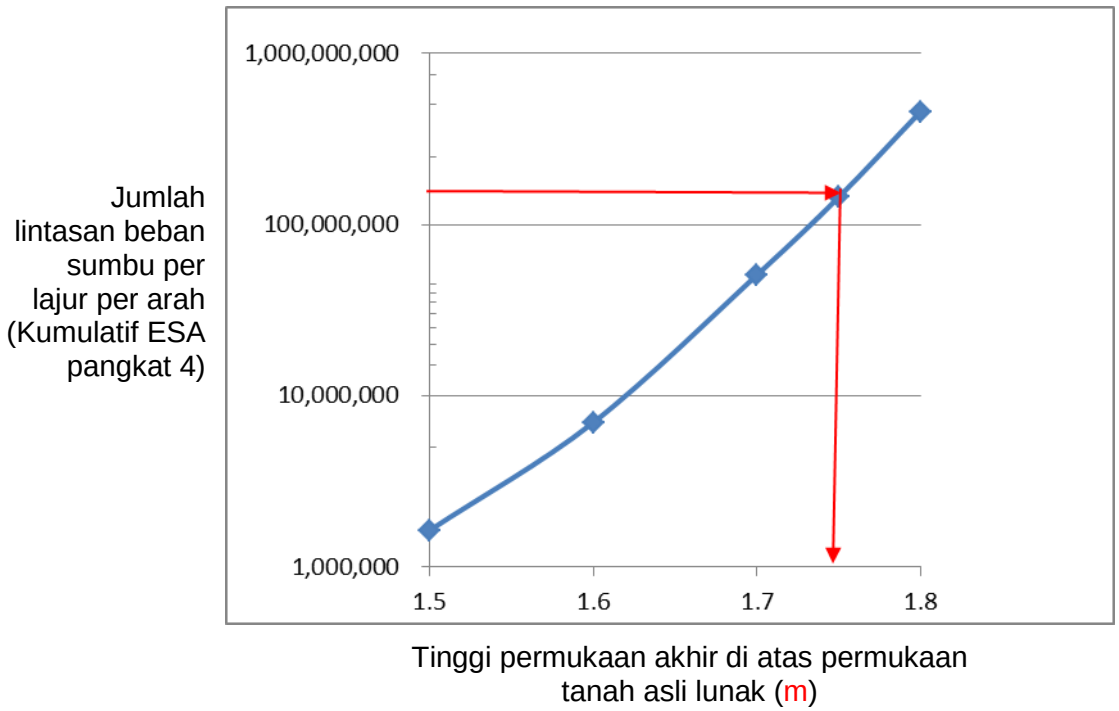
Gambar 10.2 Struktur perkerasan kaku yang digunakan dalam analisa Gambar 10.1 (kasus perkerasan kaku)

10.4.2 Deformasi Plastis Tanah Dasar akibat Beban Dinamis

Deformasi plastis di bawah sambungan perkerasan kaku (perkerasan beton polos dengan sambungan dan perkerasan beton bertulang dengan sambungan) bersamaan dengan erosi material tanah dasar melalui sambungan, menyebabkan rongga yang mungkin memerlukan *undersealing*/*mud jacking*.Efek deformasi plastis yang ditimbulkan sebagian berasal dari perbedaan distribusi tegangan dalam permukan tanah asli di bawah pembebanan dinamis di dekat sambungan. Proses ini menyebabkan hilangnya dukungan seragam yang mengarah ke keretakan pelat dan hilangnya mutu pengendaraan (*riding quality*). Besarnya deformasi plastis pada lapisan-lapisan tanpa pengikat (*unbound*) di bawah sambungan dapat diestimasi. Gambar 10.3 menggambarkan dampak tinggi timbunan terhadap jumlah repetisi beban yang menyebabkan kegagalan sambungan.

Timbunan rendah pada tanah lunak rentan mengalami kegagalan dini sehingga rencana pemeliharaan untuk kasus ini harus termasuk *undersealing* dan pelapisan tambahan (*overlay*). Pondasi beton sebaiknya termasuk tulangan distribusi retak jika tinggi timbunan kurang dari yang ditunjukkan dalam Gambar 10.3. Untuk alinyemen baru, tinggi timbunan jika dimungkinkan dipasang lebih besar dari yang ditunjukkan dalam Gambar 10.3.

Perhatikan bahwa analisa ini menunjukkan retak pada pelat beton akan terjadi kurang dari satu tahun bagi kasus tipikal tanah lunak Pantura dengan tinggi timbunan hanya 1,5 m dan tidak ada penanganan khusus. **Jika tinggi timbunan lebih rendah dari yang diindikasikan dalam gambar, lapis pelat beton membutuhkan tulangan.**



Gambar 10.3 Tinggi minimum dari permukaan akhir sampai batas deformasi plastis permukaan tanah lunak asli dibawah sambungan pelat

Catatan :

1. Tinggi timbunan yang ditentukan dari Gambar 10.3 dan 10.4 adalah nilai minimum. Level garis kontrol harus dinaikkan relatif terhadap nilai dari Gambar 10.2 atau 10.3 untuk membuat kemiringan melintang atau superelevasi atau untuk variasi pelaksanaan.
2. Persyaratan deformasi plastis berlaku untuk pelat beton dengan sambungan. Kondisi ini tidak berlaku bagi:
   a. Beton bertulang menerus,
   b. Beton pratekan pasca penegangan (*post-tension*)
   c. Beton bersambungan yang diperkuat oleh *micro pile* atau cakar ayam

10.5 Penurunan (Settlement) terkait Kegagalan pada Tanah Lunak

Timbunan untuk perkerasan diatas tanah lunak harus dirancang dengan batas-batas lendutanakibat total settlement, perbedaan penurunan dan penurunan sekunder akibat beban statis dan beban dinamis. Batas-batas ini membantu memastikan bahwa mutu pengendaraan (riding quality) perkerasan tetap memadai dan perkerasan kaku tidak mengalami keretakan berlebihan. Batas-batas maksimum dijabarkan dalam Tabel 10.1.

Pengurangan batas-batas ini diperbolehkan untuk jalan perkerasan lentur dengan volume lalu lintas rendah. Batas-batas ini tidak berlaku bagi perkerasan tanpa penutup aspal (*unsealed*). Bila dilakukan konstruksi perkerasan bertahap dan tahap pertama adalah perkerasan lentur, batas-batas ini dapat dikurangi namun harus dipenuhi pada tahap konstruksi akhir dan umur rencana sisa. Jika ada pekerjaan overlay yang terjadwal, batas-batas ini berlaku pada umur rencana antara overlay.

Dua bentuk bahaya penurunan yang berhubungan dengan masalah umum konsolidasi tanah harus dipertimbangkanperbedaan penurunan pada semua daerah dan penurunan total dekat bangunan struktur. Penurunan total dekat bangunan struktur merupakan yang paling kritis. Setiap jenis penurunan dapat dikurangi dengan pembebanan awal.Penurunan pasca konstruksi yang cukup besar (penurunan setelah dimulainya pelaksanaan lapis perkerasan) menyebabkan kerusakan struktural dan hilangnya kualitas berkendara dan karena itu harus dipertimbangkan.

Tabel 10.1 Batas-batas penurunan (*settlement*)bagi timbunan pada tanah lunak

Jenis penurunan	**Kelas Jalan**	**Uraian**	**Batas yang diijinkan**	**Penanganan pencegahan tipikal**
Kasus Umum Total Penurunan	Semua jalan nasional, propinsi dan kolektor	Penurunan mutlak setelah dimulainya pelaksanaan perkerasan (setara dengan disamping bangunan struktur)	Total 100 mm	a) Pra-pembebanan sebelum pelaksanaan perkerasan (pra pembebanan pada oprit struktur, sebesar periode konsolidasi primer mungkin dibutuhkan kecuali penanganan tambahan diberikan) b) *wick drain* atau beban timbunan tambahan sementara (*surcharge*) bila diperlukan untuk mempercepat konsolidasi c) penggantian tanah atau pemancangan pada bagian oprit struktur
Perbedaan Penurunan dan Penurunan Total jika bersampingan dengan bangunan struktur	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 kpj	Di antara setiap dua titik secara memanjang dan melintang termasuk yangbersampingan dengan struktur tertanam dan atau pada *relief slab*abutment jembatan	0,003:1 (perubahan kemiringan 0,3%)	Seperti untuk total settlement
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 kpj atau lebih rendah		0,006:1 (0,6%)(nilai antara bisa dipakai untuk kecepatan rencana lainnya)	Seperti di atas
Penurunan Rangkak (Creep Settlement) akibat beban dinamis dan statis	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 kpj	Digunakan pada perkerasan kaku dengan sambungan	4 mm di sambungan	Tinggi timbunan minimum sesuai Gambar 10.3, atau dukungan dari *micro pile* dan cakar ayam atau tulangan menerus.
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 kpj atau lebih rendah		8 mm di sambungan	

10.5.1 Kasus Umum Perbedaan Penurunan[7]

Perbedaan Penurunan bisa diakibatkan oleh konsolidasi primer yang belum tuntas dan konsolidasi sekunder pada tanah asli[8] bersamaan dengan variasi pada kedalaman dan karakteristik lapisan tanah lunak. Pemadatan timbunan yang buruk pun bisa menyebabkan perbedaan penurunan tetapi hendaknya dihindari dengan manajemen mutu konstruksi. Perbedaan penurunan menyebabkan gelombang pada permukaan perkerasan yang telah selesai dan mengurangi kualitas berkendara.

Timbunan harus diberikan waktu yang memadai untuk pra-pembebanan untuk konsolidasi primer dan batasan ini tidak akanmengakibatkan masalah untuk perkerasan lentur atau kaku selain yang bersampingan dengan bangunan struktur. Jika timbunan tidak mempunyai waktu untuk pra-pembebanan, misal kasus pelebaran pada perkerasan eksisting, maka tindakan khusus harus dilakukan. Pelat beton harus diberi penulangan dan cakar ayam atau penanganan lainyang mungkin diperlukan.

Pada lokasi alinyemen baru, waktu untuk konsolidasi primer **harus** diberikan sebelum pelat perkerasan beton dihamparkan. Waktu konsolidasi primer dapat dikurangi dengan beban tambahan sementara (surcharge), drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*), konsolidasi vakum, pemadatan impact energi tinggi (High Energy Impact Compaction) dan kombinasi dari penanganan tersebut.

Walaupun konsolidasi primer telah selesai selama periode pra-pembebanan, efek dari konsolidasi sekunder dapat sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya retak pada pelat atau kualitas berkendara yang buruk terutama pada lokasi berikut :

- Dalam jarak 20 m dari abutment jembatan
- Pada titik dimana perkerasan diatas gorong-gorong yang tertanam
- Pada daerah tanah lunak yang tidak umum (umumnya terkait dengan lapisan air) dengan perbedaan penurunan jangka pendek dengan panjang setengah gelombang dan periode pra-pembebanan yang panjang (waktu konsolidasi primer untuk lapis tanah lunak setebal 3 m dapat mencapai 18 bulan).

Penanganan tambahan mungkin diperlukan untuk lokasi ini.

Retak pada perkerasan lentur tidak separah pada JPCP dan lebih mudah diperbaiki ketika terjadi. Perkerasan kaku dapat diberi tulangan

---

[7]Panjang setengah gelombang dari lengkung perbedaan penurunan, selain yang berdekatan dengan struktur nampaknya tidak kurang 25 atau 35 meter, perbedaan kemiringan maksimum antara pelat beton akibat perbedaan penurunan untuk tipikal kedalaman landasan tanah lunak 1 sampai 3 meter, terhadap kemiringan desain haruslah 0,4%, sudah cukup untuk menyebabkan ketidak-nyamanan berkendara pada kecepatan 120 km/jamtetapi tidak akan menyebabkan keretakan pelat beton. Untuk kasus ini mutu berkendara dapat ditingkatkan dengan overlay.

Perubahan kemiringan dapat terjadi pada sekitar abutment jembatan atau bahkan gorong-gorong yang tertanam, yang melampaui 0,8%,dari dampak konsolidasi sekunder itu sendiri dengan mudah dapat menyebabkan keretakan pelat beton and ketidak-nyamanan berkendara yang cukup serius.

[8] Kejadian khusus perbedaan penurunan akibat pembebanan dinamis diatasi dengan ketentuan 10.4.2

untuk mengrangi tingkat keparahan retak.Berbeda dengan JPCP (Perkerasan Beton Polos Dengan Sambungan) dan JRCP(Perkerasan Beton Bertulang Dengan Sambungan), perkerasan bertulangan menerus tidak mudah terpengaruh oleh perbedaan penurunan, namun harganya lebih mahal.

Perhatian:

Beton bertulang hendaknya digunakan ketika salah satu dari kondisi berikut ini tidak bisa dipenuhi: a) batas-batas perbedaan penurunan yang diuraikan dalam Tabel 10.1, b) tinggi timbunan yang disyaratkan pada Gambar 10.3.

Beton bertulang menerus hendaknya digunakan pada alinyemen baru ketika kondisi-kondisi tersebut di atas tidak bisa dipenuhi atau jika dinilai lebih murah. JRCP (Perkerasan Beton Bertulang Dengan Sambungan), digunakan di lokasi lainnya.

Perhatian :

Perkerasan kaku harus didukung oleh micro pile atau cakar ayam jika tinggi minimum timbunan atau periode pra-pembebanan minimum tidak dapat dicapai. Kondisi ini terjadi pada pekerjaan pelebaran atau rekonstruksi pada alinemen perkerasan eksisting.

Plat pondasi beton perlu diberi tulangan.

Besarnya kemungkinan perbedaan penurunan pasca konstruksi yang harus ditentukan oleh seorang tenaga ahli geoteknik dengan dasar pemetaan dengan grid 25 m untuk daerah yang dicurigai sebagai tanah lunak. Pemetaan bisa dengan DCP, sondir atau dengan peizocone[9]. Grid lebih lebar bisa digunakan pada awal pemetaan untuk menandai daerah-daerah yang beresiko.

Perbedaan penurunan setelah dimulainya pelaksanaan perkerasan bisa dan seringkali harus diminimalkan dengan pra-pembebanan untuk periode konsolidasi primer. Periode konsolidasi primer dapat dikurangi dengan pengunaan drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*), dengan beban tambahan sementara (*surcharge*) atau dengan konsolidasi vakum. Penanganan-penanganan semacam ini lebih diperlukan jika ketebalan lapisan tanah lunak melebihi 2 meter.

Perbedaan penurunan tidak begitu kritis untuk perkerasan lentur karena kehilangan bentuk dapat dikoreksi dengan lapis tambahan (*overlay*) pada masa mendatang. Hilangnya bentuk pada perkerasan kaku dapat dikoreksi dengan pengisian rongga/*undersealing* (penyuntikan/*mud jacking*) atau dengan lapis tambahan aspal atau keduanya, akan tetapi sebaiknya dihindari karena perbedaan penurunan dengan perubahan gradien lebih dari 0,6% biasanya diiringi dengan keretakan pelat beton.

[9]Pengujian Piezocone lebih disukai.

10.5.2 Total Settlement pada Oprit Jembatan dan Bersebelahan dengan Struktur Tertanam

Batasan penurunan didefinisikan dalam Tabel10.1.

Penanganan-penanganannya termasuk penggantian tanah, pemadatan berenergi tinggi, kolom batu, pencampuran tanah dan lain sebagainya. Penggunaan perkerasan lentur pada oprit jembatan hendaknya dipertimbangkan sekaligus dengan penjadwalan lapis tambahan aspal (*overlay*) pada oprit, untuk mengurangi jangkauan penanganan tanah yang dibutuhkan.

Penanganan yang dibutuhkan seharusnya ditentukan oleh ahli geoteknik.

10.6 Waktu Pra-Pembebanan pada Tanah Lunak

Timbunan pada tanah lunak harus dihampar dengan waktu tidak kurang dari yang ditentukan dalam Tabel 10.2 sebelum lapisan perkerasan dihamparkan. Waktu aktual ditentukan oleh tenaga ahli geoteknik menggunakan Buku Pedoman Geoteknik Pt T-08-2002-B. Waktu pra-pembebanan bisa dipersingkat dengan pembebanan sementara *(surcharging)* atau dengan penggunaan drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*). Untuk perkerasan lentur, waktunya bisa diubah dengan konstruksi bertahap. Kondisi pra-pembebanan agar diaplikasikan dengan seksama untuk konstruksi perkerasan kaku.

Tabel 10.2 Estimasi waktu pra-pembebanan timbunan diatas tanah lunak

Kedalaman sampai CBR lapangan 2% (m)	Ketinggian timbunan final (m)		
	< 2	2 – 2.5	> 2.5
	Waktu pra-pembebanan (bulan)		
< 1,5	3	4	5
1,5 – 2,0	5	6	9
2,0 – 2,5	8	10	13
2,5 – 3,0	12	14	19

Catatan :

1. Wick drain, surcharge, konsolidasi vakum atau penanganan lainnya agar dipertimbangkan untuk mengurangi waktu pra-pembebanan untuk kasus daerah dengan waktu yang tersedia untuk pra-pembebanan terbatas.
2. Penilaian geoteknik dibutuhkan untuk menentukan waktu pra-pembebanan yang sebenarnya.
3. Timbunan dengan tinggi lebih dari 3 m diatas tanah lunak membutuhkan penyelidikan geoteknik menyeluruh terutama untuk stabilitas lereng.

10.7 Tinggi Minimum Timbunan untuk Mendukung Perkerasan Kaku diatas Tanah Lunak Tanpa Perbaikan

Tinggi timbunan termasuk perbaikan tanah, *capping layer* (lapis penopang), timbunan pilihan dan lapisan drainase, lereng melintang atau superelevasi di atas tanah lunak.

Setiap faktor berikut ini sebaiknya dipenuhi untuk timbunan diatas tanah lunak pada permukaan tanah asli :

a) Tinggi minimum keseluruhan timbunan untuk perkerasan kaku hendaknya sesuai dengan Gambar 10.1 agar dapat menahan pergerakan berlebihan dari pembebanan dinamis untuk umur desain pondasi 40 tahun.
b) Tinggi minimum lapisan penopang untuk menahan alur (*rutting*) pada tanah dasar akibat lalu lintas konstruksi hendaknya sesuai BaganDesain2.
c) CBR efektif tanah dasar hendaknya lebih kecil dari CBR terukur dan CBR yang ditentukan dari Gambar 10.1.

Tinggi-tinggi tersebut merupakan nilai minimum. Tinggi tambahan harus ditambahkan pada nilai alinyemen vertikal yang ditunjukkan dalam Gambar untuk mengantisipasi:

a) Penurunan pasca konstruksi
b) Perbedaan superelevasi atau lereng melintang dari titik rendah ke garis kendali alinyemen vertikal, termasuk untuk desain pelebaran.

Contoh: Jalan raya, tanah lunak jenuh pada permukaan tanah asli, tidak ada galian, lalu lintas 40 tahun200 juta ESA, muka air tanah efektif di permukaan (tipikal daerah persawahan), banjir 10 tahunan 500 mm di atas muka tanah, superelevasi 5%, lebar perkerasan 7000 mm, perkerasan beton

a) Timbunan minimum untuk tanah dasar memenuhi aturan lantai kerja (BaganDesain 2)

	1200
Struktur perkerasan (perkerasan beton, LMC, LPA)	520
Perbedaan elevasi akibat super elevasi (7000x5%)	350
Total	**2070**

b) Timbunan total minimum untuk menahan deformasi plastis pada tanah asli (Gambar 7)

	1750
Penyesuaian untuk super elevasi	350
Total	**2100**

c) Tinggi minimum untuk ruang bebas dari muka air tanah

Muka air tanah (Tabel 9.1)	600
Perkiraan penurunan setelah konstruksi	100
Struktur perkerasan	520
Lapis pemisah (filter)	100
Tinggi bebas super elevasi	350
Total	**1670**

d) Tinggi minimum untuk ruang bebas air banjir

Perkiraan penurunan setelah konstruksi	100
Muka air banjir	500

Ruang bebas banjir tanah dasar (Tabel 9.1)	500
Struktur perkerasan	520
Perbedaan tinggi superelevasi	350
Total	**1970**

Jadi 2100 mm diambil sebagai tinggi minimum timbunan (memenuhi kondisi b).

DESAIN PERKERASAN

11 DESAIN PERKERASAN

Bab ini mendeskripsikan desain seluruh lapisan diatas tanah dasar (formasi atas).

11.1 Struktur Perkerasan

Solusi pekerasan yang banyak dipilih yang didasarkan pada pembebanan dan pertimbangan biaya terkecil diberikan dalam BaganDesain3Perkerasan Lentur, BaganDesain4 Perkerasan Kaku, BaganDesain5 Pelaburan, BaganDesain6 Perkerasan Tanah Semen, dan BaganDesain 7 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Kerikil. Solusi laindapat diadopsi untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat tetapi disarankan untuk tetap menggunakan bagan sebagai langkah awal untuk semua desain.

Proses desain untuk perkerasan kaku menurut Pd T-14-2003 atau metode[10] Austroad 2004 membutuhkan jumlah kelompok sumbu dan spektrum beban dan tidak membutuhkan nilai CESA. Jumlah kelompok sumbu selama umur rencana digunakan sepagai input BaganDesain4 dan BaganDesain4A.

[10]Pd T-14-2003sebaiknya tidak digunakan karena belum dikoreksi terhadap kondisi pembebanan di Indonesia.

Bagan Desain 3: Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB)[1]

		STRUKTUR PERKERASAN							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
		Lihat desain 5 & 6				Lihat BaganDesain 4 untuk alternatif lebih murah[3]			
	Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi di lajur desain(pangkat 5) (10^6 $CESA_5$)	< 0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 4,0	4,0 - 30	30 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 500
	Jenis permukaan berpengikat	HRS, SS, atau Penmac	HRS (6)		AC_c atau AC_f	AC_c			
	Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah	Lapis Pondasi Berbutir A			Cement Treated base (CTB) (= cement treated base A)				
		KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)							
	HRS WC	30	30	30					
	HRS Base	35	35	35					
	AC WC				40	40	40	50	50
Lapisan beraspal	AC BC [5]				135	155	185	220	280
CTB atau	CTB[4]				150	150	150	150	150
LPA Kelas A	LPA Kelas A[2]	150	250	250	150	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%		150	125	125					

Catatan 3:

1. Ketentuan-ketentuan struktur Pondasi BaganDesain 2 juga berlaku
2. Ukuran Gradasi LPA nominal maksimum harus 20 mm untuk tebal lapisan 100 – 150 mm atau 25 mm untuk tebal lapisan 125 – 150 mm
3. Pilih Bagan 4 untuk solusi perkerasan kaku untuk *life cycle cost* yang rendah
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diijinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.
5. AC BC harus dihampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.
6. HRS is not suitable for steep gradients or urban areas with traffic exceeding 1 million ESA_4. See Bagan Desain 3A for alternatives

Bagan Desain 3A: Desain Perkerasan Lentur Alternatif

	STRUKTUR PERKERASAN			
	FF1	FF2	FF3	FF4
	ESA_5 (juta) untuk UR 20 th di lajur desain			
	0.8	1	2	5
	TEBAL LAPIS PERKERASAN (mm)			
AC WC	50	40	40	40
AC BC lapis 1	0	60	60	60
AC BC lapis 2/ AC Base	0	0	80	60
AC BC lapis 3/ AC Base	0	0	0	75
LPA Kelas A lapis 1	150	150	150	150
LPA Kelas A lapis 2/ LPA Kelas B	150	150	150	150
LPA Kelas A , LPA Kelas Batau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%	150	150	0	0

Catatan : desain 3A hanya digunakan jika HRS atau CTB sulit untuk dilaksanakan, namun untuk desain perkerasan lentur tetap lebih mengutamakan desain menggunakan desain 3.

Alternate Bagan Desain 3A: Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

(Solusi untuk Reliabilitas 80% Umur Rencana 20 Tahun)

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 3		Lihat Catatan 3		
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) (10^6 $CESA_5$)	1 - 2	2 - 4	4 – 7	7 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Catatan Bagan Desain 3A:

1. FF1 atau FF2 harus lebih diutamakan daripada solusi F1 dan F2 atau dalam situasi jika HRS berpotensi rutting
2. FF3 akan lebih efektif biaya relatif terhadap solusi F4 pada kondisi tertentu
3. CTB dan pilihan perkerasan kaku (Bagan Desain 3) dapat lebih efektif biaya tapi dapat menjadi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia. Solusi dari FF5-FF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan desain 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu. Contoh jika perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis : pelebaran perkerasan lentur eksisting atau diatas tanah yang berpotensi konsolidasi atau pergerakan tidak seragam (pada perkerasan kaku) atau jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
4. Faktor reliabilitas 80% digunakan untuk solusi ini.
5. Bagan Desain 3A digunakan jika HRS atau CTB sulit untuk diimplementasikan. Untuk desain perkerasan lentur, lebih diutamakan menggunakan Bagan Desain 3.

Bagan Desain 4: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Berat

(Persyaratan desainuntuk char solusi : perkerasan dengan sambungan dan dowel serta *tied shoulder*, dengan atau tanpa tulangan distribusi retak)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded)[11]	<4.3x10^6	<8.6 x 10^6	< 25.8 x 10^6	<43 x 10^6	<86 x 10^6
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A[12]	150				

Perlu dicatat bahwa bagan di dalam Pd T-14-2003tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan kaku.tersebut didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan resmi yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Para desainerharus menggunakan pembebanan kelompok beban yang aktual.LAMPIRAN A memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili untuk Indonesia.

Bagan Desain 5A: Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Rendah

(Concrete pavement for low volume, low commercial vehicle roads with traffic volumes as Tabel 4.4)

Perkerasan Kaku untuk Jalan Desa dengan Lalu Lintas rendah, jalan untuk jumlah kendaraan niaga rendah dan lalu lintas sepert dalam Tabel 4.4.				
Tanah dasar	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan Normal	
Bahu Terikat	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung pondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Pondasi Kelas A 30 mm	125 mm			
Jarak sambungan transversal	4 m			

[11]Lihat LAMPIRAN A untuk spektrum kelompok sumbu yang mewakiliuntuk Indonesia

[12]Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum.

Bagan Desain 6: Perkerasan Berbutir dengan Lapis Aspal Tipis

	STRUKTUR PERKERASAN				
	SD1	SD2	SD3	SD4[3]	SD5[3]
	Beban sumbu 20 tahun pda lajur desain ($CESA_4 x 10^6$)				
	<0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 4	4 - 10	10 - 30
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)				
Burda	20 nominal				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	200	250	300	320	340
Lapis Pondasi Agregat kelas A, atau kerikil alam atau distabilisasi, CBR ≥10%, pada subgrade dengan CBR ≥ 5%	100	110	140	160	180

Catatan :
1 Ketentuan-ketentuan struktur pondasi jalan*desain 1* juga berlaku untuk *desain5*.
2 Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus dihampar dengan tebal padat minimum 125 mm dan maksimum 200 mm.
3 SD4 dan SD5 hanya digunakan untuk konstruksi bertahap atau untuk penutupan bahu.
4 Dibutuhkan pengendalian mutu yang baik untuk semua lapis perkerasan.

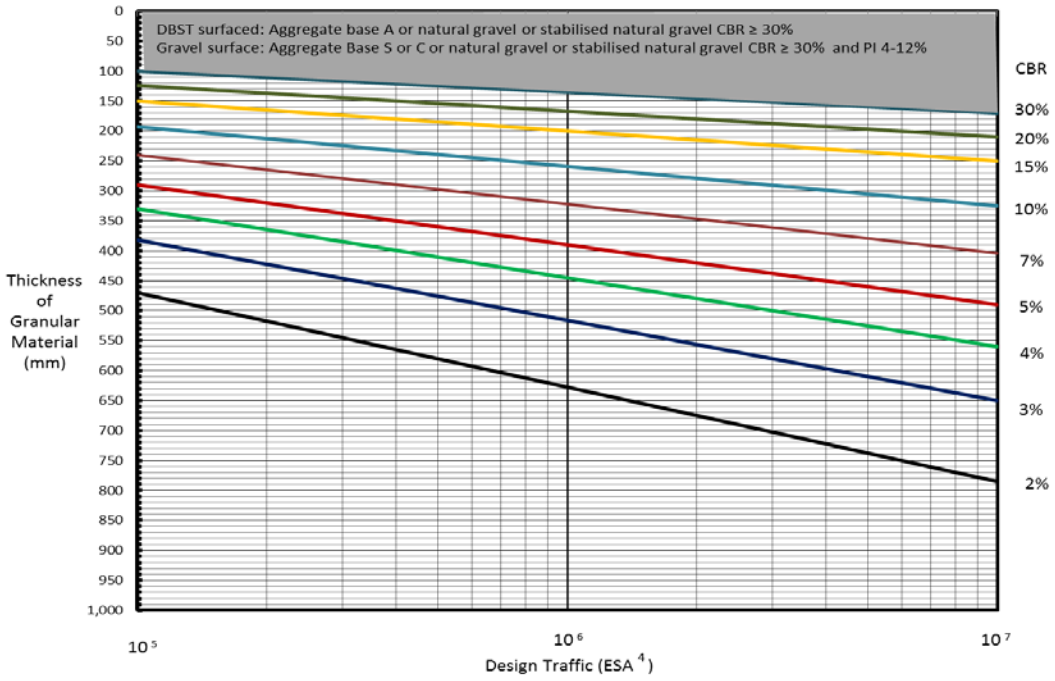
Bagan Desain 7: Perkerasan Tanah Semen (Soil Cement)

(diijinkanuntuk area dengan sumber agregat atau kerikil terbatas)

	STRUKTUR PERKERASAN		
	SC1	SC2	SC3
	Beban Sumbu 20 tahun pada lajur desain ($CESA_4 x 10^6$)		
	<0,1	0,1- 0,5	0,5 – 4
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)		
HRS WC, AC WC (halus), Burtu atau Burda	50		
LP Agregat Kelas A	160	220	300
Lapis PondasiAgregat Kelas A atau Kelas B	110	150	200
Tanah distabilisasi, CBR 6% pada tanah dasar dengan CBR ≥ 3%	160	200	260

Catatan :
1. *desain 6* digunakan untuk semua tanah dasar dengan CBR ≥ 3%. Ketentuan *desain 2*tetap berlaku untuk tanah dasar yang lebih lemah.
2. Stabilisasi satu lapis lebih 200 mm sampai 300 mm diperbolehkan jika disediakan peralatan stabilisasi yang memadai dan untuk pemadatan digunakan pad-foot roller berat statis minimum 18 ton.
3. Bila catatan 2 diterapkan, lapisan distabilisasi pada *desain5*atau *desain6*boleh dipasang dalam satu lintasan dengan persyaratan lapisan distabilisasi dalam *desain 2* sampai maksimum 300 mm.
4. Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus dengan ukuran nominal maksimum 30 mm jika dihamparkan dengan lapisan kurang dari 150 mm.
5. Hanya kontraktor berkualitas dan mempunyai peralatan diperbolehkan melaksanakan pekerjaan Burda atau pekerjaan Stabilisasi.
6. Solusi yang tidak menyelesaikan kendala menurut *desain6* dapat ditentukan menggunakan grafik yang diberikan LAMPIRAN C.

Bagan Desain 8: Perkersan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Tipis



Sumber : Austroads

12 MASALAH PELAKSANAAN YANG MEMPENGARUHI DESAIN

Mutu konstruksi yang disyaratkan harus dicapai.Sangat tidak mungkin untuk mengganti pelaksanaan yang buruk dengan koreksi desain perkerasan (*pavement design adjustments*). Bab ini akan menjelaskan permasalahan pelaksanaanyang mempengaruhi detail desain dan plilihan desain perkerasan.

12.1 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan pelaksanaan.desain harus melihat batasan - batasan tersebut termasuk ketebalan lapisan di dalam Tabel 12.1. Jika dalam bagandesain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan dalam tebal yang lebih besar dari yang diijinkan dalam Tabel 12.1, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

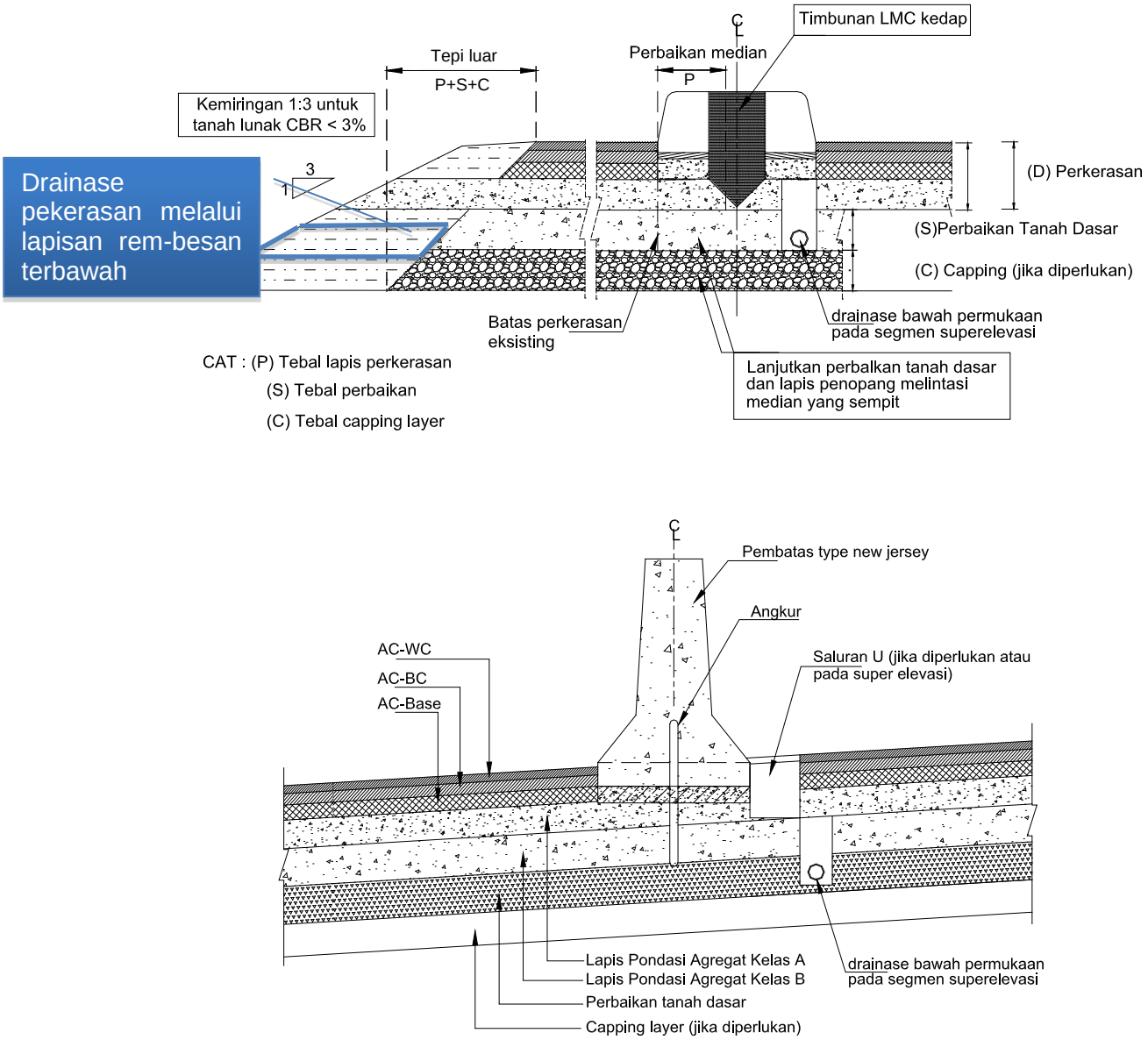
Tabel 12.1 Ketebalan Lapisan yang Diijinkan Untuk Pembatasan

B a h a n	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diijinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	Min. 30	tidak
HRS Base	Min. 35	ya
AC WC	Min. 40	tidak
AC BC	60 -80	ya
AC - Base	75 – 120	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 40 (gradasi dng ukuran maks. 40 mm)	150 -200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 30 (gradasi dng ukuran maks 30 mm) (disarankan)	120 - 150	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 25 (gradasi dng ukuran maks 25 mm) (disarankan)	100 - 125	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dng ukuran maks 50 mm)	200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dng ukuran maks 40 mm) (disarankan)	150 – 200	ya
CTB (gradasi dng ukuran maks30 mm) atau LMC	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100 – 200	ya

12.2 Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasanmemerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut (*peat*).Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara terinci di dalam gambar-gambar kontrak (*drawings*). Ketentuan minimum adalah:

- Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan dalam Gambar 12.1.
- Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak (CBR <2%) atau tanah gambut (peat) harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



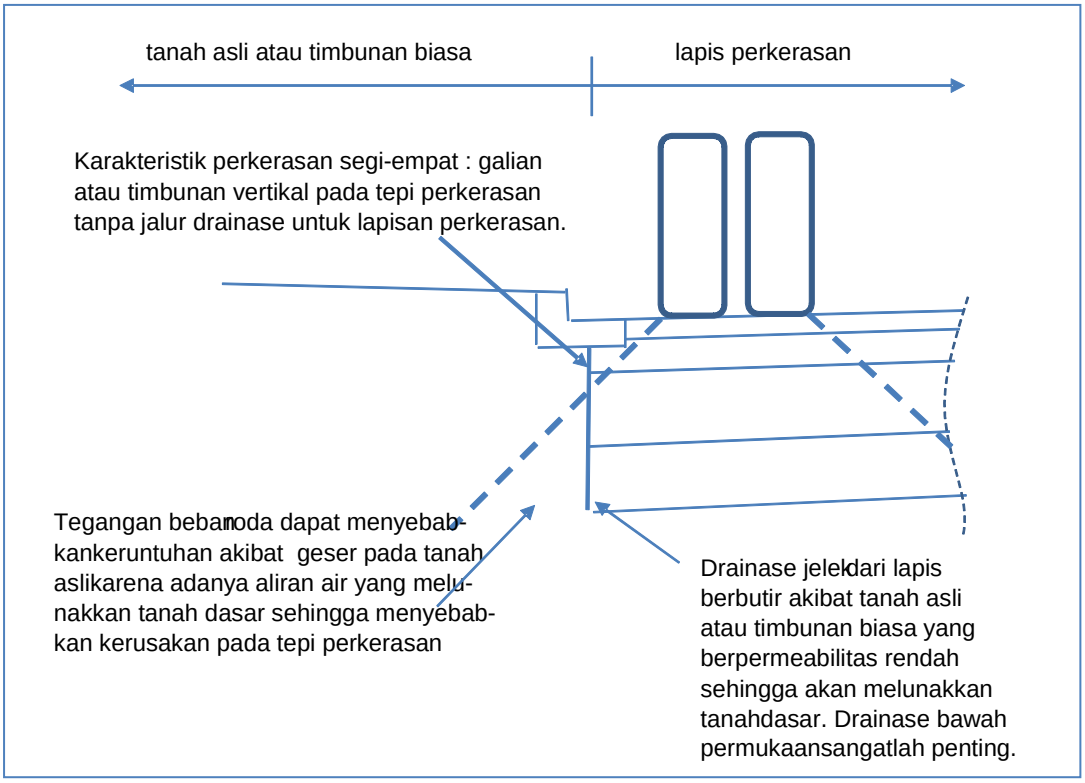
Gambar 12.1 Dukungan terhadap Tepi Perkerasan

Lapis penopang dan peningkatan tanah dasar harus diperpanjang sama ke bawah median sebagaimana dalam Gambar 12.1. Area median harus terdrainase baik atau diisi dengan lean mix concerete atau dengan bahan pengisi kedap untuk menghindari pengumpulan air dan merusak tepi perkerasan.

12.3 Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Boxed Construction)

Konstruksi perkerasan segi-empat (*boxed construction*) mengacu pada struktur perkerasan dengan lapisan perkerasan berbutir yang tidak dapat mengalirkan air kecuali melalui sistem drainase bawah permukaan (Gambar 12.2). Kontsruksi perkerasan segi-empat hendaknya hanya digunakan apabila tidak pilihan lain. Perkerasan pada galian selalu dibuat segi-empat dan harus mengikuti ketentuan-ketentuan yang diberikan di dalam seksi ini. Pada daerah perkotaan dan antar kota, konstruksi perkerasan berbentuk segi-empat umumnya dibutuhkan. Saat menggunakan konstruksi perkerasan segi-empat harus disediakan sistem

drainase bawah permukaan (termasuk drainase bawah permukaan lateral untuk tepi yang lebar) (mengacu Sub Bab 8).



Gambar 12.2 Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Kasus Tipikal)

12.4 Pengaruh Musim Hujan

Para desainer harus mempertimbangkan implikasi musim hujan terhadap aktivitas pelaksanaan, terutama di daerah alluvial yang cenderung menjadi jenuh selama musim hujan. Bila pelaksanaan tidak dijamin dapat dilaksanakan pada musim kemarau (umumnya ini adalah masalahnya), pertimbangan desain hendaknya didasarkan pada kondisi tanah dasar saat musim hujan (*desain2* memberikan pedoman pada masalah ini).

12.5 Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas

desain untuk pekerjaan yang harus dilaksanakan dengan lalu lintas tetap dapat melintas (misalnya pekerjaan pelebaran) harus mempertimbangkan kedalaman penggalian praktis dan keselamatan. Pertimbangan-pertimbangan praktis mungkin membatasi jenis perkerasan yang bisa digunakan.

12.6 Lokasi Sambungan

Sambungan memanjang terutama pada perkerasan kaku tidak boleh diletakkan di lintasan roda kendaraan.Jika perlu lebar penggalian untuk pelebaran harus diatur agar dapat memenuhi ketentuan ini.

12.7 Kemampuan Kontraktor

Peralatan dan ketrampilan khusus diperlukan untuk pekerjaan pelaburan, stabilisasi, cement treated base dan perkerasan beton semen. Undangan Pelelangan untuk pekerjaan-pekerjaan tersebut hendaknya dibatasi kepada kontraktor-kontraktor yang mempunyai pengalaman dan akses terhadap sumber daya yang diperlukan.

13 PROSEDUR DESAIN

Prosedur dalam menggunakanbagandesain dalam manual ini untuk mencapai solusi optimum adalah sebagai berikut:

13.1 Perkerasan Lentur

Prosedur-prosedur ini harus diikuti sebagaimana diuraikan di setiap sub bab referensi:

1	Tentukan umur rencana dari Tabel 2-1: Umur Rencana Perkerasan	Sub Bab 2
2	Tentukan nilai-nilai $CESA_4$ untuk umur desain yang telah dipilih	Sub Bab 4
3	Tentukan nilai Traffic Multiplier (TM)	Sub Bab 5
4	Hitung $CESA_5$= TM x $CESA_4$) dan gunakan untuk semua bab dari prosedur ini	Sub Bab 5
5	Tentukan tipe perkerasan dari Tabel 3-1 atau dari pertimbangan biaya (*analisis dicounted whole of life cost*)	
6	Tentukan seksi-seksi subgrade yang seragam dan daya dukung subgrade	Sub Bab 9
7	Tentukan struktur pondasi jalan	Sub Bab 9
8	Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari *desain3* Atau 3A atau bagan lainnya	SubBab 11
9	Periksa apakah setiap hasil perhitungan secara struktur sudah cukup kuat menggunakan Pd T-01-2002-B[13]	
10	Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan	Sub Bab 8
11	Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan	Sub Bab 12
12	Tetapkan kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan	Lamp 4
	Ulangi langkah 7 sampai 12 untuk setiap seksi yang seragam	

13.2 Perkerasan Kaku

1	Umur rencana harus 40 tahun kecuali diperintahkan atau disetujui lain	Sub Bab 2
2	Tentukan kelompok sumbu kendaraan niaga desain yang lewat selama umur rencana	LAMPIRAN A
3	Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak	Sub Bab 9
4	Tentukan stuktur pondasi jalan dari *desain 2*	Sub Bab 9
5	Tentukan lapisan drainase dan lapisan subbase dari *desain 4*	Sub Bab 8
6	Tentukan jenis sambungan (biasanya dowel)	Sub Bab 11
7	Tentukan jenis bahu jalan (biasanya bahu beton)	Lamp 3
8	Hitung tebal lapisan pondasi dari solusi yg diberikan dalam *desain 4*	Sub Bab 11
9	Nyatakan rincian desain meliputi demensi slab, penulangan slab, posisi anker, ketentuan sambungan dsb	Pd T-14-2003
10	Tentukan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan	Sub Bab 12

[13] atau Desain Mekanistik (misalnya Austroads 2008)

BAGIAN II
REHABILITASI PERKERASAN

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN

Bagian II
Rehabilitasi Perkerasan

(pelapisan struktural, pengerikilan kembali,
daur ulang dan rekonstruksi)

Bagian II
Rehabilitasi Perkerasan
DAFTAR ISI

1 PENDAHULUAN 1
1.1 Ruang Lingkup 1
1.2 Kebijakan Desain 1
1.3 Jenis Struktur Perkerasan 2
1.4 Acuan 3
1.5 Istilah dan Definisi 3

2 LEVEL DESAIN DAN PEMICU PENANGANAN 5

3 LALU LINTAS 9

4 ANALISIS PERKERASAN EKSISTING 11
4.1 Kasus Umum 11
4.2 Analisis dan Penanganan Test Pit untuk Lalu Lintas Lebih dari 10 Juta ESA 11

5 MODULUS BAHAN 13

6 DRAINASE BAWAH PERMUKAAN 15

7 DESAIN KETEBALAN LAPIS TAMBAH (OVERLAY) 17
7.1 Pendahuluan 17
7.2 Prosedur Desain Lapis Tambah 18
7.3 Penentuan Tebal Lapis Tambah untuk Perbaikan Ketidakrataan 19
7.4 Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Lendutan Maksimum 19
7.5 Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Kurva Lendutan 20
7.5.1 Penyesuaian Hasil Pengukuran Lendutan terhadap Temperatur Pengujian ... 21
7.5.2 Standarisasi Lendutan dan Kurva 23
7.5.3 Perhitungan Kurva Karakteristik (Characteristic Curvature) 23
7.5.4 Overlay Menggunakan Aspal Modifikasi 24

8 DESAIN TEBAL LAPIS PONDASIDENGAN STABILISASI 25
8.1 Pendahuluan 25
8.1.1 Material yang Cocok untuk Stabilisasi dengan Bitumen Foam 26
8.1.2 Ketentuan Pelapisan Minimum 28
8.1.3 Bagan Desain Tebal Lapis Pondasi Stabilisasi Bitumen Foam 28
8.1.4 Prosedur Desain 29
8.2 Stabilisasi Semen 29
8.2.1 Material yang Sesuai dengan Stabilisasi Semen 29
8.2.2 Ketentuan Lapis Permukaan Minimum 29
8.2.3 Bagan Desain Tebal Lapis Pondasi Bawah Stabilisasi Semen 30

8.2.4 Prosedur Desain 30
8.3 Kasus Khusus : Perkerasan Daur Ulang (Recycling) Pantura dan Jalintim 31
8.4 Pengerikilan Kembali (Regravelling) 32
8.4.1 Perkerasan Tanpa Penutup Aspal 33
8.4.2 Regravelling Perkerasan Berpenutup Aspal 33
8.5 Penanganan Lainnya 33
8.5.1 Drainase 33
8.5.2 *Heavy Patching* (Penambalan Berat) 34
8.5.3 Tanah Lunak 34
8.5.4 Tanah Gambut 35
8.5.5 Tanah Ekspansif 35

9 PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN 37

10 MASALAH PELAKSANAAN DAN KINERJA PERKERASAN 39
10.1 Penyiapan Perkerasan Eksisting untuk Lapis Tambah 39
10.2 Ketebalan Lapis Perkerasan 39
10.3 Urutan Pelaksanaan untuk Daur Ulang 39
10.4 Catatan Resiko dengan Solusi Desain Menggunakan Aspal Modifikasi 41

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Umur rencana, hubungan nilai pemicu penanganan dan jenis pelapisan perkerasan 5
Tabel 2-2 Deskripsi Pemicu (*Trigger*) 5
Tabel 2-3 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin < 1 juta ESA4/10 6
Tabel 2-4 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin 1 - 30juta ESA4/10 6
Tabel 2-5 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin > 30juta ESA4/10 7
Tabel 2-6 Pemicu Ketidakrataan untuk overlay dan rekonstruksi 7
Tabel 2-7 Lendutan pemicu untuk lapis tambah dan rekonstruksi 8
Tabel 5-1 Karakteristik modulus bahan berpengikat digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk desain mekanistik 13
Tabel 7-1 Tebal Overlay Minimum untuk Perbaikan Ketidakrataan 19
Tabel 7-2 Umur Fatigue untuk Aspal Modifikasi 24
Tabel 8-1 Pedoman Pemilihan Metode Stabilisasi 27
Tabel 8-2 Ketentuan pelapisan minimum diatas material distabilisasi dengan bitumen foam 28
Tabel 8-3 Prosedur desain stabilisasi dengan bitumen foam 29
Tabel 8-4 Prosedur Desain CTSB 31
Tabel 8-5 Tebal Lapis AC Base untuk Kasus Tanah Dasar & Struktur Perkerasan Gambar 8-5 32
Tabel 9-1 Pemilihan Struktur Perkerasan 37
Tabel A-1 Ketentuan untuk ketebalan lapisan aspal permukaan metode TRL 2
Tabel A-2 Ketentuan lapis aspal permukaan di atas material yang distabilisasi bitumen foam 2
Tabel B-1 Pemeliharaan Perkerasan Tanpa Penutup Aspal 5
Tabel B-2 Frekuensi Pemeliharaan Perkerasan Tanpa Penutup Aspal 7

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan 6

Gambar 6(a) Infiltrasi permukaan perkerasan dng tanah dasar segi-empat (Gerke 1987) 16

Gambar 6(c) Drainase untuk menurunkan muka air tanah (Gerke 1987) 16

Gambar 6(b) Drainase pada timbunan samping terbuka (Gerke 1987) 16

Gambar 6(d) Lapis penyaring tidak kedap untuk menurunkan muka air tanah (Gerke 1987) 16

Gambar 6-1 Contoh Drainase Bawah Permukaan untuk Berbagai Kondisi Lapangan . 16

Gambar 7-1 Tebal Overlay Aspal untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada MAPT > 35^{o}C 18

Gambar 7-2 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Benkelman Beam untuk WMAPT 41^{o}C 20

Gambar 7-3 Curvature Function (Titik Belok) 21

Gambar 7-4 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan Benkelman Beam untuk berbagai Ketebalan 22

Gambar 7-5 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan FWD untuk berbagai Ketebalan 22

Gambar 7-6 Faktor Standardisasi Lengkungan 23

Gambar 7-7 Umur Fatigue Lapis Tambah Beraspal dengan WMAPT > 35°C 24

Gambar 8-1 Daur Ulang Perkerasan dengan Bitumen Foam 25

Gambar 8-2 Amplop Gradasi Zona A 27

Gambar 8-3 Contoh Bagan Desain untuk Merancang Tebal Daur Ulang dengan Stabilisasi Bitumen Foam 28

Gambar 8-4 Contoh Bagan Desain untuk Desain Ketebalan Cement Treated Subbase (CTSB) 30

Gambar 8-5 Struktur Perkerasan Daur Ulang 31

Gambar 10-1(a) Urutan Pelaksanaan Daur Ulang dengan Pelebaran 40

Gambar 10-2(b) Urutan Pelaksanaan Daur Ulang dengan Pelebaran 41

Gambar A-1 Konsep Kekakuan Jangka Panjang Efektif(ELTS) 1

Gambar B-1 Penampang Melintang Tidak Benar 1

Gambar B-2 Drainase Samping Tidak Memadai 2

Gambar B-3 Keriting 2

Gambar B-4 Debu 3

Gambar B-5 Lubang 3

Gambar B-6 Alur 4

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN G Pengembangan Metode Desain Ketebalan Stabilisasi Bitumen Foam G1

LAMPIRAN H Bagian Desain Stabilisasi Bitumen Foam, Lalu Lintas Desain Sampai 10^8 ESA_5 .....H1

LAMPIRAN I Bagan Desain Stabilisasi Foam, Lalu Lintas Desain 10^8 Sampai 10^9 ESA_5 .. .. I1

LAMPIRAN J Bagan Desain Stabilisasi Semen J1

LAMPIRAN K Perkerasan Tanpa Penutup Aspal K1

1 PENDAHULUAN

1.1 Ruang Lingkup

Lingkup manual ini meliputi desain untuk rehabilitasi perkerasan termasuk overlay struktural, daur ulang perkerasan (*recycling*), dan rekonstruksi. Diperkenalkan juga stabilisasi dengan foam bitumen, stabilisasi dengan semen, analisis overlay menggunakan data bentuk mangkuk lendutan, dan prosedur Desain Mekanik Umum untuk rehabilitasi pada jalan dengan lalu lintas berat. Manual ini merupakan pelengkap pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B, Pd T-05-2005 dan Pedoman Interim No.002/P/BM/2011, dengan penajaman pada aspek – aspek sebagai berikut:

a) Pencapaian tingkat pelayanan;

b) Penerapan minimalisasi *life cycle cost*;

c) Pertimbangan kepraktisan pelaksanaan;

d) Penggunaan material yang efisien.

Penajaman pendekatan desain yang digunakan dalam melengkapi pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B dan Pd T-05-2005,adalah pada hal – hal berikut :

a) umur rencana optimum yang ditentukan dari analisis *life cycle cost*;

b) koreksi terhadap faktor iklim yang mempengaruhi masa pelayanan perkerasan;

c) analisis beban sumbu secara menyeluruh;

d) pengaruh temperatur;

e) pengantar struktur perkerasan lapis pondasi stabilisasi semen;

f) pengantar prosedur terinci untuk desain pondasi jalan;

g) desain drainase;

h) ketentuan analisis lapisan untuk Pd T-01-2002-B (berdasarkan AASHTO 1993);

i) tambahan untuk desain mekanistis;

j) solusi katalog desain.

Manual desain perkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan Pd T-01-2002-B dan Pd T-05-2005,dan Software Desain Perencanaan Jalan Perkerasan Lentur (SDPJL) dengan pedomannya No.002/P/BM/2011. Perubahan yang dilakukan terhadap desain awal menggunakaan manual ini harus dilakukan dengan hati-hati dan penuh pertimbangan terhadap semua aspek yang dijelaskan dalam Manual ini (Bagian 1 dan 2).

1.2 Kebijakan Desain

Desain yang baik harus memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sepanjang umur rencana perkerasan;

2. merupakan life cycle cost yang minimum;

3. mempertimbangkan kemudahan saat pelaksanaan dan pemeliharaan;

4. menggunakan material yang efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimum mungkin;
5. mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan;
6. mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Kebijakan desain terkait dengan penggunaan manual ini adalah :

1. Rencana pemeliharaan aset jalan harus dapat :
   - mengoptimasi kemampuan pelayanan dan kemampuan pemeliharaan
   - menyediakan rencana anggaran tahun jamak yang komprehensif
   - dimutakhirkan tahunan untuk menggambarkan pekerjaan terkontrak yang telah selesai dan keluaran surveipendahuluan yang sedang dilaksanakan.
   - menjamin bahwa peningkatan kapasitas (volume lalu lintas) dilakukan bersamaan dengan penanganan terjadwal lainnya.
2. Keputusan penganggaran harus diprioritasi berdasarkan pada:
   - Sisa umur rencana (minimal 2 tahun untuk jalan dengan lalu lintas berat)
   - Volume lalu lintas (yang lebih besar didahulukan)
   - Masukan pemeliharaan (prioritaskan jalan dengan kebutuhan pemeliharaan tertinggi)
   - Penghematan biaya selama umur pelayanan
3. Jika anggaran tidak mencukupi untuk penanganan secara penuh, atau jika penanganan mendatang terjadwalkan, misal peningkatan kapasitas maka dapat digunakan penanganan interim. Penanganan interim (atau disebut juga *holding treatment*) harus dapat memperpanjang umur perkerasan sampai penanganan penuh dijadwalkan.
4. Daerah dengan kerusakan permukaan yang cukup parah termasuk alur yang lebih dari 30 mm atau retak blok atau retak buaya atau pemisahan butiran halus (pengelupasan) harus dikupas (*milling*) sebelum pelapisan ulang. Tebal pelapisan ulang minimum harus dinaikkan termasuk tebal *milling* rata-rata. Ketentuan ini tidak berlaku untuk daerah yang perlu penambalan, rekonstruksi atau daur ulang.
5. Daerah yang rusak parah, dan daerah dengan lendutan lebih tinggi ditinjau dari nilai karakteristik untuk desain pelapisan ulang harus ditambal sebelum pelapisan ulang. Struktur penambalan harus paling tidak setaradengan struktur perkerasan baru untuk lokasi tersebut.

1.3 Jenis Struktur Perkerasan

Gambar tipikal struktur perkerasan lainnya dapat dilihat di Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru untuk Perkerasan Lentur.

1.4 Acuan

- Pd T-01-2002-B Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur
- Pd T-05-2005 Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan
- Pedoman Desain Perkerasan Jalan Lentur No. 002/P/BM/2011 (Interim)
- Austroads, Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Pavements, 2008
- AASHTO Guide for Design of Pavement Structure, 1993

1.5 Istilah dan Definisi

Untuk istilah dan definisi lainnya dapat dilihat dalam Bagian 1 Manual Desain.

Discounted Whole of Life

Nilai sekarang dari semua biaya awal dan biaya mendatang untuk membangun dan memelihara aset. Biaya akan datang dipotong dengan bunga dana pembiayaan yang sesuai untuk menentukan nilai sekarang dari semua biaya awal dan semua biaya dan pendapatan mendatang

Interim Treatment

Penanganan dengan umur rencana kurang dari umur rencana baku untuk memelihara perkerasan sampai solusi yang permanen dapat dilaksanakan.

Nilai Pemicu (Trigger Value)

Nilai indikator kondisi perkerasan seperti IRI atau lendutan, dimana terdapat perubahan pada jenis penanganan optimum, misal dari pemeliharaan rutin menjadi overlay, atau dari overlay menjadi rekonstruksi.

Pengelupasan (Asphalt Stripping)

Model kerusakan yang disebabkan oleh tegangan dan air yang mengakibatkan pemisahan (atau pengelupasan) bahan pengikat aspal dari agregat dalam campuran beraspal.Kegagalan ini ditandai dengan warna kecoklatan pada bahan pengikat dan terbatas pada lepasnya adhesi antara partikel campuran beraspal.

Segmen Homogen (Seragam)

Segmen jalan yang dapat ditangani sebagai satu kesatuan untuk desain struktural perkerasan berdasarkan kesamaan daya dukung tanah dasar, lendutan, IRI, kondisi visual, atau kombinasi dari faktor – faktor tersebut.

2 LEVEL DESAIN DAN PEMICU PENANGANAN

Terdapat dua tahap dalam analisis dan penanganan perkerasan:

Tahap Perencanaan Pemrograman (Tingkat Jaringan)	pemilihan calon ruas secara luas dan penanganan global
Tahap Desain (Tingkat Proyek)	pengujian dengan interval pendek dan penanganan terinci untuk segman-segmen yang seragam

Tabel 2-1 menyajikan garis besar nilai pemicu yang dapat diterapkan pada tahap perencanaan pemrograman.

Tabel 2-1 Umur rencana, hubungan nilai pemicu penanganan dan jenis pelapisan perkerasan

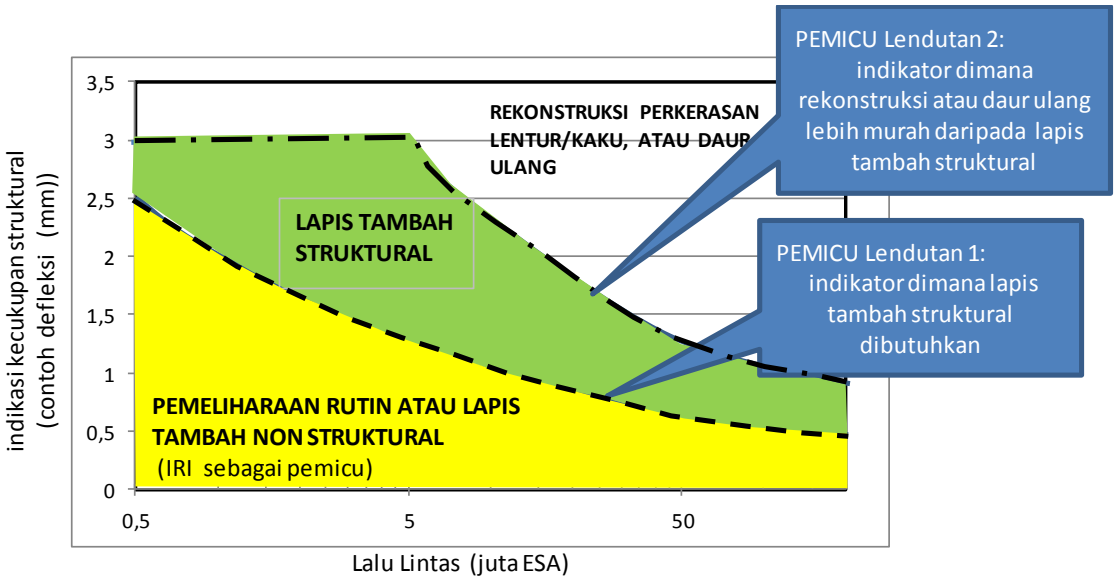
Ktiteria Beban Lalin (juta ESA_5)	<0,5	0,5 – 30	> 30
Umur Rencana Perkerasan Lentur	seluruh penanganan –10 tahun	rekonstruksi – 20 tahun overlay struktural – 15 tahun overlay non struktural – 10 tahun penanganan sementara –sesuai kebutuhan	
Pemicu tahap perencanaan pemrograman (tingkat jaringan)	- IRI - visual	- IRI - visual - lendutan interval 500 m	- IRI - visual - lendutan interval ≥ 500 m - core atau test pit pada 5000 m

Nilai pemicu dalam manual ini didefinisikan sebagai nilai batas dimana suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan (lihat Tabel 2-2 dan Gambar 2-1).

Tabel2-2Deskripsi Pemicu (*Trigger*)

Deskripsi	Pengukuran	Tujuan
Pemicu Lendutan 1	Lendutan BB[1]	Titik dimana dibutuhkan overlay struktural.
Pemicu Lendutan 2		Titik dimana rekonstruksi lebih murah daripada overlay.
Pemicu IRI 1	Nilai IRI	Titik dimana dibutuhkan overlay non struktural.
Pemicu IRI 2		Titik dimana dibutuhkan overlay struktural, tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 1.
Pemicu IRI 3		Titik dimana rekonstruksi lebih murah daripada overlay, tapi lebih diutamakan pemicu lendutan 2.
Pemicu Kondisi 1	Kedalaman alur> 30 mm, visual: retak, pelepasan butir, pengelupasan, atau indeks kerataan> 8, atau kendala ketinggian. Tidak dibutuhkan rekonstruksi.	Titik dimana pengupasan (*milling*) untuk memperbaiki bentuk sebelum overlay diperlukan.

[1]Lendutan FWD terkoreksi dapat digunakan



Gambar 2-1 Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan

Tabel 2-3, 2-4 dan 2-5 memberikan detail penanganan dan jenis nilai pemicu untuk pemilihan penanganan untuk segmen-segmen yang seragam pada tahap desain. Pemilihan penanganan pada tahap desain juga tetap memerlukan pertimbangan teknis (*engineering judgment*).

Tabel 2-3 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin < 1juta ESA4/10

Penanganan		Pemicu untuk setiap segmen yang seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin preventif	IRI di bawah pemicu IRI 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area
2	Penambalan berat (*Heavy Patching*)	Lendutan melebihi pemicu lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh seksi jalan yang membutuhkan *heavy patching* tidak lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	dibutuhkan jika elevasi harus sama dengan elevasi strukturatau kereb, dll, jika kondisi perkerasan eksisting memiliki alur cukup dalam dan retak cukup parah.
4	Lapis tambah/overlay	Pemicu IRI 1 dilampaui.
5	Rekonstruksi	Lendutan Pemicu 2 dilampaui, tebal lapisan aspal < 10 cm, atau *heavy patching* lebih dari 30% total area, atau dinilai lebih dipilih atau lebih murah daripada daur ulang.
6	Daur ulang	Lendutan di atas lendutan pemicu 2, lapisan aspal > 10 cm atau *heavy patching* lebih dari 30% total area.

Tabel 2-4 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin 1 - 30juta ESA4/10

Penanganan		Pemicu untuk setiap segmen yang seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area
2	*Heavy Patching*	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan *heavy patching* lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 6 atau 7)
3	Kupas dan ganti	Retak buaya yang luas, atau alur >30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2

Penanganan		Pemicu untuk setiap segmen yang seragam
	material di area tertentu	dan hasil pertimbangan teknis
4	Overlay non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks kerataan lebih besar dari pemicu IRI1
5	Overlay struktural	Lebih besar dari Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2
6	Rekonstruksi	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal <10 cm
7	Daur ulang	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal > 10 cm

Tabel 2-5 Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan Beban Lalin > 30juta ESA4/10

Penanganan		Pemicu untuk setiap seksi seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area
2	*Heavy patching*	Lendutan melebihi Pemicu lLendutan 2 atau atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan *heavy patching* lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 5 atau 6)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur >30 mm atau ketidakrataan>pemicu IRI 2
4	Overlay non struktural	Lendutan kurang dari pemicu lendutan 1, indeks kerataan lebih besar dari pemicu IRI1
5	Overlay struktural	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
6	Rekonstruksi atau daur ulang	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2. Tipe dan tebal penanganan ditentukan dari hasil analisis test pit.
7	Daur ulang vs rekonstruksi	Analisis biaya selama umur pelayanan harus dilakukan terhadap semua opsi yang layak, termasuk daur ulang, rekonstruksi perkerasan lenturdan rekonstruksi perkerasan kaku.

Tabel 2-6 dan Tabel 2-7 memberikan nilai pemicu untuk tahap pelaksanaan untuk suatu kisaran tingkat lalu lintas.

Tabel 2-6 Pemicu Ketidakrataan untuk overlay dan rekonstruksi

LHRT (kend/jam)	Pemicu IRI 1 untuk overlay non-struktural	Pemicu IRI 2 untukoverlay struktural Lalu lintas < 1 juta ESA_4 atau pengupasan (untuk lalin > 1 juta ESA_4 harus digunakan Pemicu Lendutan)	Pemicu IRI 3 untuk investigasi rekonstruksi
< 200	6,75	8	12
> 200 - 500	6,5		
>500 - 7500	6,25		
>7500	6		

Garis Besar Proses Pemilihan Penanganan :

1 Tentukan pembebanan lalu lintas (nilai $ESA_{4/10}$) dengan metode yang diberikan di dalam *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*.

2 Tentukan umur desain dari Tabel 2-1.

3 Gunakan Tabel 2-3, 2-4,2-5, 2-6 atau 2-7 untuk memilih jenis atau beberapa jenis penanganan yang optimum dandapat menggunakan pertimbangan (*judgment*) jika diperlukan.

4 Hitung ketebalan penanganan alternatif aktual menggunakan manual ini, *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru* dan SDPJL yang merupakan pengembangan dari Pedoman Pd T-01-2002-B dan Pd T-05-2005.

5 Jika diperoleh lebih dari satu solusi yang memungkinkan, pilih solusi yang paling efektif dengan menggunakan analisis *discounted whole-of-life*.

Tabel 2-7 Lendutan pemicu untuk lapis tambah dan rekonstruksi

Lalu lintas untuk 10 tahun (juta ESA / lajur)	Jenis Lapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk overlay[2] (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk investigasi untuk rekonstruksi atau daur ulang (Lendutan Pemicu 2)	
		Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm)[3]	Kurva FWD D_0-D_{200} (mm)	Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm)[4]	Kurva FWD D_0-D_{200} (mm)
<0,1	HRS	>2,3	Tidak digunakan	>3,0	Tidak digunakan
0,1 – 0,2	HRS	>2,1	0,63		
0,2 – 0,5	HRS	>2,0	0,48	>2,7	
0,5 - 1	HRS	>1,5	0,39	> 2,5	0,66
1- 2	HRS	>1,3	0,31		0,54
2 - 3	AC	>1,25	0,28		0,46
2 - 5	AC	>1,2	0,23		0,39
5 - 7	AC	>1,15	0,21		0,35
7 - 10	AC	>1,1	0,19		0,31
10 - 30	AC	>0,95	0,13	1,35	0,180
30 - 50	AC / perkerasan kaku	>0,88	0,11	1,2	0,175
50 - 100	AC / perkerasan kaku	>0,8	0,091	1,0	0,170
100 - 200	AC / perkerasan kaku	>0,75	0,082	0,9	0,160

[2]Di bawah nilai-nilai ini tidak perluoverlay kecuali untuk memperbaiki bentuk atau jika terdapat kerusakan permukaan.

[3]Faktor koreksi diterapkan untuk pembacaan FWD.

[4]Faktor koreksi diterapkan untuk pembacaan FWD.

3 LALU LINTAS

Umur rencana harus memenuhi Bagian I Tabel 2-1.

Ketentuan lain mengenai analisis lalu lintas, penentuan nilai VDF, dll, mengacu pada *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*.

ANALISIS
PERKERASAN EKSISTING

4 ANALISIS PERKERASAN EKSISTING

4.1 Kasus Umum

Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru Sub Bab 8 menguraikan prosedur penentuan nilai CBR tanah dasar dan kegiatan untuk penanganan tanah dasar termasuk untuk tanah ekspansif dan tanah lunak, yang juga harus diterapkan untuk pekerjaan rehabilitasi jalan. Perbedaan pada pekerjaan rehabilitasi adalah bahwa lapis perkerasan eksisting biasanya mencegah penanganan lebih lanjut pada tanah dasar eksisting.Daerah-daerah yang memerlukan rekonstruksi penuh dan *heavy patching* merupakan pengecualian. Daya dukung tanah dasar dapat dilakukan dengan menggunakan DCP pada periode terbasah sepanjang tahun, dengan batas-batas Atterberg pada Bagan Desain 1 (*Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*) atau dengan CBR rendaman selama 4 hari pada kepadatan lapangan. Struktur lapis perkerasan eksisting dapat juga ditentukan melalui survei dan analisis test pit atau coring atau dengan analisis mundur dari data lendutan.

Nilai CBR tanah dasar eksisting dan ketebalan sisa lapis perkerasan eksisting merupakan masukan yang penting untuk chart desain yang diberikan pada manual ini. Data ini juga diperlukan prosedur Desain Mekanistik Umum di Lampiran F atau Indeks Tebal Perkerasan (*Structural Number*) dari AASHTO.

Tanah dasar dan ketebalan perkerasan eksisting dapat sangat beragam, sehingga harus ditentukan segmen-segmen yang homogen. Kemudian untuk desain, nilai-nilai karakteristik digunakan sesuai prinsip-prinsip yang sama seperti untuk analisis tanah dasar perkerasan baru, sebagai berikut :

a) Koefisien variasi untuk seksi yang homogen = standar deviasi CBR / CBR rata^2
b) Koefisien variasi segmen yang homogen tidak boleh melebihi 0,3
c) CBR karakteristik = CBR rata^2 – 1,3 x standar deviasi
d) Ketebalan sisa perkerasan eksisting sesudah penanganan yang lain = ketebalan sisa rata^2 – 1,3 x standar deviasi

4.2 Analisis dan Penanganan Test Pit untuk Lalu Lintas Lebih dari 10 Juta ESA

Data lendutan dianggap tidak cukup memadai untuk desain overlay atau rekonstruksi untuk jalan dengan lalu lintas diatas 10 juta ESA. Informasi test pit memberikan desain perkerasan yang lebih kuat baik dengan menggunakan Desain Mekanistik Umum (LampiranF) atau metode AASHTO.

Ketentuan harus dibuat untuk faktor berikut :

a) Modulus material eksisting harus diukur atau nilai dari Tabel 5-1 harus berlaku. Modulus atau nilai SN material yang biasa diambil dapat digunakan untuk material lainnya dan untuk tanah dasar.
b) Untuk mengetahui perilaku tanah lunak akibat beban dinamis membutuhkan riset tersendiri. Untuk perkiraan awal, CBR untuk tanah dasar diatas timbunan rendah di tanah lunak atau gambut digunakan nilai CBR maksimum dari uraian dalam Bagian 1, Bab 10, dan tidak mengambil nilai CBR timbunan atau dari material lapis penopang.

c) Jika lalu lintas melebihi 30 juta ESA dan dibutuhkan rekonstruksi, dapat dipertimbangkan digunakan rekonstruksi perkerasan kaku.

d) Jika perkerasan kaku digunakan diatas pondasi jalan tanah lunak maka perkerasan harus dibangun dengan lebar penuh. Sambungan longitudinal antara perkerasan kaku dan lentur didalam daerah badan jalan akan sulit dipelihara jika berlokasi diatas timbunan rendah diatas tanah lunak.

e) Jika lalu lintas dalam kisaran 10 – 30 juta ESA dan lendutan cukup kecil, maka dapat dipertimbangkan digunakan overlay aspal modifikasi SBS (styrene butadiene styrene).

f) Jika kedalaman lapisan tanah lunak atau jika bukti historis menunjukkan kerusakan berlebihan pada perkerasan eksisting, maka metode pendukung seperti cakar ayam atau *micro pile*yang dirangkai atau dengan poer dapat digunakan.

5 MODULUS BAHAN

Karakteristik modulus bahan dan rasio poisson untuk iklim dan kondisi pembebanan Indonesia diberikan dalam Tabel 5-1. Nilai modulus ini dibutuhkan dalam Prosedur Mekanistik Umum (Lampiran F)

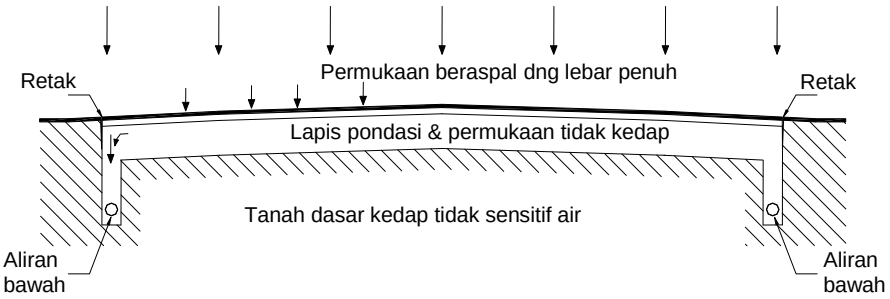
Modulus lapisan aspal telah ditentukan berdasarkan rentang temperatur udara 25^0C sampai 44^0C dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata-rata (MAPT) 41^0C.

Tabel 5-1 Karakteristik modulus bahan berpengikat digunakan untuk pengembangan bagan desain dan untuk desain mekanistik

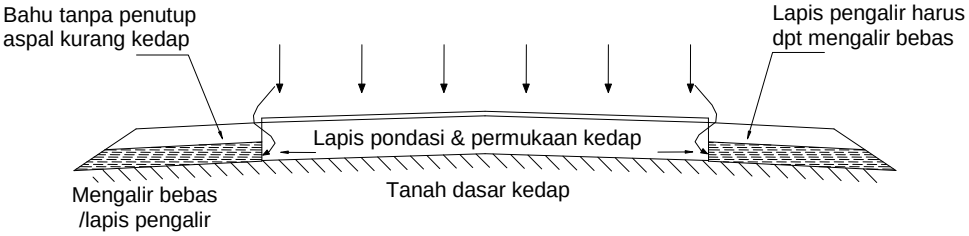
Jenis material	Modulus Tipikal (MPa)	Rasio Poissons
Material distabilisasi dengan bitumen foam (nilai efektif jangka panjang)	600	0,40
Campuran aspal dengan aspal yang mengelupas (dibuang)	300	0,35
Campuran aspal yang retak	600	0,35
Nilai lain untuk material lain dapat dilihat dalam *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*		

6 DRAINASE BAWAH PERMUKAAN

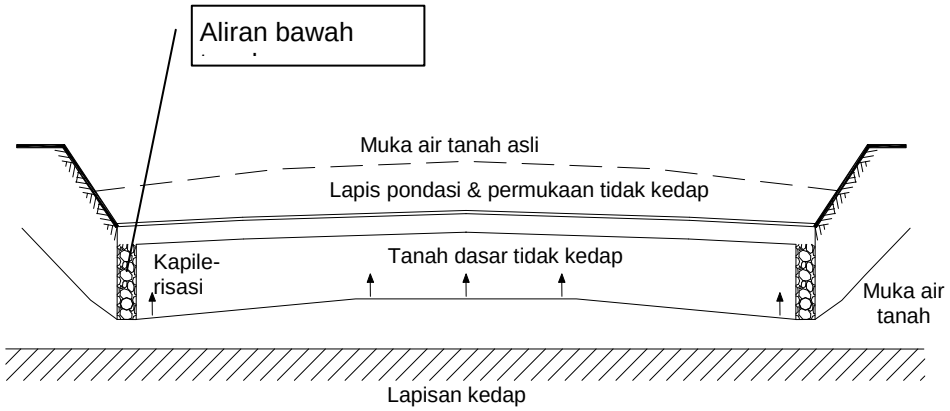
Ketentuan drainase harus mengikuti ketentuan dalam *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru 1.*Dalam Gambar 6-1 diberikan contoh dari drainase bawah permukaan untuk berbagai kondisi lapangan.



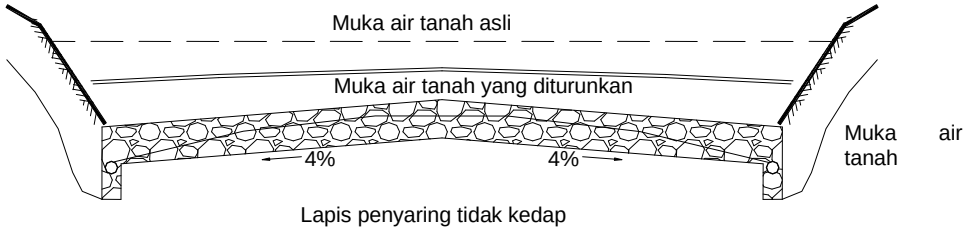
Gambar 6(a) Infiltrasi permukaan perkerasan dng tanah dasar segi-empat



Gambar 6(b) Drainase pada timbunan samping terbuka (Gerke 1987)



Gambar 6(c) Drainase untuk menurunkan muka air tanah (Gerke 1987)



Gambar 6(d) Lapis penyaring tidak kedap untuk menurunkan muka air tanah (Gerke 1987)

Gambar6-1Contoh Drainase Bawah Permukaan untuk Berbagai Kondisi Lapangan

DESAIN KETEBALAN
LAPIS TAMBAH (OVERLAY)

7 DESAIN KETEBALAN LAPIS TAMBAH (OVERLAY)

7.1 Pendahuluan

Bab ini menguraikan prosedur untuk menentukan ketebalan desain overlay struktural dan non struktural untuk memperbaiki perkerasan eksisting yang mengalami *distress* atau kerusakan struktural.

Penanganan semacam ini seringkali dimaksudkan juga untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan kepentingan lain pada permukaan jalan. Namun peningkatan struktur dari pengananan ini harus tetap diperhatikan jika lendutan karakteritsik suatu segmen jalan melampaui Pemicu Lendutan 1.

Saat ini terdapat 3 (tiga) Pedoman yang dapat digunakan untuk desain lapis tambah perkerasan (overlay):

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

Pedoman Pd T-05-2005 telah digantikan (*superseded*) oleh Pedoman Interim No.002/P/BM/2011 dan softwarenya SDPJL selanjutnya dapat digunakan.

Manual ini telah mempertajam pendekatan dalam No.002/P/BM/2011 dan softwarenya SDPJL karena telah menggunakan analisis kurva lendutan. Input data FWD diperlukan untuk analisis kurva tersebut.

Pendekatan dalam penentuan lapis tambah secara umum terdapat dua kriteria, yakni kriteria deformasi permanen menggunakan lendutan maksimum dan kriteria *fatigue* menggunakan kurva lendutan.

Saat lapis tambah aspal diperlukan untuk suatu alasan, untuk perkerasan-pekerasan dengan beban lalu lintas desain sama dengan 10^5 ESA atau lebih diperlukan pengecekan apakah kinerja *fatigue* pada lapis tambah memadai. Kelelahan (*fatigue*) pada lapisan aspal bukan merupakan model kerusakan yang umum untuk perkerasan dengan lalu lintas rendah (< 10^5 ESA) dan untuk perkerasan HRS, model ini umumnya digunakan untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

Pendekatan berdasarkan lendutan maksimum (D_0) untuk menentukan ketebalan lapis tambah digunakan dalam Pd T-05-2005 dan metode desain lapis tambah Austroads.Lendutan desain digunakan untuk menentukan ketebalan lapis tambah lapisan aspal untuk mencegah terjadinya alur dan perubahan bentuk pada subbase dan tanah dasar. Namun demikian, desain lendutan ini (D_0) tidak dapat digunakan untuk menilai apakah lapis tambah akan mengalami retak *fatigue*. Dengan demikian untuk mengakomadasi retak *fatigue* diberi tambahan ketentuan berupa bentuk mangkuk lendutan (*deflection bowl*) ($D_0 - D_{200}$) yang harus dicek untuk meyakinkan ketahanan *fatigue* lapis tambah.

Perkiraan kinerja fatigue lapis tambah aspal dihitung menggunakan Kurva Karakteristik (D_0 - D_{200}) dari lendutan permukaan perkerasan. Bagan desain untuk menghitung ketebalan lapis tambah untuk nilai kurva khusus dan rentang beban lalu lintas untuk kondisi iklim Indonesia ditunjukkan pada Gambar 7-1.

7.2 Prosedur Desain Lapis Tambah

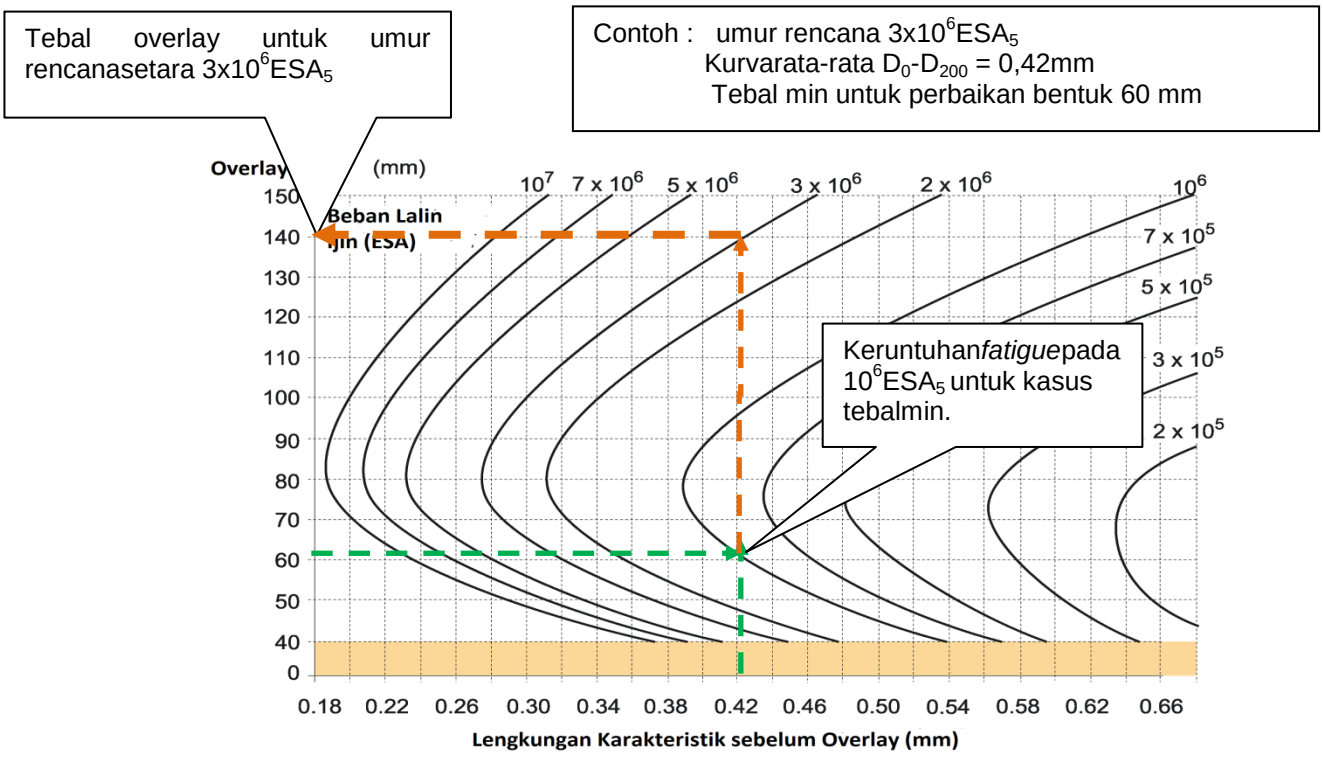
Terdapat tiga prosedur tebal lapis tambah berdasarkan beban lalu lintas.

1. **Lalu Lintas kurang atau sama dengan 10^5 ESA_4**

   Karena kinerja fatigue bukan merupakan kerusakan yang umum pada jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, maka tidak perlu memeriksa kinerja fatigue lapis tambah untuk desain dengan beban lalu lintas rencana kurang 105 ESA. Pendekatan dengan lendutan maksimum (D_0) cukup memadai.

2. **Lalu Lintas lebih besar dari 10^5 ESA dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA**

   Untuk lalu lintas ini maka terdapat potensi kelelahan lapisan aspal. Kriteria deformasi permanen dan kriteria *fatigue* harus diperhitungkan untuk jenis lalu lintas ini.



Gambar 7-1 Tebal Overlay Aspal untuk Mencegah Retak *Fatigue* pada MAPT > 35°C

a) Tentukan tebal overlay minimum untuk memenuhi : a) perbaikan bentuk dari Tabel 7-1, b) perbaikan bentuk khusus misal perbaikan lereng melintang atau super-elevasi, dan c) kebutuhan lendutan total minimum dari Gambar 7-2. Nilai yang terpilih adalah nilai yang terbesar dari ketiga kriteria tersebut.

b) Tentukan masa layan sisa sebelum retak *fatigue* dengan memasukkan tebal maksimum dari butir a dan kurva lendutan karakteristik ke Gambar 7-1 (garis hijau). Hasil untuk contoh ini adalah 10^6 ESA_5.

c) Jika masa layan daributir b kurang dari umur rencana (3x 10^6ESA_5), tentukan tebal overlay yang dibutuhkan untuk mencegah retak *fatigue* untuk umur rencana seperti ditunjukkan dari garis coklat. Hasilnya 137 mm. Nilai ini tidak lagi membutuhkan koreksi terhadap temperatur.

d) Karena aspal modifikasi SBS (*Styrene Butadiene Styrene*) 6% akan memberikan ketahanan terhadap *fatigue* 3 kali lebih besar daripada aspal konvensial (misal, umur rencana 3x10^6ESA_5 dapat dicapai sebagaimana diperlukan), dapat dipertimbangkan secara ekonomis dan kemampuan kontraktor antara aspal modifikasi setebal 65 mm atau aspal konvensional setebal 135 mm.

3. Lalu Lintas lebih besar dari 10^7 ESA

Untuk pekerjaan rehabilitasi dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 107 ESA, Prosedur Mekanistik Umum (General Mechanistic Procedure (GMP)) atau metode AASHTO dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapisan perkerasan eksisting. Nilai modulus ini kemudian digunakan untuk menentukan solusi desain rekonstruksi atau overlay dengan program analisis perkerasan multi-layer seperti CIRCLY. Prosedur ini diuraikan dalam Lampiran F.

7.3 Penentuan Tebal Lapis Tambah untuk Perbaikan Ketidakrataan

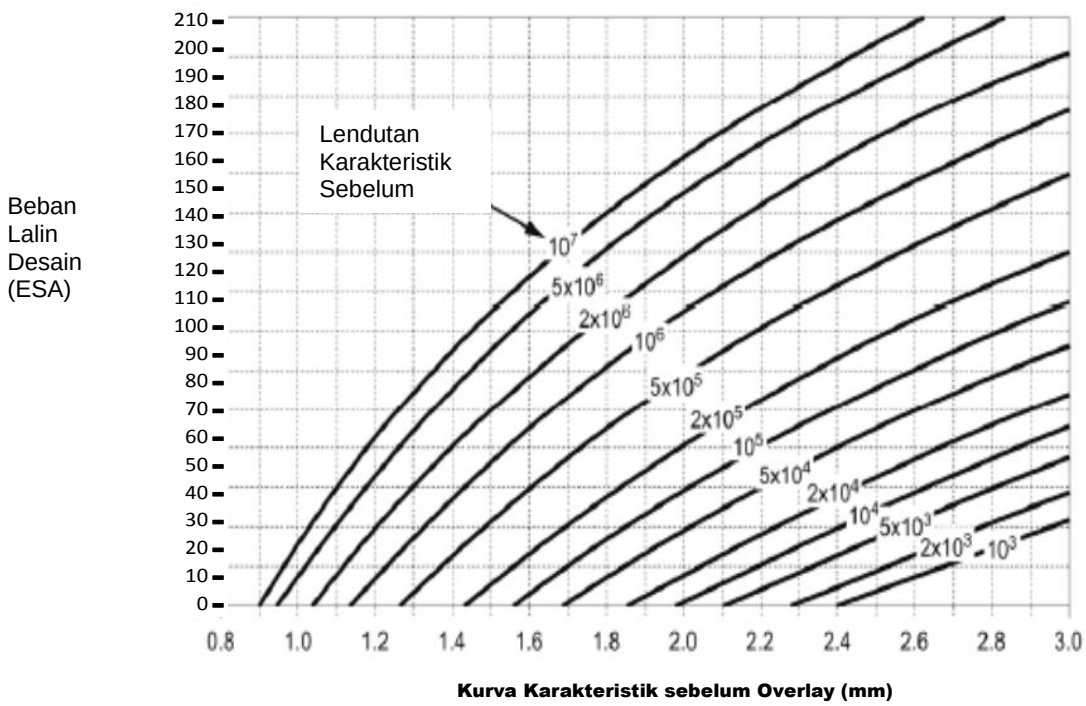
Tabel 7-1 Tebal Overlay Minimum untuk Perbaikan Ketidakrataan

IRI rata-rata	Tebal overlay minimum (mm) untuk mencapai IRI = 3 setelah overlay
4	30
5	45
6	50
7	55
8	60

7.4 Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Lendutan Maksimum

Gambar 7-2akan memberikan solusi dengan biaya lebih murah daripada solusi dari Pd T-05-2005, sebagaimana telah dimodifikasi dalam pedoman interim No.002/P/BM/2011 dan softwarenya SDPJL, namun harus digunakan bersamaan dengan Gambar 7-1.

Dibutuhkan pertimbangan teknis dalam langkah ini.Jika tidak ada bukti potensi kegagalan tanah dasar, solusi berdasarkan kurva lendutan sudah cukup memadai.Untuk setiap jenis perkerasan, solusi berdasarkan kurva lendutan dapat digunakan.



Sumber: Austroads

Gambar 7-2 Solusi Overlay Berdasarkan Lendutan Benkelman Beam untuk WMAPT 41^{o}C

Masukkan lendutan total karakteristik dan lalu lintas desain (ESA_5) dalam bagan

7.5 Penentuan Tebal Lapis Tambah dengan Kurva Lendutan

Seperti diuraikan di dalam Sub Bab 7.1, kurva Austroads disarankan untuk ditambahkan ke dalam pedoman Pd T-05-2005 dan pedoman interim No. 002/P/BM/2011 yang menggunakan pendekatan lendutan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas desain lebih besar dari 10^5 ESA dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA. Karena ketahanan terhadap *fatigue* lapis HRS-WC cukup tinggi, apabila hasil pengujian lendutan menunjukkan bahwa hanya diperlukan lapis HRS yang tipis, maka pengecekan persyaratan lendutan tidak lagi diperlukan.

Langkah – langkah penentuan lapis tambah dengan kurva :

1. Gunakan hanya peralatan FWD atau Benkelman Beam dengan prosedur tambahan yang disetujui untuk mengukur kurva lendutan.
2. Tentukan nilai rata – rata kurva sebelum overlay sebagai kurva yang mewakili (= nilai karakteristik).
3. Koreksi nilai kurva yang diperoleh terhadap faktor standarisasi jika data Benkelman Beam digunakan (faktor standarisasi FWD = 1) dengan mengalikan kurva yang diperoleh dari langkah 2 dengan faktor standarisasi (Catatan : koreksi temperatur tidak diperlukan).
4. Tentukan kebutuhan tebal overlaysesuai ketentuan dalam Sub Bab 7.2.

CF (*curvature function*) dari bentuk mangkuk lendutan adalah sebagai berikut:

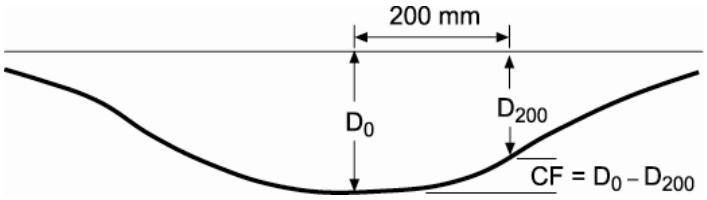
$CF = D_0 - D_{200}$

dimana:

D_0 = Lendutan maksimum pada suatu titik uji (mm)

D_{200} = Lendutan yang diukur pada titik uji,saat beban uji dimajukan 200 mm dari titik uji tersebut.

Gambar 7-3 menunjukkan skema dimensi dari CF atau *curvature function*(Titik Belok).



Gambar 7-3 Curvature Function (Titik Belok)

Sumber: Austroads 2008

7.5.1 Penyesuaian Hasil Pengukuran Lendutan terhadap Temperatur Pengujian

Untuk overlay (lapis tambah) diatas perkerasan berbutir yang ditutup lapisan beraspal, hasil pengukuran lendutan perlu dikoreksi. Hal ini dikarenakan temperatur perkerasan mempengaruhi kekakuan perkerasan dan kinerjanya dalam merespon beban.Terdapat perbedaan lendutan yang signifikan antara pengujian dengan temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan pada kondisi pelayanan.Hal ini menyebabkan pengukuran kurva menjadi tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas.

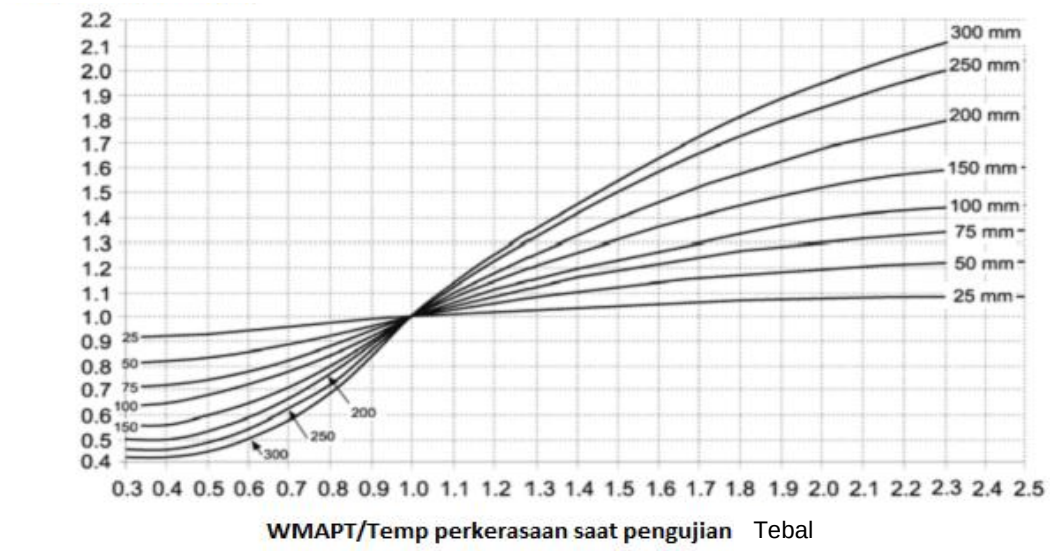
Temperatur perkerasan harian pada suatu lokasi dipengaruhi oleh temparatur perkerasan tahunan rata-rata (*Mean Annual Pavement Temperature = MAPT*), yang untuk Indonesia diambil 41^0C.

Faktor koreksi temperatur dihitung dalam prosedur berikut:

Langkah 1 Tentukan faktor temperatur f_T sebagai berikut (Persamaan 1):

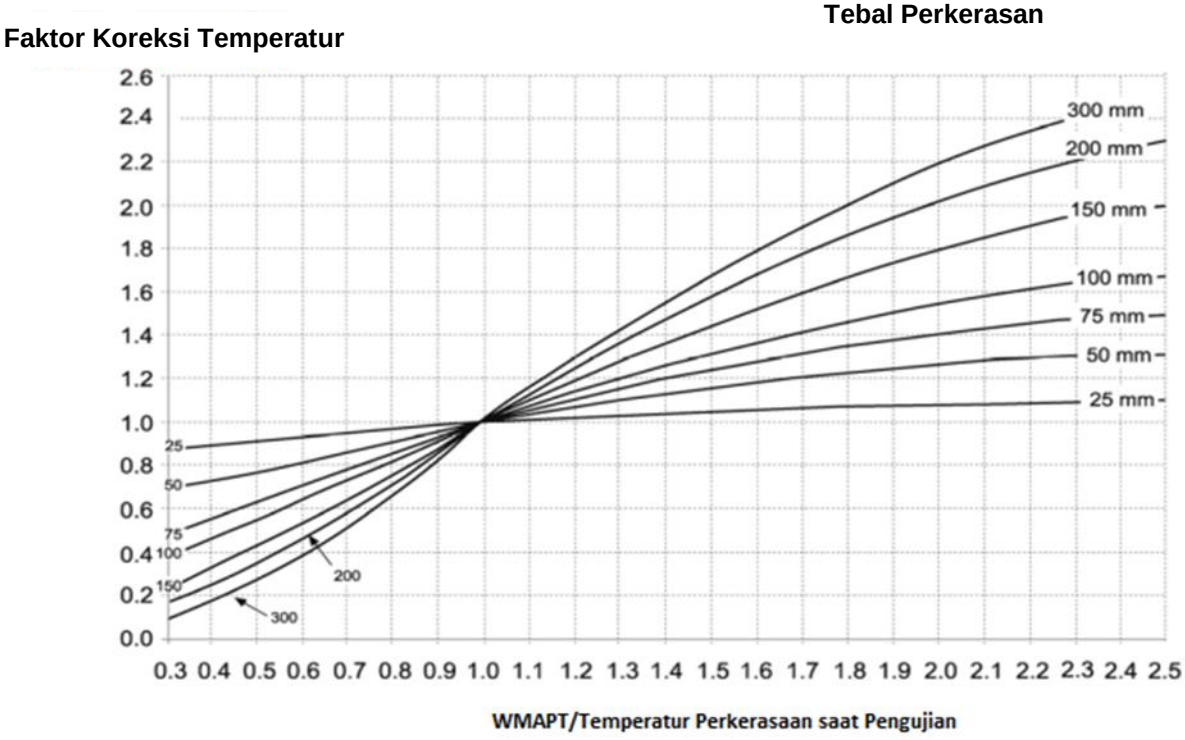
$$f_T = \frac{MAPT_{lapangan}}{\text{Temperatur perkerasan saat pengukuran lendutan}} \quad (1)$$

Langkah 2 Tentukan faktor koreksi temperatur menggunakan Gambar 7 untuk pengujian dengan Benkelman Beam atau Gambar 8untuk FWD. Bila tebal permukaan beraspal kurang dari 25 mm tidak diperlukan faktor koreksi temperatur.



Sumber: Austroads 2008

Gambar 7-4 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan Benkelman Beam untuk berbagai Ketebalan



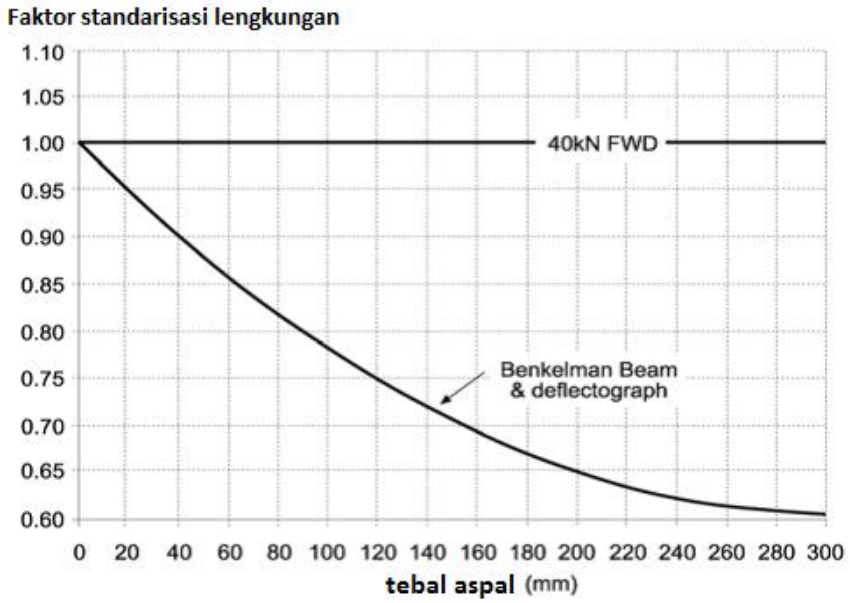
Sumber: Austroads 2008

Gambar 7-5 Koreksi Temperatur untuk Pengujian dengan FWD untuk berbagai Ketebalan

7.5.2 Standarisasi Lendutan dan Kurva

Karena kurva yang diuji menggunakan Benkelman Beam dan FWD akan memiliki nilai yang berbeda, maka diperlukan standardisasi hasil-hasil pengukuran.

Bagan desain lapis tambah dengan kriteria kelelahan (*fatigue*) perkerasan aspal (Gambar 7-7) didasarkan pada lengkungan FWD (Austroads 2008). Oleh karena itu, nilai - nilai yang diperoleh dengan Benkelman Beam harus dikonversi ke nilai setara FWD. Faktor standarisasi yang diperlukan untuk konversi tersebut bervariasi sesuai komposisi perkerasan dan kekuatan tanah dasar, dan faktor yang paling akurat adalah yang diperoleh dari pengukuran-pengukuran lapangan yang disejajarkan. Namun demikian karena hal itu seringkali tidak praktis, asumsi awal faktor standarisasi disajikan dalam Gambar 7-6.



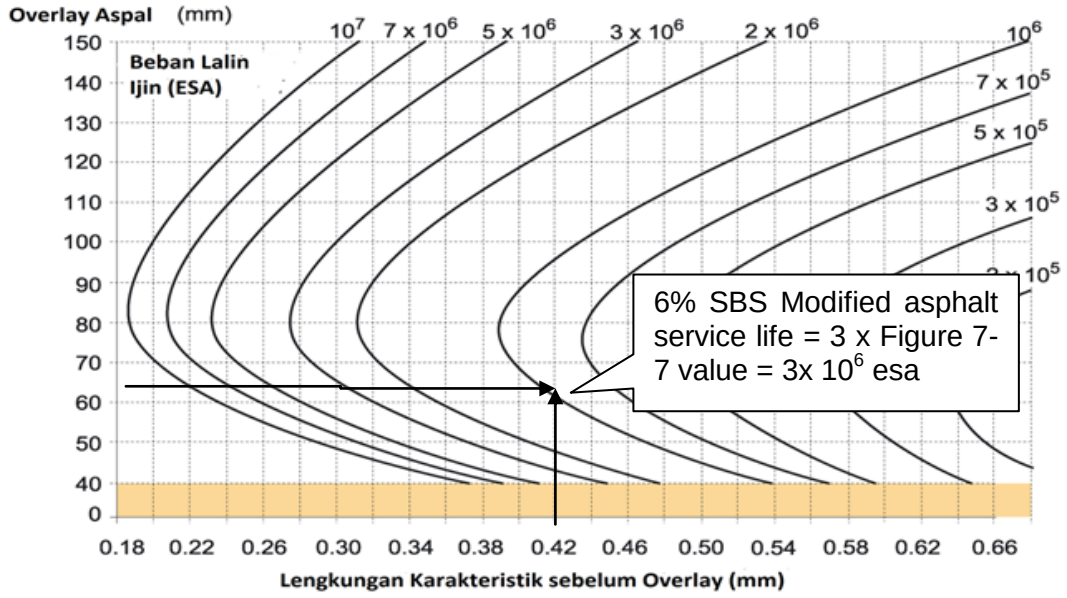
Sumber: Austroads 2008

Gambar 7-6 Faktor Standardisasi Lengkungan

7.5.3 Perhitungan Kurva Karakteristik (Characteristic Curvature)

Untuk tujuan evaluasi desain lapis tambah pada perkerasan lentur, Kurva Karakteristik harus digunakan untuk lalu lintas dalam rentang 1 – 30 juta ESA_5.Nilai ini ditentukan sesudah dilakukan koreksi terhadap musim, temperatur dan standarisasi terhadap masing-masing pengukuran.

Kurva Karakteristik (CC) untuk sub segmen perkerasan yang homogen sama dengan nilai kurva rata-rata yang dihitung dari survey lendutan.



Gambar 7-7 Umur Fatigue Lapis Tambah Beraspal dengan WMAPT > 35°C

7.5.4 Overlay Menggunakan Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi, khususnya aspal modifikasi SBS dapat memperpanjang umur *fatigue* dari overlay aspal tipis sampai 3 kali lipat (lihat Tabel 7-2)

Tabel 7-2 Umur Fatigue untuk Aspal Modifikasi

Deskripsi Bahan Pengikat Aspal Modifikasi	Penyesuaian Modulus Relatif terhadap Aspal Pen 60/70	Faktor Penyesuaian Fatigue (pendekatan toleransi fatigue 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

Jika digunakan aspal modifikasi pada tahap awal, maka masa layan akan dikalikan dengan faktor yang terdapat dalam Tabel 7-2. Jika diperoleh masa layan sama atau lebih dari umur rencana, maka solusi overlay tipis dapat diambil sebagai solusi desain. Sebagai contoh untuk overlay aspal modifikasi SBS (*Styrene Butadiene Styrene*) 6% setebal 65 mm memberikan kinerja yang setara dengan overlay aspal konvensional setebal 135 mm. Jika sumber daya untuk aspal modifikasi tersedia dan biaya penggunannya lebih murah maka aspal modifikasi dapat digunakan.

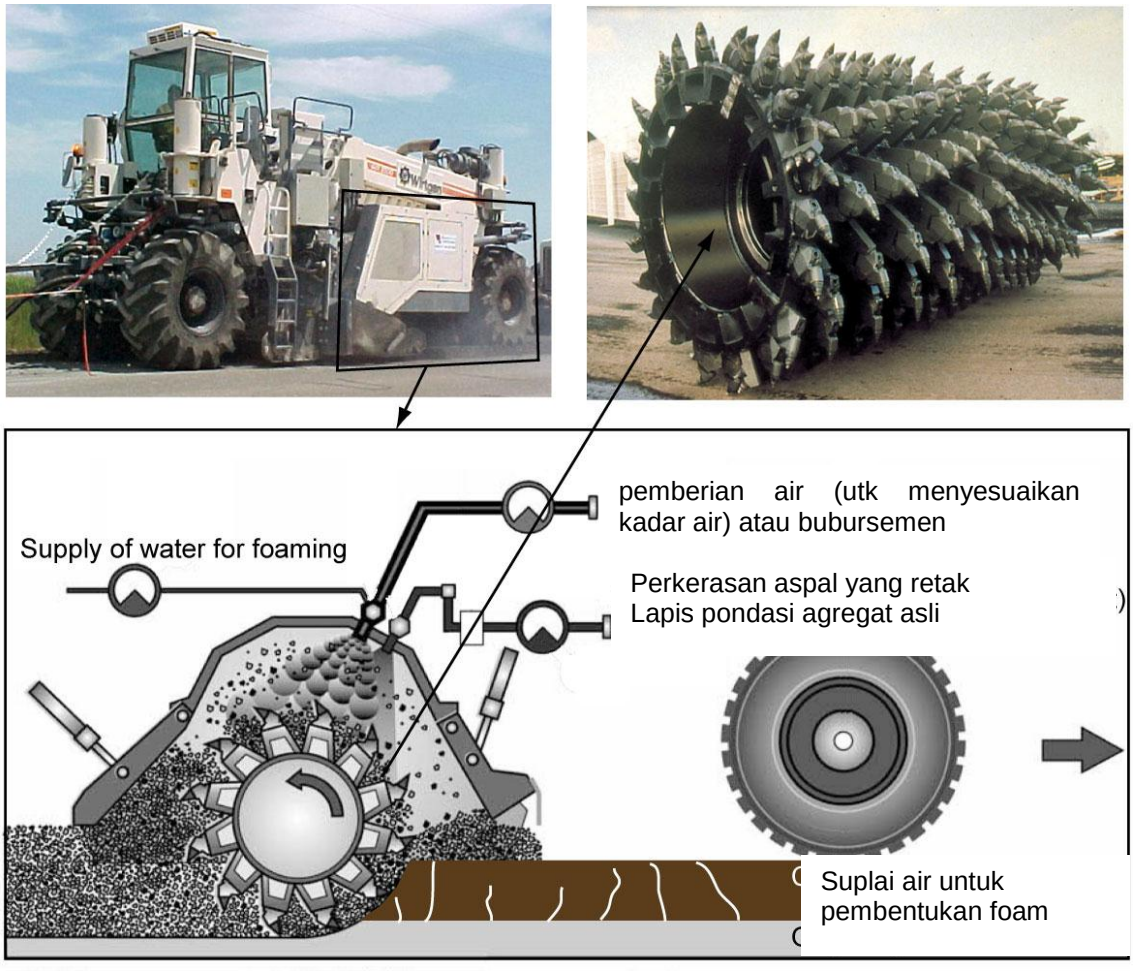
DESAIN TEBAL
LAPIS PONDASI DENGAN STABILISASI

8 DESAIN TEBAL LAPIS PONDASIDENGAN STABILISASI

8.1 Pendahuluan

Perkuatan perkerasan dengan menggunakan stabilisasi lapangan denganbitumen foam semakin banyak dilakukan di seluruh dunia, termasuk Indonesia.

Bitumen Foam adalah bahan pengikat aspal yang panas yang untuk sementara diubah bentuknya dari bentuk cair menjadi busa (*foam*) dengan penambahan sedikit air (2% – 3% terhadap berat bitumen). Dalam bentuk busa tersebut bitumen dapat dicampur dengan agregat pada temperatur udara dan kadar air (kelembaban) lapangan. Busa bitumen tersebut melapisi fraksi halus agregat, membentuk bubur (*mastic*) yang mengikat partikel-partikel yang lebih besar dalam kerangka agregat. Bahan pembentuk foam (*foaming agent*) dapat digunakan untuk menjamin sifat-sifat pembentukan aspal foam dapat diterima.



Gambar 8-1 Daur Ulang Perkerasan dengan Bitumen Foam

Di Indonesia, kadar bitumen foam yang ditambahkan ke agregat biasanya berkisar dari 2,0% sampai 3,0% dan ditambah semen 1% sebagai pengikat kedua, meskipun sebenarnya bisa juga digunakan kapur untuk material yang mempunyai plastisitas lebih tinggi.

Kekuatan/kekakuan campuran bitumen foam diperoleh dari:

- gesekan antara partikel agregat
- kekentalan bitumen pada kondisi operasional
- kohesi di dalam partikel yang dihasilkan dari pengikat itu sendiri, dan adhesi antara pengikat yang bersifat bitumen dan hidrolis dengan agregat.

Seperti pengikat stabilisasi yang lain, stabilisasi bitumen foam dapat dilakukan lapangan atau di dalam instalasi pencampur aspal. Bitumen foam tersebut dimasukkan ke dalam drum atau instalasi daur ulang dimana bitumen foam tersebut membasahi dan menyelimuti permukaan fraksi partikel halus membentuk material perkerasan lentur yang fleksibel. Pencampuran antara bitumen foam dengan agregat menentukan keberhasilan proses karena bitumen hanya sesaat berbentuk busa dan proses penyelimutan partikel harus terjadi pada waktu bitumen masih dalam bentuk busa.

Karena stabilisasi dengan foam bitumen termasuk masih baru dibandingkan untuk penanganan rehabilitasi yang lain, prosedur pencampuran serta desainnya saat ini sedang gencar dikembangkan di banyak negara. Metode desain ketebalan sementara (interim) diuraikan di dalam LAMPIRAN H.

Perlu diingat bahwa metode tersebut masih bersifat sementara, dan disarankan kinerja perkerasan dengan stabilisasi bitumen foam yang baru saja dilaksanakan di Indonesia dipantau untuk pengembangan mendatang metode interim ini.

8.1.1 Material yang Cocok untuk Stabilisasi dengan Bitumen Foam

Di Indonesia stabilisasi dengan foam bitumen umumnya dilaksanakan untuk mendaur-ulang lapisan aspal dan material lapis pondasi agregat eksisting.

Untuk menilai kecocokan material yang akan distabilisasi dengan bitumen foam, indeks plastisitas (PI) hendaknya tidak lebih dari 10, kecuali stabilisasi dengan kapur yang dapat sampai dengan PI 20. Lihat Tabel 8-1.

Material juga harus terletak di Zone A pada distribusi ukuran partikel yang ditunjukkan pada Gambar 8-2.

Tabel 8-1 Pedoman Pemilihan Metode Stabilisasi

Ukuran Partikel	Lebih dari 25% lolos 0,425 mm			Kurang dari 25% lolos 0,425 mm		
Plastisitas	PI≤ 10	10≤PI≤20	PI ≥ 20	IP ≤ 6, WPI ≤ 60	PI≤10	PI > 10
Tipe Pengikat						
Campuran semen dan bersemen*	■	▒		■	■	■
Kapur	▒	■	■		▒	■
Bitumen	▒	▒		■	■	
Campuran aspal / semen	■	▒		■	■	▒
Berbutir	■			■	■	▒
Polimer	■	■		■	■	
Bahan Kimia Lain **		■	■		▒	■

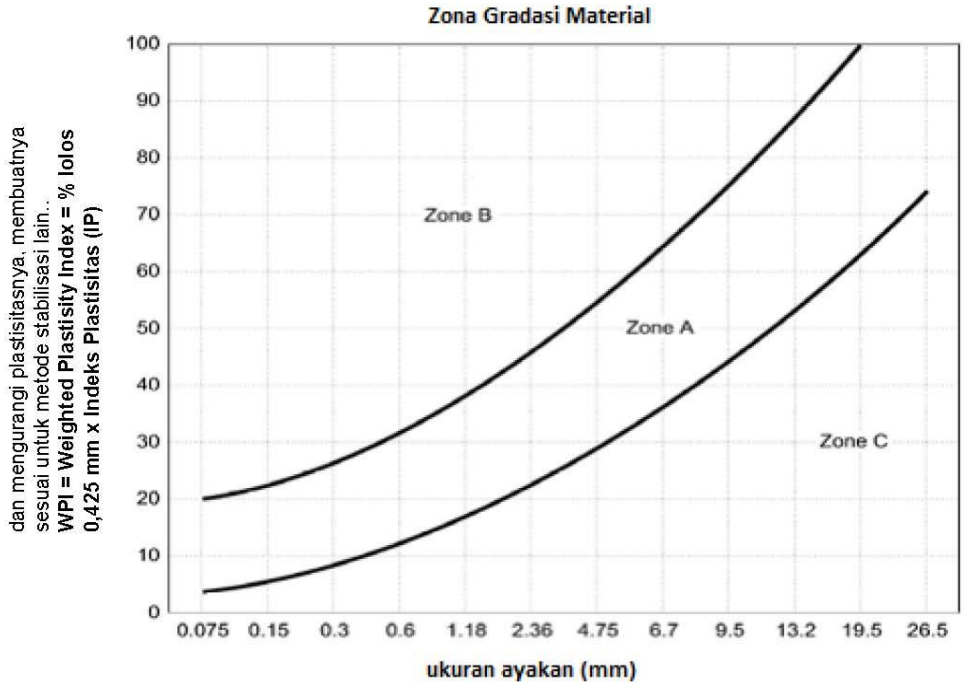
Sesuai — Tanda biasanya (■) — diragukan atau membutuhkan (▒) — pengikat biasanya tidak

* penggunaan beberapa pengikat bahan kimia sebagai bahan tambah dapat memperpanjang efektivitas pengikat bersemen

** hanya diambil sebagai panduan. Rujuk literatur lain untuk informasi lainnya pada tanah berbutir halus atau plastisitas lebih tinggi

Catatan : bentuk stabilisasi diatas dapat digunakan dalam kombinasi, misal stabilisasi kapur untuk mengeringkan material dan

Sumber : Austroads, Part 4D



Gambar 8-2 Amplop Gradasi Zona A

8.1.2 Ketentuan Pelapisan Minimum

Seperti diuraikan di dalam LAMPIRAN H, Tabel 8-2 berisi usulan ketentuan pelapisan minimum di atas material yang distabilisasi dengan foam bitumen.

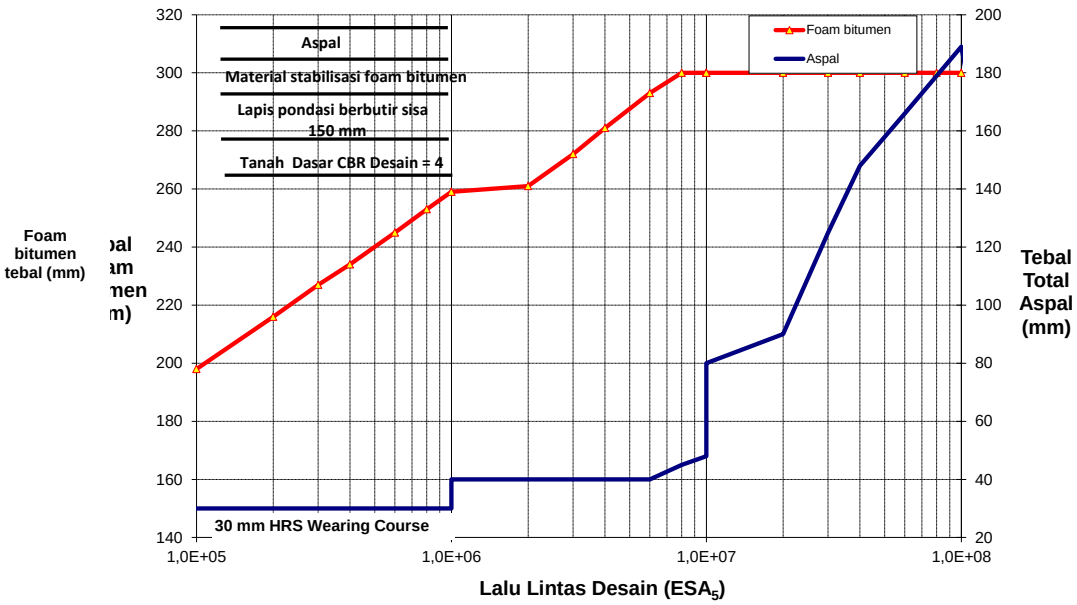
Tabel 8-2 Ketentuan pelapisan minimum diatas material distabilisasi dengan bitumen foam

Beban Lalin Rencana (ESA_5)	Pelapisan minimum
ESA >30	100 mm terdiri dari 40 mm AC WC 60 mm AC BC
10 <ESA< 30	80 mm terdiri dari 2 x 40 mm AC WC
1 <ESA< 10	40 mm AC WC
ESA < 1	30 HRS WC atau pelaburan

8.1.3 Bagan Desain Tebal Lapis Pondasi Stabilisasi Bitumen Foam

Seperti diuraikan di dalam LAMPIRAN H, metode mekanistik Austroads untuk mendesain perkerasan lentur baru bersama-sama dengan usulan persyaratan pelapisan minimum (Tabel 12-1*Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*) digunakan sebagai dasar pembuatan bagan desain. Bagan desain tersebut diberikan di dalam LAMPIRAN I dan LAMPIRAN J. Gambar 8-3 menggambarkan salah satu contoh bagan tersebut.

Pada pembuatan bagan desain tersebut, kedalaman yang distabilisasi dengan foam bitumen hanya sampai maksimum 300 mm mengingat kemampuan pencampuran di lapangan dan pemadatan.



Gambar 8-3 Contoh Bagan Desain untuk Merancang Tebal Daur Ulang dengan Stabilisasi Bitumen Foam

8.1.4 Prosedur Desain

Tabel 8-3 memberikan daftar langkah-langkah desain stabilisasi dengan bitumen foam.

Tabel 8-3 Prosedur desain stabilisasi dengan bitumen foam

Langkah	Kegiatan
1	Hitung desain lalu lintas dalam ESA_5 yang diuraikan dalam Sub Bab 3.
2	Menggunakan data catatan pembangunan dan pemeliharaan, test pit dan core, tentukan jenis lapisan material lapangan serta kualitas dan ketebalannya.
3	Tentukan CBR tanah dasar desain dalam pekerjaan tersebut, berdasarkan pada DCP lapangan atau CBR rendaman terhadap material yang diambil dari test pit.
4	Menggunakan data dari langkah 3, tentukan apakah material lapangan cocok untuk distabilisasi dengan Bitumen Foam
5	Menggunakan ketebalan lapisan, pilih percobaan kedalaman stabilisasi dan hitung kedalaman sisa material perkerasan di bawah lapisan yang distabilisasi. Untuk perkerasan dengan CBR desain tanah dasar kurang dari 5%, diperlukan material perkerasan setebal minimum 100 mm di bawah Bitumen Foam.
6	Menggunakan bagan desain di dalam LAMPIRAN I dan LAMPIRAN J, tentukan ketebalan lapisan aspal yang diperlukan di atas material yang distabilisasi dengan Bitumen Foam.

8.2 Stabilisasi Semen

8.2.1 Material yang Sesuai dengan Stabilisasi Semen

Stabilisasi semen pada material perkerasan umumnya dilaksanakan untuk mendaur-ulang lapisan aspal eksisting dan material lapis pondasi agregat.

Dalam menilai kesesuaian material untuk distabilisasi, hendaknya nilai Indeks Plastisitas (PI) tidak lebih dari 10, kecuali stabilisasi kapur dapat sampai PI 20, dengan mengacu pada Tabel 8-1.

Material juga hendaknya masuk dalam Zone A di dalam distribusi ukuran butir yang ditunjukkan dalam Gambar 8-2.

Bagan desain ketebalan dapat digunakan untuk material stabilisasi dengan nilai unconfined compressive strength (UCS) minimum 2 MPa pada umur 28 hari. Umumnya cukup dengan penambahan semen 3%.

8.2.2 Ketentuan Lapis Permukaan Minimum

Retak permukaan, biasa terjadi apabila CTB digunakan dengan lapis aspal tipis, kecuali lapis pondasi bawah tersebut berupa campuran dengan pengikat reaksi lambat (*slow setting binder blends*) yang terdiri dari kapur, slag, dan fly ash.

Untuk pekerjaan jalan yang menggunakan semen portland reaksi cepat (*quick-setting Portland cement*), disarankan agar tidak digunakan untuk CTB karena akan terjadi keretakan dini apabila dilalui oleh lalu lintas dengan beban sumbu tinggi, yang mengakibatkan perlunya biaya pemeliharaan yang tinggi.

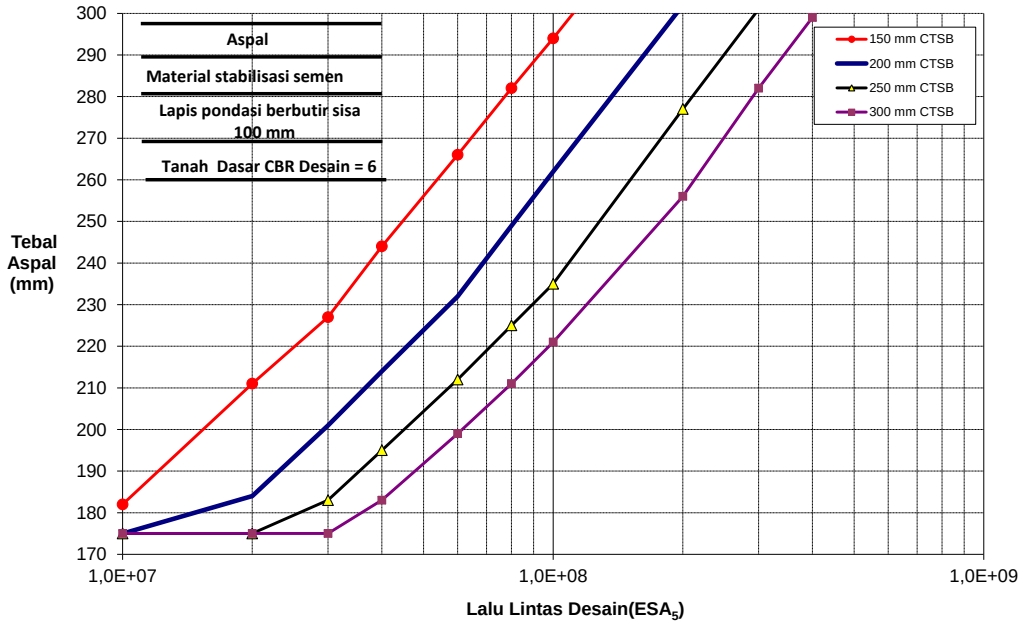
Maka dari itu disarankan bahwa stabilisasi semen dibatasi hanya pada lapisan CTSB (*Cement Treated Sub Base*) dengan ketebalan lapisan permukaan beraspal minimum 175 mm (diambil dari Austroads Guide, 2008).

8.2.3 Bagan Desain Tebal Lapis Pondasi Bawah Stabilisasi Semen

Metode mekanistik Austroads untuk desain perkerasan lentur baru dan usulan tebal minimum lapis permukaan beraspal 175 mm digunakan sebagai dasar untuk membuat bagan diesain ketebalan. Bagan desain tersebut diberikan didalam LAMPIRAN K. Gambar 8-4 memberikan contoh salah satu bagan tersebut.

Dalam pembuatan bagan-bagan desain tersebut, kedalaman yang distabilisasi semen dibatasi maksimum 300 mm, mengingat kemampuan pencampuran di lapangan dan pemadatan.

Untuk penanganan stabilisasi ini, lalu lintas desain minimum yang diberikan adalah 10^7 ESA.Karena apabila digunakan untuk lalu lintas rendah, biaya pekerjaan menjadi lebih mahal.



Gambar 8-4 Contoh Bagan Desain untuk Desain Ketebalan Cement Treated Subbase (CTSB)

8.2.4 Prosedur Desain

Tabel 8-4 memberikan urutan langkah dalam desain struktural untuk stabilisasi semen.

Tabel 8-4 Prosedur Desain CTSB

Langkah	Kegiatan
1	Hitung desain lalu lintas dalam ESA_5 sebagaimna diuraikan di dalam Sub Bab 3.
2	Menggunakan data catatan pemeliharaan dan pembangunan, test pit dan core, tentukan jenis lapisan material lapangan serta kualitas dan ketebalannya.
3	Tentukan CBR desain tanah dasar dalam proyek tersebut, berdasarkan pada DCP lapangan atau CBR rendaman material yang diambil dari test pit.
4	Menggunakan data dari langkah 3, tentukan apakah material lapangan cocok untuk stabilisasi semen.
5	Menggunakan ketebalan lapisan, pilih percobaan kedalaman stabilisasi dan hitung kedalaman sisa material perkerasan di bawah lapisan yang distabilisasi. Untuk perkerasan dengan CBR desain tanah dasar kurang dari 5%, diperlukan material di bawah lapisan yang distabilisasi setebal minimum 100 mm.
6	Menggunakan bagan desain di dalam LAMPIRAN K, tentukan ketebalan lapisan aspal yang diperlukan di atas material yang distabilisasi semen.

8.3 Kasus Khusus : Perkerasan Daur Ulang (Recycling) Pantura dan Jalintim

Kasus khusus yang dimaksud adalah jalan dengan beban lalu lintas sangat berat diatas tanah dasar berupa tanah lunak seperti Pantura atau Jalintim yang terletak diatas permukaan tanah atau pada timbunan rendah diatas tanah lunak.Solusi desain untuk kondisi ini seringkali dengan rehabilitasi atau daur ulang (*recycling*) perkerasan eksisting.Jika digunakan solusi ini maka desain struktur yang disarankan adalah seperti dalam Gambar 8-5. Nilai tebal untuk lapis AC Base atau AC BC sebagai lapis pondasi (*base*) ditentukan menggunakan Tabel 8-5.

Gambar 8-5 Struktur Perkerasan Daur Ulang

Tabel 8-5 Tebal Lapis AC Base untuk Kasus Tanah Dasar &Struktur Perkerasan Gambar 8-5

Beban Lalin (juta ESA_5)	Perkerasan eksisting 600 – 750 mm	Perkerasan eksisting >750 mm
	AC Base atau AC BC sebagai *base* (mm) (x)	
300	220	150
200	185	120
150	175	110
100	140	85
50	105	55
30	60	0

Asumsi yang diambil untuk desain kasus khusus ini adalah :

- Perkerasan beraspal eksisting dikupas dan ditumpuk baik sampai ke kedalaman penuh atau sampai kedalaman untuk mendukung tebal desain lapisan bitumen foam.
- Tebal lapis CTRB untuk semua kasus adalah 150 mm dan lapis CMRFB 300 mm.
- Modulus lapisan CTRB dan CMRFB yang digunakan untuk desain masing-masing adalah 500 MPa dan 600 MPa didasarkan pada asumsi bahwa modulus awal yang tinggi akan menurun dengan cepat akibat overloading dan kondisi iklim.
- Dibawah lapis CTRB yang dikupas normalnya terdapat lapis pondasi agregat eksisting dengan tebal bervariasi antara 150 mm sampai lebih dari 300 mm. Lapis ini mungkin terkontaminasi atau berkualitas rendah.
- Tanah dasar eksisting yang diharapkan minimal dengan CBR 3% pada elevasi tanah dasar, namun lapis dengan CBR 2% mungkin terdapat dibawah tanah dasar.
- Tanah asli secara permanen atau musiman jenuh sehingga aturan faktor penyesuaian m sebesar 0,4 harus diambil untuk pemeriksaan desain dengan metode AASHTO.
- Terdapat banyak variabel dalam kasus desain ini. Mengakomodasi semua variabel tersebut dengan menggunakan bagan desain akansulit untuk dilakukan. Sehingga solusi desain rekonstruksi untuk jalan dengan lalu lintas berat harus ditentukan dengan Prosedur Desain Mekanistik yang diuraikan secara singkat dalam Lampiran 6.

8.4 Pengerikilan Kembali (Regravelling)

Regravelling dibutuhkan untuk memperkuat jalan tanpa penutup aspal atau sebagai bagian dari proses rekonstruksi jalan berpenutup aspal setelah pembuangan lapis penutup. Jika tebal penutup 100 mm atau lebih maka penanganan *recycling*akan lebih murah. Lapis pondasi agregat eksisting dipertahankan.

Dalam semua hal, dibutuhkan test pit untuk analisis. Kondisi perkerasan eksisting akan ditemukan banyak variasi baik dalam tebal lapisan, tipe material, dan daya dukung tanah dasar. Umumnya tidak akan ada cukup data untuk analisis statistik penuh. Daerah terburuk yang mungkin membutuhkan *heavy patching* perkerasan sampai kedalaman penuh dan/atau membutuhkan drainase bawah permukaan.Oleh karena daerah yang ditangani dengan *heavy patching* harus diidentifikasi dengan kombinasi metode visual atau data lendutan. Informasi lebih jauh mengenai dari

proses ini akan diuraikan dalam Manual Survey Pendahuluan dan Analisis. Penanganan rekonstruksi selanjutnya harus didasarkan pada kondisi perkerasan eksisting terburuk untuk daerah yang tersisa.

8.4.1 Perkerasan Tanpa Penutup Aspal

Tebal dari penanganan *regravelling* harus ditentukan dari CBR karakteristik dari tanah dasar perkerasan eksisting, volume lalu lintas (ESA_4) untuk umur rencana yang dipilih, tebal dari lapis pondasi agregat eksisting atau lapis kerikil alam, dan daya dukung dari lapisan-lapisan tersebut jika lebih kecil dari yang disyaratkan Bagian 1, Bagan Desain 7. Setiap lapisan harus memenuhi ketentuan Bagan Desain 7.Kerikil yang digunakan harus memenuhi Spesifikasi untuk perkerasan tanpa penutup aspal dan mempunyai nilai CBR tidak kurang dari 30%.

Jalan eksisting harus dibentuk kembali sebelum kerikil ditambahkan.Hilangnya ketebalan akibat perbaikan bentuk harus diakomodasi dalam desain.Tidak ada tebal minimum untuk material baru karena material tambahan dapat dicampur dengan lapisan teratas dari kerikil eksisting. Untuk alasan kepraktisan tebal padat minimum untuk kerikil baru adalah 70 mm.

Jika perkerasan eksisting adalah telford atau tidak dapat dicampur dengan material baru, maka sangat penting untuk mengikuti ketentuan tebal minimum dalam Bagian 1 Tabel 12.1

Contoh : Lalu lintas 100.000 ESA_4 untuk umur rencana 10 tahun, CBR tanah dasar minimum 3,5% untuk daerah yang tidak memerlukan penambalan berat. Tebal lapis agregat eksisting setelah pembentukan kembali adalah 300 mm, tebal yang dibutuhkan berdasarkan Bagian 1 Bagan Desain 7 adalah 420 mm, maka dibutuhkan kerikil tambahan dipadatkan setebal 120 mm.

8.4.2 Regravelling Perkerasan Berpenutup Aspal

Proses untuk jalan dengan penutup aspal relatif sama dengan perkerasan tanpa penutup, kecuali bahwa bagian teratas dari lapisan berbutir adalah lapis pondasi agregat kelas A. Karenanya, langkah pertama selanjutnya adalah menentukan tebal dari permukaan aspal yang diharapkan.

8.5 Penanganan Lainnya

Perbaikan lubang, penutupan retak, pengupasan permukaan yang retak dan alur yang parah, peningkatan drainase permukaan dan bawah permukaan, dan penanganan lainnya yang dibutuhkan sebelum overlay atau penanganan lain yang sesuai. Penanganan spesifik berikut harus dilakukan :

8.5.1 Drainase

Drainase harus selalu dipertimbangkan sebagai bagian dari setiap desain rehabilitasi jalan.Survey pendahuluan awal harus dapat mengidentifikasi daerah yang rusak akibat air.Sangat sering ditemukan kerusakan lokal akibat air di daerah pegunungan dan perlu direhabilitasi menggunakan peningkatan drainase atau penanganan rehabilitasi lainnya. Penanganan drainase dijelaskan lengkap dalam sub bab mengenai Drainase.

8.5.2 *Heavy Patching* (Penambalan Berat)

Daerah yang membutuhkan *heavy patching* harus didesain seperti perkerasan baru (Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru).*Heavy Patching* dibutuhkan pada daerah dimana perkerasan eksisting rusak atau lapis perkerasan eksisting tidak memberikan struktur perkerasan dan pondasi yang memadai untuk dilakukan daur ulang atau rekonstruksi.

8.5.3 Tanah Lunak

Panduan komprehensif mengenai penanganan tanah lunak diberikan pada Bagian 1 Sub Bab 10. Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah dengan CBR lapangan kurang dari 2,5%. Tanah lunak tidak memiliki daya dukung terhadap pemadatan pada lapisan diatasnya tanpa dilakukan penanganan khusus.Daerah tanah lunak di Indonesia pada umumnya adalah tanah lempung kelanauan alluvial atau marine yang umumnya terkonsolidasi normal atau terkonsolidasi sebagian dan umumnya atau seringkali dalam kondisi jenuh. Perkerasan di daerah tanah lunak seringkali menunjukkan ketidakstabilan yang harus diperbaiki dengan peninggian (*raising*), rekonstruksi, atau penanganan lainnya. Peninggian umumnya dilakukan di daerah antar kota dimana tidak banyak pembatasan elevasi akhir permukaan perkerasan. Di pedesaan, perkotaan, atau koridor daerah berkembang lainnya, atau pelebaran pada perkerasan eksisting, seringkali terdapat batasan pada elevasi akhir permukaan perkerasan yang kemudian membutuhkan solusi lainnya.

Jika dibutuhkan rekonstruksi total maka ketentuan Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru harus digunakan. Material lapis penopang harus disyaratkan : batu atau pasir batu yang ditempatkan di bawah air, batu, pasir batu atau material berbutir dengan plastisitas rendah yang mudah dipadatkan atau timbunan batu. Lapisan geotekstil harus juga digunakan jika tanah asli dalam kondisi jenuh atau terdapat potensi jenuh, untuk memisahkan tanah asli dengan lapis penopang dalam rangka mengurangi *pumping* butiran halus.

Tebal lapisan tanah lunak harus ditentukan dengan pengujian DCP sampai kedalaman 3 meter menggunakan batang DCP yang diperpanjang.Pengujian harus dilakukan dengan jarak 20 m.

Penanganan khusus seperti pelat yang diperkaku misal micro pile atau pelat telapak (cakar ayam) harus dipertimbangkan untuk daerah perkerasan kaku dimana kekuatan tanah rendah dengan CBR kurang dari 3% sampai kedalaman lebih dari 2 meter atau telah terjadi retak blok pada beton. Perkerasan kaku baru diatas tanah lunak harus diberi penulangan.Untuk perkerasan lentur diatas tanah lunak dengan kedalaman lebih dari 2 m, maka *micro pile* dengan poer atau rangkaian tiang dolken yang diikat harus digunakan.

Untuk desain peninggian permukaan (*raising*) pada tanah lunak, faktor – faktor berikut harus dipertimbangkan :

a) Tinggi timbunan haruslah antara 2 – 2,5 meter;
b) Tinggi tanah dasar baru :
    i) Paling tidak 1 meter diatas muka air tanah;
    ii) Tidak kurang dari 300 mm diatas muka air banjir tahunan.
c) Ketentuan untuk desain pondasi perkerasan diuraikan pada Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru harus dipenuhi.

Kecepatan penurunan (*settlement*) timbunan dan stabilitasnya harus dipertimbangkan pada timbunan pelebaran, terutama untuk tinggi timbunan yang lebih dari 2 meter.Pra-pembebanan harus dilakukan untuk membatasi pergerakan tak seragam antara timbunan eksisting dan timbunan untuk pelebaran.*Micro pile, deep soil mixing* atau penanganan lainnya dibutuhkan untuk mengurangi penurunan pada perkerasan pada oprit jembatan atau jika pra-pembebanan yang memadai tidak memungkinkan. Pendapat dari ahli geoteknis harus diperoleh.

Kemiringan dari timbunan tidak boleh lebih dari 1V : 3H untuk timbunan dengan tinggi lebih dari 2 m kecuali dapat diberikan bordes atau dinding penahan tanah. Jika bordes dapat disediakan maka penanganan minimum haruslah seperti dalam Pedoman No. Pt T-08-2002-B, Timbunan Jalan diatas Tanah Lunak. Jika tinggi timbunan kurang dari 2 meter maka kemiringan 1V : 2H dapat diterima dengan persetujuan Direksi Pekerjaan. Penggunaan dinding/penahan pada kaki timbunan harus dihindari.Jika penahan pada kaki timbunan digunakan maka stabilitasnya harus diperiksa dan jika diperlukan, tiang pancang atau penanganan lainnya harus digunakan.

Jika tinggi timbunan lebih dari 3 meter, analisis stabilitas lereng harus dilakukan oleh tenaga ahli geoteknik dan bordes atau penanganan lainnya harus disediakan.

8.5.4 Tanah Gambut

Penanganan perkerasan pada tanah gambut harus mendapatkan pendapat teknis dari tenaga ahli geoteknik dan memperhatikan beberapa hal berikut :

- Pelebaran perkerasan eksisting harus diberi pra-pembebanan;
- Drainase melintang harus dipelihara sepanjang waktu dan umumnya disediakan pada jarak tidak lebih dari 200 m.
- Lereng timbunan tidak boleh lebih curam dari 1V : 3H.
- Drainase samping harus dengan jarak 3 m dari kaki timbunan.
- Timbunan dengan tinggi lebih dari 3 m harus dibuat bertangga dan dilaksanakan secara bertahap untuk memberikan waktu konsolidasi primer sebelum tahap kedua dimulai.
- Timbunan dekat pada oprit jembatan harus dipancang. Pengaturan pemancangan harus didesain untuk membatasi dorongan lateral terhadap abutment jembatan.
- Penanganan dengan geogrid harus dipertimbangkan di antara tanah dasar dan lapis pondasi bawah.
- Geotekstil harus digunakan pada perbatasan antara permukaan tanah asli dan pelebaran.

8.5.5 Tanah Ekspansif

Penanganan perkerasan pada tanah ekspansif harus merujuk pada Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru. Pertimbangan yang paling penting adalah untuk membatasi perubahan kadar air pada tanah ekspansif, yang dapat dilakukan dengan :

a) Membuat bahu jalan berpenutup;
b) Penyediaan drainase permukaan dan drainase bawah permukaan yang baik, termasuk penutupan semua drainase permukaan dan memastikan kelandaian minimum sebesar 0,5%. Pembuangan dari drainase bawah permukaan harus diatas muka air banjir dan diatas muka air di dalam sistem drainase.

c) Tebal lapis penopang minimum memenuhi ketentuan pada Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru.
d) Dukungan lateral harus dipertimbangkan menggunakan penanganan geotekstil atau geogrid atau bronjong.

9 PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN

Pemilihan perkerasan akan bervariasi terhadap lalu lintas dan umur rencana yang diharapkan, serta kasus dari jalan yang akan ditangani sebagaimana dapat dilihat dalam Tabel 9-1.

Faktor – faktor berikut harus dipertimbangkan :

- Kebutuhan utama adalah nilai biaya sekarang selama masa layan (*discounted lifetime cost*) termurah dan kemudahan dalam pelaksanaan. Oleh karena itu setiap opsi harus dihitung biayanya dan biaya yangpaling murah harus dipilih.
- Pertimbangkan reskonstruksi penuhdaripada overlay jika overlay yang dibutuhkan lebih dari 100 mm untuk jalan dengan lalu lintas 4 juta ESA_5 atau melebihi 150 mm – 210 mm untuk jalan dengan lalu lintas lebih dari 4 juta ESA_5 dan pada semua kasus dimana perkerasan eksisting dalam kondisi rusak berat (*heavy patching* dibutuhkan > 30% area perkerasan).
- Bahan pengikat modifikasi memberikan manfaat yang signifikan namun membutuhkan sumber daya, kontraktor dan keahlian yang sering kali tidak tersedia. Aspal modifikasi hanya bisa digunakan jika sumber daya dan keahlian yang dibutuhkan tersedia. Aspal modifikasi dapat memperlebar rentang penggunaan overlay aspal tipis dan lapis aus dengan lalu lintas berat.
- Perkerasan kaku dapat menjadi solusi yang layak untuk jalan rusak berat dengan lalu lintas berat (lalin 20 tahun > 30 juta ESA_4)
- Daur ulang (*recycling*) membutuhkan peralatan dan kontraktor dengan keahlian khusus.

Tabel 9-1 Pemilihan Struktur Perkerasan

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
Struktur Perkerasan	**ESA_5 20 tahun (juta)**				
	0 – 0,1	**0,1 - 4**	**4 - 10**	**10-30**	**>30**
AC BC modifikasi SBS					
AC BC modifikasi yang disetujui					
AC BC normal					

SOLUSI REKONSTRUKSI					
Struktur Perkerasan	**ESA_4 20 tahun (juta)**				
	0 – 0,1	**0,1 - 4**	**4 - 10**	**10-30**	**>30**
Perkerasan beton					
CTRB + AC modifikasi					
CTRB + AC					
HRS + lapis pondasi agregat kelas A					
perkerasan tanpa penutup					

Ketentuan diatas bukan harga mati - desainer harus mempertimbangkan kendala-kendala pelaksanaan dan kepraktisan konstruksi
Solusi alternatif harus didasari oleh biaya masa layan terkecil atau paling kompetitif
Solusi yang diutamakan
Alternatif - lihat Catatan

ESA pangkat 4 dan periode perhitungan 20 tahun untuk umur kumulatif digunakan untuk solusi reconstruksi untuk memberikan perhitungan ekivalen untuk perbandingan semua jenis perkerasan - bukan umur rencana. ESA pangkat 5 digunakan untuk overlay

10 MASALAH PELAKSANAAN DAN KINERJA PERKERASAN

10.1 Penyiapan Perkerasan Eksisting untuk Lapis Tambah

Penyiapan yang baik sangatlah penting. Penanganan lubang, penambalan berat, penutupan retak yang lebar (*sealing*), pengupasan (milling) alur dan daerah retak berat dan penanganan tepi perkerasan yang rusak, semua harus diselesaikan dan diterima oleh Direksi Pekerjaan sebelum pekerjaan dimulai.

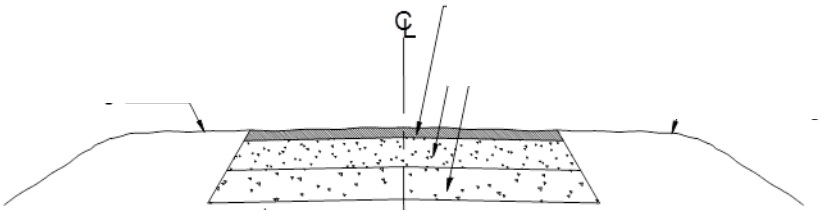
10.2 Ketebalan Lapis Perkerasan

Untuk ketebalan minimum lapis perkerasan mengikuti ketentuan dalam Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru, dan juga memperhatikan Tabel 12-1 dan tebal minimum untuk lapis pondasi bawah yang distabilisasi dengan bitumen foam dan CTSB adalah 150 mm.

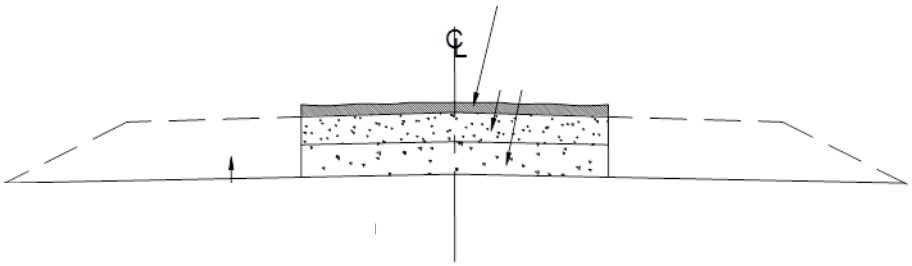
Ketentuan mengenai Daya Dukung Tepi Perkerasan, Konstruksi Segiempat, Pengaruh Musim Hujan, Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas, Lokasi Sambungan mengikuti ketentuan dalam *Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru*.

10.3 Urutan Pelaksanaan untuk Daur Ulang

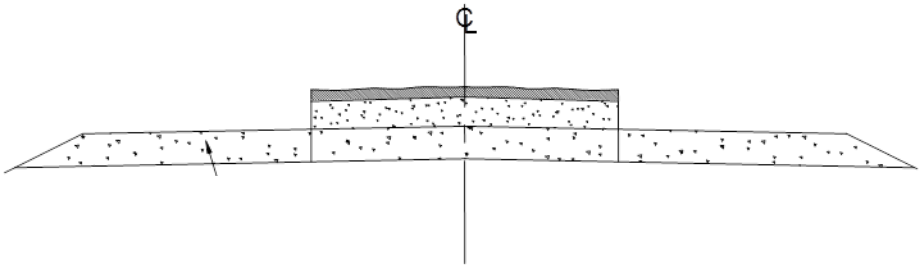
Untuk perkerjaan daur ulang, urutan pelaksanaan harus diuraikan dengan jelas di dalam gambar bilamana pelebaran atau pembentukan kembali perkerasan eksisting diperlukan. Gambar 10-1 menggambarkan urutan pelebaran yang benar untuk pekerjaan daur ulang. Pengaturan lalu lintas harus ditentukan sebelum pelaksanaan pekerjaan.Ketentuan-ketentuan penutupan lajur harus dipertimbangkan.



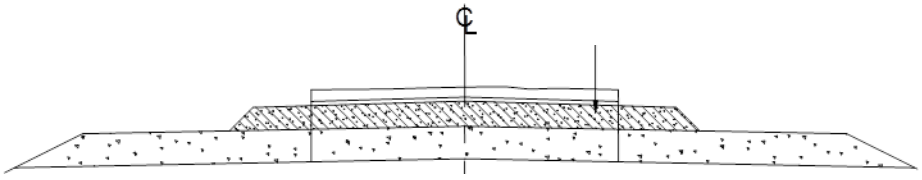
Perkerasan lama (perkerasan yang ada)



Tahap 1 : ***Lakukan pekerjaan galian tanah untuk keperluan pelebaran jalan sampai permukaan tanah dasar yang lama atau yang telah distabilisasi.***

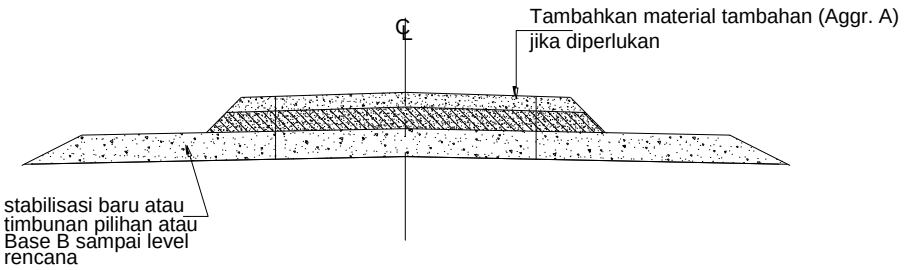


Tahap 2: ***Lakukan pekerjaan stabilisasi atau sediakan/hamparkan material urugan pilihan atau material Pondasi Bawah kelas B pada lokasi pelebaran. (agar kekuatan dan permeabilitas pondasi bawah yang baru ≥ pondasi bawah yang lama).***

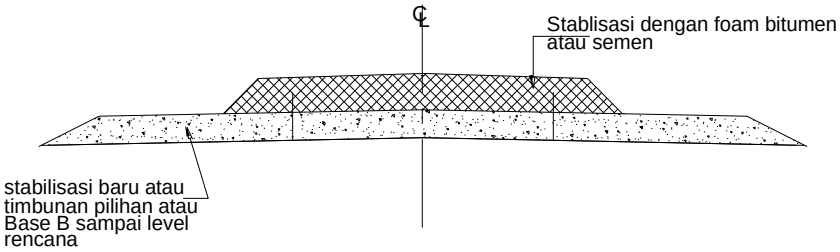


Tahap 3: ***Lakukan pekerjaan penggarukan dan pencampuran lapis permukaan asphal dan lapis pondasi atas, dilanjutkan pencampuran dengan tambahan agregate baru (jika diperlukan). Kemudian dihamparkan dan dipadatkan sesuai dengan lebar perkerasan baru yang dikehendaki.***

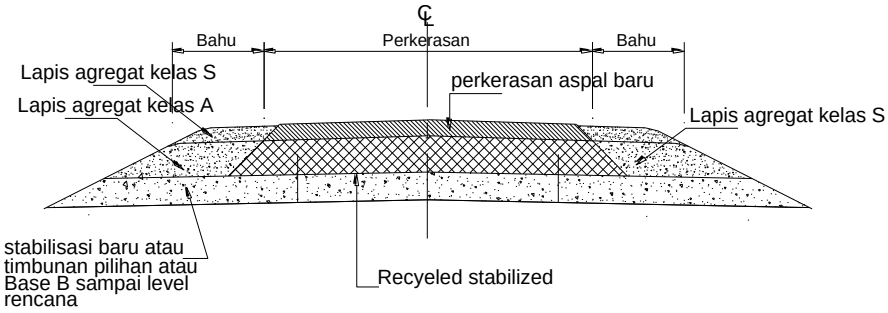
Gambar 10-1 (a) Urutan Pelaksanaan Daur Ulang dengan Pelebaran



Langkah 4 : Penambahan material / Base A (jika diperlukan)



Langkah 5 : Foam bitumen atau semen



Langkah 6 : Aspal dan bahu penutup dengan lapisan

Gambar 10-2 (b) Urutan Pelaksanaan Daur Ulang dengan Pelebaran

10.4 Catatan Resiko dengan Solusi Desain Menggunakan Aspal Modifikasi

Desain untuk lalu lintas lebih dari 10 juta ESA_5 membutuhkan aspal modifikasi untuk lapis permukaannya. Solusi desain dengan biaya yang efektif memungkinkan menggunakan aspal modifikasi untuk memperpanjang umur *fatigue* dengan overlay aspal tipis.

SEBELUM SOLUSI DESAIN INI DIGUNAKAN, KONTRAKTOR HARUS MENYIAPKAN SUMBER DAYA YANG MEMADAI. SUMBER DAYA YANG DIPERLUKAN UMUMNYA BELUM TERSEDIA SAAT INI REVISI DOKUMEN INI DISUSUN (MARET 2013).

Aspal modifikasi saat ini telah tersedia, namun fasilitas yang memadai untuk pengangkutan, penyimpanan dan produksi aspal modifikasi di lapangan umumnya kurang.Selain itu pengalaman dalam produksi dan penggunaan jenis aspal modifikasi yang paling bermanfaat aspal modifikasi SBS, masih sangat kurang dan butuh dikembangkan. Desain dengan aspal modifikasi memperlebar rentang penggunaan overlay aspal tipis namun juga meningkatkan resiko kekegagalan jika kualitas mutu pekerjaan masih rendah. Terdapat masalah mutu konstruksi yang sangat luas di Indonesia.Kontraktor lebih didorong untuk memperbaiki masalah mutu konstruksi dan menyiapkan sumber daya yang memadai untuk produksi, penanganan, dan penyimpanan aspal modifikasi sehingga dapat digunakan secara luas.Sistem sertifikasi diusulkan untuk digunakan oleh perusahaan manufaktur dan kontraktor yang memiliki peralatan dan kompeten dalam pelaksanaan modfikasi campuran beraspal.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

DAFTAR ISI LAMPIRAN:

BAGIAN KE I

LAMPIRAN A Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat A1

LAMPIRAN B Kakulator Faktor Ekivalen Beban (VDF) untuk Kendaraan Niaga..... B1

LAMPIRAN C Prosedur Penggunaan Bagan Desain 7 Untuk Desain Jalan Tanpa Penutup Aspal..... C1

LAMPIRAN D Desain Bahu Jalan..... D1

LAMPIRAN E Saran Untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Konstruksi Perkerasan..... E1

LAMPIRAN F Garis Besar Prosedur Mekanistik (General Mechanistic Procedure) Untuk Desain Perkerasan Lentur Baru Dan Rehabilitasi Perkerasan F1

BAGIAN KE II

LAMPIRAN G Pengembangan Metode Desain Ketebalan Stabilisasi Bitumen Foam G1

LAMPIRAN H Bagian Desain Stabilisasi Bitumen Foam, Lalu Lintas Desain Sampai 10^8 ESA_5..... H1

LAMPIRAN I Bagan Desain Stabilisasi Foam, Lalu Lintas Desain 10^8 Sampai 10^9 ESA_5..... I1

LAMPIRAN J Bagan Desain Stabilisasi Semen J1

LAMPIRAN K Perkerasan Tanpa Penutup Aspal..... K1

DAFTAR FILE PADA DISK

1. Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur 2002.
2. Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003.
3. Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Perencanaan Tebal Lapis Tambah dengan Metode Lendutan) 2005.
4. Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Desain Perkerasan Jalan Lentur) 2011.
5. Manual Desain Bagian I & Bagian II.

LAMPIRAN A

Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat (untuk desain perkerasan kaku)

TERMASUK BUS – Halaman 1 dari 2

Beban kelompok Sumbu	Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga				
	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG
(kN)	Kelompok sumbu sebagai persen dari kendaraan niaga				
10 - 20	7,6				
20 - 30	16,5	0,2			
30 - 40	18,4	0,5			
40 - 50	11,8	1,1			
50 - 60	19,0	2,2			
60 - 70	7,6	4,9			
70 - 80	10,2	7,4			
80 - 90	0,7	6,9			
90 - 100	1,1	2,6			
100 - 110		1,8	1,8		
110 - 120		1,6		0,3	
120 - 130		3,0		0,1	
130 - 140		3,3	1,8	0,4	
140 - 150		1,5	1,8	0,7	
150 - 160		0,3	1,8	1,0	
160 - 170		3,6		1,1	
170 - 180		0,1		1,1	
180 - 190				0,5	
190 - 200				1,6	
200 - 210		0.4		2,7	0,13
210 - 220		2.4		0,8	
220 - 230		0.1		1,0	
230 - 240		0.1		0,9	
240 - 250				0,7	
250 - 260				0,3	
260 - 270				1,9	
270 - 280				1,0	
280 - 290				1,2	
290 - 300				0,1	
300 - 310					
310 - 320				0,7	0,13
320 - 330				0,4	0,13
330 - 340					

Distribusi Beban Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga untuk Jalan Lalu Lintas Berat (untukdesain perkerasan kaku)

Beban kelompok Sumbu	Jenis Kelompok Sumbu				
	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG
(kN)	Kelompok sumbu sebagai persen dari kendaraan niaga				
340 - 350					
350 - 360				0,4	
360 - 370					
370 - 380				0,9	0,13
380 - 390				0,4	
390 - 400					0,26
400 - 410					0,26
410 - 420					0,13
420 - 430					
430 - 440					
440 - 450					0,40
450 - 460					0,13
460 - 470					
470 - 480					0,13
480 - 490					
490 - 500					
500 - 510					
510 - 520					0,13
520 - 530					
530 - 540					
540 - 550					
550 - 560					0,13
Proporsi Sumbu	**55.8%**	**26.4%**	**4.3%**	**12.2%**	**1.3%**

Catatan:
Berlaku untuk perhitungan desain ketebalan pelat perkerasan kaku.
Sumber data RSDP3 Activity #201 studi sumbu kendaraan niaga di Demak , Jawa Tengah Tahun 2011 (PANTURA)

Catatan :
STRT : Sumbu tunggal roda tunggal
STRG :Sumbu tunggal roda ganda
STdRT : Sumbu tandem roda tunggal
STdRT : Sumbu tandem roda ganda
STrRG : Sumbu tridem roda ganda

LAMPIRAN B

KalkulatorFaktor Ekivalen Beban (VDF) untuk Kendaraan Niaga

Tersedia lembar kerja excel yang digunakan untuk menentukan VDF kumulatif (CESA 4 and5) dan nilai TM dari LHRT hasil survey lalu lintas. Perhitungan lalu lintas harus termasuk semua jenis kendaraan. Akurasi terbaik dapat diperoleh jika jenis kargo diidentifikasikan pada saat survey.

LAMPIRAN C

PROSEDUR PENGGUNAAN BAGANDESAIN 7 UNTUK DESAIN JALAN TANPA PENUTUP ASPAL (JALAN KERIKIL ATAU DENGAN LAPIS TIPIS ASPAL)

Bahan

Bahan yang sesuai digunakan untuk perkerasan tanpa penutup aspal adalah :

1. Tanah dasar distabilisasi
2. Timbunan pilihan
3. Kerikil alam yang memenuhi ketentuan klasifikasi AASHTO A1 dan A2
4. Lapis Pondasi Agregat kelas A, B, dan S

Penampang Melintang

Perkerasan tanpa penutup aspal harus dibentuk secara benar dengan lereng melintang tanah dasar atau permukaan jalan 3% atau lebih.Muka air tanah paling tidak 600 mm dibawah tanah dasar.

Umur Rencana

Umur rencana diambil minimal 10 tahun, namun rencana konstruksi bertahap harus disiapkan untuk menyediakan kebutuhan perkuatan atau sealing di masa yang akan datang.

Desain

Perkerasan tanpa penutup aspal dapat terdiri atas 1 – 4 atau lebih lapisan material berbutir tergantung pada material yang tersedia dan opsi biaya tersedia.Setiap lapisan dari tanah dasar harus memiliki CBR yang semakin besar.Lapisan atas harus memiliki nilai CBR lebih besar dari 30% dan PI antara 4% - 12%.Tebal untuk setiap lapisan ditentukan dengan Gambar 6.

Prosedur penggunaan bagan tersebut akan lebih mudah dijelaskan dengan menggunakan contoh (lihat Gambar C-1).

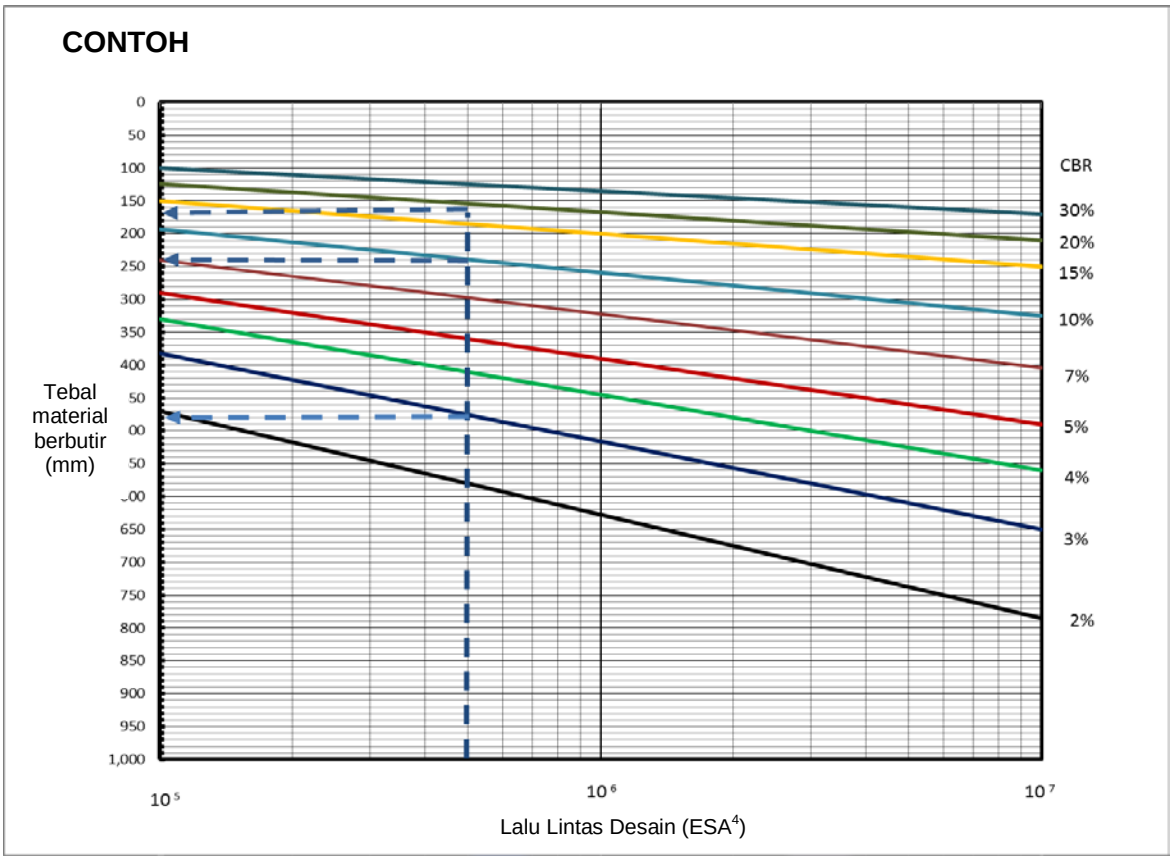
Lalu Lintas	500.000 ESA
CBR Tanah Dasar	3%
Material perkerasan tersedia:	
Laterit	CBR 10%
Laterit distabiliasi	CBR 18%
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	CBR 100%

Karenanya Lapis 1 adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A, Lapis 2 Laterit distabilisasi, Lapis 3 Laterit.

Dengan menggunakan Gambar 7 lakukan desain dengan langkah – langkah sebagai berikut:

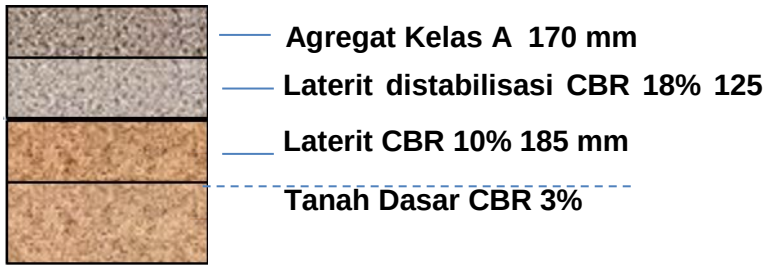
1. Cari titik pada bagan untuk (CBR 3%, 500.000 ESA), nilai axis sebelah kiri menunjukkan 480 mm. Nilai ini adalah nilai minimum tebal total kombinasi perkerasan yang dibutuhkan.
2. Cari titik pada bagan untuk (CBR 18%, 500.000 ESA) (lapis 2), nilai axis sebelah kiri menunjukkan 170 mm. Nilai ini adalah tebal minimum untuk lapis 1 LPA.
3. Cari titik pada bagan untuk (CBR 10%, 500.000 ESA), nilai axis sebelah kiri menunjukkan 240 mm. Nilai ini adalah tebal total minimum untuk lapis 1 dan lapis 2. Sehingga tebal lapis 1 diambil 170 mm dan lapis 2 paling tidak (240 mm – 170 mm) = 70 mm. Karena 70 mm bukan tebal praktis untuk konstruksi maka diambil untuk digunakan tebal 125 mm untuk memenuhi persyaratan tebal minimum Tabel 18.

4.



Gambar C-1 Contoh penggunaan desain 7 untuk Perkerasan Tanpa Penutup Aspal

5. Karena tebal dari dua lapis pertama dan tebal total perkerasan telah diketahui, maka tebal minimum untuk lapis 3 dapat ditentukan. Yakni 480 mm – 170 mm – 125 mm = 185 mm
6. Catatan : digunakan untuk desain perkerasan berbutir yang terdiri atas lapisan pondasi agregat, batu kerikil, laterit, material berbutir stabilisasi, material timbunan pilihan, dan tanah dasar asli atau stabilisasi, dan untuk perkerasan berbutir dengan lapis permukaan aspal tipis (≤40mm).
7. Solusi desain final :



Proses yang sama dapat digunakan untuk perkerasan Burda dan overlay aspal tipis 25 mm – 40 mm. Untuk rentang tebal yang diijinkan setiap lapisan dapat dilihat dari Tabel 18.

LAMPIRAN D

DESAINBAHU JALAN

Tebal Lapis Berbutir

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar dari perkerasan atau paling tidak pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus terdrainase dengan baik. Pada umumnya tebal lapis berbutir bahu harus sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan untuk memudahkan pelaksanaan.

Bahu Tanpa Pengikat – Lapis Agregat Berbutir Kelas S

Lapis permukaan harus lapis pondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan.Ketentuan yang diminta meliputi PI antara 4% - 12%. Tebal dari lapis permukaan bahu harus sama dengan tebal lapis beraspal jika tebalnya lebih dari 125 mm, jika tidak maka tebal lapis permukaan bahu minimum 125 mm.

Bahu Berpengikat

Bahu berpengikat disediakan untuk kebutuhan berikut :

a) Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb)
b) Gradien jalan lebih dari 4%
c) Di sisi yang lebih tinggi pada kurva superelevasi (superelevasi ≥ ± 0%). Dalam kasus ini bahu sisi yang lebih tinggi superelevasi harus sama dengan superelevasi badan jalan.
d) Untuk semua jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
e) Semua jalan tol dan jalan bebas hambatan.
f) Kasus per kasus untuk mengakomodasi lalu lintas sepeda motor
g) Kasus lainnya yang diintruksikan oleh Dit. Bina Teknik.

Material bahu berpengikat dapat berupa:

a) Penetrasi makadam;
b) Burda;
c) Beton aspal (AC);
d) Beton;
e) Kombinasi dari tied shoulder beton 500 mm – 600 mm dan bahu dengan pengikat aspal.

Lalu Lintas desainBahu Berpengikat

Lalu lintas desainuntuk bahu berpengikat tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas desainuntuk lajur jalan yang bersampingan atau sama dengan dengan perkiraan lalu lintas yang akan menggunakan bahu, diambil yang terbesar. Pada kebanyakan kasus, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

LAMPIRAN E

SARAN UNTUK MENDUKUNG PENINGKATAN KUALITAS KONSTRUKSI PERKERASAN

Hal – hal berikut harus dipertimbangkan sebagai tambahan di dalam Spesifikasi Umum atau Adendum Kontrak (tergantung kesesuaian).

- Semua tanah dasar termasuk yang timbunan, pada daerah galian, atau diatas permukaan tanah harus dipadatkan sampai kepadatan dan kadar air yang disyaratkan.
- Semua tanah asli dibawah lapis perbaikan tanah dasar harus dipadatkan dengan kepadatan dan kadar air yang disyaratkan untuk tanah dasar.
- Semua perkerasan beraspal dan perkerasan kaku eksisting atau yang berada di diatas atau dibawah permukaan harus dikupas atau dibuang sesuai instruksi Direksi Pekerjaan.
- Pemadat pad foot roller harus digunakan untuk pemadatan tanah dasar atau timbunan tanah lempung atau lempung kelanauan.
- Alat pemadatan yang digunakan di lokasi apapun harus memiliki lebar drum yang tidak melebihi lebar area yang akan dipadatkan (untuk pelebaran yang diutamakan tidak kurang dari 1500 mm membutuhkan lebar intermediate roller tidak lebih dari 1300 mm, dan pelebaran tidak boleh kurang dari 1200 mm dengan lebar roller tidak lebih dari 1000 mm.
- Semua pekerjaan jalan nasional harus dilengkapi dengan rotary power broom, distributor aspal tipe spray bar yang tersertifikasi dan pneumatic tyre roller untuk finisihing permukaan lapis pondasi agregat dan untuk pelapisan tanah dasar (umumnya pneumatic roller kedua dibutuhkan untuk pelaksanaan perkerasan beraspal).
- Peralatan stabilisasi tanah harus mampu menstabilisasi sampai kedalaman 300 mm, dengan daya tidak kurang dari 180kW ke milling drum (*towed machine*) atau total daya 315 kW (*self propelled machine*), dan harus mampu mencapai pencampuran seragam setebal lapisan.
- Daya dukung dan kekakuan tanah dasar (total lengkung lendutan pondasi akibat kondisi jenuh) harus dapat dicapai dalam segala hal bahkan jika penanganan tambahan seperti dinyatakan dalam Gambar dibutuhkan.
- Lokasi dan kuantitas peningkatan tanah dasar harus diverifikasi (kajian teknis lapangan). Peningkatan tanah dasar dapat diusulkan oleh Kontraktor dan harus ditinjau dan disetujui atau dimodifikasi oleh Direksi Pekerjaan sebelum pelaksanaan pekerjaan pondasi jalan. *Kegiatan ini harus dibuat sebagai titik tunggu (holding points).*
- Direksi Pekerjaan harus menginspeksi dan melaksanakan pengujian – pengujian yang diperlukan untuk pekerjaan pondasi yang telah selesai (penyiapan badan jalan) untuk menyakinkan kesesuaian dengan persyaratan keseragaman, kepadatan, kadar air, daya dukung, kekakuan, level toleransi, kondisi air tanah dan kecukupan desain drianase bawah permukaan sebelum dinyatakan memenuhi syarat dari titik tunggu (*holding points*).
- Gradasi yang lebih halus untuk lapis pondasi agregat kelas A dan B direkomendasikan untuk desain dengan lapisan yang lebih tipis (ukuran agregat maksimum 30 mm dan 40

mm, lebih kecil dari yang digunakan sekarang 40 mm dan 50 mm). Tujuannya adalah untuk meningkatkan pemadatan, mengurangi segregasi dan mengijinkan lapis perkerasan berbutir yang lebih tipis untuk mengurangi biaya.

- Direksi Pekerjaan harus memeriksa lokasi pekerjaan, jadwal pekerjaan drainase bawah permukaan dan pekerjaan struktur perkerasan jika diperlukan, dan dapat mengubah jadwal tersebut jika dipandang perlu.
- Semua daerah tanah dasar termasuk timbunan dan galian harus dipadatkan sampai kepadatan yang disyaratkan dan kedalaman yang tidak kurang dari 200 mm. Jika pemadatan tidak memungkinkan maka lapis penopang harus digunakan.
- Kepadatan dan daya dukung desain harus dapat dicapai pada semua lokasi di tanah dasar. Karenanya pengujian kualitas harus dilaksanakan di lokasi terburuk yang diidentifikasi saat inspeksi visual.
- Sistem manajemen mutu yang efektif harus dilaksanakan di lokasi proyek. *Sangat sedikit Kontraktor yang saat in mengoperasikan Sistem Manajemen Mutu yang memadai.*

PERSYARATAN GAMBAR KONTRAK – SPESIFIKASI DESAIN

Gambar harus memberikan informasi struktur perkerasan minimum yang relevan dengan struktur (pondasi) tanah dasar :

a) Lokasi segmen tanah dasar seragam (homogen)
b) CBR desain karakteristik untuk setiap segmen seragam
c) Nilai aktivitas untuk tanah ekspansif
d) Parameter kekakuan untuk perkerasan kaku (bentuk mangkuk lendutan pondasi)
e) Jadwal kebutuhan perbaikan tanah dasar sementara

Gambar harus menyediakan persyaratan minimum berikut terkait drainase bawah permukaan :

a) Daftar ketentuan minimumdrainase bawah permukaan
b) Daftar pekerjaan struktur perkerasan termasuk lokasi penyesuaian faktor ‘m’.

LAMPIRAN F

GARIS BESAR PROSEDUR MEKANISTIK (GENERAL MECHANISTIC PROCEDURE) UNTUK DESAINPERKERASAN LENTUR BARU DAN REHABILITASI PERKERASAN

Prosedur ini dibutuhkan untuk :

a) desain penanganan rehabilitasi untuk lalu lintas yang lebih besar dari 10 juta ESA
b) desain atau tinjauan perkerasan dengan menggunakan material inovatif, atau
c) Tinjauan atau perbaikan dari desain menggunakan bagandesain dalam manual ini.

Prosedur ini dibutuhkan untuk akses terhadap program analisis elastis multi lapis seperti CIRCLY, Elsym atau Shell atau program berdasarkan finite element untuk desain perkerasan.Catatan harus dibaca bersamaan dengan manual komprehensif dari program tersebut. Prosedur ini memiliki kemampuan yang sama untuk desain perkerasan baru atau untuk rehabilitasi struktur perkerasan eksisting. Garis besar GMP akan diuraikan berikutnya, catatan yang ada terkait untuk penggunaan CIRCLY tapi prinsip yang sama dapat diaplikasikan untuk program desain perkerasan multi lapis.

- Masukkan material baru pada layar MATERIALS dengan parameter kinerja dinyatakan dalam manual mewakili perkerasan aspal baru, perkerasan aspal rusak, perkerasan soil-cement retak, material dicampur foam aspal, dan lainnya. Diharapkan software analisis perkerasan menyediakan input material standar untuk kondisi iklim Indonesia.

- Tentukan lalu lintas desain untuk umur rencana pekerjaan lapis permukaan (20 tahun) dan untuk umur rencana tanah dasar (40 tahun). Masuk ke layar TRAFFIC SPECTRUM. ESA4 digunakan dalam CIRCLY. Nilai lalu lintas ESA5, ESA7 dan ESA12 didapat dengan menggunakan Traffic Multipliers (TM) yang harus dimasukkan dalam layar DAMAGR CALCULATION DETAIL dalam tabel : Performance Criteria and Traffic Multipliers (langkah ini sangat penting).

- Tentukan daya dukung tanah dasar dan modulus (modulus MPa = 10 CBR). Untuk timbunan rendah diatas tanah lunak gunakan CBR konservatif efektif untuk timbunan dari Bagian 1 Gambar 7 tergantung riset lebih lanjut terhadap perilaku tanah lunak tropis akibat beban dinamis.

- Untuk perkerasan baru, tentukan struktur perkerasan percobaan untuk memasukkan tebal lapisan dan kendala struktural secara umum yang digambarkan dalam manual ini. Masuk ke layar LAYERED SYSTEM.

- Untuk rehabilitasi perkerasan eksisting, tentukan tebal lapisan karakteristik dari struktur perkerasan eksisting, diutamakan dari hasil test pit atau coring. Analisis dengan perhitungan mundur dari informasi bentuk mangkuk lendutan untuk menentukan tebal dan modulus lapisan eksisting jika memungkinkan, tapi hasil ini kurang dapat dipercaya khususnya jika perkerasan dilintasi lalu lintas berat dan diatas tanah dasar lunak. Alasan untuk ketidaktentuan dari proses analisis dengan perhitungan mundur termasuk :

    a) Sifat dari tanah dasar lunak dipengaruhi secara signifikan oleh perilaku deformasi (creep) akibat beban dinamis. Mekanisme ini tidak teridentifikasi

oleh beban pulsa tunggal atau statis dari pengujian lendutan. Riset lebih lanjut untuk hal ini sangat dibutuhkan.

b) Kegagalan perkerasan muncul hampir sangat sering saat perkerasan dalam kondisi sangat basah. Sangat sulit untuk menyesuaikan data lendutan akibat variasi musiman terutama kadar air dan sama sulitnya untuk membuat semua pengujian yang dibutuhkan segera setelah kejadian hujan besar.

c) Terdapat beberapa solusi analisis dengan perhitungan mundur yang rasional yang akan membedakan persyaratan lapis perkerasan baru.

Sampai diketahui lebih banyak mengenai aplikasi analisis dengan perhitungan mundur untuk kondisi Indonesia, penggunaannya harus dibatasi untuk lalu lintas dibawah 10 juta ESA dan untuk tanah dasar diluar tanah lunak dan gambut.

Tentukan struktur perkerasan baru yang dapat terdiri atas perkerasan eksisting, perkerasan daur ulang, dan lapis material baru berdasarkan prinsip digambarkan dalam manual ini.Masuk ke layar LAYERED SYSTEM.

- Masukan data titik offset ke layar CORDINATES FOR RESULTS. Untuk analisis dasar titik-titik berikut dapat digunakan: x (min) 0, x (max) 165 (mewakili posisi roda terdekat), x (del) 165 dan y 0. Fitur ini daapt digunakan untuk mendapatkan informasi bentuk lengkap mangkuk lendutan pada lapis apapun yang kemudian dapat berguna dalam analisis dengan perhitungan mundur dan untuk penelitian.
- Pilih faktor realibilitas dalam layar DAMAGE CALCULATION DETAILS. Nilai default 95%.
- Tentukan tebal minimum untuk lapis kritis (untuk jalan dengan lalu lintas berat, umumnya kritis pada lapis AC-Base karena tebal dari lapis lainnya dikendalikan oleh konstruksi dan kendala lainnya dengan menandai lapis tersebut dalam layar DAMAGE CALCULATION DETAILS dan pilih ∑di tab. Analisis Multi lapis/ biaya minimum juga dimungkinkan.
- Pertimbangkan solusi alternatif dan buat pilihan final dari biaya awal terendah.
- Jika beberapa jenis perkerasan berbeda dimungkinkan (misal terdapat perbedaan terukur di pemeliharaan mendatang atau biaya pengguna jalan). Pilihan tersebut harus didasarkan pada biaya umur pelayanan terendah.

Gunakan manual pengguna (*user manuals*) untuk deskripsi lengkap dari prosedur ini.

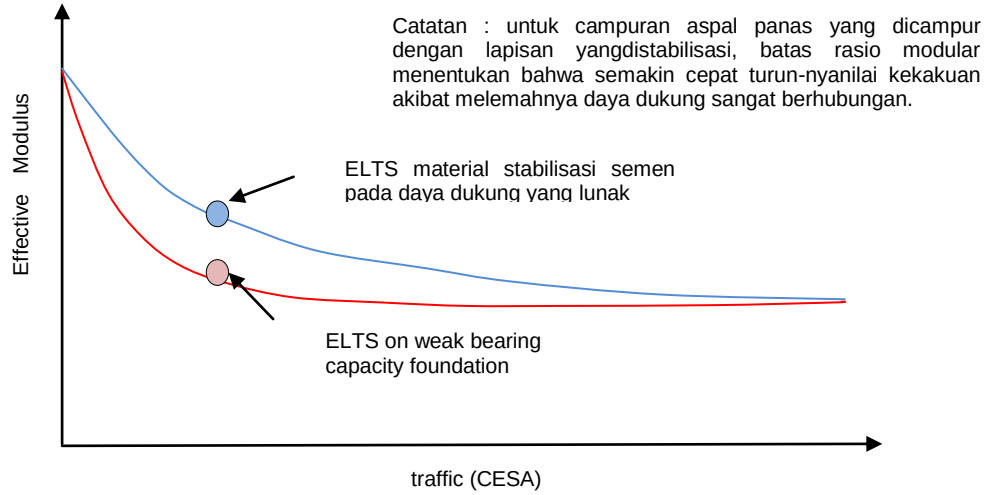
LAMPIRAN G

PENGEMBANGAN METODE DESAIN KETEBALAN STABILISASI BITUMEN FOAM

Dua pembebanan yang berkaitan dengan model kerusakan yang sudah diidentifikasi untuk penanganan stabilisasi dengan bitumen foam (*Jones & Ramanujam 2008*) adalah:

- Alur pada perkerasan dan perubahan bentuk lapisan-lapisan perkerasan dan tanah dasar
- Retak *fatigue* lapisan yang distabilisasi bitumen foam
- Retak *fatigue* pada lapis tambah lapisan permukaan aspal.

Dengan kadar aspal yang relatif rendah (2-3%) dengan beban-beban yang sangat berat, berdasarkan penelitian di Afrika Selatan (dirangkum oleh Jooste dan Long, 2007), dapat mengakibatkan material yang distabilisasi bitumen foamyang mempunyai modulus awal tinggi menurun dengan cepat. (Gambar A 1)



Gambar A-1 Konsep Kekakuan Jangka Panjang Efektif(ELTS)

Usulan prosedur desain didasarkan pada asumsi bahwa pada bitumen foamtidak akan terjadi retak *fatigue*, tetapi pembebanan yang berat dan kadar aspal yang rendah di dalam campuran akan menimbulkan retak halus dinipada umurnya seperti yang dievaluasi dari modulusnya.

Sebagai akibatnya, adalah tidak tepat mendesain kelelahan dalam material bitumen foam.Karena itu, metode mekanistik harus berdasarkan pada ketebalan lapisan yang distabilisasi dengan bitumen foamdan lapisan aspal diatasnya untuk menghindari alur dan perubahan bentuk dan dengan pertimbangan untuk mencegah retak *fatigue* pada lapisan aspal diatasnya.

Berdasarkan data Afrika Selatan (*Jooste and Long, 2007*), lapisan distabilisasi bitumen foammempunyai karaketiristik berikut seperti yang ambil oleh metode desain mekanistik Austroad:

- Modulus efektif jangka panjang untuk material distabilisasi dengan bitumen foamadalah 600 MPa, lebih tinggi dari pada modulus material berbutir tetapi lebih rendah daripada modulus lapisan aspal.
- Material 100 mm dibawah lapisan yang distabilisasi bitumen foamdibatasi tidak lebih dari dua kali modulus material di bawahnya (diambil dari konsep rasio modulus diuraikan oleh Jooste dan Long, 2007).

Tidak seperti di kebanyakan negara, stabilisasi dengan bitumen foamtelah digunakan di Inggris (*United Kingdom = UK*) dengan tingkat lalu lintas yang tinggi mendekati Indonesia. Ketentuan pelapisan aspal permukaan minimum di Inggrisdiringkas dalam Tabel A 1.

Tabel A-1 Ketentuan untuk ketebalan lapisan aspal permukaan metode TRL

Kategori jenis jalan	Standar Lalin Desain (ESA x 10^6)	Tebal minimum lapis permukaan (mm)
0	30 <Lalin< 80	100
1	10 <Lalin< 30	70
2	2,5 <Lalin< 10	50
3	0,5 <Lalin< 2,5	40
4	< 0,5	40

Sumber: Merrill et al. (2004).

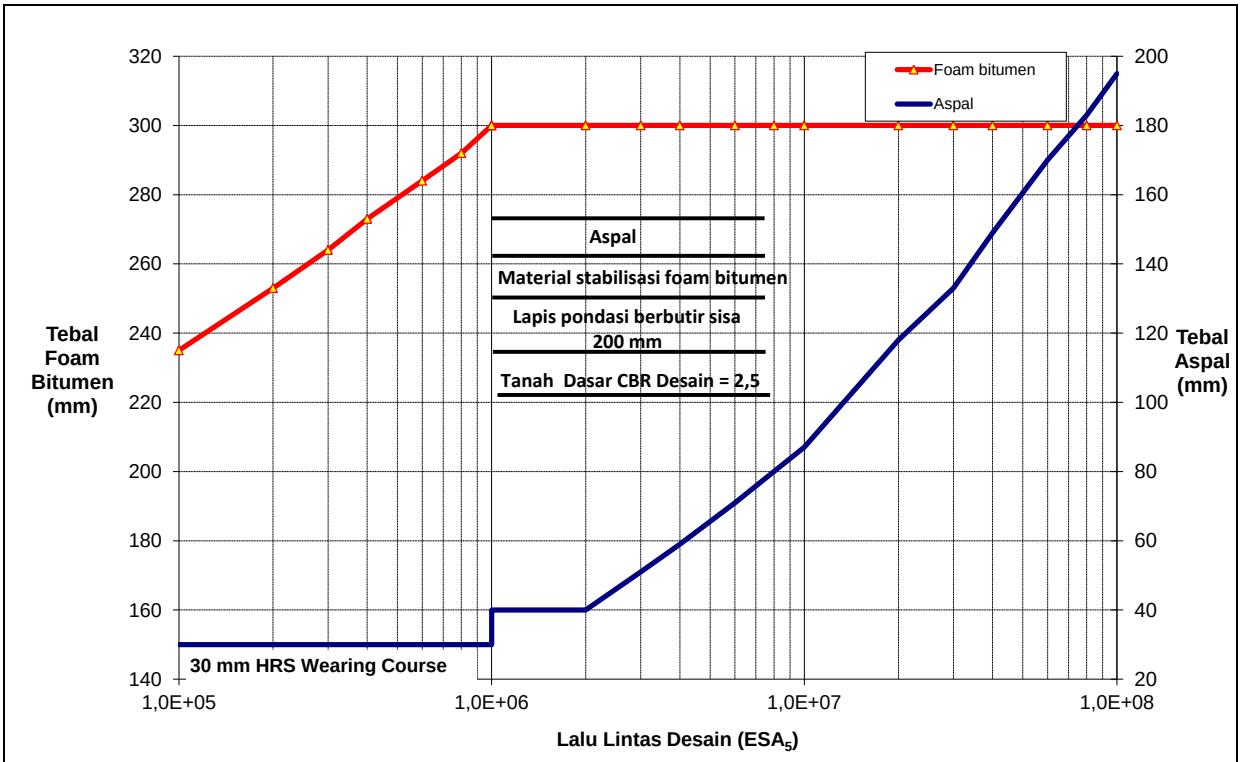
Berdasarkan ketentuan lapis permukaan di Inggris dan setelah mempertimbangkan lapis permukaan yang digunakan di Indonesia, Afrika Selatan dan Australia, Tabel A 2 menyajikan usulan ketentuan lapis permukaan minimum.

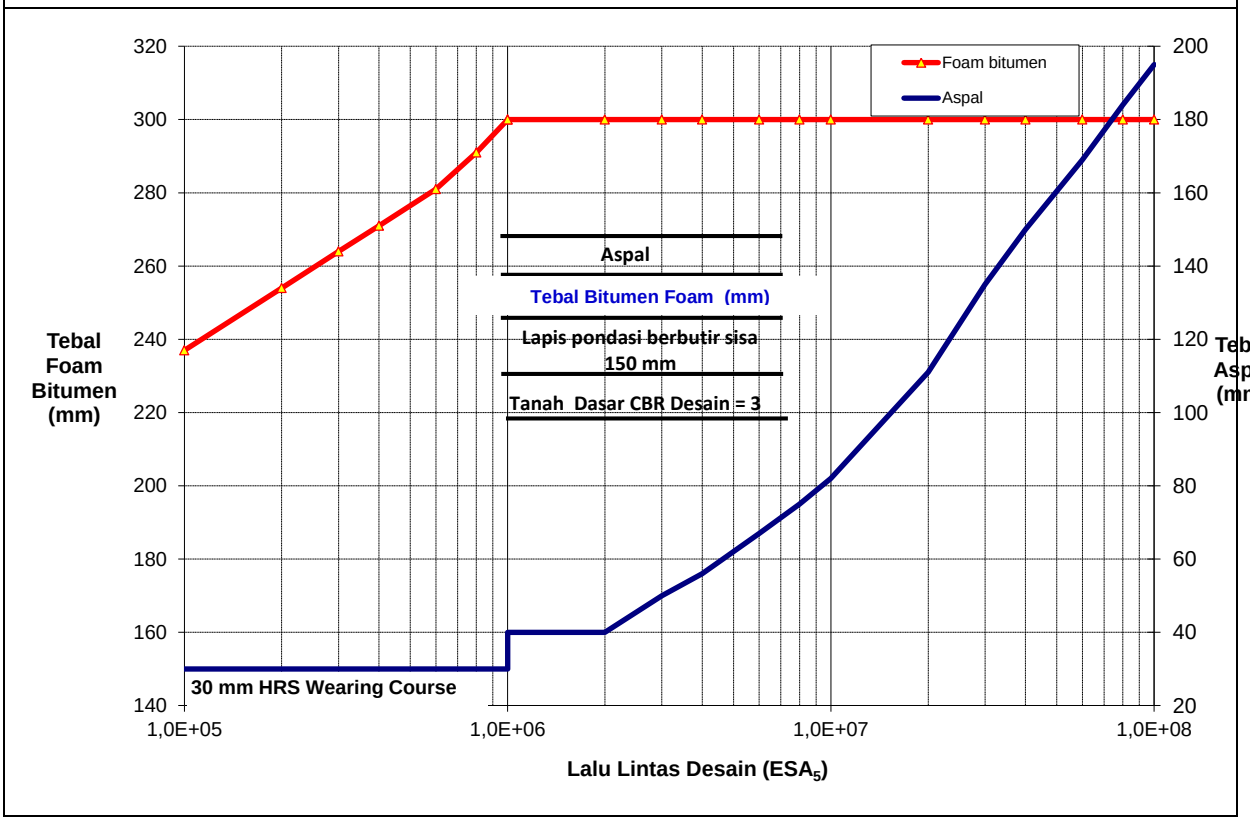
Tabel A-2 Ketentuan lapis aspal permukaan di atas material yang distabilisasi bitumen foam

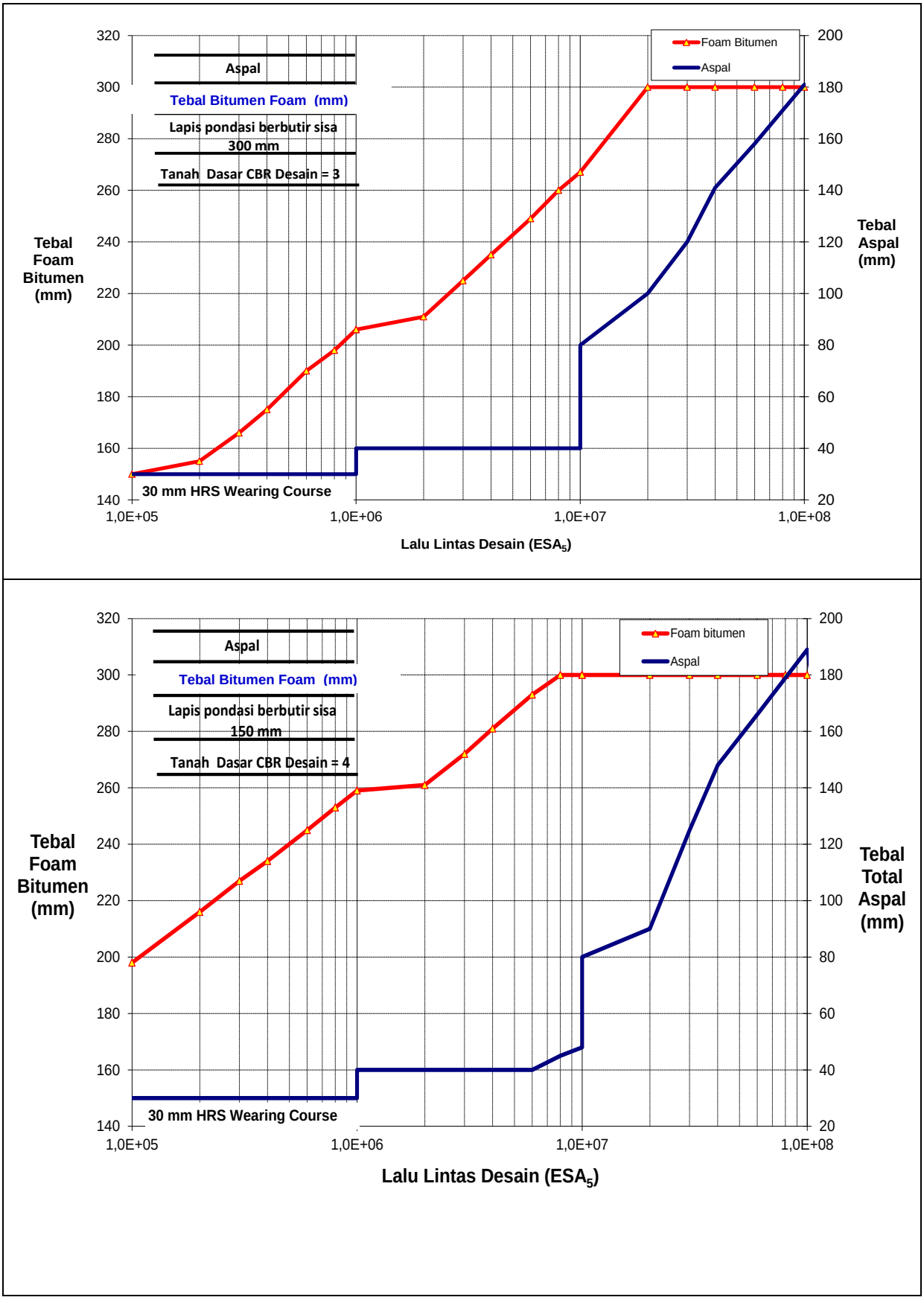
Lalin Desain (ESA_5 x 10^6)	Lapisan permukaan minimum
>30	100 mm terdiri dari 40 mm AC WC 60 mm AC BC
10 <Lalin< 30	80 mm terdiri dari 2 x 40 mm AC WC
1 <Lalin< 10	40 mm AC WC
< 1	30 HRS WC atau*surface dressing*

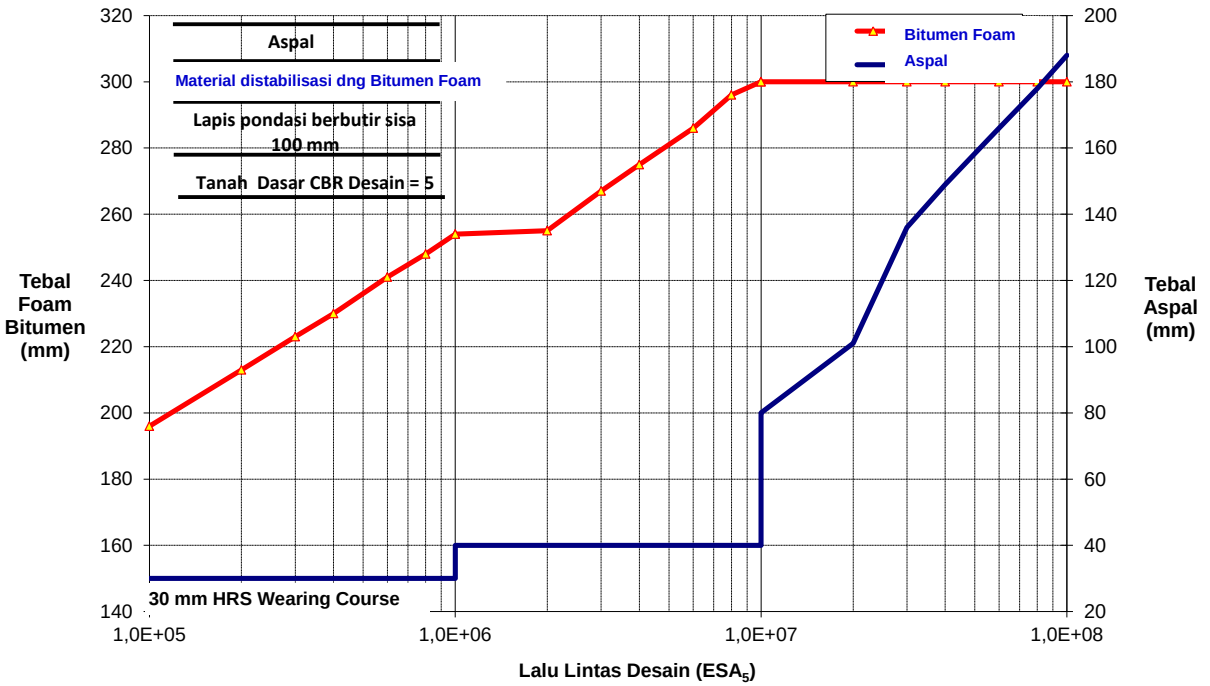
LAMPIRAN H

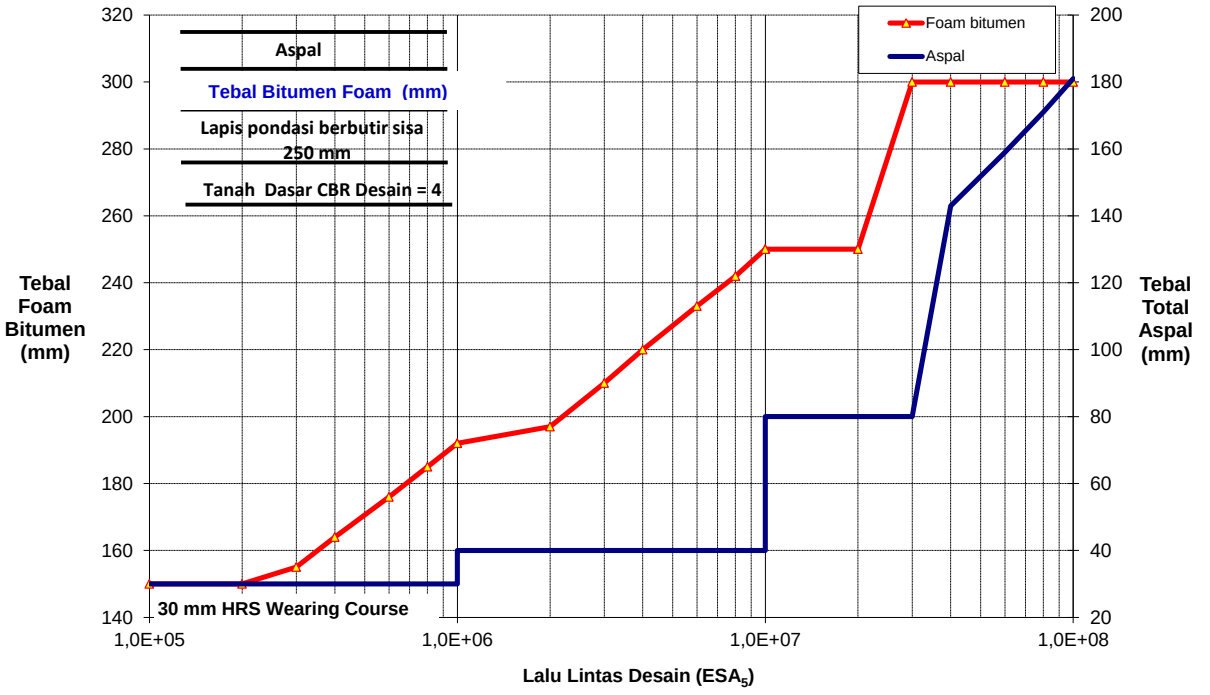
BAGIAN DESAIN STABILISASI BITUMEN FOAM, LALU LINTAS DESAIN SAMPAI 10^8 ESA_5

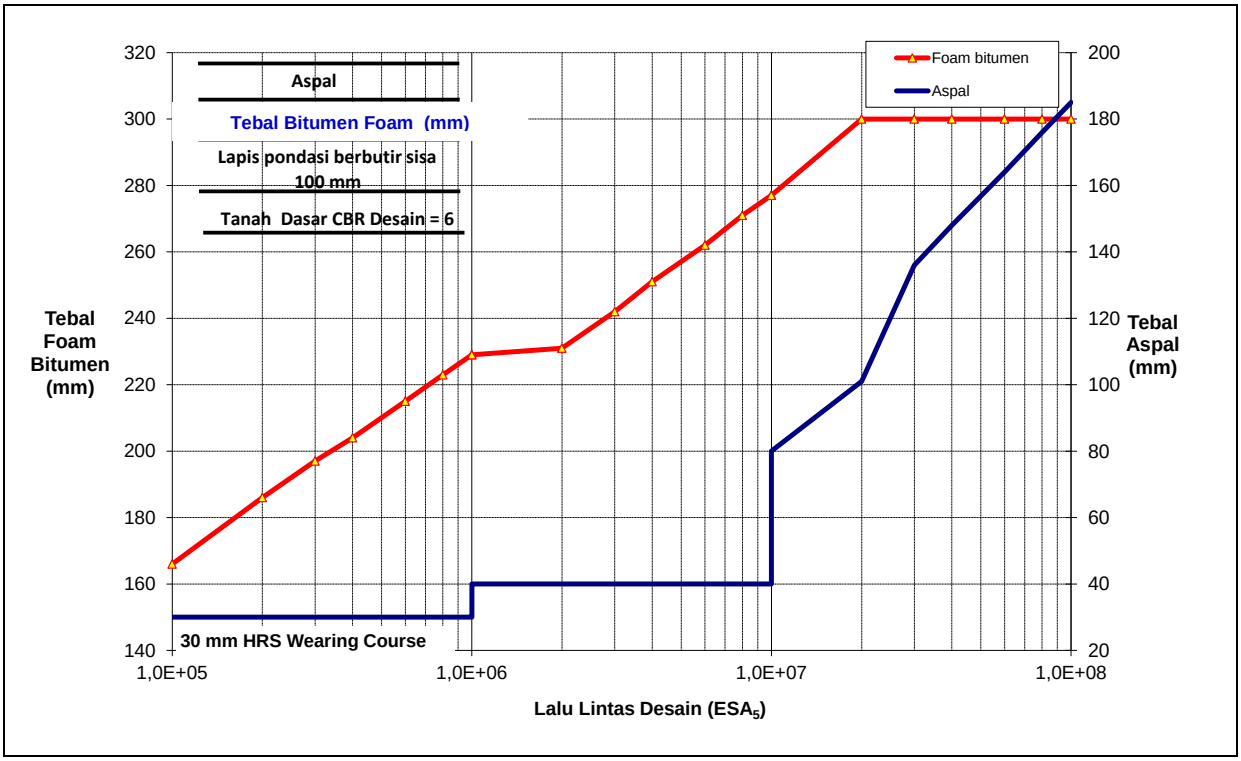





Aspal
Tebal Bitumen Foam (mm)
Lapis pondasi berbutir sisa 300 mm
Tanah Dasar CBR Desain = 3
30 mm HRS Wearing Course
Foam Bitumen
Aspal
Tebal Foam Bitumen (mm)
Tebal Aspal (mm)
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1,0E+05
1,0E+06
1,0E+07
1,0E+08
Lalu Lintas Desain (ESA5)
Aspal
Tebal Bitumen Foam (mm)
Lapis pondasi berbutir sisa 150 mm
Tanah Dasar CBR Desain = 4
30 mm HRS Wearing Course
Foam bitumen
Aspal
Tebal Foam Bitumen (mm)
Tebal Total Aspal (mm)
Lalu Lintas Desain (ESA5)

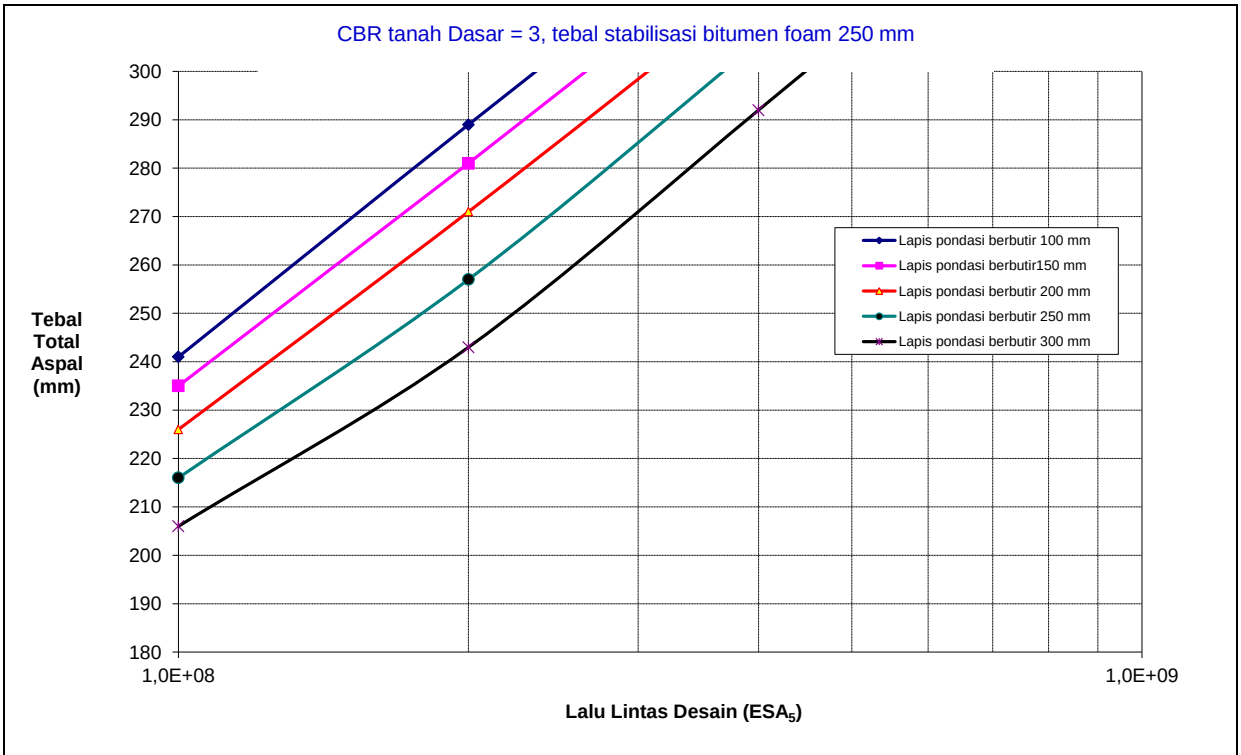

Aspal
Material distabilisasi dng Bitumen Foam
Lapis pondasi berbutir sisa
100 mm
Tanah Dasar CBR Desain = 5
30 mm HRS Wearing Course
Bitumen Foam
Aspal
Tebal Foam Bitumen (mm)
Tebal Aspal (mm)
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1,0E+05
1,0E+06
1,0E+07
1,0E+08
Lalu Lintas Desain (ESA5)

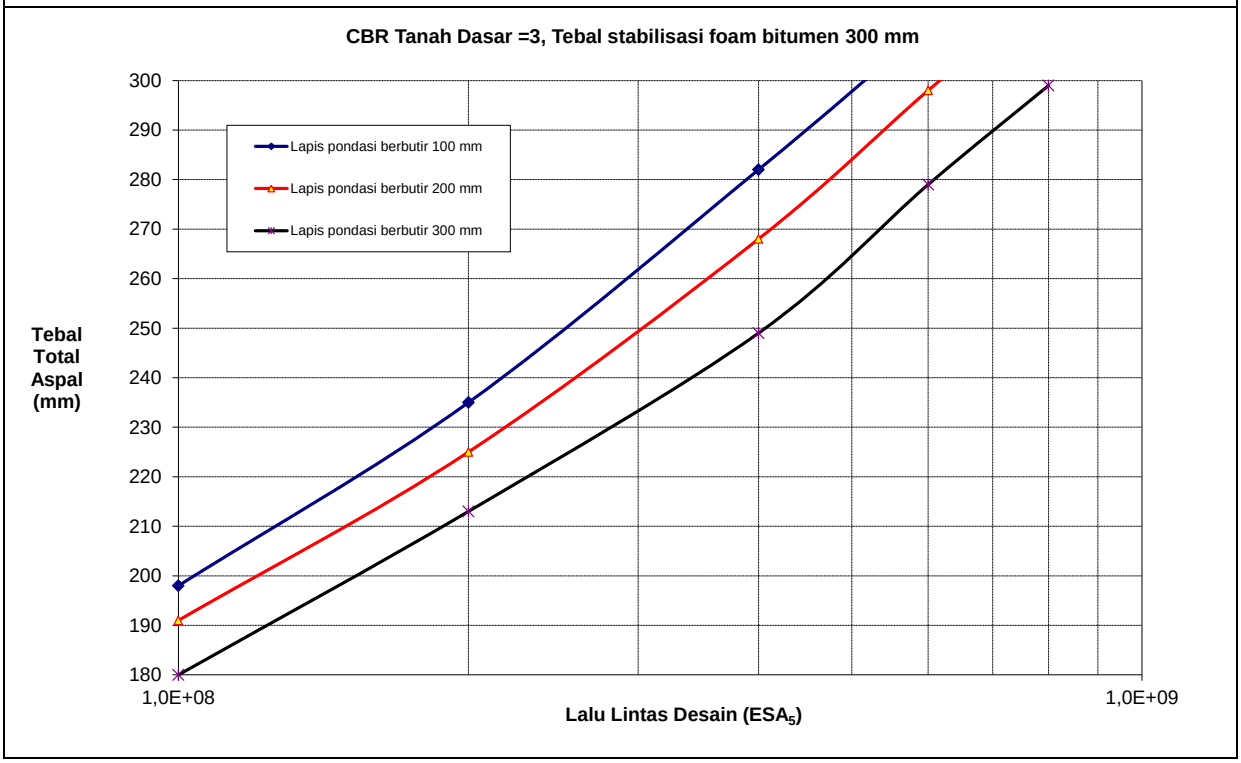

Aspal
Tebal Bitumen Foam (mm)
Lapis pondasi berbutir sisa
250 mm
Tanah Dasar CBR Desain = 4
30 mm HRS Wearing Course
Foam bitumen
Aspal
Tebal Foam Bitumen (mm)
Tebal Total Aspal (mm)
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1,0E+05
1,0E+06
1,0E+07
1,0E+08
Lalu Lintas Desain (ESA5)

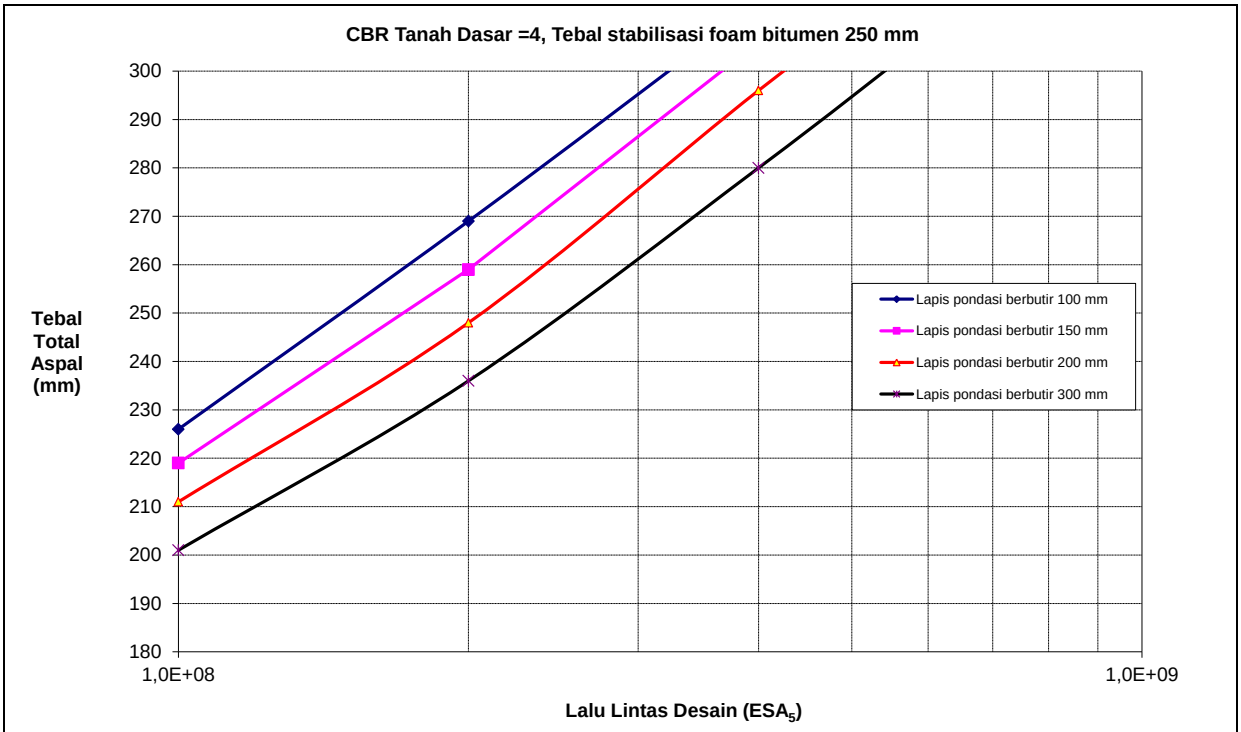

Aspal
Tebal Bitumen Foam (mm)
Lapis pondasi berbutir sisa 100 mm
Tanah Dasar CBR Desain = 6
30 mm HRS Wearing Course
Foam bitumen
Aspal
Tebal Foam Bitumen (mm)
Tebal Aspal (mm)
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1,0E+05
1,0E+06
1,0E+07
1,0E+08
Lalu Lintas Desain (ESA5)

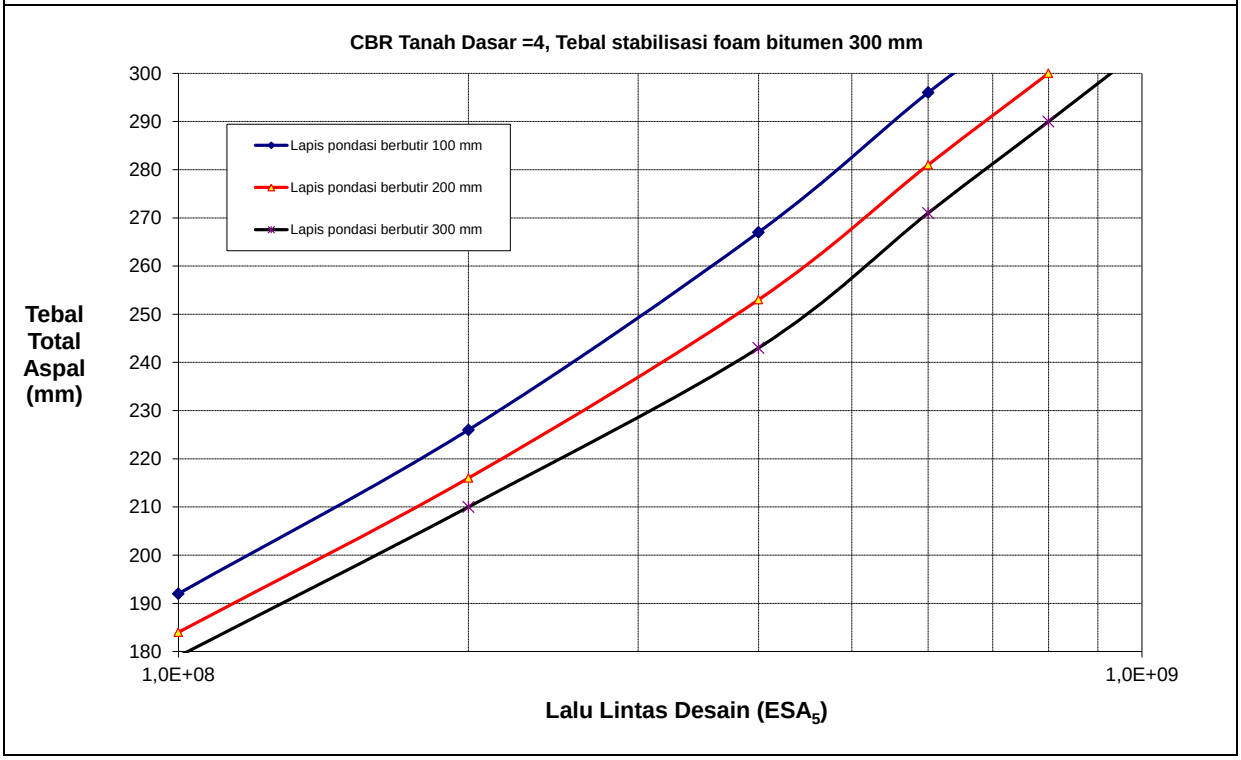
LAMPIRAN I

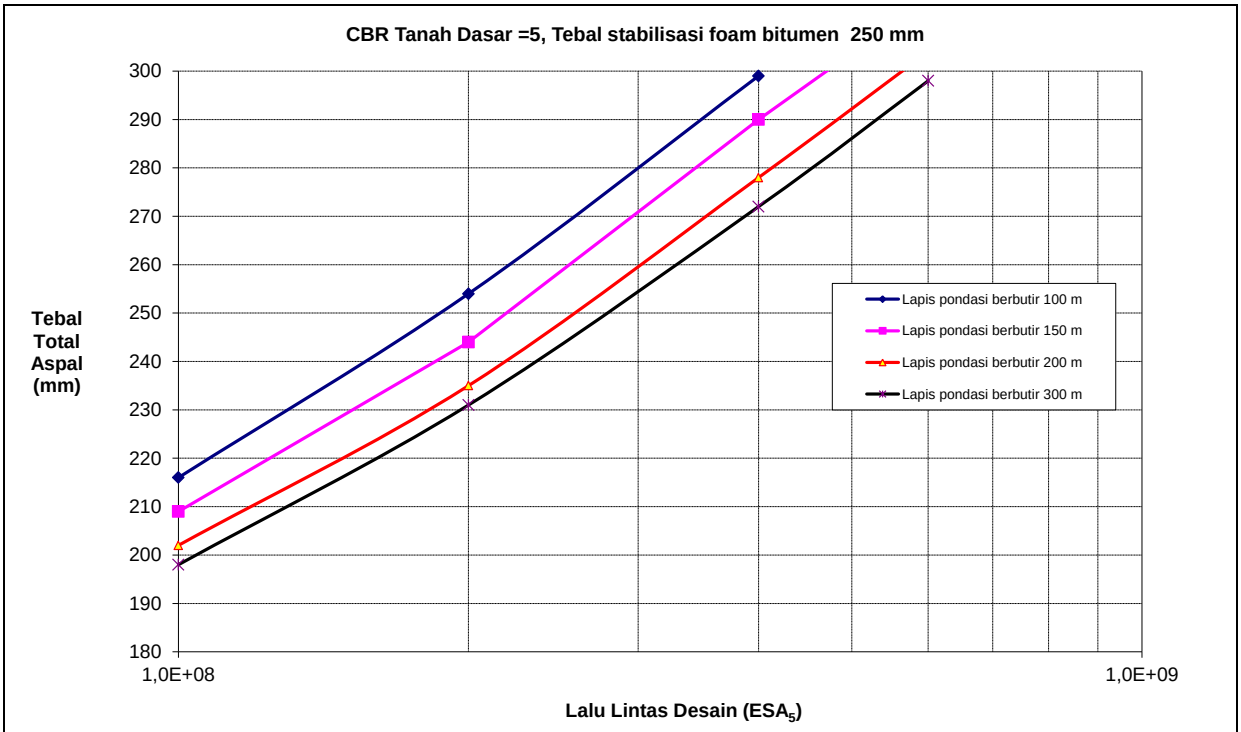
BAGAN DESAIN STABILISASI BITUMEN FOAM, LALU LINTAS DESAIN 10^8 SAMPAI 10^9 ESA_5

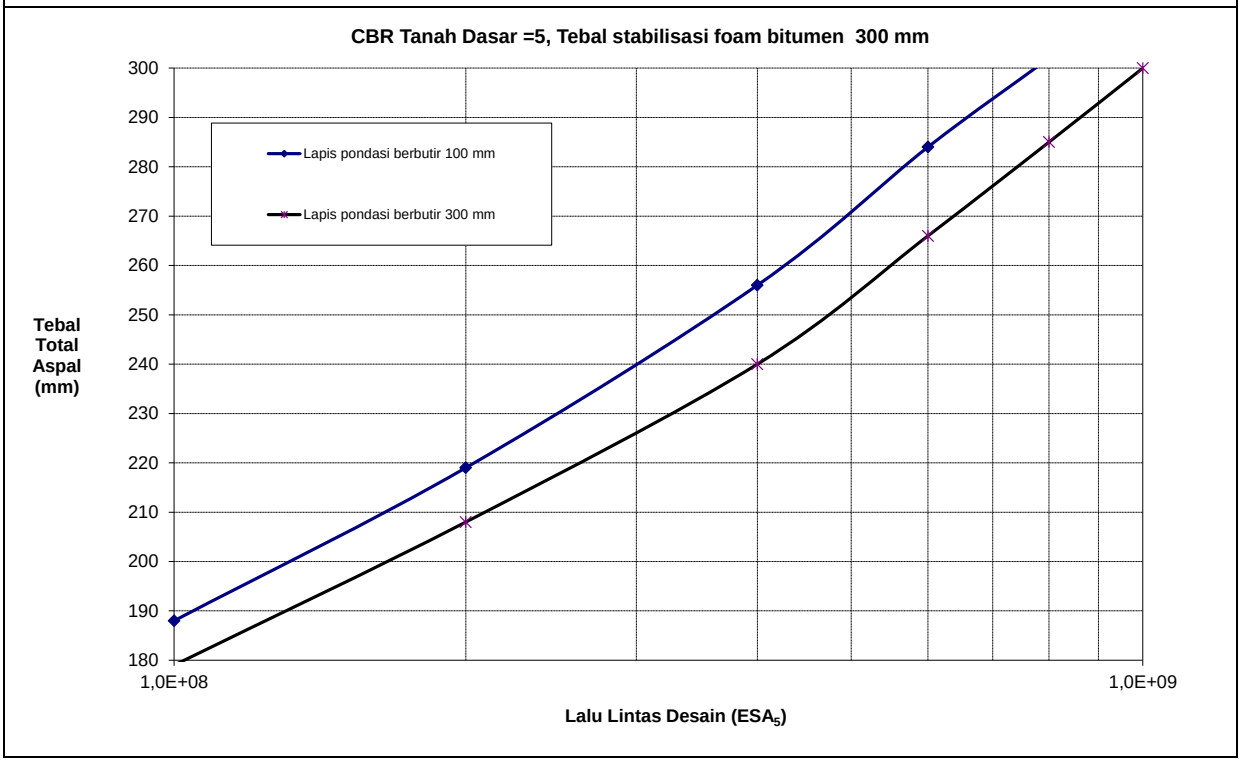





CBR Tanah Dasar =4, Tebal stabilisasi foam bitumen 250 mm
Tebal Total Aspal (mm)
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
1,0E+08
1,0E+09
Lalu Lintas Desain (ESA5)
Lapis pondasi berbutir 100 mm
Lapis pondasi berbutir 150 mm
Lapis pondasi berbutir 200 mm
Lapis pondasi berbutir 300 mm

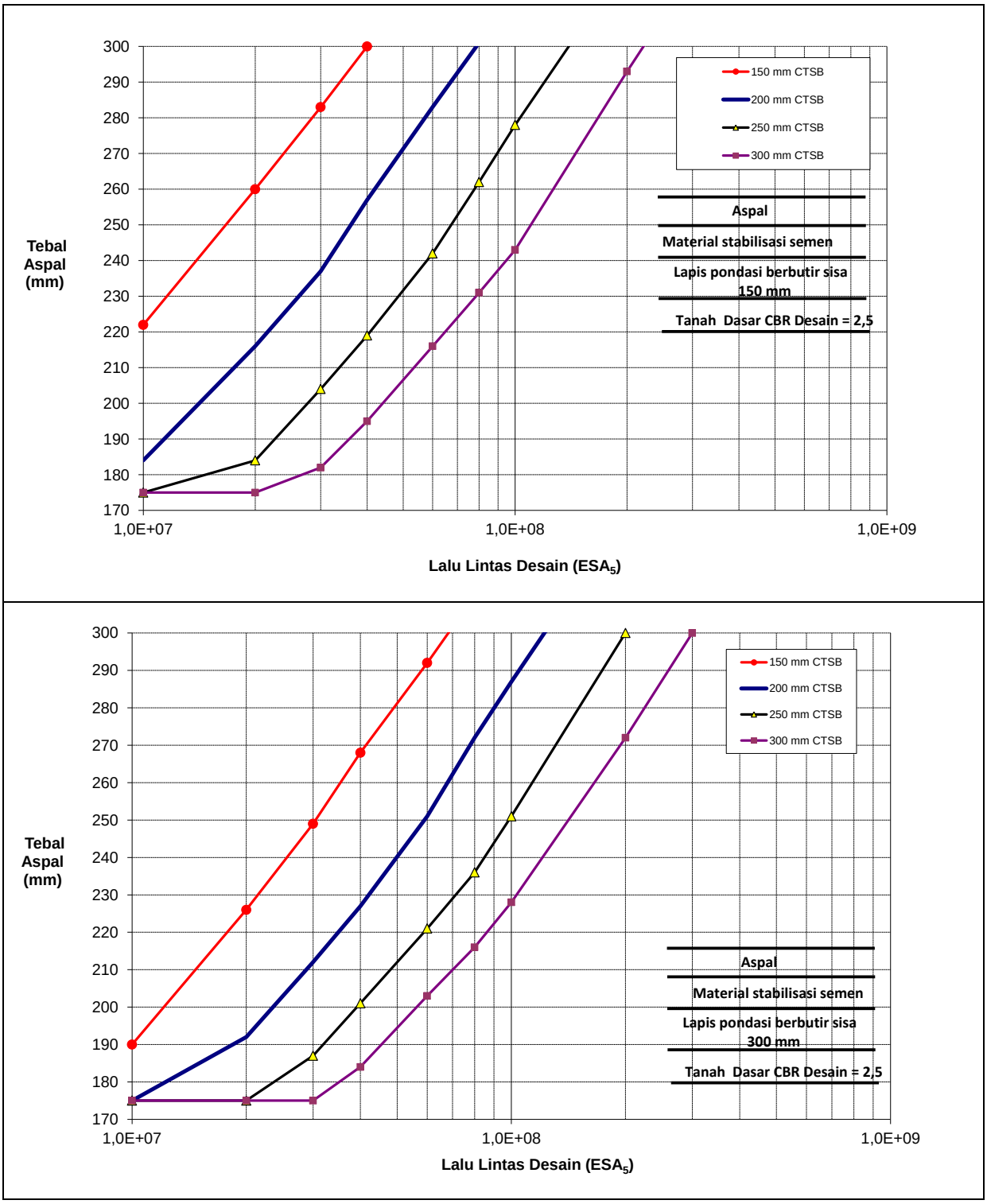

CBR Tanah Dasar =4, Tebal stabilisasi foam bitumen 300 mm
Tebal Total Aspal (mm)
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
1,0E+08
1,0E+09
Lalu Lintas Desain (ESA5)
Lapis pondasi berbutir 100 mm
Lapis pondasi berbutir 200 mm
Lapis pondasi berbutir 300 mm


CBR Tanah Dasar =5, Tebal stabilisasi foam bitumen 250 mm
Tebal Total Aspal (mm)
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
1,0E+08
1,0E+09
Lalu Lintas Desain (ESA5)
Lapis pondasi berbutir 100 m
Lapis pondasi berbutir 150 m
Lapis pondasi berbutir 200 m
Lapis pondasi berbutir 300 m


CBR Tanah Dasar =5, Tebal stabilisasi foam bitumen 300 mm
Tebal Total Aspal (mm)
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
1,0E+08
1,0E+09
Lalu Lintas Desain (ESA5)
Lapis pondasi berbutir 100 mm
Lapis pondasi berbutir 300 mm

LAMPIRAN J

BAGAN DESAIN STABILISASI SEMEN



LAMPIRAN K

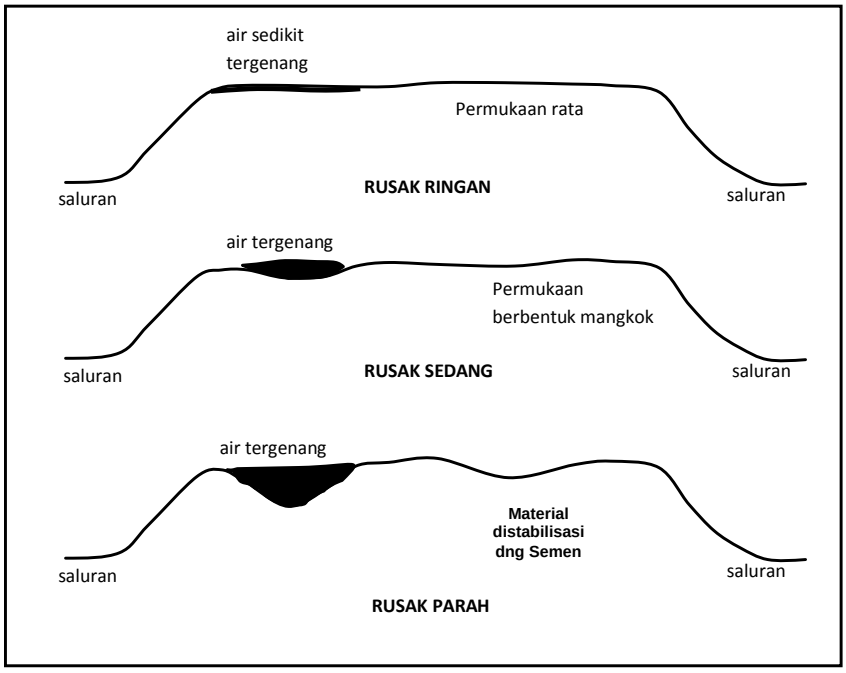
Jalan kerikil digunakan untuk lalu lintas rendah untuk penanganan sementara dan sebagai pelaksanaan bertahap jika penurunan besar paska pelaksanaan diperkirakan terjadi seperti pada tanah gambut atau tanah lunak.Struktur dasar untuk jalan kerikil terdiri dari multi lapis~~an~~ kerikil dengan ketebalan dan kualitas tertentu dihampar diatas tanah dasar.Ketebalan lapisan kerikil tergantung pada volume lalu lintas, kualitas kerikil yang digunakan, dan kekuatan tanah dasar.Secara struktur, jalan kerikil bertindak seperti perkerasan lentur.Kapasitas struktural dicapai dengan penyebaran beban. Prinsip dasar dari desain ketebalan jalan kerikil adalah untuk menyediakan ketebalan yang cukup berdasarkan volume lalu lintas dan daya dukung tanah dasar sehingga tegangan yang mencapai tanah dasar tidak melebihi daya dukung tanah dasar di tempat. Pendekatan desain untuk jalan kerikil diuraikan dalam Bagian 1 dari Manual ini.

Perkerasan tanpa penutup aspal diperuntukkan untuk masa layan lalu lintas tidak melampaui 500.000 ESA_4.

1. KERUSAKAN UMUM PERKERASAN TANPA PENUTUP ASPAL

a. Penampang melintang yang tidak benar

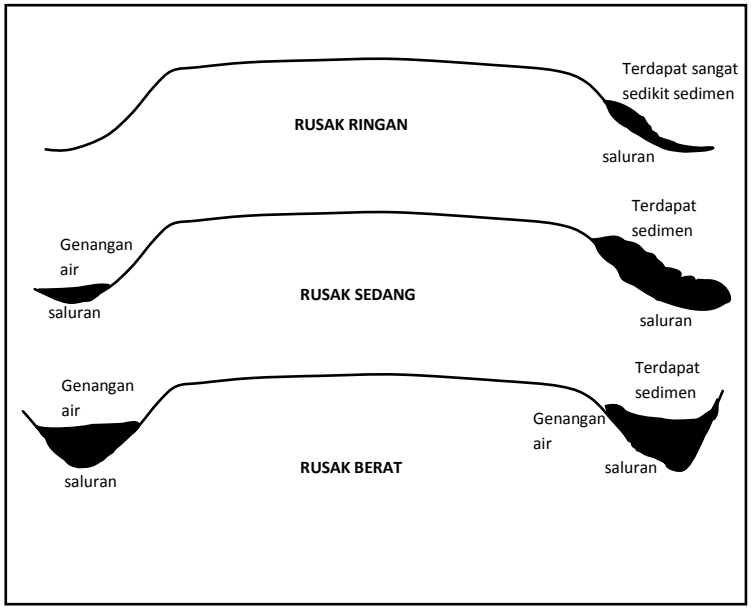
Jalan tanpa penutup aspal harus mempunyai lereng melintang yang cukup dari sumbu jalan ke bahu untuk mengalirkan seluruh air dari permukaan jalan (3%). Penampang melintang menjadi salah jika permukaan jalan tidak dibentuk atau dipelihara untuk mengalirkan air ke saluran.Pemeliharaan memerlukan pembentukan kembali lereng melintang dan superelevasi dengan menggunakan motor grader, penggilas dan tangki air.Pengerikilan kembali (*regravelling*) mungkin diperlukan jika tidak terdapat kerikil yang mencukupi untuk mempertahankan tebal minimum yang disyaratkan.



Gambar B-1 Penampang Melintang Tidak Benar

b. Drainase samping jalan yang tidak memadai

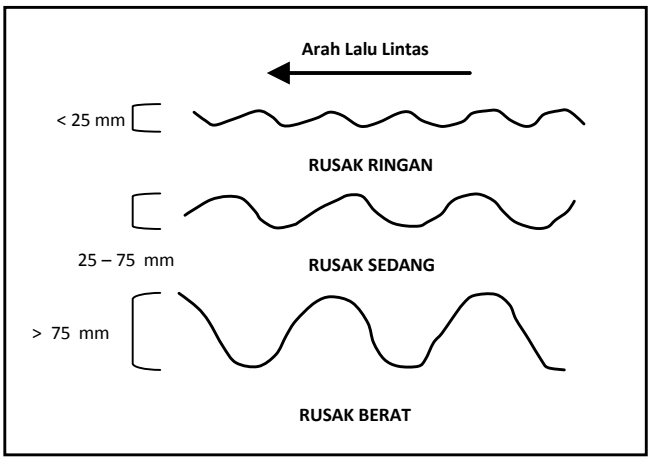
Drainase yang buruk menyebabkan air tergenang. Drainase menjadi masalah jika saluran dan gorong-gorong tidak dalam kondisi yang baik untuk mengarahkan dan mengalirkan air permukaan akibat bentuk dan pemeliharaan yang salah.



Gambar B-2 Drainase Samping Tidak Memadai

c. Keriting

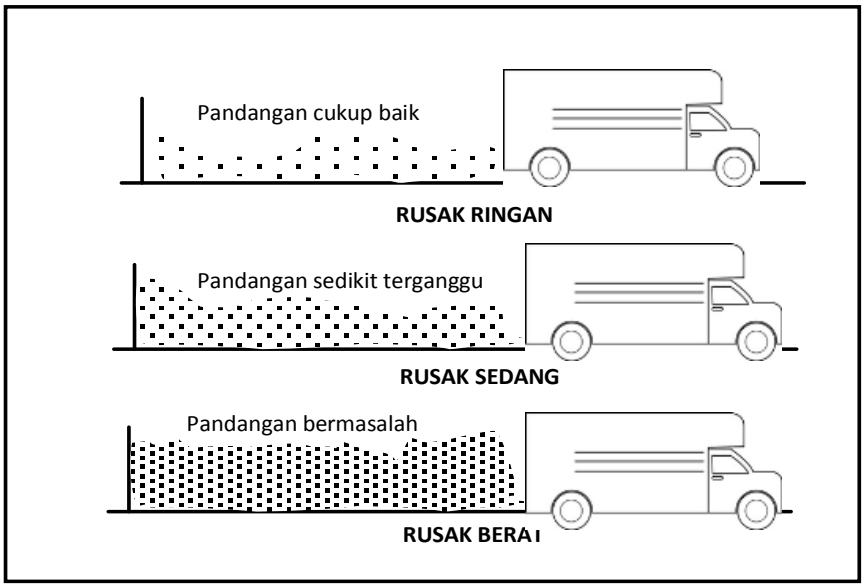
Gelombang dengan interval jarak teratur.Gelombang terbentuk tegak lurus arah lalu lintas.Jenis kerusakan umumnya disebabkan oleh lalu lintas dan agregat lepas, khususnya untuk periode kering yang panjang.Gelombang ini biasanya terjadi pada tanjakan, tikungan, atau daerah percepatan atau pengereman, atau di daerah dengan tanah lunak atau berlubang.



Gambar B-3 Keriting

d. Debu

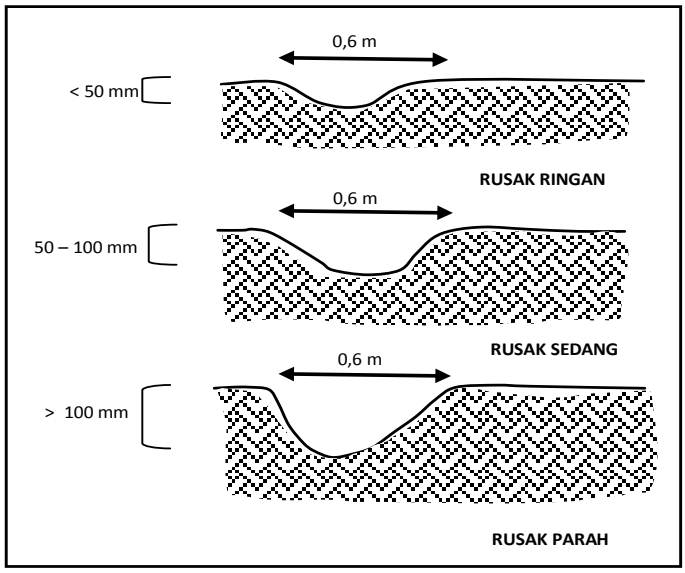
Keausan jalan kerikil akibat lalu lintas akan melepaskan partikel besar dari tanah pengikat. Akibat lalu lintas, kepulan debu dapat membahayakan kendaraan yang melintas dan menyebabkan masalah lingkungan.Masalah ini dapat diperkecil dengan memilih kerikil untuk lapis permukaan.



Gambar B-4 Debu

e. Lubang

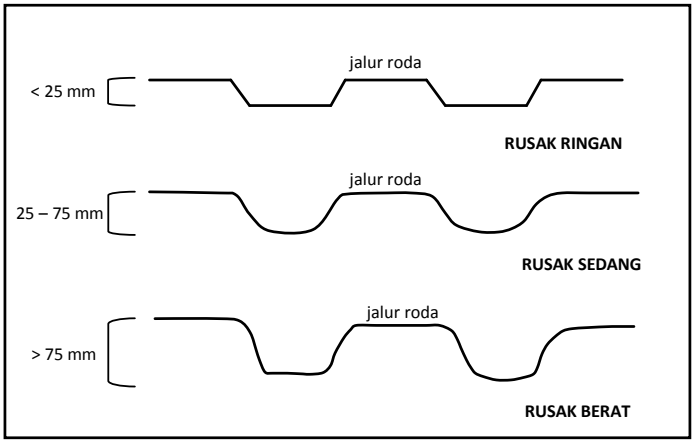
Lubang adalah lekukan berbentuk mangkok di permukaan jalan, dengan diameter kurang dari 1 m. Lubang terjadi saat lalu lintas mengangkat bagian-bagian kecil permukaan jalan.Lubang berkembang dengan cepat jika air berkumpul didalamnya. Kemudian jalan akan mulai rusak akibat material permukaan yang lepas atau titik lemah pada tanah dibawahnya.



Gambar B-5Lubang

f. Alur

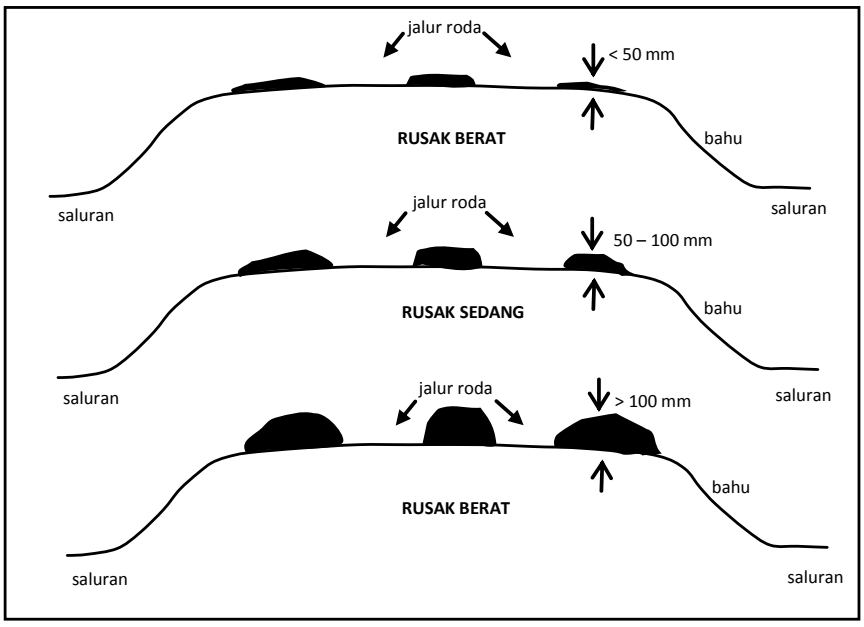
Alur adalah lekukan pada jalur roda paralel dengan sumbu jalan.Alur disebabkan oleh deformasi permanen pada lapisan jalan atau tanah dasar.Alur dapat terjadi karena perulangan kendaraan yang melintas, terutama jika diatas tanah lunak.Alur yang signifikan dapat merusak jalan.



Gambar B-6 Alur

g. Agregat Lepas

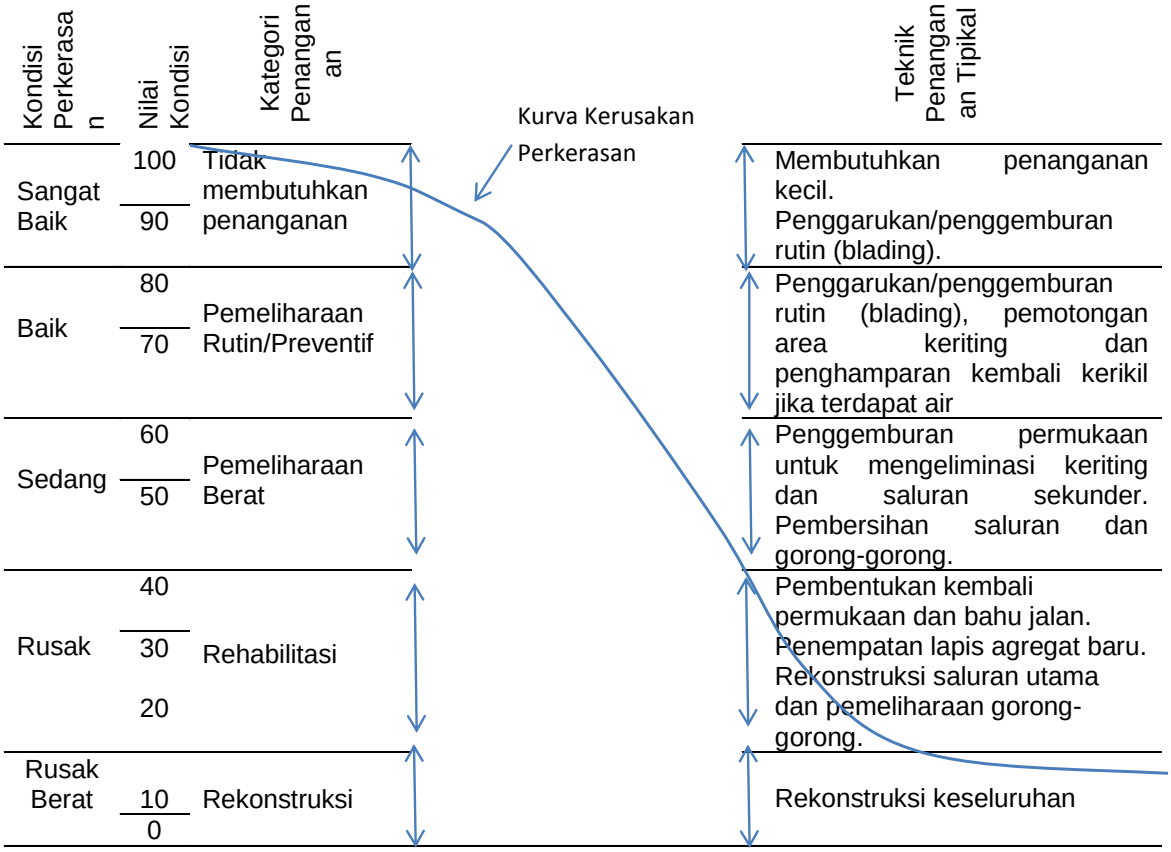
Pengausan akibat lalu lintas pada jalan kerikil akan melepaskan partikel agregat yang besar dari tanah pengikat. Hal ini menyebabkan lepasnya agregat dari permukaan jalan atau dari bahu.Lalu lintas menggerakkan partikel agregat ini menjauh dari jalur roda dan kemudian membentuk tumpukan pada tengah perkerasan atau sepanjang bahu.



2. PEMELIHARAAN PERKERASAN TANPA PENUTUP ASPAL

Pemicu dan teknik untuk penanganan perkerasan tanpa penutup aspal dapat mengikuti ketentuan dalam Tabel B1.

Tabel B-1 Pemeliharaan Perkerasan Tanpa Penutup Aspal



Deskripsi nilai kondisi jalan kerikil :

Nilai Kondisi	Kerusakan yang tampak dan Kondisi Jalan secara Keseluruhan	Gambar
100 – 81 Sangat Baik	Permukaan jalan dalam kondisi sangat baik dengan kualitas berkendara sangat baik. Ketebalan kerikil baik, dan drainase juga baik. Tidak ada kerusakan, dengan pengecualian tetap terdapat debu pada kondisi kering.	

Nilai Kondisi	Kerusakan yang tampak dan Kondisi Jalan secara Keseluruhan	Gambar
80 – 61 Baik	Ketebalan kerikil cukup, lereng melintang perkerasan cukup baik, dan drainase dalam kondisi baik. Terdapat sedikit agregat lepas dan sedikit keriting. Terdapat alur kecil (< 25 mm) pada beberapa area selama musim hujan.	
60 – 41 Sedang	Kemiringan baik 75 – 150 mm. Saluran utama terdapat pada 50% panjang jalan. Dibutuhkan pembersihan gorong – gorong. Saluran sekunder mulai muncul sepanjang garis bahu. Lapisan kerikil cukup baik, namun penambahan agregat dibutuhkan pada beberapa area. Keriting medium (kedalaman 25 – 50 mm) hampir 10-25% luas area. Alur sedang (kedalaman 25 – 50 mm) terutama pada musim basah. Lubang kecil mulai muncul (kedalaman < 50 mm). Terdapat agregat lepas (kedalaman 50 mm).	
40 – 21 Rusak	Berkendara harus dalam kecepatan rendah (< 40 km/jam). Lereng melintang jalan kecil atau tidak ada (< 75 mm). Saluran utama yang baik kurang dari 50% panjang jalan. Saluran sekunder dalam terdapat lebih dari 50% panjang jalan. Terdapat area (lebih dari 25%) dengan agregat sedikit atau tidak ada agregat. Gorong –gorong sebagian tertutup sedimen. Keriting cukup parah (kedalaman >75 mm) lebih dari 25% luas area jalan. Alur cukup parah (> 75 mm pada 10-25% luasarea selama	

Nilai Kondisi	Kerusakan yang tampak dan Kondisi Jalan secara Keseluruhan	Gambar
	musim hujan). Lubang sedang (kedalaman 50 – 100 mm, lebih dari 10 – 25% luasarea jalan). Agregat lepas cukup parah (>100 mm).	
20 – 0 Rusak Berat	Berkendara diatas jalan sangat sulit. Tidak ada lereng melintang jalan, atau jalan berbentuk mangkok dengan genangan besar. Saluran utama tidak ada. Saluran sekunder dalam muncul hampir sepanjang jalan. Gorong – gorong rusak atau diisi sedimen. Alur banyak (> 75 mm lebih dari 25% area selama musim hujan). Lubang banyak (kedalaman > 100 mm, lebih dari 25% luas area jalan). Banyak area (>25%) dengan sedikit atau tanpa agregat.	

Untuk jalan kerikil, kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan per minggu, setiap beberapa minggu, atau setiap beberapa bulan. Berikut frekuensi pemeliharaan jalan kerikil yang disarankan :

Tabel B-2 Frekuensi Pemeliharaan Perkerasan Tanpa Penutup Aspal

Lintas Harian Rata – Rata Truk (truk/hari 2 arah)	Medan	Frekuensi Pengerikilan Kembali (*regraveling*) tahun	Frekuensi Perataan (*blading*) bulan
Tinggi	Datar	4	4
	Berbukit	5	4
	Pegunungan	4	4
Sedang	Datar	7	3
	Berbukit	7	3
	Pegunungan	6	3
Rendah	Datar	5	2
	Berbukit	7	2
	Pegunungan	6	2

Pembangunan dan publikasi manual ini didukung oleh Pemerintah Australia
dengan pembiayaan melalui IndII