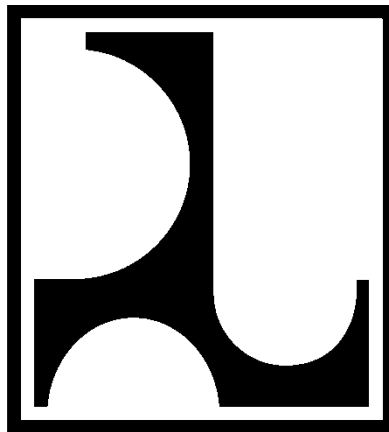


**DIKLAT DESAIN TEKNIK PERKERASAN JALAN**

**MODUL 5**

**DESAIN PERKERASAN JALAN KAKU**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA  
PUSDIKLAT JALAN, PERUMAHAN, PERMUKIMAN, DAN PENGEMBANGAN  
INFRASTRUKTUR WILAYAH**

**BANDUNG**

**2016**

# KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas perkenan-Nya Modul Diklat Perencanaan Teknik Perkerasan Jalan ini dapat diselesaikan. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga modul ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Modul ini disusun untuk memenuhi kebutuhan peserta pendidikan dan pelatihan (Diklat) Perencanaan Teknik Perkerasan Jalan dalam rangka meningkatkan kemampuan aparatur sipil negara (ASN) khususnya yang tupoksinya berkaitan dengan desain perkerasan jalan kaku. Dengan mengikuti seluruh modul dalam ini, para peserta akan dibekali dengan kemampuan untuk menganalisis dan merencanakan kegiatan yang berkaitan perencanaan teknik perkerasan jalan. Kemampuan ini diharapkan akan membantu ASN dalam menjalankan perannya dalam merancang, membangun, dan merehabilitasi jalan di Indonesia.

Modul ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi sempurnanya makalah ini.

Bandung, 2016

Kepala Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman,  
dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR BAGAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....</b>	<b>viii</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Deskripsi Singkat .....	1
C. Standar Kompetensi.....	1
D. Kompetensi Dasar; .....	1
E. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok .....	2
F. Estimasi Waktu.....	3
<b>KEGIATAN BELAJAR 1 : PENDAHULUAN .....</b>	<b>4</b>
1.1 Ruang Lingkup.....	4
1.2 Kebijakan Desain .....	5
1.3 Jenis Struktur Perkerasan .....	7
1.4 Acuan Pedoman .....	8
<b>KEGIATAN BELAJAR 2 : PROSEDUR DESAIN PERKERASAN KAKU.....</b>	<b>9</b>
2.1 Umur Rencana.....	10
<b>KEGIATAN BELAJAR 3 : PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN .....</b>	<b>11</b>
3.1 Pemilihan Jenis Perkerasan.....	11
3.2 Perkerasan Kaku.....	13
3.3 Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah .....	13
<b>KEGIATAN BELAJAR 4 : LALU LINTAS .....</b>	<b>15</b>
4.1 Aplikasi Analisa Lalu-lintas .....	15
4.2 Beban Sumbu Standar Kumulatif .....	16
4.3 Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan niaga .....	16

4.4	Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah.....	17
<b>KEGIATAN BELAJAR 5 : DRAINASE BAWAH PERMUKAAN.....</b>		<b>18</b>
<b>KEGIATAN BELAJAR 6 : DESAIN PONDASI JALAN.....</b>		<b>21</b>
6.1	Pendahuluan .....	21
6.2	Garis besar Prosedur Desain Pondasi jalan.....	22
6.3	Survei Lapangan, Pengujian dan Analisis Material Tanah Dasar .....	27
6.4	Contoh Soal : Menentukan Kategori Daya Dukung Tanah Dasar.....	29
<b>KEGIATAN BELAJAR 7 : TANAH DASAR LUNAK.....</b>		<b>32</b>
7.1	Umum .....	32
7.2	Pemilihan Penanganan Pondasi Tanah Lunak.....	32
7.3	Lapis Penopang .....	33
7.4	Pondasi Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak.....	34
7.5	Penurunan ( <i>Settlement</i> ) terkait Kegagalan pada Tanah Lunak .....	37
7.6	Waktu Pra-Pembebanan pada Tanah Lunak.....	41
7.7	Tinggi Minimum Timbunan untuk Mendukung Perkerasan Kaku di atas Tanah Lunak Tanpa Perbaikan .....	42
<b>KEGIATAN BELAJAR 8 : DESAIN PERKERASAN.....</b>		<b>45</b>
8.1	Struktur Perkerasan .....	45
<b>KEGIATAN BELAJAR 9 : MASALAH PELAKSANAAN YANG MEMPENGARUHI DESAIN .....</b>		<b>48</b>
9.1	Ketebalan Lapis Perkerasan .....	48
9.2	Daya Dukung Tepi Perkerasan .....	49
9.3	Konstruksi Perkerasan Segi-Empat ( <i>Boxed Construction</i> ).....	51
9.4	Pengaruh Musim Hujan .....	51
9.5	Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas .....	52
9.6	Lokasi Sambungan.....	52
9.7	Kemampuan Kontraktor.....	52
<b>KEGIATAN BELAJAR 10 : CONTOH PENGGUNAAN.....</b>		<b>53</b>
10.1	Jalan Baru .....	53
<b>RANGKUMAN .....</b>		<b>57</b>
<b>LATIHAN SOAL .....</b>		<b>58</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>600</b>

<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>611</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>A-1</b>
Lampiran A (Lampiran B): Zona Iklim.....	A-2
Lampiran B (Lampiran D): Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan berat <i>Heavy Vehicle Axle Group (HVAG)</i> .....	A-3
Lampiran C (Lampiran F): Desain Bahu Jalan .....	A-6
Lampiran D (Lampiran G): Saran Untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Konstruksi Perkerasan.....	A-8
Lampiran E (Lampiran I) : Kutipan Tabel dari MKJI 1997 .....	A-11

# DAFTAR TABEL

Tabel 1 - Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) .....	10
Tabel 2 - Pemilihan Jenis Perkerasan .....	12
Tabel 3 - VDF Gabungan (kendaraan niaga dengan 6 roda atau lebih) .....	16
Tabel 4 (Tabel 4-5) - Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah	17
Tabel 5 - Koefisien Drainase 'm' untuk Tebal Lapis Berbutir .....	19
Tabel 6 - Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar akibat Variasi Musiman .....	29
Tabel 7 - Batas-batas Penurunan ( <i>settlement</i> ) bagi Timbunan di atas Tanah Lunak .....	38
Tabel 8 - Estimasi waktu pra-pembebanan timbunan diatas tanah lunak .....	42
Tabel 9 - Ketebalan Lapisan yang Diizinkan Untuk Pembatasan .....	49
Tabel 10 - Data dan analisis kelompok sumbu kendaraan berat.....	54

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 - Komponen Struktur Perkerasan Kaku.....	8
Gambar 2 - Bagan Alir Desain Pemilihan Metode Desain Pondasi jalan .....	24
Gambar 3 - CBR Maksimum Tanah Dasar untuk Permukaan Tanah Lunak yang diberi Lapis Penopang.....	35
Gambar 4 - Struktur Perkerasan Kaku yang Digunakan dalam Analisa Gambar 3 (kasus perkerasan kaku).....	35
Gambar 5 - Tinggi Minimum dari Permukaan Akhir .....	36
Gambar 6 - Dukungan Terhadap Tepi Perkerasan .....	50
Gambar 7 - Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Kasus Tipikal) .....	51
Gambar 8 - Jenis kendaraan dan jumlah kelompok sumbu.....	56

# DAFTAR BAGAN

Bagan Desain 1 – Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar .....	25
Bagan Desain 2 - Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum .....	26
Bagan Desain 4 - Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Berat.....	46
Bagan Desain 4A - Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Rendah	47



# PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Baca pendahuluan modul untuk mengetahui latar belakang, deskripsi singkat, standar kompetensi, kompetensi dasar, materi dan sub materi, dan estimasi waktu modul ini.
2. Baca dan pelajari dengan seksama setiap kegiatan belajar yang ada dalam modul ini.
3. Kerjakan setiap latihan soal untuk meningkatkan pemahaman peserta mengenai materi yang disampaikan.
4. Apabila peserta mengalami kesulitan dalam memahami materi dan mengerjakan soal modul ini, peserta dapat berdiskusi dengan teman atau Widyaiswara yang bersangkutan.

# PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

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 adalah dengan mengembangkan dan meningkatkan pendekatan perencanaan dan desain untuk mengakomodasi tantangan – tantangan terkait isu kinerja aset jalan

## B. Deskripsi Singkat

Mata Diklat ini membahas, tentang pengertian dan penerapan Perencanaan Perkerasan Jalan Kaku (Rigid Pavement) terdiri dari : perancang, prosedur desain perkerasan Kaku, pemilihan struktur perkerasan, drainase bawah permukaan, desain pondasi jalan, desain perkerasan, masalah pelaksanaan yang mempengaruhi desain dan penyelesaian kasus melalui proses pelatihan, kajian teori, simulasi dan kasus lapangan, ketercapaian kompetensi akan dinilai berdasarkan penguasaan kognitif maupun psikomotor.

## C. Standar Kompetensi

Setelah mengikuti pembelajaran ini. Peserta mampu memahami, menerapkan dan merancang prosedur desain perkerasan Kaku, pemilihan struktur perkerasan, drainase bawah permukaan, desain pondasi jalan, desain perkerasan, masalah pelaksanaan yang mempengaruhi desain dan penyelesaiannya

## D. Kompetensi Dasar;

### Peserta mampu

- a. Memahami Ruang Lingkup Desain Perkerasan Kaku
- b. Memahami dan menerapkan Prosedur Desain Perkerasan Kaku
- c. Memilih Alternatif Struktur Perkerasan

- d. Mengaplikasikan Data Lalu Lintas
- e. Memahami Drainase Bawah Permukaan
- f. Mengaplikasikan Desain Pondasi Jalan Kaku
- g. Memahami Tanah dasar Lunak
- h. Memahami dan mendesain struktur perkerasan
- i. Menyelesaikan Masalah Penerapan Desain
- j. Menyelesaikan Contoh Kasus Perhitungan Perkerasan Kaku

## **E. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**

### **a. Materi Pokok**

- 1. Ruang Lingkup Desain Perkerasan Kaku
- 2. Prosedur Desain Perkerasan Kaku
- 3. Alternatif Struktur Perkerasan
- 4. Data Lalu Lintas
- 5. Drainase Bawah Permukaan
- 6. Desain Pondasi Jalan Kaku
- 7. Tanah dasar Lunak
- 8. Desain struktur perkerasan
- 9. Masalah Penerapan Desain
- 10. Contoh Kasus Perhitungan Perkerasan Kaku

### **b. Sub Materi Pokok**

- 1. Ruang Lingkup Desain Perkerasan Kaku
- 2. Kebijakan Desain Perkerasan Kaku
- 3. Jenis Struktur Perkerasan
- 4. Acuan Pedoman
- 5. prosedur Desain Perkerasan Kaku
- 6. Rencana Perkerasan Jalan Baru
- 7. struktur perkerasan
- 8. Data Lalu Lintas
- 9. Drainase Bawah Permukaan
- 10. Isi Pendahuluan
- 11. Garis Besar Prosedur Desain Pondasi Jalan
- 12. Survei Lapangan, Pengujian Dan Analisis Material Tanah Dasar
- 13. n Contoh Soal/latihan
- 14. Tanah Dasar Lunak

15. Desain Struktur Perkerasan Kaku
16. Ketebalan Lapis Perkerasan
17. Daya Dukung Tepi Perkerasan
18. Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Boxed Construction)
19. Pengaruh Musim Hujan
20. Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas
21. Lokasi Sambungan
22. Kemampuan Kontraktor
23. Menyelesaikan contoh kasus perhitungan Perkerasan Kaku

#### **F. Estimasi Waktu**

6 Jam Pelajaran @ 45 menit = 270 menit

# PENDAHULUAN

Indikator Keberhasilan :

Mampu menerangkan Ruang Lingkup Desain Perkerasan Kaku, mendeskripsikan Kebijakan Desain Perkerasan Kaku, memilih Jenis Struktur Perkerasan, menjabarkan Acuan Pedoman

### 1.1 Ruang Lingkup

Lingkup modul ini meliputi desain perkerasan Kaku untuk jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi. Modul ini juga menjelaskan faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan dan ulasan mengenai pendetailan desain, drainase dan persyaratan konstruksi.

Modul ini merupakan pelengkap pedoman desain perkerasan Kaku 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 Kaku 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 desain pondasi jalan;
- g) pertimbangan desain drainase;
- h) ketentuan analisis lapisan untuk Pd T-14-2003;
- i) penerapan pendekatan mekanistik;
- j) katalog desain.

Modul desain perkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal (berdasarkan bagan desain) yang kemudian hasil tersebut diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan Pd T-14-2003. Modul ini akan membantu dalam mencapai 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 modul ini. Prosedur validasi harus menggunakan ketentuan umur rencana, beban, iklim, tanah dasar lunak dan batasan konstruksi yang diuraikan dalam modul ini, dan dilakukan dengan penuh pertimbangan dan kehati-hatian. Perubahan yang dilakukan terhadap desain awal menggunakan modul 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 semaksimal mungkin;
5. Mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan;
6. Mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Kebijakan desain terkait dengan penggunaan modul 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 perkerasan mengakomodasi 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 jenis pekerjaan 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.

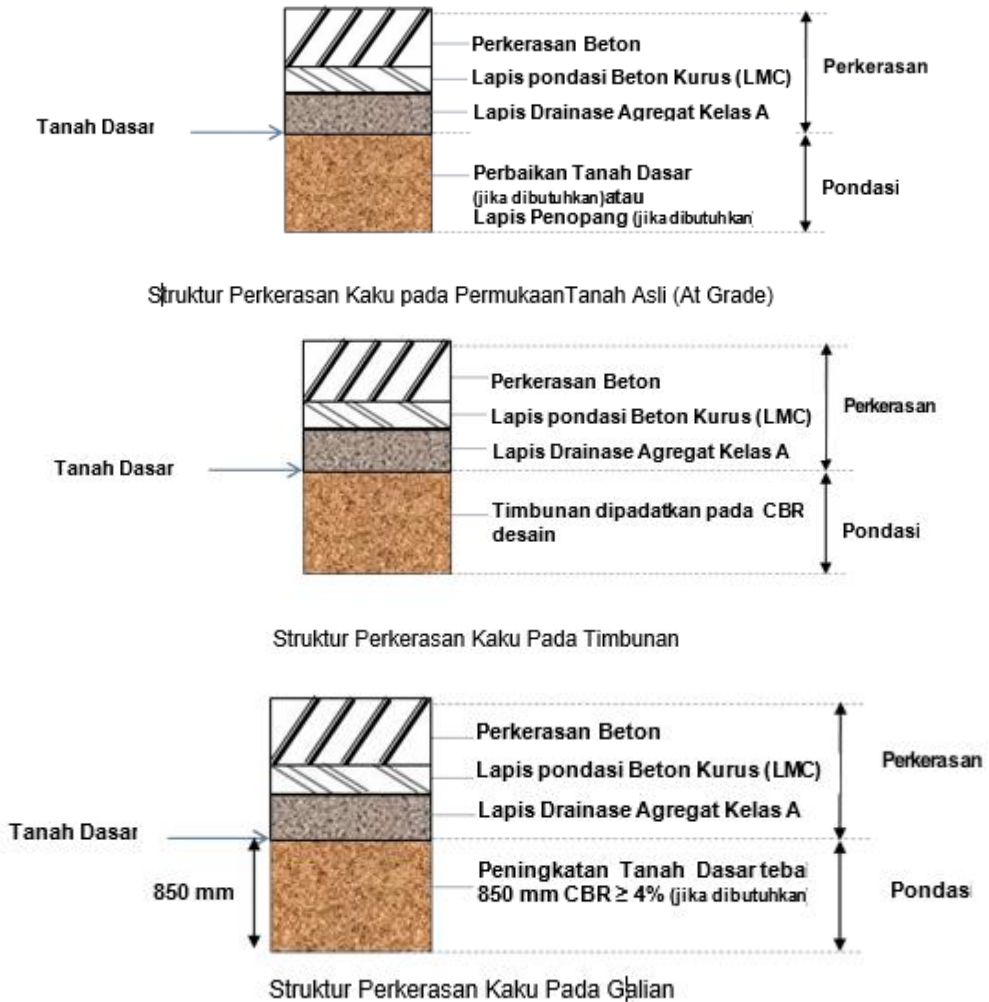
### 1.3 Jenis Struktur Perkerasan

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.

Struktur perkerasan yang umum dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1 - Komponen Struktur Perkerasan Kaku  
 Sumber : Gambar 1.2, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

1.4 Acuan Pedoman

- a) Pd T-14-2003 Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku
- b) AASHTO Guide for Design of Pavement Structure, 1993.

# PROSEDUR DESAIN PERKERASAN KAKU

Indikator Keberhasilan :

Mampu menentukan prosedur Desain Perkerasan Kaku, merencanakan Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru

Prosedur dalam menggunakan bagan desain dalam modul ini untuk mencapai solusi optimum adalah sebagai berikut:

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

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
3. Tentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak. Sub Bab 7
4. Tentukan stuktur pondasi jalan dari Bagan Desain 2. Sub Bab 6
5. Tentukan lapisan drainase dan lapisan subbase dari Bagan Desain 4. Sub Bab 8
6. Tentukan jenis sambungan (umumnya dengan dowel). Sub Bab 11
7. Tentukan jenis bahu jalan (biasanya bahu beton). Lampiran F
8. Hitung tebal lapisan pondasi dari solusi yang diberikan dalam Bagan Desain 4. Sub Bab 8

9. Nyatakan rincian desain meliputi dimensi slab penulangan slab Pd T-14-2003 posisi angker ketentuan sambungan dan sebagainya.
10. Tentukan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan.

## 2.1 Umur Rencana

Tabel 1 - Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) (1)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir (2).	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diizinkan untuk seringkali ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, <i>Cement Treated Based</i>	
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10

Sumber : Tabel 2.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

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 dari <http://www.bi.go.id/web/en/Moneter/BI+Rate/Data+BI+Rate/>.
2. Kapasitas jalan tidak boleh dilampaui selama umur rencana.

# PEMILIHAN STRUKTUR PERKERASAN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu memilih Alternatif Struktur Perkerasan


### 3.1 Pemilihan Jenis Perkerasan

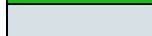
Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai estimasi lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan di dalam Tabel 2 tidak mutlak, desainer juga harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur pelayanan, keterbatasan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif diluar solusi desain awal berdasarkan modul ini harus didasarkan pada biaya biaya umur pelayanan *discounted* terendah.

Tabel 2 - Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	CESA 20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali ditentukan 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 (pangkat 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 <i>Soil Cement</i>	7	1	1			
Perkerasan tanpa penutup	Gambar 8	1				

Sumber : Tabel 3.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

 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

### 3.2 Perkerasan Kaku

Solusi penggunaan perkerasan kaku umumnya lebih tepat biaya pada volume lalu lintas lebih dari 30 juta ESA5. Tetapi juga layak dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan pedesaan kelebihannya untuk kondisi tertentu. Kehati-hatian sangat dibutuhkan untuk desain perkerasan kaku diatas tanah lunak atau kawasan lainnya yang berpotensi menghasilkan pergerakan struktur yang tidak seragam. Untuk daerah yang demikian, perkerasan lentur akan lebih murah karena perkerasan kaku memerlukan biaya yang lebih tinggi untuk pondasi jalan yang lebih tebal dan biaya penulangan.

Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku adalah:

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebih tebal daripada perkerasan lentur.
- 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 Tahunan (LHRT) tinggi.
- Pembuatan campuran yang lebih mudah (contoh, tidak perlu pencucian pasir). Kerugiannya antara lain adalah:
- Biaya konstruksi lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak, atau tanpa daya dukung yang memadai atau tidak dilaksanakan dengan baik (mutu pelaksanaan rendah)
- Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah.

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

### 3.3 Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah

Perkerasan kaku (sebagaimana yang digunakan untuk lalu lintas sedang sampai berat) akan lebih mahal dibandingkan perkerasan lentur untuk lalu lintas ringan sampai sedang, terutama di daerah pedesaan atau perkotaan tertentu dimana pelaksanaan konstruksi jalan tidak begitu mengganggu. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat. Di kawasan dimana ruang kerja pelaksanaan

konstruksi adalah terbatas, pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur.



## KEGIATAN BELAJAR 4

# LALU LINTAS

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu mengaplikasikan data Lalu Lintas

### 4.1 Aplikasi Analisa Lalu-lintas

Pembahasan mengenai: Analisis Volume Lalu Lintas, Jenis Kendaraan, Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas, Pengaruh Alihan Lalu Lintas (*Traffic Diversion*), Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur, Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor/ VDF*), Pengendalian Beban Sumbu di uraian pada Modul 2

Nilai VDF gabungan kendaraan niaga adalah untuk jalan dengan lalu lintas sedang hingga berat. Untuk periode beban aktual berlebih (sampai tahun 2020), gunakan nilai VDF gabungan untuk beban berlebih. Penggunaan nilai VDF gabungan untuk kondisi “beban sangat berlebih” digunakan secara selektif, hanya untuk jalan yang melayani kawasan industri, pelabuhan besar, kuari dan pertambangan dan harus didukung dengan data survey penimbangan beban gandar secara acak.

Untuk perkiraan beban lalu lintas kawasan dengan lalu lintas rendah, apabila data beban lalu lintas tidak tersedia, rujuk uraian di dalam paragraf 4.9.(Tabel 4)



Tabel 3 - VDF Gabungan (kendaraan niaga dengan 6 roda atau lebih)

	Sumatera		Jawa		Kalimantan		Sulawesi		Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
Normal MST 12T	3.4	4.4	4.5	5.9	3.6	5.0	3.3	4.3	2.6	3.1
Beban berlebih	5.4	8.8	7.2	12.0	5.2	9.2	6.0	10.0	3.1	4.2
Beban sangat berlebih*	8.6	18.9	10.0	18.5	7.5	15.2	7.5	14.5	-	-

\*Kawasan industri, pelabuhan besar, kuari, dan pertambangan

#### 4.2 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Untuk keperluan desain, pola pembebanan saat ini (aktual berlebih) diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban kendaraan lebih terkendali dengan beban sumbu nominal terberat (MST) 120 kN. Namun demikian, Direktorat Jenderal Bina Marga dapat menentukan waktu penerapan efektif beban terkendali tersebut setiap waktu.

#### 4.3 Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan niaga

Dalam pedoman desain perkerasan kaku Pd 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 beban untuk setiap kelompok sumbu dapat menggunakan data hasil survey jembatan timbang atau mengacu pada Lampiran D. Sebaran kelompok sumbu digunakan untuk memeriksa hasil desain dengan pedoman desain Pd T-14-2003.

#### 4.4 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 4 berikut dapat digunakan:

Tabel 4 - Perkiraan Lalu Lintas untuk Jalan dengan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Pertumbuhan lalu lintas kumulatif	Kelompok Sumbu/ Kendaran Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (over-loaded)	Lalu lintas desain Indikatif (Pangkat 4) <i>Overloaded</i>
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454*	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	$7 \times 10^4$
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	$8 \times 10^5$
Akses lokal daerah industri atau kuari	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	$5 \times 10^6$

Sumber : Tabel 4.4, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

# DRAINASE BAWAH PERMUKAAN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu menjelaskan Drainase Bawah Permukaan

Apabila drainase bawah permukaan tidak dapat disediakan seperti yang umumnya ditemukan pada daerah perkotaan, tebal lapis perkerasan harus disesuaikan dengan menggunakan koefisien drainase “m” untuk lapis pondasi berbutir sesuai dengan ketentuan metode perencanaan tebal perkerasan AASHTO 1993 dan Tabel 5-1. Dengan demikian, tebal lapis pondasi berbutir dari Bagan Desain 3 disesuaikan dengan membagi tebal desain lapis berbutir dengan faktor m. Nilai yang didapat menjadi tebal desain lapis pondasi berbutir.

Secara umum, para desainer dalam membuat desain harus mengikuti prosedur desain yang menghasilkan struktur perkerasan dengan nilai  $m \geq 1.0$ , dan menghindari desain dengan  $m < 1.0$  (kecuali kondisi lapangan tidak memungkinkan).

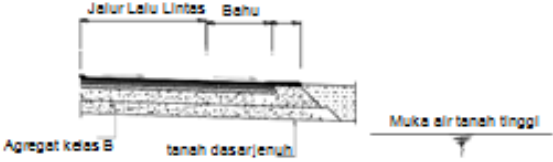
Bagan-bagan desain dalam modul ini menggambarkan drainase dalam kondisi aliran berfungsi dengan baik. Jika kondisi drainase dibawah  $m = 1$  diterapkan, maka tebal lapis berbutir harus dipertebal dengan formula:

$$\text{Tebal lapis berbutir} = \frac{\text{tebal sesuai bagan desain}}{m}$$

Di dalam desain, asumsi perkerasan dengan koefisien drainase “m” lebih besar dari 1 tidak boleh digunakan kecuali ada keyakinan bahwa kualitas pelaksanaan yang disyaratkan dapat terpenuhi.

Tabel 5 - 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 <i>sub soil</i> , terdrainase sempurna (keluaran drainase sub soil selalu diatas muka banjir)	1.2	
2. Timbunan dg lapis pondasi bawah menerus sampai bahu ( <i>day-lighting</i> ) (tidak terkena banjir)	1.2	
3. Diatas permukaan tanah dengan drainase <i>sub soil</i> , medan datar Terkadang drainase <i>sub soil</i> dibawah	1.0	
4. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah boxed. Tepi jalur drainase lebih dari 500 m. solusi alternatif dengan drainase melintang dari sub base pada jarak < 10 m atau pada titik terendah.	0.9	
5. Galian, pada permukaan tanah, atau timbunan tanpa drainase <i>subsoil</i> dan tepi dg permeabilitas rendah > 500mm	0.7	

Kondisi Lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' utk desain	Detail Tipikal
<p>6. Tanah dasar jenuh secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirkan. Tanpa titik keluar utk sistem sub soil. Aturan lapis penutup capping juga berlaku.</p>	<p>0.4</p>	

Sumber : Tabel 8.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

# DESAIN PONDASI JALAN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu menerangkan isi pendahuluan, mampu mengaplikasikan garis besar prosedur desain pondasi jalan, mampu mengaplikasikan survei lapangan, pengujian, dan analisis material tanah dasar, mampu menyelesaikan contoh soal/ latihan

### 6.1 Pendahuluan

Dalam Perencanaan pondasi jalan sudah dibahas dalam Modul tersendiri (Modul 2). 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 efek kelembaban.

Berdasarkan kriteria tersebut, CBR untuk timbunan biasa dan tanah dasar dari tanah asli di Indonesia umumnya 4% atau berkisar di antara 2,5% - 7%. Para desainer sering berasumsi bahwa CBR 6 % dapat dicapai dengan material setempat walaupun dalam kenyataannya nilai tersebut seringkali tidak tercapai. Karena itu pengambilan sampel dan pengujian yang memadai perlu dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar yang sebenarnya.

Perkerasan membutuhkan tanah dasar yang:

- Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain;

- Dibentuk dengan baik;
- Dipadatkan dengan benar;
- Tidak sensitif terhadap air;
- Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

Musim hujan yang cukup panjang serta curah hujan yang tinggi menyebabkan pekerjaan pemadatan tanah dasar relatif lebih sulit. Oleh sebab itu, Bagan Desain 1 dan Bagan Desain 2 memberikan solusi-solusi konservatif yang sesuai untuk semua kasus kecuali yang membutuhkan lapis penopang. Tingkat pemadatan yang disyaratkan harus dapat dicapai baik untuk tanah dasar atau pada timbunan. Karena pemadatan tanah dasar sering kali diabaikan di Indonesia. Para kontraktor dan Tim pengawas lapangan harus memberikan perhatian lebih terhadap masalah ini.

Untuk perkerasan kaku di atas lapisan tanah dasar aluvial lunak, ada ketentuan tambahan untuk mencegah retak yang berlebih. Masalah ini dijelaskan lebih lanjut di dalam kegiatan belajar 7. Dalam hal tertentu bisa terjadi struktur pondasi jalan perkerasan kaku yang dibutuhkan melebihi pondasi jalan perkerasan lentur (merujuk Bagan Desain 1) demi untuk mencegah keretakan pelat akibat perbedaan gerakan. Masalah ini sering dihadapi di Indonesia pada kawasan persawahan yang terdiri dari lapisan-lapisan lempung kelanauan jenuh.

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

### 6.2 Garis besar Prosedur Desain Pondasi jalan

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

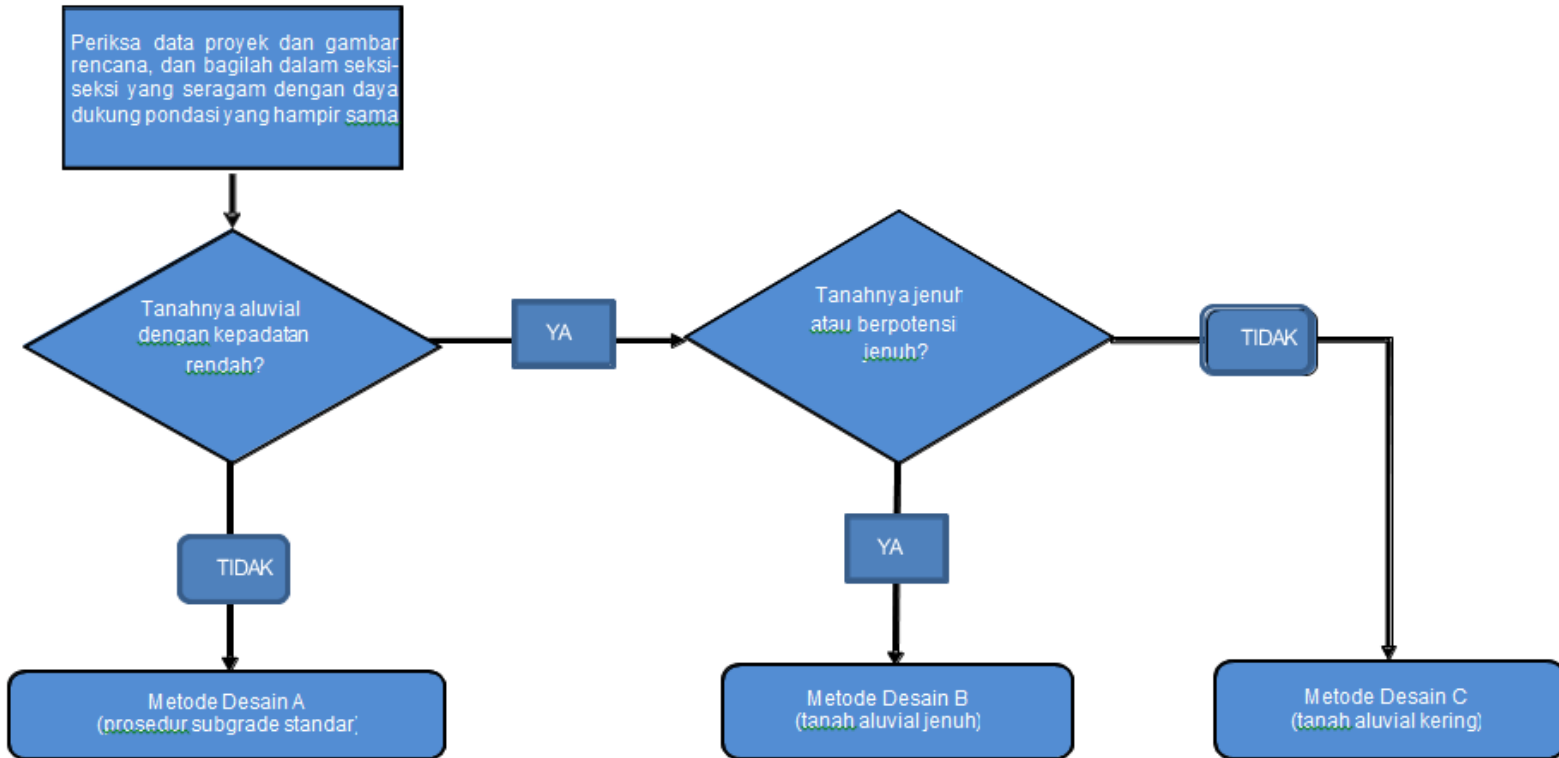
- a. Kondisi tanah dasar normal, dengan ciri – ciri nilai CBR lebih dari 3% dan dapat dipadatkan secara mekanis. Desain ini meliputi perkerasan diatas timbunan, galian atau tanah asli (kondisi normal inilah yang sering diasumsikan oleh desainer).
- b. Kondisi tanah dasar langsung di atas timbunan rendah (kurang dari 3 m) di atas 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. Selanjutnya, tanah asli

- berkepadatan 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 mungkin saja terdapat pada kedalaman tertentu 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 2 menggambarkan proses desain untuk desain pondasi jalan untuk tanah selain gambut. Bagan Desain 2 menyajikan solusi pondasi jalan minimum selain kasus khusus untuk perkerasan kaku diatas tanah lunak.



Gambar 2 - Bagan Alir Desain Pemilihan Metode Desain Pondasi jalan



Sumber : Gambar 9.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

**Bagan Desain 1 – Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar**

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

Catatan dalam jenis tanah 2,3,4 atau 6 nilai yang digunakan untuk desain perlu disesuaikan dengan faktor penyesuaian m.

Posisi Muka Air Tanah Rencana (Table 6-2)	LHRT < 2000			LHRT ≥ 2000			
	Dibawah standar desain minimum (tidak direkomendasikan)	Sesuai standar desain minimum	≥1200 mm di bawah tanah dasar	Dibawah standar desain minimum	Sesuai standar desain minimum	≥1200 mm di bawah tanah dasar	
<b>Penerapan</b>	Semua galian kecuali yang 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 > 1000 mm 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 > 1000 mm di atas muka tanah asli	
<b>Jenis Tanah</b>	Kasus PI	1	2	3	4	5	6
<b>Lempung</b>	50 – 70	2	2.7	2	2	2	2
<b>Lempung kelanauan</b>	40	2.5	3.3	3	2.5	2.6	3
	30	3	4.3	4	3.5	3.6	4
<b>Lempung kepasiran</b>	20	4	4.3	5	4.5	4.8	5.5
	10	4	4.3	5	4.5	5	6
<b>Lanau</b>		1	1.3	2	1	1.3	2

Sumber : Bagan Desain 1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

\* FSL: Finished Surface Level (Level permukaan perkerasan)

\*\* Rujuk zona iklim pada Lampiran B

Bagan Desain 2 - Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA5)		
				< 2	2 - 4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
≥ 6	SG6	A	Perbaiki 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 ( <i>potential swell</i> > 5%)		AE		400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak <sup>5</sup>	SG1 aluvial <sup>1</sup>	B	Lapis penopang ( <i>capping layer</i> )(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

Sumber : Bagan Desain 2, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

- (1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.
- (2) Diatas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 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

**Contoh Desain Pondasi Perkerasan**

**Langkah – 1: Tentukan kategori daya dukung tanah dasar.**

Perkiraan Nilai CBR tanah dasar dengan Jenis tanah lempung kepasiran.

(Bagan Desain.1) Nilai CBR = 4,3 % --> Rujuk Bagan Desain.2 (Desain Pondasi) :

Kategori Tanah Dasar = **SG.4**

**Langkah – 2: Desain Pondasi:**

Rujuk Bagan Desain-2 untuk SG4 and CESAL > 4 juta

Prosedur desain pondasi A: tebal minimum peningkatan tanah dasar = **200 mm**

**6.3 Survei Lapangan, Pengujian dan Analisis Material Tanah Dasar**

**6.3.1 CBR Karakteristik**

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

- a) Tentukan CBR rendaman 4 hari dari contoh tanah permukaan tanah asli untuk semua area dengan tanah dasar pada elevasi tanah pada permukaan asli, untuk daerah galian yang mewakili jika memungkinkan, dan untuk material timbunan biasa, timbunan pilihan dan material dari sumber bahan (*borrow material*). Nilai CBR juga bisa ditentukan atau diverifikasi menggunakan Bagan Desain 1 yang juga memperhitungkan pengaruh iklim dan kelembaban. Identifikasi awal seksi seragam secara visual dapat mengurangi jumlah sampel yang dibutuhkan. Kawasan yang secara visual terburuk harus dimasukkan di dalam rangkaian pengujian. Catat apakah daerah terburuk tersebut terisolir dan dapat dibuang.
- b) Identifikasi segmen tanah dasar yang mempunyai daya dukung seragam berdasarkan data CBR, titik perubahan dari timbunan ke galian, titik perubahan topografi lainnya dan penilaian visual. Variasi segmen seringkali terjadi pada lokasi perubahan topografi;
- c) Tentukan daya dukung tanah dasar karakteristik rencana pada setiap segmen yang seragam. Untuk daerah timbunan, daya dukung rencana adalah daya dukung untuk timbunan biasa atau timbunan pilihan. Pada daerah galian dapat digunakan nilai konservatif untuk material permukaan eksisting sebesar 3% pada tahap desain, kecuali jika sampel yang mewakili dapat diambil dari elevasi akhir tanah dasar pada galian. Untuk perkerasan di atas permukaan tanah (*at grade*) dan pelebaran pada timbunan eksisting, nilai CBR harus ditentukan dari sampel yang diambil dari tanah asli yang diambil pada elevasi

tanah dasar. Apabila CBR permukaan tanah asli rendah, gunakan material pilihan atau stabilisasi.

- d) Mengidentifikasi kondisi-kondisi yang memerlukan perhatian khusus seperti: lokasi dengan muka air tanah tinggi; lokasi banjir (tinggi banjir 10 atau 50 tahunan harus ditentukan. Rujuk tabel 6-1); daerah yang sulit mengalirkan air yang mungkin membutuhkan faktor koreksi 'm'; daerah yang terdapat aliran air di bawah permukaan atau rembesan (seepage); daerah dengan tanah bermasalah seperti tanah aluvial lunak, tanah ekspansif, atau gambut.

### 6.3.2 Penentuan Segmen Tanah Dasar Seragam

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

- a) Apabila data yang cukup valid tersedia (minimal 16) data pengujian per segmen yang dianggap seragam)<sup>2</sup>, formula berikut dapat di-gunakan:

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata2} - f \times \text{standar deviasi}$$

Dengan nilai **f** lazimnya **1,3 untuk jalan kolektor dan arteri**, dan sama dengan **2 untuk jalan tol atau bebas hambatan**. Data CBR dari segmen seragam tersebut harus mempunyai koefisien variasi maksimum (standar deviasi dibagi nilai rata-rata) tidak lebih dari 30%.

- b) Bila set data kurang dari 16 bacaan maka nilai wakil terkecil dapat digunakan sebagai nilai CBR dari segmen jalan. Nilai CBR yang rendah yang terpencil di dalam suatu set data dapat menjadi petunjuk bahwa daerah tersebut membutuhkan penanganan khusus. Data yang demikian dapat dikeluarkan dari perhitungan nilai CBR karakteristik dan selanjutnya penanganan yang sesuai untuk daerah tersebut harus disiapkan secara terpisah.

Nilai CBR karakteristik untuk desain adalah nilai minimum seperti ketentuan diatas berdasarkan data yang valid dari:

- Data CBR laboratorium rendaman 4 hari atau,
- data DCP yang disesuaikan dengan musim atau,
- nilai CBR yang ditentukan dari Batas *Atterberg* (Bagan Desain1).

### 6.3.3 Alternatif Pengukuran Daya Dukung

Jika modulus tanah dasar diestimasi dengan DCP maka modulus yang didapat harus disesuaikan 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 musim kemarau dan musim hujan. Faktor penyesuaian dari Tabel 6 dapat digunakan sebagai nilai minimum. Penyelidikan sebaiknya dilaksanakan setelah musim hujan yang panjang untuk mengurangi ketidakpastian terkait dengan pengujian pada musim kemarau.

**Tabel 6 - Faktor Penyesuaian Modulus Tanah Dasar akibat Variasi Musiman**

Musim	Faktor Penyesuaian Minimum untuk CBR dari pengujian DCP
Musim Hujan dan Peralihan	0.90
Musim Kering	0.70

Sumber : Tabel 9.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Nilai CBR untuk desain = hasil bacaan DCP x faktor penyesuaian

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

## 6.4 Contoh Soal : Menentukan Kategori Daya Dukung Tanah Dasar

### 1. CBR LABORATORIUM

No	Nilai CBR Lab.
1	3
2	4
3	3
4	5
5	4
6	3
7	6
8	4
9	5
10	4
11	2
12	6
13	4
14	5
15	4
16	3
TOTAL	65

Hasil uji CBR di laboratorium (direndam 4 hari):

CBR (%): 3; 4; 3; 5; 4; 3; 6; 4; 5; 4; 2; 6; 4; 5; 4; 3

CBR rata-rata: 4.06

Deviasi Standar nilai CBR: 1.12

Koefisien variasi:  $1.12/4.06 = 0.28 > 0,30$  segmen cukup seragam.

CBR Karakteristik = CBR rata-rata – 1,3 x SD  
 =  $4.06 - 1.3 \times 1.12$   
 = 2.60 Rujuk Bagan Desain-2 (Desain Pondasi)

**Kategori tanah dasar SG2.5.**

Nilai 1,3 = Kolektor Arteri;  
 2,0 =Tol Bebas /Babas Hambatan

**2. CBR LAPANGAN (DENGAN ALAT DCP)**

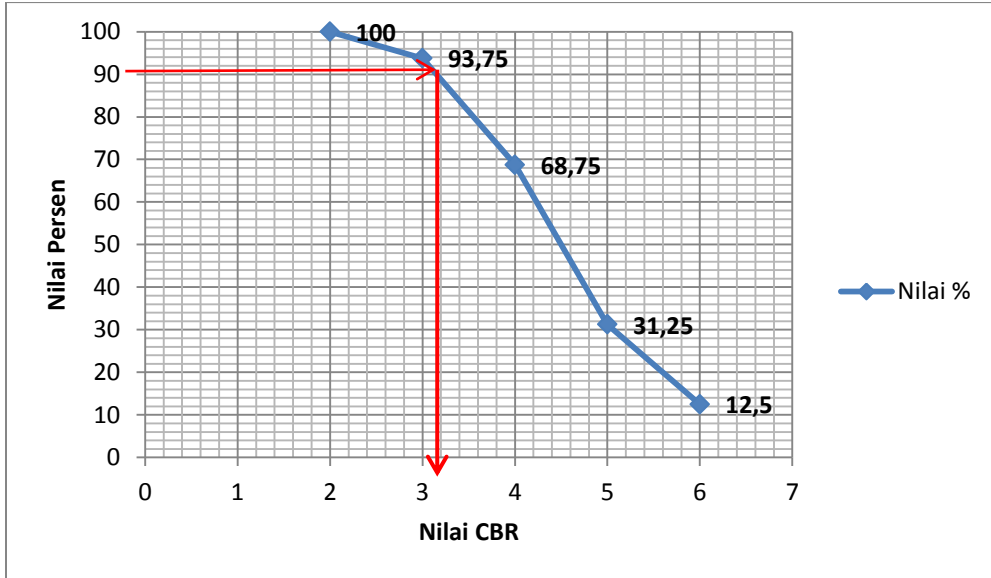
Langkah – 1: Tentukan kategori daya dukung tanah dasar.

Hasil Data CBR di lapangan (dengan alat DCP / *Dynamic Cone Penetrometer*):

CBR (%): 3; 4; 3; 5; 4; 3; 6; 4; 5; 4; 2; 6; 4; 5; 4; 3

CARA GRAFIS :

Urutan Nilai CBR	Nilai CBR ≥	( Σ Nilai CBR ≥ / Σ Titik CBR Lapangan)	Nilai %
2	16	$(16 / 16 ) \times 100$	100
3	15	$(15 / 16 ) \times 100$	93,75
4	11	$(11 / 16 ) \times 100$	68,75
5	5	$(5 / 16 ) \times 100$	31,25
6	2	$(2/ 16 ) \times 100$	12,5



Dari Grafik di atas pada Nilai Persen 90 didapat 3,15

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai CBR untuk desain} &= \text{hasil bacaan DCP} \times \text{faktor penyesuaian} \\
 &= 3,15 \times 0,8 \text{ (peralihan)} \\
 &= 2,52 \text{ diambil } 2,5
 \end{aligned}$$

Rujuk Bagan Desain-2 (Desain Pondasi) hal 6-6 Kategori tanah Dasar SG2,5

#### Catatan

- Berdasarkan data CBR DCP secara Grafis adalah 2,5 % dirujuk kebagian design 2 subgrade 2,5%  
CESAL > 4 Juta didapat bagian desain 2 = 350 mm
- Berdasarkan data CBR Laboratorium rendaman empat hari adalah 2,60 % dirujuk kebagian Desain 2  
(Desain Pondasi) kategori tanah dasar SG 2,5 CESAL > 4 Juta didapat bagian desain 2 = 350 mm



# TANAH DASAR LUNAK

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu memilih penanganan pondasi tanah lunak, mampu menjelaskan lapis penopang, mampu menjelaskan Pondasi Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak, mampu menjelaskan Penurunan (Settlement) terkait Kegagalan pada Tanah Lunak, mampu menjelaskan Waktu Pra-Pembebanan pada Tanah Lunak, mampu menghitung Tinggi Minimum Timbunan untuk Mendukung Perkerasan Kaku di atas Tanah Lunak Tanpa Perbaikan

### 7.1 Umum

Untuk perkerasan diatas tanah lunak harus dilakukan analisis yang lebih mendalam. Uraian di jelaskan pada modul 3

### 7.2 Pemilihan Penanganan Pondasi Tanah Lunak

- Kedalaman tanah lunak didefinisikan sebagai kedalaman dimana daya dukung tanah lunak CBR 3% (metode DCP pukulan tunggal) dicapai. Apabila kedalaman tersebut kurang dari 1 meter, pertimbangkan untuk membuang seluruh tanah lunak. Pemilihan metode pelaksanaan 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.
- Apabila kedalaman tanah lunak memerlukan waktu pra-pembebanan yang yang panjang, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) hendaknya dipertimbangkan. Lapisan lempung kelanauan setebal 1,5 m bisa memerlukan

waktu pra-pembebanan selama 4 bulan. Dengan tebal lapisan 3 m mungkin dibutuhkan 16 bulan atau lebih.

- Apabila kondisi lapangan tidak memungkinkan bagi penggunaan lapis penopang (*capping layer*); beban timbunan tambahan sementara (*surcharge*), drainase vertikal dengan bahan strip, cakar ayam atau micro pile hendaknya digunakan. Desain penanganan-penangan tersebut memerlukan analisis geoteknik yang berada di luar cakupan Manual ini.

### 7.3 Lapis Penopang

Lapis penopang memberikan landasan kerja bagi lalu lintas konstruksi, untuk pemadatan lapisan perkerasan berbutir, dan untuk penghamparan lapisan perkerasan berpengikat. Bagan Desain 2 menampilkan ketebalan minimum lapis penopang. Jika lapis penopang akan digunakan sebagai jalur angkutan (*haul road*) material timbunan dalam jumlah besar, mungkin lapis yang dibutuhkan akan lebih tebal<sup>1</sup>.

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. Dalam hal ini hendaknya digunakan bahan- timbunan-pilihan-berbutir (*granular selected material*).
2. Kemampuan untuk memberikan landasan kerja yang kuat sepanjang masa pelaksanaan (Bagan Desain 2).
3. Tebal tidak kurang dari 600 mm untuk melapisi tanah dasar ekspansif.
4. Lapis penopang hendaklah terletak di atas muka air banjir dan/atau standar desain minimum ketinggian dari muka air tanah ke elevasi permukaan tanah dasar.
5. Kedalaman alur (*rutting*) akibat lalu lintas konstruksi tidak melebihi 40 mm.
6. Cukup tebal sehingga permukaan lapis penopang dapat dipadatkan dengan.

#### b) Pemadatan 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

<sup>1</sup> Metode Giroud and Han 2004 bisa digunakan untuk menentukan solusi alternatif lapis penopang(*capping layer*)

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 perbedaan penurunan tanah pada material lapis penopang setelah konstruksi. Pemadatan dengan dampak energi tinggi harus dipertimbangkan.

### c) Separator Geotekstil

Separator geotekstil hendaknya digunakan pada antarmuka dengan tanah asli dan tanah lunak jika permukaan tanah asli telah jenuh atau akan mengalami kejenuhan dalam masa layan.

## 7.4 Pondasi Perkerasan Kaku pada Tanah Lunak

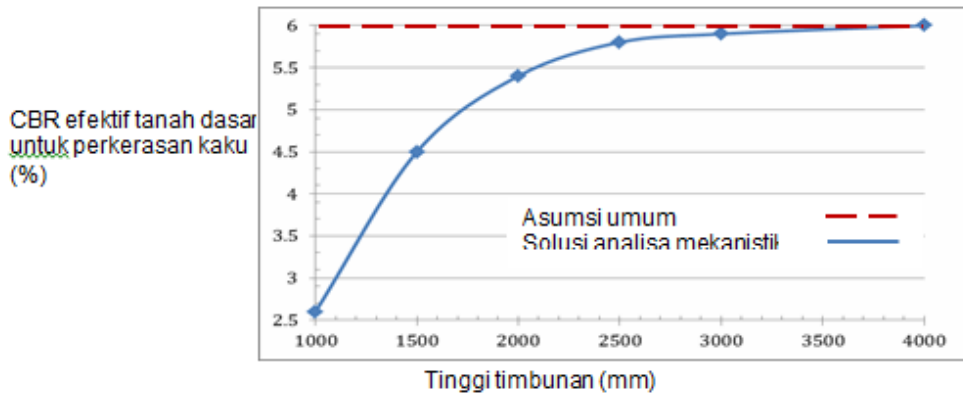
Pondasi untuk perkerasan kaku dengan lalu lintas berat harus meliputi :

- a. Penggalian dan penggantian tanah lunak, atau
- b. Lapis penopang dengan nilai CBR desain tanah dasar tidak lebih besar dari yang ditentukan dalam Gambar 3. 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, mungkin diperlukan penanganan khusus seperti cakar ayam.

### 7.4.1 Daya Dukung Efektif Tanah Dasar

Metode-metode yang dipakai saat ini melibatkan setidaknya a) penentuan daya dukung ekuivalen bagi satu meter pertama tanah dasar atau, b) penentuan modulus reaksi tanah dasar dari *plate bearing test*. Metode ketiga yang dapat digunakan adalah: daya dukung ekuivalen 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 3 menunjukkan solusi untuk struktur perkerasan umum yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 3 - CBR Maksimum Tanah Dasar untuk Permukaan Tanah Lunak yang diberi Lapis Penopang

Sumber : Gambar 10.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Catatan :

1. Tinggi timbunan ditentukan dari permukaan tanah lunak sampai dasar lapis pondasi LMC
2. CBR efektif untuk desain perkerasan kaku ditentukan dari Gambar 7-1 sangat 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 4 - Struktur Perkerasan Kaku yang Digunakan dalam Analisa Gambar 3 (kasus perkerasan kaku)

Sumber : Gambar 10.2, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

### 7.4.2 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* atau *mud jacking*. Efek deformasi plastis yang ditimbulkan sebagian berasal dari perbedaan distribusi tegangan pada permukaan tanah asli di bawah pembebanan dinamis di dekat sambungan. Proses ini menyebabkan hilangnya dukungan seragam yang dapat menyebabkan keretakan pelat dan hilangnya kenyamanan pengendaraan (*riding quality*). Besarnya deformasi plastis pada lapisan-lapisan tanpa pengikat (*unbound*) di bawah sambungan dapat diperkirakan. Gambar 5 menggambarkan dampak tinggi timbunan terhadap jumlah repetisi beban yang menyebabkan kegagalan sambungan.

Perkerasan kaku di atas timbunan yang rendah di atas tanah lunak rentan mengalami kegagalan dini sehingga rencana pemeliharaan untuk kasus ini harus termasuk *under sealing* dan pelapisan tambahan (*overlay*). Jika tinggi timbunan kurang dari yang ditunjukkan dalam Gambar 5 pelat beton sebaiknya dilengkapi dengan tulangan distribusi retak. Untuk alinyemen jalan baru, jika kondisi memungkinkan, tinggi timbunan hendaklah lebih besar daripada yang ditunjukkan dalam Gambar 5.

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



Gambar 5 - Tinggi Minimum dari Permukaan Akhir  
 Sumber : Gambar 10.3, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Catatan:

1. Tinggi timbunan yang ditentukan dari Gambar 7-3 dan 7-4 adalah tinggi minimum. Untuk membuat kemiringan melintang atau superelevasi atau untuk variasi pelaksanaan makalevel garis kontrol harus dinaikkan relatif terhadap tinggi yang diperoleh dari Gambar 7-2 atau 7-3.
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

### 7.5 Penurunan (*Settlement*) terkait Kegagalan pada Tanah Lunak

Timbunan untuk perkerasan diatas tanah lunak harus dirancang dengan batas-batas lendutan akibat penurunan total, perbedaan penurunan dan penurunan sekunder akibat beban statis dan beban dinamis. Batas-batas ini membantu memastikan bahwa mutu pengendaraan perkerasan tetap memadai dan perkerasan kaku tidak mengalami keretakan berlebihan. Batas-batas maksimum dijabarkan di dalam Tabel 7.

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 pelapisan (*overlay*) yang terjadwal, batas-batas ini berlaku pada umur rencana antara pelapisan.

Dua bentuk bahaya penurunan yang berhubungan dengan masalah umum konsolidasi tanah harus dipertimbangkan: (i) perbedaan penurunan pada semua bagiandan, (ii) penurunan total berhampiran bangunan struktur. Penurunan total berhampiran 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 7 - Batas-batas Penurunan (*settlement*) bagi Timbunan di atas Tanah Lunak

Jenis penurunan	Kelas Jalan	Uraian	Batas yang diizinkan	Penanganan pencegahan tipikal
Kasus Umum Total Penurunan	Semua jalan nasional, propinsi dan kolektor	Penurunan mutlak setelah dimulainya pelaksanaan perkeras (setara dengan penurunan berhampiran bangunan struktur)	Total 100 mm	<p>a) Pra-pembebanan sebelum pelaksanaan perkerasan (pra pembebanan pada oprit struktur, sebesar periode konsolidasi primer mungkin dibutuhkan kecuali penanganan tambahan diberikan)</p> <p>b) <i>wick drain</i> atau beban timbunan tambahan sementara (<i>surcharge</i>) bila diperlukan untuk mempercepat konsolidasi</p> <p>c) penggantian tanah atau pemancangan pada bagian oprit struktur</p>
Perbedaan penurunan dan penurunan total jika berdampingan 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 yang berdampingan dengan struktur tertanam dan atau pada <i>relief slab</i> 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	Jalan bebas hambatan atau jalan	Digunakan pada perkerasan kaku	4 mm di sambungan	Tinggi timbunan minimum sesuai Gambar 7.3, atau

Jenis penurunan	Kelas Jalan	Uraian	Batas yang diizinkan	Penanganan pencegahan tipikal
(Creep Settlement) akibat beban dinamis dan statis	raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 kpj	dengan sambungan		dukungan dari <i>micro pile</i> dan cakar ayam atau tulangan menerus.
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 kpj atau lebih rendah		8 mm di sambungan	

Sumber : Tabel 10.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

### 7.5.1 Kasus Umum Perbedaan Penurunan<sup>2</sup>

Perbedaan penurunan bisa diakibatkan oleh konsolidasi primer yang belum tuntas dan konsolidasi sekunder pada tanah asli<sup>5</sup> bersamaan dengan variasi pada kedalaman dan karakteristik lapisan tanah lunak. Pemadatan timbunan yang buruk pun bisa menyebabkan perbedaan penurunan tetapi penurunan yang demikian seharusnya dapat dihindari dengan manajemen mutu konstruksi. Perbedaan penurunan menyebabkan gelombang pada permukaan perkerasan akhir dan mengurangi kualitas berkendara.

Timbunan harus diberikan waktu yang memadai untuk pra-pembebanan untuk konsolidasi primer dan batasan ini tidak akan mengakibatkan masalah untuk perkerasan lentur atau kaku kecuali 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 lain yang mungkin diperlukan.

Pada lokasi alinyemen baru, waktu untuk konsolidasi primer harus diberikan sebelum pelat perkerasan beton dihamparkan. Waktu konsolidasi primer dapat dipersingkat dengan beban tambahan sementara (*surchage*), drainase vertikal

<sup>2</sup> Karena panjang setengah gelombang dari lengkung perbedaan penurunan, selain yang berdekatan dengan struktur, umumnya 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 sebesar 0,4%, sudah cukup untuk menyebabkan ketidaknyamanan berkendara pada kecepatan 120 km/jam tetapi tidak akan menyebabkan keretakan pelat beton. Untuk kasus ini mutu berkendara dapat ditingkatkan dengan overlay.

Kasus khusus perbedaan penurunan akibat pembebanan dinamis diatasi dengan ketentuan 7.4.



dengan bahan strip (*wick drain*), konsolidasi vakum, pemadatan impak berenergi tinggi (*High Energy Impact Compaction*) dan kombinasi dari penanganan tersebut.

Walaupun konsolidasi primer telah selesai selama periode pra-pembebanan, efek dari konsolidasi sekunder masih berpotensi 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 untuk mengurangi 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 7-1, b) tinggi timbunan yang disyaratkan pada Gambar 5.

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 berlaku pada pekerjaan pelebaran atau rekonstruksi pada alinemen perkerasan eksisting.

Plat beton perlu diberi tulangan.

Besarnya kemungkinan perbedaan penurunan pasca konstruksi 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<sup>6</sup>. 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 penggunaan 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 atau undersealing (penyuntikan atau *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.

### **7.5.2 Penurunan (Total Settlement) pada Oprit Jembatan dan Bersebelahan dengan Struktur Tertanam**

Batasan penurunan didefinisikan dalam Tabel 7-1.

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.

## **7.6 Waktu Pra-Pembebanan pada Tanah Lunak**

Timbunan pada tanah lunak harus dihampar dengan waktu tidak kurang dari yang ditentukan di dalam Tabel 7.2 sebelum lapisan perkerasan dihamparkan. Waktu aktual ditentukan oleh tenaga ahli geoteknik berdasarkan Buku Pedoman Geoteknik Pt T-08-2002-B. Waktu pra- pembebanan bisa dipersingkat dengan pembebanan sementara atau dengan penggunaan drainase vertikal dengan bahan

strip. Untuk perkerasan lentur, waktunya bisa diubah dengan konstruksi bertahap. Kondisi pra-pembebanan agar diaplikasikan dengan seksama untuk konstruksi perkerasan kaku.

**Tabel 8 - 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

Sumber : Tabel 10.2, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

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.

### **7.7 Tinggi Minimum Timbunan untuk Mendukung Perkerasan Kaku di atas 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 5 agar dapat menahan pergerakan berlebihan dari pembebanan dinamis untuk umur desain pondasi 40 tahun.

<sup>3</sup> Disarankan untuk menggunakan Pengujian Piezocone.

- b) Tinggi minimum lapisan penopang untuk menahan alur (*rutting*) pada tanah dasar akibat lalu lintas konstruksinya hendaknya sesuai Bagan Desain 2.
- c) CBR efektif tanah dasar hendaknya lebih kecil dari CBR terukur dan CBR yang ditentukan dari Gambar 7-1.

Tinggi tersebut merupakan tinggi 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 tahun 200 juta ESA, muka air tanah efektif di permukaan (tipikal daerah persawahan), banjir 10 tahunan 500 mm di atas muka tanah, super elevasi 5%, lebar perkerasan 7000 mm, perkerasan beton.

- a) Timbunan minimum untuk tanah dasar memenuhi aturan rantai kerja (Bagan Desain 2)

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

- b) Timbunan total minimum untuk menahan deformasi plastis pada tanah asli (Gambar 5)

	1750
Penyesuaian untuk super elevasi	350
Total	<b>2100</b>

- c) Tinggi minimum untuk ruang bebas dari muka air tanah

Muka air tanah (Tabel 7)	600
Perkiraan penurunan setelah konstruksi	100
Struktur perkerasan	520

Lapis pemisah (filter)	100
Tinggi bebas super elevasi	350
<hr/>	
Total	<b>1670</b>

d) Tinggi minimum untuk ruang bebas air banjir

Perkiraan penurunan setelah konstruksi	100
Muka air banjir	500
Ruang bebas banjir tanah dasar (Tabel 7)	500
Struktur perkerasan	520
Perbedaan tinggi superelevasi	350
<hr/>	
Total	<b>1970</b>

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

# DESAIN PERKERASAN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu mengaplikasikan Desain Perkerasan

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

### 8.1 Struktur Perkerasan

Solusi pekerasan yang banyak dipilih yang didasarkan pada pembebanan dan pertimbangan biaya terkecil diberikan dalam Bagan Desain 4 Perkerasan Kaku, Solusi lain dapat diadopsi untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat. Namun demikian, disarankan untuk tetap menggunakan bagan tersebut di atas sebagai langkah awal untuk semua desain.

Proses desain untuk perkerasan kaku menurut Pd T-14-2003 atau metode<sup>4</sup> Austroad 2004 membutuhkan jumlah kelompok sumbu dan spektrum beban dan tidak membutuhkan nilai CESA. Jumlah kelompok sumbu selama umur rencana digunakan sebagai input Bagan Desain 4 dan Bagan Desain 4A.

---

<sup>4</sup> Disarankan untuk tidak menggunakan beban seperti dinyatakan di dalam Pd T-14-2003 karena nilai yang diberikan belum dikoreksi terhadap kondisi pembebanan di Indonesia.

Desain tebal perkerasan dalam manual ini didasarkan pada nilai CESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan dan pendekatan desain yang digunakan. Karena itu sangat penting untuk menggunakan nilai CESA yang benar sebagai masukan dalam penggunaan desain.

- Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993 (pendekatan statistik empirik).
- Di dalam manual ini, pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (seperti Burtu atau Burda) dan perkerasan tanpa penutup (*Unsealed granular pavement*).
- Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain dengan pendekatan Mekanistik Empirik).
- Nilai TM (*Traffic Multiplier*) digunakan hanya untuk desain dengan pendekatan Mekanistik Empirik menggunakan CIRCLY (rujuk Lampiran H).

**Bagan Desain 3 - Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Berat**

(Persyaratan desain untuk 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) <sup>5</sup> (10E6)	<4.3	<8.6	< 25.8	<43	<86
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 <sup>6</sup>	150				

Sumber : Bagan Desain 4, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Bagan di dalam Pd T-14-2003 tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Para Desainer harus menerapkan pembebanan kelompok beban yang aktual. Lampiran D memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili untuk Indonesia.

<sup>5</sup> Lihat LAMPIRAN A untuk spektrum kelompok sumbu yang mewakili untuk Indonesia

<sup>6</sup> Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum.

**Bagan Desain 4 - Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalulintas Rendah\***

Tanah dasar	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan Normal	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Bahu Terikat				
	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 melintang	4 m			

\*Jalan desa atau jalan dengan volume lalu lintas kendaraan niaga rendah seperti dinyatakan di dalam Tabel 4.5

Sumber : Bagan Desain 4A, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013



# MASALAH PELAKSANAAN YANG MEMPENGARUHI DESAIN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu menerapkan Ketebalan Lapis Perkerasan, mampu menerapkan Daya Dukung Tepi Perkerasan, mampu menerapkan Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Boxed Construction), mampu menerapkan Pengaruh Musim Hujan, mampu menerapkan Pelaksanaan dengan Lalu Lintas Tetap Melintas, mampu menerapkan Lokasi Sambungan, mampu menerapkan Kemampuan Kontraktor

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

### 9.1 Ketebalan Lapis Perkerasan

Keterbatasan pemadatan dan segregasi menentukan tebal struktur perkerasan pelaksanaan. Perencana jalan harus melihat batasan - batasan tersebut termasuk ketebalan lapisan di dalam Tabel 9. Jika dalam bagan desain ditentukan bahwa suatu bahan dihamparkan dalam tebal yang lebih besar dari yang diizinkan dalam Tabel 9.1, maka bahan tersebut harus dihamparkan dan dipadatkan dalam beberapa lapisan.

Tabel 9 - Ketebalan Lapisan yang Diizinkan Untuk Pembatasan

B a h a n	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa
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 dengan ukuran maksimum 40 mm)	150 -200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 30 (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm)	120 - 150	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas A 25 (gradasi dengan ukuran maksimum 25 mm)	100 - 125	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	200	ya
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 40 mm)	150 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100 – 200	ya

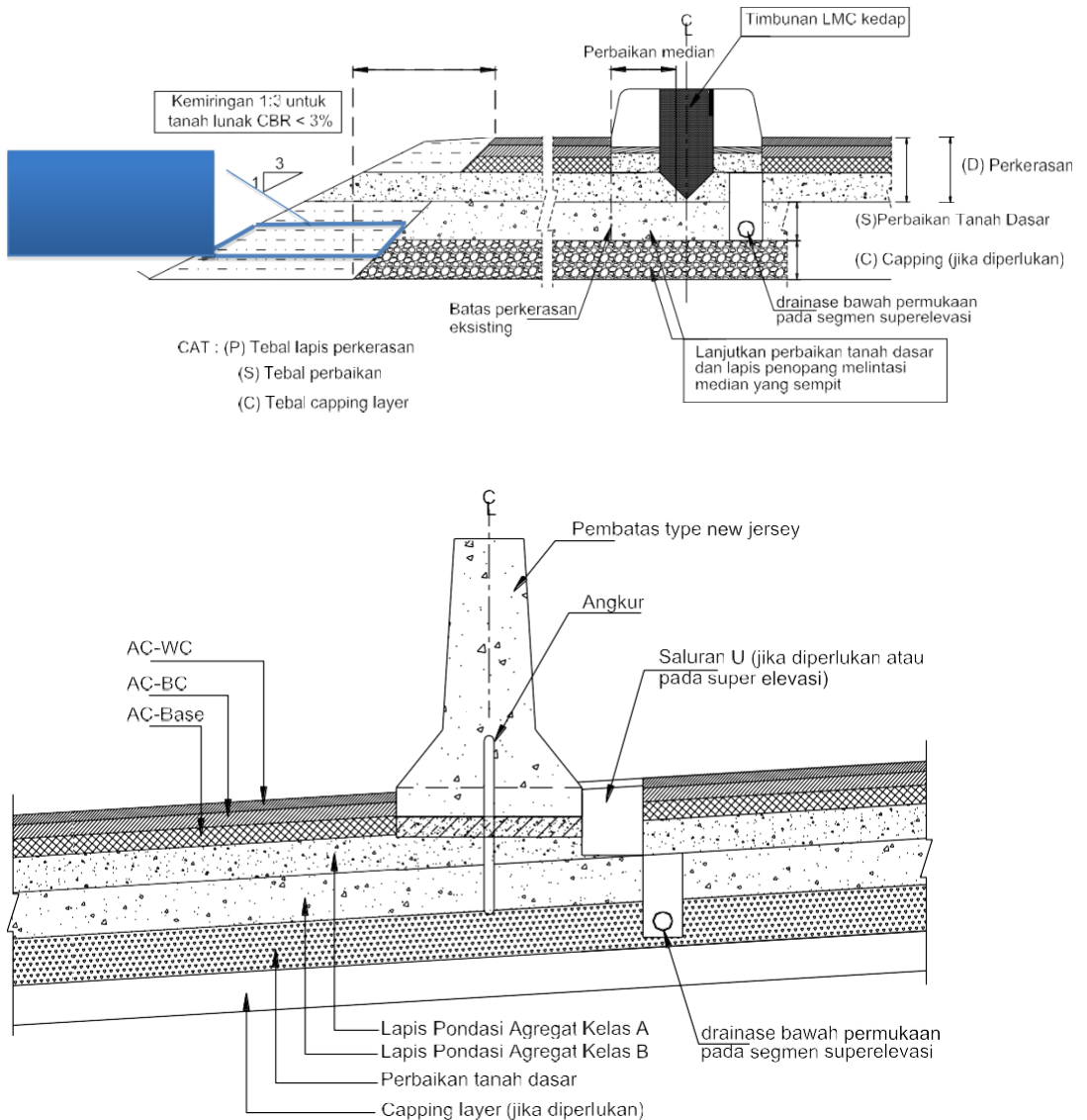
Sumber : Tabel 12.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

## 9.2 Daya Dukung Tepi Perkerasan

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

- Setiap lapis perkerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan dalam Gambar 6.

- Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak (CBR <2%) atau tanah gambutharus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



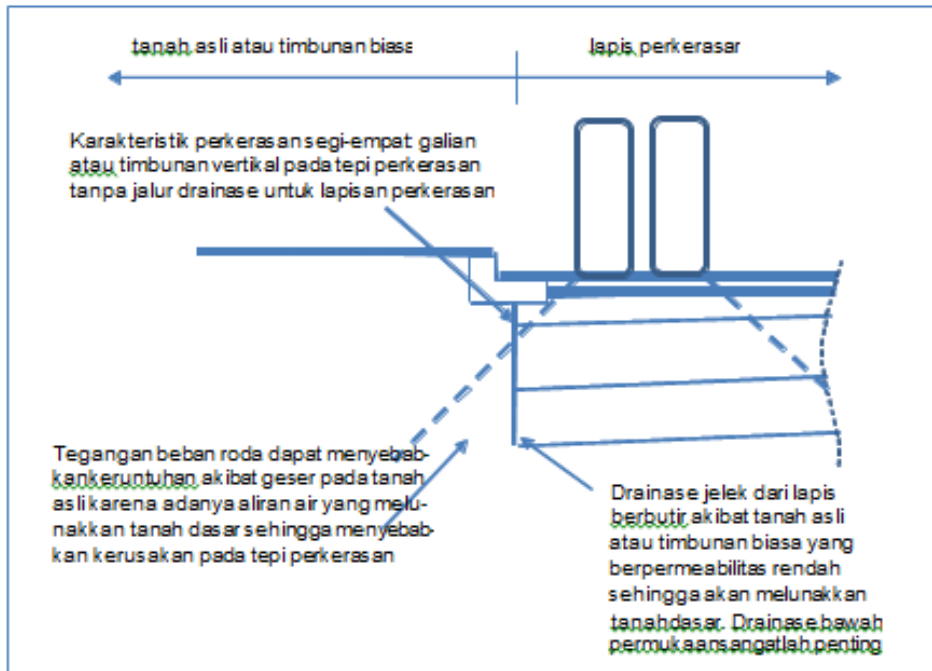
**Gambar 6 - Dukungan Terhadap Tepi Perkerasan**

Sumber : Gambar 12.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Lapis penopang dan peningkatan tanah dasar harus diperpanjang sampai ke bawah median sebagaimana dalam Gambar 6. Area median harus terdrainase dengan baik atau diisi dengan *lean mix concrete* atau dengan bahan pengisi kedap untuk menghindari pengumpulan air dan merusak tepi perkerasan.

### 9.3 Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (*Boxed Construction*)

Konstruksi segi-empat (*boxed construction*) mengacu pada struktur perkerasan dengan lapisan perkerasan berbutir yang tidak dapat mengalirkan air kecuali melalui sistem drainase bawah permukaan (Gambar 4). Konstruksi segi-empat hendaknya hanya digunakan apabila tidak ada 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, pada umumnya dibutuhkan konstruksi perkerasan berbentuk segi-empat. Saat menggunakan konstruksi perkerasan segi-empat harus disediakan sistem drainase bawah permukaan (termasuk drainase bawah permukaan lateral untuk tepi yang lebar) (rujuk kegiatan belajar 5).



Gambar 7 - Konstruksi Perkerasan Segi-Empat (Kasus Tipikal)

Sumber : Gambar 12.1, Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

### 9.4 Pengaruh Musim Hujan

Perencana perkerasan harus mempertimbangkan implikasi musim hujan terhadap aktivitas pelaksanaan terutama di daerah aluvial yang cenderung menjadi jenuh selama musim hujan. Karena pada umumnya tidak ada jaminan bahwa pelaksanaan konstruksi dapat dilaksanakan pada musim kemarau, pertimbangan

desain hendaknya didasarkan pada kondisi tanah dasar saat musim hujan (Bagan desain- 2 memberikan pedoman mengenai masalah ini).

### 9.5 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.

### 9.6 Lokasi Sambungan

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

### 9.7 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.

# CONTOH PENGGUNAAN

Indikator Keberhasilan :

Peserta mampu menyelesaikan contoh kasus perhitungan Perkerasan Kaku

### 10.1 Jalan Baru

Pada contoh desain berikut ini, penekankan adalah pada penentuan tebal perkerasan beton semen. Hal-hal mengenai tanah dasar, desain fondasi dan evaluasi kapasitas jalan telah dibahas di dalam bab-bab berkaitan di dalam manual Bagian 1 dan contoh sebelumnya.

Rencanakan tebal perkerasan beton semen untuk jalan raya dua lajur dua arah berdasarkan data berikut:

Umur rencana perkerasan 40 tahun.

Tanah dasar: lempung kepasiran dengan CBR karakteristik 3%.

Hanya kendaraan niaga dengan 6 roda atau lebih yang diperhitungkan. Angka pertumbuhan lalu lintas,  $r$ , 4% per tahun. LHRT tahun pertama kendaraan niaga (dua arah) ditunjukkan pada kolom (2) tabel di bawah ini.

Tabel 10 - Data dan analisis kelompok sumbu kendaraan berat

Jenis kendaraan	LHRT <sub>TH 1</sub>	Jumlah Kelompok Sumbu per kendaraan	Jumlah Kelompok Sumbu Th 1 (JKS <sub>TH 1</sub> )	Kumulatif Kelompok Sumbu 40 th
(1)	(2)	(3)	(4)*	(5)**
Bus besar (5 B)	129	2	47.085	4.474.276
Truk 2 sumbu (6 roda) (6B)	492	2	179.580	.064.682
Truk 3 sumbu (single) (7A1)	25	2	9.125	867.108
Truk 3 sumbu (Tandem) (7A2)	254	2	92.710	8,809,816
Truk 4 sumbu (7C1)	40	2	14.600	1.387.373
Truk 5 sumbu (Tandem) (7C2A)	9	3	4.928	468.238
Truk 5 sumbu (tridem) (7C2B)	8	3	4.380	416.212
Truk 6 sumbu (7C3)	44	3	24.090	2.289.165
Truk gandengan (7B)	2	4	1.460	138.737
Jumlah Kumulatif kelompok sumbu 40 th				35.915.60

\* (4) = 365 x 0.50 x 1 x (2) x (3)

\*\* (5) =  $JKS_{th 1} \left[ \frac{(1+r)^{n-1}}{r} \right]$  dengan n = 40 th dan r = 0.04

Rujuk Tabel 10 di atas untuk langkah – langkah desain yang diuraikan berikut ini.

**Langkah – 1:**

Nyatakan jumlah kelompok sumbu masing – masing jenis kendaraan berat di dalam kolom (3). Gunakan Gambar 10 sebagai rujukan.

**Langkah – 2:**

Hitung jumlah sumbu kelompok sumbu masing – masing selama satu tahun pertama umur rencana: 365 x DD x DL x LHRT<sub>TH-1</sub>. Dengan DD = faktor distribusi arah; DL = faktor distribusi lajur. Nyatakan hasilnya di dalam kolom (4).

**Langkah – 3:**

Hitung jumlah kumulatif kelompok sumbu kendaraan untuk tiap jenis kendaraan selama umur rencana 40 tahun. Nyatakan di dalam kolom (5).

### Langkah – 4:

Hitung jumlah total kumulatif kelompok sumbu semua kendaraan berat selama 40 tahun. Nyatakan nilainya di dalam sel terbawah kolom (5) →  $35.915.60 < 43.000.000$  kelompok sumbu.

### Langkah – 5:

Pondasi perkerasan: Berdasarkan Bagan Desain 2 (Bagian 1 MDP), tanah dasar CBR 3% dikelompokkan sebagai SG3. Untuk beban > 4 juta ESA diperlukan fondasi berupa perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan dengan tebal minimum 350 mm.

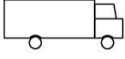
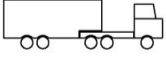
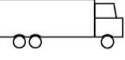

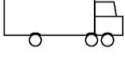
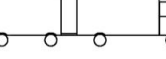
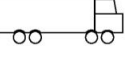
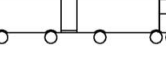
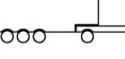
### Langkah – 6:

Merujuk kepada Bagan Desain 4, struktur perkerasan kaku untuk beban lalu lintas setara dengan kumulatif jumlah kelompok sumbu 25,8 juta hingga < 43 juta, adalah sebagai berikut:

- Pelat beton dengan sambungan dengan dowel dan bahu beton;
- Tebal pelat beton = 295 mm;
- Lapis pondasi beton kurus (LMC) = 150 mm;
- Lapis Pondasi Agregat Kelas A = 150 mm.

**Selesai**



GAMBAR	JENIS TRUK	GAMBAR	JENIS TRUK
	TRUK 2 SUMBU (6 BAN) GOL 6B 1.2 H FHWA CLASS 5 2 KELOMPOK SUMBU		TRUK 5 SUMBU TANDEM GOL 7C2A 1.2.2-2.2 FHWA CLASS 9 3 KELOMPOK SUMBU
	TRUK 3 SUMBU GOL 7A2 1.2.2 FHWA CLASS 6 2 KELOMPOK SUMBU		TRUK 6 SUMBU GOL 7C3 1.2.2-2.2.2 FHWA CLASS 10 3 KELOMPOK SUMBU
	TRUK 3 SUMBU GOL 7A1 1.1.2 FHWA CLASS 7 2 KELOMPOK SUMBU		TRUK GANDENG 4 SUMBU GOL 7B1 1.2+2.2 FHWA CLASS 11 4 KELOMPOK SUMBU
	TRUK 4 SUMBU GOL 7C1 1.2.2.2 FHWA CLASS 8 2 KELOMPOK SUMBU		TRUK GANDENG 5 SUMBU GOL 7B2 1.1.2+2.2 FHWA CLASS 12 & 13 4 KELOMPOK SUMBU
	TRUK 5 SUMBU TRIPLE GOL 7C2B 1.2-2.2.2 FHWA CLASS 9 3 KELOMPOK SUMBU		

Gambar 8 - Jenis kendaraan dan jumlah kelompok sumbu



Gambar Desain Perkerasan Kaku



# RANGKUMAN

Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia telah diakomodasi dalam modul desain Perkerasan Jalan Lentur 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 diidentifikasi 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



# LATIHAN SOAL

## Tugas Kelompok 1

**Merencanakan jalan baru { Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku} dengan data :**

1. Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 2 T : 250 kendaraan
- Bus 8 T : 100 kendaraan
- Truk 2 as 13 T : 50 kendaraan
- Truk 3 as 20 T : 30 kendaraan
- Truk 5 as 30 T : 10 kendaraan

1. **Tanah dengan jenis lempung kepasiran.**

2. **FSL (finish surface level) <1000 mm.**

1

## Tugas Kelompok 2

**Merencanakan jalan baru { Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku} dengan data :**

1. Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 2 T : 500 kendaraan
- Bus 8 T : 100 kendaraan
- Truk 2 as 13 T : 50 kendaraan
- Truk 3 as 20 T : 30 kendaraan
- Truk 5 as 30 T : 10 kendaraan

1. **Tanah dengan jenis lempung kelanauan.**

2. **FSL (finish surface level) <1000 mm.**

2

### Tugas Kelompok 3

**Merencanakan jalan baru ( Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku) dengan data :**

1. Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 2 T : 500 kendaraan
- Bus 8 T : 100 kendaraan
- Truk 2 as 13 T : 50 kendaraan
- Truk 3 as 20 T : 30 kendaraan
- Truk 5 as 30 T : 20 kendaraan

1. **Tanah dengan jenis lempung kepasiran.**
2. **FSL (finish surface level) <1000 mm.**

3

### Tugas Kelompok 4

**Merencanakan jalan baru ( Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku) dengan data :**

1. Data lalu lintas :

- Kendaraan ringan 2 T : 500 kendaraan
- Bus 8 T : 100 kendaraan
- Truk 2 as 13 T : 50 kendaraan
- Truk 3 as 20 T : 50 kendaraan
- Truk 5 as 30 T : 20 kendaraan

1. **Tanah dengan jenis lempung kelanauan.**
2. **FSL (finish surface level) <1000 mm.**

4

# DAFTAR PUSTAKA

*Austroroads, Pavement Design, A Guide to the Struktural Design of Pavements, 2008*

*Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor: 02/M/BM/2013*

*Pedoman Desain Tebal Perkerasan Jalan Kaku : PD.T-14-2003*

*Pedoman Survei Pencacahan Lalu-lintas dengan cara Manual PD.T-19-2004-B*

## ***Capping Layer***

Lapisan material berbutir atau lapis timbunan pilihan yang digunakan sebagai lantai kerja dari lapis pondasi bawah, dan juga berfungsi untuk 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 Dukung Tanah Dasar Karakteristik (*Characteristic Subgrade Bearing Capacity*)**

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

## ***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 Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)**

Suatu faktor yang menunjukkan besar kerusakan yang diakibatkan satu kendaraan dari kelas tertentu terhadap perkerasan dalam satuan setara beban gandar standar (*equivalent standard axle load, ESA*).

### **Koefisien Variasi**

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

### ***Life Cycle 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 kadar semen yang rendah. Digunakan sebagai lapis pondasi bawah untuk perkerasan beton.

### ***Tanah Dasar (Subgrade)***

Permukaan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang terletak langsung di bawah lapisan terbawah perkerasan (yang pada umumnya berupa lapis pondasi bawah atau *sub-base*). Permukaan tanah dasar harus dibentuk sesuai dengan profil desain dan penampang melintang perkerasan, dan harus dipadatkan hingga mencapai 100% kepadatan kering modifikasi pada kedalaman 30 cm dan harus memenuhi nilai 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 pelat beton di luar tepi lajur (umumnya 500 – 600 mm) yang didesain untuk menyediakan dukungan lateral terhadap beban roda pada tepi perkerasan.

AASHTO	: <i>Association of American State Highway and Transportation</i>
Officials AC	: <i>Asphaltic Concrete</i>
AC BC	: <i>Asphaltic Concrete Binder Course Asphaltic</i>
AC WC	: <i>Concrete Wearing Course</i>
AC Base	: <i>Asphaltic Concrete Base Course</i>
Austrroads	: <i>Association of Australian and New Zealand road Transport and Traffic Authorities</i>
BB	: <i>Benkelman Beam</i>
CBR	: <i>California Bearing Ratio</i>
CESA	: <i>Cumulative Equivalent Standard Axles</i>
CIRCLY	: <i>Australian mechanistic design software programme used by Austrroads 2004</i>
CTB	: <i>Cement Treated Base</i>
DBST	: <i>Double Bituminous Surface Treatment (BURDA)</i>
DCP	: <i>Dynamic Cone Penetrometer</i>
ESA <sub>4</sub>	: <i>Equivalent Standard Axle – Pangkat 4</i>
ESA <sub>asphalt</sub>	: <i>Equivalent Standard Axle for Asphalt (Pangkat 5)</i>
FWD	: <i>Falling Weight Deflectometer</i>
GMP	: <i>General Mechanistic Procedure (desain perkerasan)</i>
HVAG	: <i>Heavy Vehicle Axle Group</i>
IRI	: <i>International Roughness Index</i>
IRMS	: <i>Indonesian Road Management System</i>
L <sub>ij</sub>	: <i>beban dari suatu kelompok sumbu</i>
LMC	: <i>Lean Mix Concrete</i>
MAPT	: <i>Mean Annual Pavement Temperature</i>
MDD	: <i>Maximum Dry Density</i>
MKJI	: <i>Manual Kapasitas Jalan Indonesia</i>



OMC	: <i>Optimum Moisture Content</i>
ORN	: <i>Overseas Road Note</i>
PI	: <i>Plasticity Index</i>
RVK	: Rasio Volume Kapasitas
$S_{mix}$	: Kekakuan Campuran Beraspal (definisi <i>Shell Pavement Design Method</i> )
SBST	: <i>Single Bituminous Surface Treatment (BURTU)</i>
SG2	: Subgrade dengan CBR 2%
$TM_{asphalt}$	: <i>Traffic Multiplier</i> untuk desain lapisan beraspal
$V_b$	: Volume aspal dalam campuran beraspal
VDF	: <i>Vehicle Damage Factor</i>
$\mu\epsilon$	: <i>microstrain</i>

**LAMPIRAN**

**Lampiran A (Lampiran B): Zona Iklim**

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 pengaruh kelembaban perkerasan terhadap proses pemilihan modulus tanah dasar. Zona iklim diperlukan untuk dapat menggunakan desain 1.



Gambar B – 1 Zona Iklim di 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, misalnya Baturaden (tidak ditunjukkan di peta)	>3000

Gambar B – 2 Zona Iklim untuk Indonesia

**Lampiran B (Lampiran D): Distribusi beban kelompok sumbu kendaraan berat  
Heavy Vehicle Axle Group (HVAG)**

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

**TERMASUK BUS**

Beban kelompok Sumbu  (kN)	Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga				
	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG
	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	

Beban kelompok Sumbu (kN)	Jenis Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga				
	STRT	STRG	STdRT	STdRG	STrRG
	<b>Kelompok sumbu sebagai persen dari kendaraan niaga</b>				
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					
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
<b>Proporsi Sumbu</b>	<b>55.8%</b>	<b>26.4%</b>	<b>4.3%</b>	<b>12.2%</b>	<b>1.3%</b>

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 C (Lampiran F): Desain Bahu 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  $\geq \pm 0\%$ ). 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 untuk desain bahu berpengikat**

Lalu lintas desain untuk bahu berpengikat tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas desain untuk 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 D (Lampiran G): 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 *finishing* 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 drainase 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 ini 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 sebagai berikut:

- a) Daftar ketentuan minimum drainase bawah permukaan
- b) Daftar pekerjaan struktur perkerasan termasuk lokasi penyesuaian faktor 'm'.

### Lampiran E (Lampiran I) : Kutipan Tabel dari MKJI 1997

Berikut adalah tabel-tabel yang dikutip dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 yang diperlukan untuk perhitungan kapasitas jalan (antar kota).

#### Penentuan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Table A-3:1 Passenger Car Equivalent (EMP) for 2/2 UD road

Tipe alinyemen	Arus lalu lintas per arah (kend/j)	Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)					
		MHV	LB	LT	MC		
					Carriageway width (m)		
					< 6	6 - 8	> 8
Datar	0	1.2	1.2	1.8	0.8	0.6	0.4
	800	1.8	1.8	2.7	1.2	0.9	0.6
	1350	1.5	1.6	2.5	0.9	0.7	0.5
	≥1900	1.3	1.3	2.5	0.6	0.5	0.4
Bukti	0	0	1.6	1.8	0.7	0.5	0.3
	650	2.4	2.5	5.0	1.0	0.8	0.5
	1100	2.0	2.0	4.0	0.8	0.6	0.4
	≥ 1600	1.7	1.7	3.2	0.5	0.4	0.3
Gunung	0	0	3.5	2.5	0.6	0.4	0.2
	450	3.0	3.2	5.5	0.9	0.7	0.4
	900	2.5	2.5	5.0	0.7	0.5	0.3
	≥ 1350	1.9	2.2	4.0	0.5	0.4	0.3

Table A-3-2: Ekivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk jalan 4/2 terbagi dan tidak terbagi

Tipe alinyemen	Arus lalu lintas (kend/j)		Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)			
	Jalan terbagi (per arah)	Jalan tak terbagi (total)	MHV	LB	LT	MC
Datar	0	0	1.2	1.2	1.6	0.5
	1000	1700	1.4	1.4	2.0	0.6
	1800	3500	1.6	1.7	2.5	0.8
	> 2150	> 3950	1.3	1.5	2.0	0.5
Bukti	0	0	1.8	1.6	4.8	0.4
	750	1350	2.0	2.0	4.6	0.5
	1400	2500	2.2	2.3	4.3	0.7

	> 1750	>3150	1.8	1.9	3.5	0.4
Gunung	0	0	3.2	2.2	5.5	0.3
	550	1000	2.9	2.6	5.1	0.4
	1100	2000	2.6	2.9	4.8	0.6
	> 1500	> 2700	2.0	2.4	3.8	0.3

Tabel A: 3-3 EMP jalan enam lajur – dua arah terbagi (6/2 D)

Tipe alinyemen	Arus lalu lintas per arah (kend/j)	Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)			
		MHV	LB	LT	MC
Flat Datar	0	1.2	1.2	1.6	0.5
	1500	1.4	1.4	2.0	0.6
	2750	1.6	1.7	2.5	0.8
	≥ 3250	1.3	1.5	2.0	0.5
Bukti	0	1.8	1.6	4.8	0.4
	1100	2.0	2.0	4.6	0.5
	2100	2.2	2.3	4.3	0.7
	≥ 2650	1.8	1.9	3.5	0.4
Gunung	0	3.2	2.2	5.5	0.3
	800	2.9	2.6	5.1	0.4
	1700	2.6	2.9	4.8	0.6
	≥ 2300	2.0	2.4	3.8	0.3

Tabel A: 3-4 EMP kendaraan sedang berat dan truk besar pada tanjakan khusus

Panjang (km)	EMP									
	Gradien (%)									
	3		4		5		6		7	
	MHV	LT	MHV	LT	MHV	LT	MHV	LT	MHV	LT
0.5	2.00	4.00	3.00	5.00	3.80	6.40	4.50	7.30	5.00	8.00
0.75	2.50	4.60	3.00	6.00	4.20	7.50	4.80	8.60	5.30	9.30
1.0	2.80	5.00	3.50	3.60	4.40	7.60	5.00	8.60	5.40	9.30
1.5	2.80	5.00	3.60	3.60	4.40	7.60	5.00	8.50	5.40	9.10
2.0	2.80	5.00	3.60	3.60	4.40	7.50	4.90	8.30	5.20	8.90
3.0	2.80	5.00	3.60	3.60	4.20	7.50	4.60	8.30	5.00	8.90
4.0	2.80	5.00	3.60	3.60	4.20	7.50	4.60	8.30	5.00	8.90
5.0	2.80	5.00	3.60	3.60	4.20	7.50	4.60	8.30	5.00	8.90

**Kapasitas Jalan**

Tabel C-1:1 Kapasitas dasar untuk jalan antar kota dengan 4 lajur 2 arah (4/2)

Jenis dan alinyemen jalan	Kapasitas dasar total dua arah (SMP/Jam/Lajur)
<b>Empat lajur terbagi</b>	
- Datar	1900
- Bukit	1850
- Gunung	1800
<b>Empat lajur tak terbagi</b>	
- Datar	1700
- Bukit	1650
- Gunung	1600

Tabel C-2:1 Faktor penyesuaian pengaruh lebar lajur lalu lintas,  $FC_w$ , terhadap kapasitas

Jenis jalan	Lebar efektif lajur lalu lintas ( $W_e$ ) (m)	$FC_w$
Empat lajur terbagi Enam lajur terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.96
	3.50	1.00
	3.75	1.03
Empat lajur tak terbagi	Per lajur	
	3.00	0.91
	3.25	0.96
	3.50	1.00
	3.75	1.03
Dua lajur tak terbagi	Total dua arah	
	5	0.69
	6	0.91
	7	1.00
	8	1.08
	9	1.15
	10	1.21
11	1.27	

**Tabel C-3:1 Faktor penyesuaian kapasitas karena pemisahan arah ( $FC_{SP}$ )**

Pemisahan arah SP %-%		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
$FC_{SP}$	Dua lajur 2/2	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88
	Empat lajur 4/2	1.00	0.975	0.95	0.925	0.90

**Tabel C-4:1 Faktor penyesuaian kapasitas akibat pengaruh hambatan samping ( $FC_{SF}$ )**

Jenis jalan	Kelas hambatan	Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping ( $FC_{SF}$ )			
		$\leq 0.5$	1.0	1.5	$\geq 2.0$
4/2 D	VL	0.99	1.00	1.01	1.03
	L	0.96	0.97	0.99	1.01
	M	0.93	0.95	0.96	0.99
	H	0.90	0.92	0.95	0.97
	VH	0.88	0.90	0.95	1.01
2/2 UD 4/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.88	0.91	0.64	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

**Tabel A-4:1 Kelas hambatan samping**

Jenis jalan	Kelas hambatan	Faktor penyesuaian akibat pengaruh gesekan samping ( $FC_{SF}$ )			
		$\leq 0.5$	1.0	1.5	$\geq 2.0$
4/2 D	VL	0.99	1.00	1.01	1.03
	L	0.96	0.97	0.99	1.01
	M	0.93	0.95	0.96	0.99
	H	0.90	0.92	0.95	0.97
	VH	0.88	0.90	0.95	1.01
2/2 UD 4/2 UD	VL	0.97	0.99	1.00	1.02
	L	0.93	0.95	0.97	1.00
	M	0.88	0.91	0.64	0.98
	H	0.84	0.87	0.91	0.95
	VH	0.80	0.83	0.88	0.93

### Faktor penyesuaian kapasitas

Faktor penyesuaian kapasitas untuk 6-lajur dapat diperkirakan dengan menggunakan nilai  $FC_{SF}$  untuk jalan empat lajur yang diberikan di dalam Tabel C-4:1, yang disesuaikan sebagai berikut:

$$FC_{6SF} = 1 - 0.8 \times (1 - FC_{4SF})$$

Keterangan

$FC_{6SF}$  = faktor penyesuaian untuk jalan dengan enam – lajur

$FC_{4SF}$  = faktor penyesuaian untuk jalan dengan empat – lajur

Penentuan kapasitas pada kondisi lapangan

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/j)}$$

Keterangan

$C$  = *Capacity*

$C_0$  = *Basic capacity*

$FC_W$  = *Traffic lane adjustment factor*

$FC_{SP}$  = *Traffic direction adjustment factor*

$FC_{SF}$  = *Side friction adjustment factor*

### Kapasitas pada tanjakan khusus

Kapasitas pada tanjakan khusus dengan lajur pendakian pada dasarnya dihitung dengan cara yang sama seperti pada jalan dengan alinyemen biasa tetapi dengan menggunakan kapasitas dasar yang berbeda dan, dalam beberapa kasus, dengan faktor penyesuaian yang berbeda. *The capacity for a specific grade with climbing lane is calculated in essentially the same way*

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/j)}$$



Tabel C-6:1 Kapasitas dasar Co pada tanjakan khusus untuk jalan dua arah

Panjang /kemiringan tanjakan	Kapasitas dasar (smp/j)
Panjang $\leq 0.5$ km/semua tanjakan	3.000
Panjang $\leq 0.8$ km/tanjakan $\leq 4.5$ %	2.900
Semua kasus lainnya	2.800

Tabel C-6:2 Faktor penyesuaian untuk pemisahan arah pada tanjakan khusus jalan dua lajur

Persen lalu lintas mendaki (arah 1)	FCSP
70	0.78
65	0.83
60	0.88
55	0.94
50	1.00
45	1.03
40	1.06
35	1.09
30	1.12

# **TIM PENYUSUN**

Ir. Ajang Zaenal Affandi, MT

Ir. Eduard Pauner, MT

Dr. Ir. TB Hisni, M.Si

Ir. Saktyanu PSD, M.Eng.Sc

Ir. Herjanto Djaelan

Ir. Adiwijaya, PhD

Ir. Tontro Prastowo, M.Eng.Sc