

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Menurut Shirley L. Hendarsin dalam bukunya “Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya” pada halaman 208 dan 209 menguraikan: Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*) yaitu perpaduan antara lentur dan kaku. Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan untuk jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah pernah diperkeras).

Perencanaan konstruksi atau tebal lapis perkerasan jalan dapat dilakukan dengan banyak cara (metode), antara lain: metode AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan *The Asphalt Institute* (Amerika), metode *Road Note* (Inggris), metode NAASRA (Australia) dan metode Bina Marga (Indonesia). Perkerasan Lentur dipergunakan cara Bina Marga dengan “Metode Analisa Komponen” (SKBI : 2.3.26.1987 / SNI 03-1732-1989) dan Perkerasan Kaku digunakan cara NAASRA (*Nasional Association of Australian*

State Road Authorities), “*Interim Guide to Pavement Thickness Design*” (1979) yang disesuaikan dengan kondisi Indonesia dan Bina Marga dalam SKBI : 2.3.28.1988 dan “*Pavement Design*” (*A Guide to the Structural Design of Road Pavement*), NAASRA, 1987.

Menurut Silvia Sukirman dalam bukunya “Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur” menguraikan, air yang menggenangi atau masuk kedalam pori perkerasan jalan merupakan salah satu faktor penyebab rusaknya jalan, oleh karena itu bagian atas jalan diusahakan memiliki sifat kedap air disamping adanya sistem drainase jalan yang memadai. Sifat kedap air ini diperoleh dengan menggunakan bahan pengikat dan pengisi pori antar agregat seperti aspal atau semen portland. Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan dibedakan menjadi:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat,
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat dan
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Disamping pengelompokan diatas, saat ini ada pula yang mengelompokkan menjadi perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan semi kaku (*semi-rigid pavement*). Dalam buku ini menjabarkan

beberapa metode perencanaan tebal lapis perkerasan lentur, antara lain: metode AASTHO, metode Analisis Komponen SNI 1732-1989-F dan metode Pt T-01-2002-B. Buku ini juga menguraikan metode - metode perencanaan tebal lapis tambah, sebagai berikut: metode SNI 1732-1989-F, metode Pt T-01-2002-B, metode No.01/MN/B/1983, metode RDS (*Road Design System*) dan metode Pd T-05-2005-B.

2.2. Dasar Teori

Dasar teori sebagai landasan penelitian yang diuraikan penulis disini berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu:

1. Bagian I Struktur Perkerasan Baru dan
2. Bagian II Rehabilitasi Perkerasan Lama.

Lingkup manual ini meliputi desain untuk struktur perkerasan jalan baru termasuk pelebaran jalan dan rehabilitasi perkerasan jalan lama berupa; overlay non-struktural, overlay struktural, daur ulang perkerasan (*recycling*) dan rekonstruksi.

Manual ini menitik beratkan desain pada aspek - aspek, sebagai berikut:

- a. Pencapaian tingkat pelayanan,
- b. Penerapan minimalisasi *life cycle cost*,
- c. Pertimbangan kepraktisan pelaksanaan,
- d. Penggunaan material yang efisien.

Manual desain perkerasan ini digunakan untuk menghasilkan desain awal terhadap struktur perkerasan baru termasuk pelebaran jalan dan desain rehabilitasi struktur perkerasan lama. Penggunaan manual ini harus dilakukan dengan hati-hati dan penuh pertimbangan terhadap semua aspek yang dijelaskan dalam manual ini. Menurut manual ini, desain yang baik harus memenuhi kriteria-kriteria seperti diuraikan, sebagai berikut:

- a. Menjamin tercapainya tingkat layanan jalan sepanjang umur rencana perkerasan,
- b. Merupakan *life cycle cost* yang minimum,
- c. Mempertimbangkan kemudahan saat pelaksanaan dan pemeliharaan,
- d. Menggunakan material yang efisien dan memanfaatkan material lokal semaksimal mungkin,
- e. Mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan dan
- f. Mempertimbangkan kelestarian lingkungan.

Konsep penggunaan manual ini sebagai kebijakan desain didasarkan pada perihal, sebagai berikut:

- a. Rencana pemeliharaan aset jalan:
 - Dapat mengoptimasi kemampuan pelayanan dan kemampuan pemeliharaan,
 - Dapat menyediakan rencana anggaran tahun jamak yang komprehensif,

- Dapat dimutakhirkan tahunan untuk menggambarkan pekerjaan terkontrak yang telah selesai dan keluaran survey pendahuluan yang sedang dilaksanakan dan
 - Dapat menjamin bahwa peningkatan kapasitas (volume lalu lintas) dilakukan bersamaan dengan penanganan terjadwal lainnya.
- b. Keputusan penganggaran harus diprioritasi berdasarkan pada:
- Sisa umur rencana (minimal 2 tahun untuk jalan dengan lalu lintas berat),
 - Volume lalu lintas (yang lebih besar didahulukan),
 - Masukan pemeliharaan (prioritaskan jalan dengan kebutuhan pemeliharaan tertinggi),
 - Penghematan biaya selama umur pelayanan.
- c. Jika anggaran tidak mencukupi untuk penanganan secara penuh atau jika penanganan mendatang terjadwalkan, misal peningkatan kapasitas maka dapat digunakan penanganan interim. Penanganan interim (atau disebut juga *holding treatment*) harus dapat memperpanjang umur perkerasan sampai penanganan penuh dijadwalkan.
- d. Daerah dengan kerusakan permukaan yang cukup parah termasuk alur yang lebih dari 30 mm atau retak blok atau retak buaya atau pemisahan butiran halus (pengelupasan) harus dikupas (*milling*) sebelum pelapisan ulang. Tebal pelapisan ulang minimum harus dinaikkan untuk mencakup tebal *milling* rata-rata. Ketentuan ini tidak berlaku untuk daerah yang perlu penambalan, rekonstruksi atau daur ulang.

- e. Daerah yang rusak parah dan daerah dengan lendutan lebih tinggi ditinjau dari nilai karakteristik untuk desain pelapisan ulang harus ditambah sebelum pelapisan ulang. Struktur penambalan harus paling tidak setara dengan struktur perkerasan baru untuk lokasi tersebut.

2.2.1. Desain Pelebaran Jalan Sebagai Struktur Perkerasan Baru

2.2.1.1. Prosedur Desain Perkerasan

Prosedur desain perkerasan dalam manual ini harus dipahami dan diikuti sebagaimana diuraikan di setiap bagian bagan-bagan yang terkait untuk mencapai solusi optimum.

Tinjauan prosedur desain pada segmen yang seragam adalah sebagai berikut:

1. Tentukan umur rencana dari Tabel 2-1: Umur Rencana Perkerasan,
2. Tentukan nilai-nilai $CESA_4$ untuk umur desain yang telah dipilih,
3. Tentukan nilai Traffic Multiplier (TM),
4. Hitung $CESA_5 = TM \times CESA_4$ dan gunakan untuk semua prosedur ini,
5. Tentukan tipe perkerasan dari Tabel 2-2 atau dari pertimbangan biaya,
6. Tentukan seksi-seksi subgrade yang seragam dan daya dukung subgrade,
7. Tentukan struktur pondasi jalan,
8. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain 3 atau 3A atau Bagan Desain lainnya.

2.2.1.2. Jenis Struktur Perkerasan

Jenis struktur perkerasan jalan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dapat dilihat pada beberapa gambar yang diuraikan dibawah ini, sebagai berikut:

1. Gambar 2-1, merupakan tipe struktur perkerasan lentur untuk lalu lintas berat dimana pondasi merupakan tanah dasar asli yang distabilisasi (jika diperlukan) atau penambahan lapis penopang (*capping layer*) ini pun jika dibutuhkan sebab tanah dasar asli yang dipadatkan bisa dijadikan sebagai pondasi dasar jika memenuhi persyaratan teknis.

	AC WC	Perkerasan
	AC BC	
	AC Base	
	LPA Kelas A atau CTB	
	LPA Kelas B	
	Perbaikan Tanah Dasar (jika dibutuhkan) atau Lapis Penopang (jika dibutuhkan)	Pondasi

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

Gambar 2-1 Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) Pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)

2. Gambar 2-2, merupakan tipe struktur perkerasan lentur untuk lalulintas berat dimana pondasi merupakan timbunan yang dipadatkan hingga mencapai CBR desain.

	AC WC	Perkerasan
	AC BC	
	AC Base	
	LPA Kelas A atau CTB	
	LPA Kelas B	
	Timbunan dipadatkan pada CBR desain	Pondasi

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

Gambar 2-2 Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) Pada Timbunan

3. Gambar 2-3, merupakan tipe struktur perkerasan lentur untuk lalulintas berat dimana pondasi merupakan tanah dasar yang diturunkan dan dibuat perlakuan perbaikan tanah dasar atau stabilisasi atau lapis drainase jika diperlukan.

	AC WC	Perkerasan
	AC BC	
	AC Base	
	LPA Kelas A atau CTB	
	LPA Kelas B	
	Perbaikan Tanah Dasar atau Lapis drainase (jika dibutuhkan)	Pondasi

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

Gambar 2-3 Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) Pada Galian

4. Gambar 2-4, merupakan tipe struktur perkerasan kaku untuk lalu lintas berat dimana pondasi adalah tanah dasar asli yang distabilisasi (jika diperlukan) atau penambahan lapis penopang (*capping layer*) jika dibutuhkan.

	Perkerasan Beton	Perkerasan
	Lapis Pondasi Beton Kurus (LMC)	
	Lapis Drainase Agregat Kelas A	
	Perbaiki Tanah Dasar (jika dibutuhkan) atau Lapis Penopang (jika dibutuhkan)	Pondasi

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

Gambar 2-4 Struktur Perkerasan Kaku Pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)

5. Gambar 2-5, merupakan tipe struktur perkerasan kaku untuk lalu lintas berat dimana pondasi adalah tanah timbunan dipadatkan hingga mencapai CBR desain.

	Perkerasan Beton	Perkerasan
	Lapis Pondasi Beton Kurus (LMC)	
	Lapis Drainase Agregat Kelas A	
	Timbunan dipadatkan pada CBR desain	Pondasi

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

Gambar 2-5 Struktur Perkerasan Kaku Pada Timbunan

6. Gambar 2-6, merupakan contoh tipe struktur perkerasan kaku untuk lalulintas berat dengan peningkatan tanah dasar dimana CBR 40% dengan tebal 850 mm jika diperlukan.

	Perkerasan Beton	Perkerasan
	Lapis Pondasi Beton Kurus (LMC)	
	Lapis Drainase Agregat Kelas A	
	Peningkatan Tanah Dasar Tebal 850 mm CBR 4% (jika dibutuhkan)	Pondasi

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013
Gambar 2-6 Komponen Struktur Perkerasan Kaku.

2.2.1.3. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dalam hal ini pelebaran perkerasan badan jalan seperti dalam Tabel 2-1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR) dibawah. Umur rencana tersebut tidak menjadi sesuatu keharusan, dalam hal ini perencana bisa menggunakan umur rencana yang berbeda dengan sasaran biaya ekonomis dengan kapasitas jalan selama umur rencana harus mencukupi. Jika menggunakan umur rencana berbeda, 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/>.

Tabel 2-1 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

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

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

2.2.1.4. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai perkiraan lalulintas, umur rencana dan kondisi pondasi jalan. Batasan di dalam Tabel 2.2 tidak absolut. Desainer juga harus mempertimbangkan biaya selama umur pelayanan terendah, batasan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif diluar solusi desain awal berdasarkan manual ini harus didasarkan pada biaya terendah untuk umur pelayanan.

Pada Tabel 2-2 pemilihan jenis perkerasan, kotak-kotak yang berwarna hijau merupakan solusi yang lebih diutamakan sedangkan pada kotak-kotak berwarna abu-abu merupakan solusi alternatif. Angka 1 (satu) dalam kotak yang berarti tingkat kesulitan pelaksanaannya sedang sehingga dapat dilaksanakan oleh kontraktor kecil. Angka 2 (dua) dalam kotak yang berarti tingkat kesulitan

pelaksanaannya bisa dilakukan oleh kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai. Pada kotak yang berisi angka 3 (tiga) tingkat kesulitannya membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus yang dibutuhkan seperti kontraktor spesialis burda.

Tabel 2-2 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	desain	ESA20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 - 0,5	0,1 - 4	4 - 10	10 - 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalulintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalulintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA 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 tipis atau HRS diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau Kerikil Alam	Gambar 5	3	3			
Lapis Pondasi Tanah Semen (<i>Soil Cement</i>)	Gambar 6	1	1			
Perkerasan Tanpa Penutup	Gambar 7	1				

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

Desain perkerasan jalan memiliki banyak pilihan yang dapat dipertimbangkan khususnya untuk pekerjaan yang besar seperti pekerjaan pelebaran jalan. Beberapa jenis perkerasan seperti LPA (Lapis Pondasi Atas) Agregat Kelas B dan Agregat Kelas A sudah menjadi umum dipergunakan, tetapi tidak semua daerah yang memiliki ketersediaan batu gunung atau batu alam bahkan jika ada belum tentu memadai dari segi kualitas, sehingga mendatangkan batu pecah menjadi solusi yang mahal.

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

Penanganan perkerasan eksisting maupun pelebaran umumnya dipilih struktur perkerasan yang sama dengan struktur eksisting. Kehatihan harus dilakukan untuk menjamin drainase mengalir dari struktur eksisting dan lapisan berbutir baru. Jika perkerasan kaku digunakan untuk pelebaran perkerasan lentur, terutama untuk jalan diatas tanah lunak, maka rekonstruksi dengan lebar penuh harus dipertimbangkan, karena jika tidak maka serangkaian pemeliharaan lanjutan pada perkerasan kaku akan menjadi sulit.

Perkerasan CTB (*Cement Treated Base*) merupakan struktur perkerasan jalan yang mengkomposisikan material perkerasan Lapis Pondasi Agregat Kelas A dengan Semen (*Portland Cement*). Metode ini menawarkan penghematan yang cukup signifikan dan bisa menjadi solusi dibanding perkerasan lapis pondasi berbutir atau perkerasan beton untuk jalan yang dilewati lalu lintas sedang dan lalu lintas berat. Pondasi jenis CTB ini bisa dikategorikan semi-rigid.

2.2.1.5. Lalu lintas

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

1. Survey lalulintas aktual, dengan durasi minimal 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey agar mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Pd T-19-2004-B atau dapat menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil – hasil survey lalulintas sebelumnya.

Dalam analisis lalulintas, terutama untuk penentuan volume lalulintas pada jam sibuk dan Lintas Harian Rata - Rata Tahunan (LHRT) agar mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor ditambah 30% jumlah sepeda motor. Sangat penting untuk memperkirakan volume lalulintas yang realistis. Desainer harus membuat survey cepat secara independen untuk memverifikasi data lalulintas jika terdapat keraguan terhadap data.

Faktor pertumbuhan lalulintas didasarkan pada data – data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka pada Tabel 2-3 digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2-3 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (i) Minimum untuk Desain

	2011 - 2020	> 2021 - 2030
Arteri dan Perkotaan (%)	5	4
Kolektor Rural (%)	3,5	2,5
Jalan Desa (%)	1	1

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

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam Tabel 2-4 Faktor Distribusi Lajur (D_L). Kapasitas pada lajur desain tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana.

Tabel 2-4 Faktor Distribusi Lajur (D_L)

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

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

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

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang didesain,
2. Studi jembatan timbang yang telah pernah dilakukan sebelumnya dan dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain.

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

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

$$ESA = \text{jenis kendaraan LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor Distribusi} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (equivalent standard axle) untuk 1
(satu) hari

LHRT : lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana

R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas.

2.2.1.6. Zona Iklim

Pembagian zona iklim untuk Indonesia dinyatakan di dalam Gambar 2-7 Zona Iklim di Indonesia dan Tabel 2-5 Zona Iklim untuk Indonesia. Dalam desain perkerasan, iklim dapat mempengaruhi:

- a. Temperatur lapisan aspal dan nilai modulusnya,
- b. Kadar air di lapisan tanah dasar dan lapisan perkerasan berbutir.

Zona iklim diperlukan untuk dapat menggunakan Bagan Desain 1.



Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013
Gambar 2-7 Zona Iklim di Indonesia

Ruas jalan nasional Asam Baru – Simpang Bangkal Povinsi Kalimantan Tengah, berada pada zona iklim wilayah III. Pada Tabel 2-5 Zona iklim untuk Indonesia pada Zona III diuraikan, lokasi penelitian merupakan daerah tropis dan lembab dengan musim hujan sedang dengan tinggi curah hujan 1900 s/d 2500 mm/tahun.

Tabel 2-5 Zona Iklim untuk Indonesia

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

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

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

- BAGAN DESAIN 1 : Perkiraan nilai CBR tanah dasar
- BAGAN DESAIN 2 : Solusi desain pondasi jalan minimum³
- BAGAN DESAIN 3 : Desain perkerasan lentur aspal (opsi biaya minimum termasuk CTB)
- BAGAN DESAIN 3A : Desain perkerasan lentur alternatif : lapis beraspal dan lapis pondasi berbutir
- BAGAN DESAIN 4 : Desain perkerasan kaku untuk lalu lintas berat

- BAGAN DESAIN 4A : Desain perkerasan kaku untuk lalu lintas ringan
- BAGAN DESAIN 5 : Desain perkerasan kerikil dengan pelaburan aspal tipis
- BAGAN DESAIN 6 : Desain perkerasan tanah semen (soil cement)
- BAGAN DESAIN 7 : Desain perkerasan kerikil tanpa penutup dan perkerasan kerikil dengan pelaburan aspal tipis.

2.2.1.7. Desain Pondasi Jalan

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping layer*), 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 lalulintas konstruksi pada kondisi musim hujan.

Tiga faktor yang paling berpengaruh pada desain perkerasan adalah analisis lalulintas, evaluasi tanah dasar dan perkiraan dampak kadar air. Kerusakan perkerasan banyak terjadi selama musim penghujan. Kecuali jika tanah dasar tidak dapat dipadatkan seperti tanah asli pada daerah tanah lunak, maka daya dukung tanah dasar desain hendaknya didapat dengan perendaman selama 4 hari, dengan nilai CBR pada 95% kepadatan kering maksimum atau menggunakan Bagan Desain 1. Berdasarkan kriteria tersebut, CBR untuk timbunan biasa dan tanah dasar dari tanah asli di Indonesia umumnya 4% (berkisar antara 2,5% - 7%). Karena itu perlu dilakukan pengambilan sampel dan pengujian yang memadai.

Perkerasan membutuhkan tanah dasar yang :

- Memiliki setidaknya CBR rendaman minimum desain 6%.
- Dibentuk dengan baik
- Terpadatkan dengan benar
- Tidak sensitif terhadap hujan
- Mampu mendukung lalu lintas konstruksi.

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

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

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,

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

Pemilihan metode desain pondasi jalan berdasarkan kondisi lapangan yang ada dan yang mungkin terjadi terbagi atas 3 (tiga bagian), yaitu sebagai berikut:

1. Metode A untuk Tanah Normal

Kondisi A1 : Apabila tanah tanah dasar bersifat plastis atau berupa lanau, tentukan nilai batas-batas Atterberg (PI), gradasi, nilai potensi pengembangan (*potential swell*), letak muka air tanah, zona iklim, galian atau timbunan dan tetapkan nilai CBR dari Bagan Desain 1 atau dari uji laboratorium perendaman 4 hari.

Kondisi A2 : Apabila tanah dasar bersifat berbutir atau tanah residual tropis (tanah merah, laterit), nilai desain daya dukung tanah dasar harus dalam kondisi 4 hari rendaman, pada nilai 95% kepadatan kering modifikasi. Untuk kedua kondisi, pilih tebal perbaikan tanah dasar dari Bagan Desain 2.

2. Metode B untuk Tanah Aluvial Jenuh

Lakukan survey DCP dan karakterisasi tanah untuk mengidentifikasi sifat dan kedalaman tanah lunak dan daerah yang membutuhkan perbaikan tambahan (sebagai contoh daerah yang membutuhkan lapis penopang, konstruksi perkerasan khusus, pondasi cakar ayam atau pancang mikro). Jika tanah lunak terdapat dalam kedalaman kurang dari 1 m, maka opsi pengangkatan semua tanah lunak perlu ditinjau keefektivitas biayanya. Jika tidak, tetapkan tebal lapisan penopang (*capping layer*) dan perbaikan tanah dasar dari Bagan Desain 2. Bisa juga digunakan metode stabilisasi lainnya misal cakar ayam, pemacangan atau pencampuran tanah dalam. Jika tidak ada contoh atau pengalaman yang mendukung kecukupan desain lapis penopang atau desain lainnya untuk kondisi sejenis, maka perlu dilakukan uji timbunan percobaan dan pengujian pembebanan untuk verifikasi.

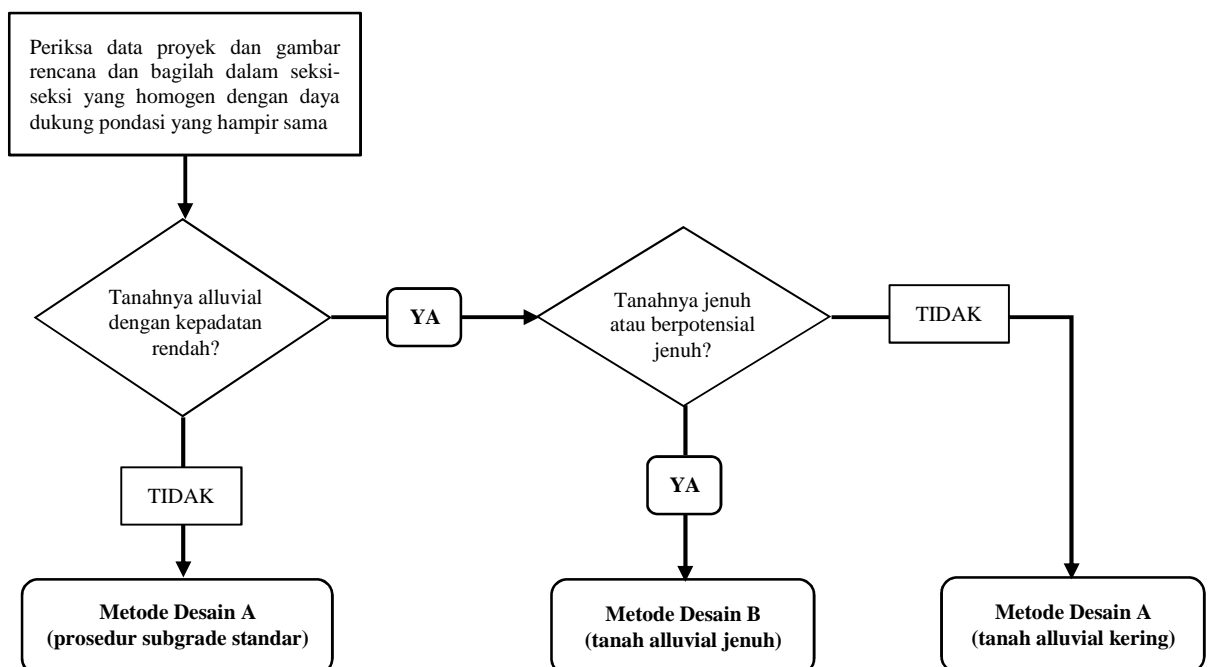
3. Metode C untuk Tanah Aluvial Kering

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

pada dataran banjir kering dan area sawah kering. Masalah terbesar dari kondisi tanah seperti ini adalah daya dukung yang memuaskan dapat hilang akibat pengaruh dari lalu lintas dan musim hujan. Karenanya penanganan pondasi harus sama dengan penanganan kasus tanah aluvial jenuh, kecuali jika perbaikan lanjutan dilakukan atau perbaikan dengan Metode B. Metode perbaikan lanjutan tersebut adalah:

- a. Jika lapis atas dapat dipadatkan menggunakan pemadat *pad foot roller*, maka tebal lapis penopang dari Bagan Desain 2 dapat dikurangi sebesar 200 mm.
- b. Digunakan metode pemadatan dalam yang terbaru misal *High Energy Impact Compaction* (HEIC) atau pencampuran tanah dalam yang dapat mengurangi kebutuhan lapis penopang.

Bagan Alir desain pemilihan metode desain pondasi jalan, sebagai berikut:



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

Gambar 2-8 Bagan Alir Desain Pemilihan Metode Desain Pondasi Jalan

Pada Tabel 2-6 Bagan Desain 1 dibawah ini tidak dapat digunakan untuk tanah aluvial jenuh atau tanah gambut.

Tabel 2-6 Bagan Desain 1 Perkiraan Nilai CBR Tanah Dasar

Posisi	LHRT < 2000			LHRT 2000			
	Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli			Semua galian kecuali terindikasi lain seperti kasus 3 dan timbunan tanpa drainase sempurna dan FSL < 1000 mm diatas muka tanah asli			
	1	2	3	4	5	6	
Posisi Muka Air Desain (Tabel 9-1)	Di bawah standard desain minimum (tidak direkomendasi)	Standar Desain Minimum	1200 mm di bawah tanah dasar	Di bawah standard desain minimum	Standar Desain Minimum	1200 mm di bawah tanah dasar	
Jenis Tanah	IP	Perkiraan CBR (%)					
Lempung Subur	50 - 70	2	2	2	2	2	
Lempung Kelanauan	40	2,5	2,7	3	2,5	2,6	3
	30	3	3,3	4	3,5	3,6	4
Lempung Kepasiran	20	4	4,3	5	4,5	4,8	5,5
	10	4	4,3	5	4,5	5	6
Lanau		1	1,3	2	1	1,3	2

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

(FSL adalah *Finished Surface Level* (Elevasi Permukaan Akhir))

Pada Tabel 2-7 dibawah, Bagan Desain 2 Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³

nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan, bagian atas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen tak terbatas 2,5%.

Tabel 2-7 Bagan Desain 2 : Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi desain pondasi	Ialu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				< 2	2 - 4	> 4
6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis 200 mm tebal lepas)	Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4				100	100
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 ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ^(2x4)	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ^(2x4)	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ^(2x4)	1000	1250	1500

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

Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis. Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi), Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan.

Tanah ekspansif didefinisikan sebagai tanah dengan Potensi Pengembangan (*Potential Swell*) melebihi 5%. Persyaratan tambahan untuk desain pondasi jalan diatas tanah ekspansif (prosedur AE pada Bagan Desain 2) adalah sebagai berikut:

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

Penentuan segmen tanah dasar yang seragam, panjang rencana jalan harus dibagi dalam segmen-segmen yang seragam (*homogene*) yang mewakili kondisi pondasi jalan yang sama. Hasil pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetration*) dapat digunakan secara langsung untuk memperkirakan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) bila saat pengujian kadar air tanah mendekati kadar air maksimum.

2.2.1.8. Desain Perkerasan

Manual ini menyajikan beberapa alternatif desain pekerasan untuk jalan baru dan alternatif desain pekerasan untuk penanganan pada eksisting lama, merupakan alternatif pilihan yang didasarkan pada lalulintas harian rata-rata, pembebanan dan pertimbangan biaya terkecil. Beberapa alternatif tersebut disajikan dalam bagan-bagan desain jenis perkerasan untuk jalan baru (termasuk pelebaran jalan) dan jalan lama (eksisting lama), sebagai berikut:

Tabel 2-8 Bagan Desain 3 : Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB¹

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

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

Pada Tabel 2-8 Bagan Desain 3 : Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB¹ berlaku ketentuan-ketentuan Struktur Pondasi Tabel 2-7 Bagan Desain 2 : Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum³. Khusus HRS tidak digunakan untuk kelandaian yang terjal atau daerah perkotaan dengan lalu lintas melampaui 1 juta ESA.

Pada Tabel 2- 9 Bagan Desain 3A : Desain Perkerasan Lentur Alternatif, hanya digunakan jika HRS atau CTB sulit untuk dilaksanakan, namun untuk desain perkerasan lentur tetap lebih mengutamakan desain menggunakan Tabel 2-8 Bagan Desain 3, sebagai berikut:

Tabel 2- 9 Bagan Desain 3A : Desain Perkerasan Lentur Alternatif

	STRUKTUR PERKERASAN			
	FF1	FF2	FF3	FF4
	ESA ₅ (juta) untuk UR 20 th di lajur desain			
	0,8	1	2	5
	TEBAL LAPIS PERKERASAN (mm)			
AC WC	50	40	40	40
AC BC lapis 1	0	60	60	60
AC BC LAPIS 2/ AC Base	0	0	80	60
AC BC LAPIS 3/ AC Base	0	0	0	75
LPA Kelas A lapis 1	150	150	150	150
LPA Kelas A lapis 2/ LPA Kelas B	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas Batu kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10%	150	150	0	0

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

Catatan Bagan Desain 3A:

1. FF1 atau FF2 harus lebih diutamakan daripada solusi F1 dan F2 atau dalam situasi jika HRS berpotensi rutting
 2. FF3 akan lebih efektif biaya relatif terhadap solusi F4 pada kondisi tertentu
 3. CTB dan pilihan perkerasan kaku (Bagan Desain 3) dapat lebih efektif biaya tapi dapat menjadi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Solusi dari FF5-FF9 dapat

lebih praktis daripada solusi Bagan Desain 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu, contoh jika perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis :pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau diatas tanah yang berpotensi konsolidasi atau pergerakan tidak seragam (pada perkerasan kaku) atau jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.

4. Faktor reliabilitas 80% digunakan untuk solusi ini.

5. Bagan Desain 3A digunakan jika HRS atau CTB sulit untuk diimplementasikan. Untuk desain perkerasan lentur, lebih diutamakan menggunakan Bagan Desain 3.

Tabel 2-10 Alternate Bagan Desain 3A : Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir (Solusi untuk Reliabilitas 80% Umur Rencana 20 Tahun).

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

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

Bagan Desain 4 : Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat dengan solusi perkerasan kaku merupakan *life cycle cost* yang rendah. Didalam perencanaan perkerasan kaku para desainer harus menggunakan pembebanan lalu lintas dengan kelompok beban yang aktual, pembebanan kelompok sumbu.

Tabel 2-11 Bagan Desain 4 : Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) ¹¹	< 4,3 x 10 ⁶	< 8,6 x 10 ⁶	< 25,8 x 10 ⁶	< 43 x 10 ⁶	< 86 x 10 ⁶
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²	150				

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

Pada Bagan Desain 4A (Tabel 2-12): Perkerasan Kaku Jalan Dengan Beban Lalu lintas Rendah, perkerasan kaku untuk lalu lintas rendah ini tidak menggunakan dowel dan LMC kecuali wiremess yang merupakan tulangan distribusi retak.

Tabel 2-12 Bagan Desain 4A: Perkerasan Kaku Jalan dng Beban LL Rendah

Tanah dasar	Tanah Lunak dengan Lapis Penopang		Dipadatkan Normal	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Bahu Terikat	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Tebal Pelat Beton (mm)				
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung pondasi tdk. seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis Pondasi Kelas A 30 mm	125 mm			
Jarak sambungan transversal	4 m			

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

Tabel 2-13 Ketebalan Lapisan yang Diijinkan Untuk Pelaksanaan dibawah merupakan tabel ketentuan tebal lapis perkerasan yang diijinkan untuk pelaksanaan, yang menjadi pendukung acuan desain masing-masing tebal lapisan perkerasan.

Tabel 2-13 Ketebalan Lapisan yang Diijinkan Untuk Pelaksanaan

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

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

2.2.2. Desain Rehabilitasi Perkerasan Jalan Lama

Lingkup manual ini meliputi beberapa desain untuk rehabilitasi perkerasan termasuk overlay struktural, daur ulang perkerasan (*recycling*) dan rekonstruksi pada eksisting perkerasan lama jalan.

2.2.2.1. Level Desain Dan Pemicu Penanganan

Terdapat dua tahap dalam analisis dan penanganan perkerasan pada eksisting perkerasan lama, seperti pada Tabel 2-14 sebagai berikut:

Tabel 2-14 Menyajikan garis besar nilai pemicu yang dapat diterapkan pada tahap perencanaan pemrograman.

Tahap Perencanaan Pemograman (Tingkat Jaringan)	Pemilihan calon ruas secara luas dan penanganan global
Tahap Desain (Tingkat Proyek)	Pengujian dengan interval pendek dan penanganan terinci untuk segmen-segmen yang seragam

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

Pada umumnya perencanaan hanya pada tahap desain atau tingkat proyek.

Nilai pemicu pada Tabel 2-15 didefinisikan sebagai nilai batas dimana suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan.

Tabel 2-15 Umur Rencana, Hubungan Nilai Pemicu Penanganan dan Jenis Pelapisan Perkerasan

Kriteria Beban Lalin (juta ESA ₅)	<0,5	0,5 - 30	>30
Umur Rencana Perkerasan Lentur	Seluruh penanganan - 10 tahun	Rekonstruksi – 20 tahun Overlay struktural – 15 tahun Overlay non struktural – 10 tahun Penanganan sementara – sesuai kebutuhan	
Pemicu tahap perencanaan pemograman (tingkat jaringan)	- IRI - visual	- IRI - visual - lendutan interval 500 m	- IRI - visual - lendutan interval 500 m - core/test pit pada 5000 m

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

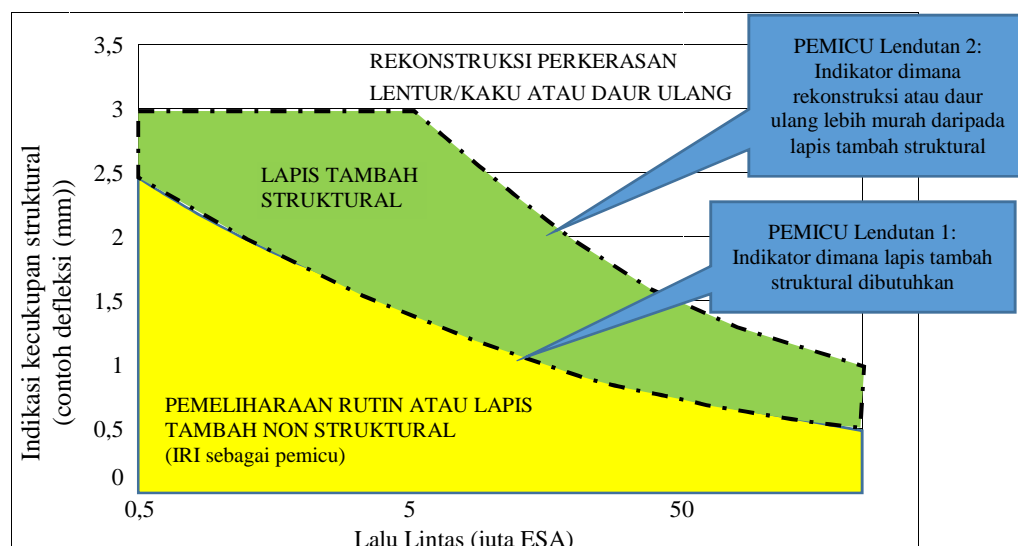
Tabel diatas menggambarkan periode umur rencana sehubungan dengan jenis desain berdasarkan nilai pemicu. Nilai pemicu dalam manual ini didefinisikan sebagai nilai batas dimana suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan (lihat Tabel 2-16 dan Gambar 2-9).

Tabel 2-16 Deskripsi Pemicu (Trigger)

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

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

Berikut adalah gambar pemicu konseptual untuk penanganan perkerasan, sebagai berikut:



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

Gambar 2-9 Pemicu Konseptual untuk Penanganan Perkerasan

Pemilihan penanganan pada tahap desain juga tetap memerlukan pertimbangan teknis (*engineering judgment*), sebagai berikut:

Tabel 2-17 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin < 1juta ESA4/10

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

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

Tabel 2-18 menguraikan jenis penanganan yang ditetapkan terhadap jenis pemicu untuk setiap segmen yang seragam, sebagai berikut:

Tabel 2-18 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin 1 - 30juta ESA4/10

	Penanganan	Pemicu untuk Setiap Segmen yang Seragam
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area.
2	<i>Heavy Patching</i>	Lendutan > Pemicu Lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> > 30% total area (jika lebih besar lihat 6 atau 7).
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas atau alur > 30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2 dan hasil pertimbangan teknis.
4	<i>Overlay</i> non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks ketidak-rataan lebih besar dari pemicu IRI 1.
5	<i>Overlay</i> struktural	> Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2.
6	Rekonstruksi	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal < 10 cm.
7	Daur ulang	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal > 10 cm.

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

Tabel dibawah ini adalah tabel pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin > 30juta ESA4/10, sebagai berikut:

Tabel 2-19 Pemilihan Jenis Penanganan pada Tahap Desain untuk Perkerasan Lentur Eksisting dan Beban Lalin > 30juta ESA4/10

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

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

Tabel 2-20 dan Tabel 2-21 memberikan nilai pemicu untuk tahap pelaksanaan untuk suatu kisaran tingkat lalu lintas, sebagai berikut:

Tabel 2-20 Pemicu Ketidak-rataan untuk Overlay dan Rekonstruksi

LHRT (kend/jam)	Pemicu IRI 1 Untuk overlay Non-struktural	Pemicu IRI 2 untuk overlay struktural (Lalin < 1 juta ESA ₄) atau pengupasan (untuk lalin > 1 juta ESA ₄ harus Digunakan Pemicu Lendutan)	Pemicu IRI 3 Untuk investigasi rekonstruksi
< 200	6,75	8	12
> 200 – 500	6,5		
> 500 – 7500	6,25		
> 7500	6		

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

Garis Besar Proses Pemilihan Penanganan :

- 1 Tentukan pembebanan lalu lintas (nilai $ESA_{4/10}$) dengan metode yang diberikan didalam Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru.
- 2 Tentukan umur desain dari Tabel 2-15.
- 3 Gunakan Tabel 2-16, 2-17, 2-18, 2-19 atau 2-20 untuk memilih jenis atau beberapa jenis penanganan yang optimum dan dapat menggunakan pertimbangan (*judgment*) jika diperlukan.
- 4 Hitung ketebalan penanganan alternatif aktual menggunakan manual ini.
- 5 Jika diperoleh lebih dari satu solusi yang memungkinkan, pilih solusi yang paling efektif.

Tabel 2-21 Lendutan Pemicu untuk Lapis Tambah dan Rekonstruksi

Lalulintas untuk 10 Thn (juta ESA / lajur)	JenisLapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk Overlay ² (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk Investigasi untuk Rekonstruksi atau Daur Ulang (Lendutan Pemicu 2)	
		Lendutan Karakteristik Benkleman Beam (mm) ³	Lengkungan FWD $D_0 - D_{200}$ (mm)	Lendutan Karakteristik Benkleman Beam (mm) ⁴	Lengkungan FWD $D_0 - D_{200}$ (mm)
< 0,1	HRS	> 2,3	Tidak digunakan	> 3,0	Tidak digunakan
0,1 - 0,2	HRS	> 2,1	0,63	> 2,7	
0,2 - 0,5	HRS	> 2,0	0,48	> 2,7	
0,5 - 1	HRS	> 1,5	0,39	> 2,7	0,66
1 - 2	HRS	> 1,3	0,31		0,54
2 - 3	AC	> 1,25	0,28		0,46
2 - 5	AC	> 1,2	0,23		0,39
5 - 7	AC	> 1,15	0,21		0,35
7 - 10	AC	> 1,1	0,19		0,31
10 - 30	AC	> 0,95	0,13	1,35	0,18
30 - 50	AC / Perkerasan Kaku	> 0,88	0,11	1,2	0,175
50 - 100	AC / Perkerasan Kaku	> 0,8	0,091	1,0	0,170
100 - 200	AC / Perkerasan Kaku	> 0,75	0,082	0,9	0,16

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

2.2.2.2. Lalu Lintas

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

2.2.2.3. Analisis Perkerasan Eksisting

Bagian 1 Struktur Perkerasan Baru menguraikan prosedur penentuan nilai CBR tanah dasar dan kegiatan untuk penanganan tanah dasar termasuk untuk tanah ekspansif dan tanah lunak, yang juga harus diterapkan untuk pekerjaan rehabilitasi jalan. Perbedaan pada pekerjaan rehabilitasi adalah bahwa lapis perkerasan eksisting biasanya mencegah penanganan lebih lanjut pada tanah dasar eksisting. Daerah-daerah yang memerlukan rekonstruksi penuh dan heavy patching merupakan pengecualian. Daya dukung tanah dasar dapat dilakukan dengan menggunakan DCP pada periode terbasah sepanjang tahun. Nilai CBR tanah dasar eksisting dan ketebalan sisa lapis perkerasan eksisting merupakan masukan yang penting untuk bagan desain yang diberikan pada manual ini. Tanah dasar dan ketebalan perkerasan eksisting dapat sangat beragam, sehingga harus ditentukan segmen-segmen yang seragam.

Nilai lendutan-balik (BB) dan nilai kondisi lapis permukaan dari survey roughometer merupakan parameter pendukung untuk pengambilan alternatif penanganan pada eksisting lama.

2.2.2.4. Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan perkerasan akan bervariasi terhadap lalu lintas dan umur rencana yang diharapkan, serta kasus dari jalan yang akan ditangani.

Faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan :

- Kebutuhan utama adalah nilai biaya sekarang selama masa layanan (*discounted lifetime cost*) termurah dan kemudahan dalam pelaksanaan. Oleh karena itu setiap opsi harus dihitung biayanya dan biaya yang paling murah harus dipilih.
- Pertimbangkan reskonstruksi penuh dari pada overlay jika overlay yang dibutuhkan lebih dari 100 mm untuk jalan dengan lalu lintas 4 juta ESA5 atau melebihi 150 mm - 210 mm untuk jalan dengan lalu lintas lebih dari 4 juta ESA5 dan pada semua kasus dimana perkerasan eksisting dalam kondisi rusak berat (heavy patching dibutuhkan > 30% area perkerasan).
- Bahan pengikat modifikasi memberikan manfaat yang signifikan namun membutuhkan sumber daya, kontraktor dan keahlian yang sering kali tidak tersedia. Aspal modifikasi hanya bisa digunakan jika sumber daya dan keahlian yang dibutuhkan tersedia. Aspal modifikasi dapat memperlebar rentang penggunaan overlay aspal tipis dan lapis aus dengan lalu lintas berat.
- Perkerasan kaku dapat menjadi solusi yang layak untuk jalan rusak berat dengan lalu lintas berat (lalu lintas 20 tahun > 30 juta ESA4)
- Daur ulang (recycling) membutuhkan peralatan dan kontraktor dengan keahlian khusus.

Pada Tabel 2-22a Pemilihan Struktur Perkerasan (*overlay*) dibawah memberikan batasan pemelihan struktur perkerasan berdasarkan besaran ekuivalensi jumlah lalulintas ESA₅ 20 tahun (juta), sebagai berikut:

Tabel 2-22a Pemilihan Struktur Perkerasan (*overlay*)

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
Struktur Perkerasan	ESA ₅ 20 tahun (juta)				
	0 – 0,1	0,1 - 4	4 - 10	10 - 30	> 30
AC BC modifikasi SBS					
AC BC modifikasi yang disetujui					
AC BC normal					

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

Pada Tabel 2-22b Pemilihan Struktur Perkerasan (rekonstruksi) dibawah merupakan solusi pemilihan perkerasan rekonstruksi berdasarkan ekuivalensi besaran jumlah lalulintas ESA₅ 20 tahun (juta), sebagai berikut:

Tabel 2-22b Pemilihan Struktur Perkerasan (rekonstruksi)

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

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

Ketentuan diatas bukan harga mati, desainer harus mempertimbangkan kendala-kendala pelaksanaan dan kepraktisan konstruksi. Solusi alternatif harus didasari oleh biaya masa layanan terkecil atau paling kompetitif.

	Solusi yang diutamakan
	Alternatif – lihat Catatan

2.2.3. Analisis Nilai Investasi

Metode analisis nilai investasi yang dipergunakan penulis adalah Metode Deret Seragam (*Annual Worth Analysis*). Pada metode ini semua aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan dikonversikan kedalam deret seragam dengan tingkat bunga sebesar MARR. Periode aliran kas yang seragam menjadi alasan penggunaan Metode Deret Seragam (*Annual Worth Analysis*) sebagai rumusan analisis nilai investasi. Perhitungan deret seragam ini dipilih dari P sehingga berlaku hubungan/persamaan:

$$A(i) = P(i) (A/P, i\%, N) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

i = tingkat suku bunga bank per periode

N = jumlah periode bunga

P = jumlah uang pada saat sekarang

F = jumlah uang pada saat mendatang

A = Pembayaran yang dilakukan pada setiap akhir periode dengan jumlah yang sama dalam suatu rangkaian pembayaran selama N periode.

Terkhusus biaya pemeliharaan (*overlay non-struktural*) dipergunakan nilai proyeksi pada tahun ke-10 menggunakan konsep Nilai Waktu dari Uang, artinya sejumlah uang pada saat sekarang akan sama nilainya dengan sejumlah uang dimasa mendatang, dengan persamaan:

$$F(i) = P(i) (F/P, i\%, N) \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana: F = jumlah uang pada saat 10 tahun mendatang.