

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Klasifikasi Jalan

Menurut (Kristiano et al., 2019) jalan adalah sarana prasarana transportasi untuk menghubungkan dua wilayah agar bisa melakukan aktivitas di darat. Dalam pembuatan jalan sebaiknya mempertimbangkan beberapa kriteria, pemilihan teknologi dan jenis konstruksi yang akan dipakai. Dalam membuat jalan baru harus memperhatikan beberapa hal antara lain :

- a. Memperhatikan bentuk trase jalan.
- b. Pengerjaan tanah disekitar yang relative cepat dan ekonomis.
- c. Meminimalisir banyaknya bangunan tambahan, seperti adanya gorong-gorong, jembatan, dll.
- d. Sistem drainase jalan.
- e. Pembebasan lahan yang akan dibangun tidak sulit.
- f. Pembuatan jalan yang dimaksud tidak merusak lingkungan.
- g. Ketersediaan anggaran dan efisiensi biaya.

Dalam perencanaan struktur perkerasan jalan, pemilihan jenis perkerasan merupakan salah satu tahapan penting yang harus disesuaikan dengan kondisi teknis lapangan, fungsi jalan, karakteristik tanah dasar, serta aspek efisiensi pelaksanaan. Setiap jenis perkerasan memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi penggunaan, keunggulan, maupun keterbatasannya. Oleh karena itu, diperlukan kajian komparatif untuk menentukan alternatif perkerasan yang paling sesuai dengan kebutuhan dan kondisi wilayah perencanaan.

Jalan memiliki banyak jenis serta kelebihan dan kekurangan pada masing-masing yang perlu dipertimbangkan dalam aspek teknis, ekonomis, kemudahan pelaksanaan, serta dampaknya terhadap lingkungan. Berikut perbandingan jenis kriteria jalan berdasarkan kriteria penggunaan, keuntungan, dan kerugian sebagai bahan pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan perencanaan yang bisa dicermati dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kriteria jalan

Jenis Perkerasan	Penggunaan	Keuntungan	Kerugian
Tanah	- Pembukaan jalan baru	- Mudah pelaksanaannya bila medannya tidak berat - Relatif murah	- Mudah tererosi, sehingga perlu perkuatan didaerah yang jelek/stabilisasi
Telford/Makadam	- Pada daerah datar dan berbukit - Kondisi tanah dasar lunak dan keras - Daerah tanjakan/turunan - Peningkatan jalan tanah	- Relatif mudah dikerjakan - Konstruksi lebih kuat dari sirtu - Mudah diperbaiki	- Tidak semua desa mudah mendapatkan batu belah
Aspal	- Peningkatan dari jalan Terlford/sirtu - Daerah tanjakan/turunan >12%	- Permukaan lebih halus/baik dari jalan Telford/sirtu (lebih awet dan nyaman)	- Relative mahal - Perawatan sulit - Perlu pengawasan tinggi - Sedikit menyerap tenaga kerja
Beton/Rabat Beton	- Jenis tanah labil/mudah pecah/lembek - Pada tanjakan - Singkapan batu	- Awet - Mudah pelaksanaannya - Mudah diperbaikinya - banyak menyerap tenaga kerja	- relative mahal - Perlu pengawasan
Paving Blok	- Jalan lingkungan - Trotoar/pertamanan - Tempat parker/terminal bus	- Awet - Mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan - Ukuran pavin lebih terjamin - Memperindah permukaan tanah/lingkungan - Raman lingkungan	- Relatif mahal

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Cipta Karya).

Klasifikasi jalan merupakan pengelompokan ruas jalan berdasarkan kriteria tertentu untuk memudahkan pengaturan, pembinaan, dan pengawasan. Pengelompokan ini bertujuan untuk menjamin efisiensi pergerakan barang dan jasa, menjaga tingkat keselamatan pengguna jalan, serta memberikan kepastian hukum terkait kewenangan pengelolaan operasional dan pemeliharaan jalan. Berdasarkan regulasi yang berlaku di Indonesia, Klasifikasi jalan diatur dalam Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006

tentang Jalan, serta Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jalan umum diklasifikasikan menurut status (kewenangan pengelolaan) dan kelas jalan (kemampuan menerima beban lalu lintas).

2.1.1.1 Status Jalan

Bersumber UU RI No.38/2004 tentang Jalan dan PP No.34/2006 perihal Jalan, bisa dikelompokkan sesuai dengan kewenangan/status meliputi:

1. Jalan Nasional

Jalan ini ialah meliputi:

- a. Jalan kolektor primer yang mengaitkan antar ibukota provinsi
- b. Jalan arteri primer
- c. Jalan strategis nasional
- d. Jalan tol

Untuk pembagian ruas jalan pada jalan nasional akan ditentukan oleh Menteri PUPR berbentuk SK Menteri PUPR.

2. Jalan Provinsi.

Yang tergolong jalan ini ialah:

- a. Jalan kolektor primer penghubung ibukota kabupaten/kota dengan provinsi.
- b. Jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kolektor primer penghubung antar ibukota kabupaten/kota.
- d. Jalan di DKI Jakarta.

Pembagian ruas jalan ini ditentukan oleh Gubernur pada SK Gubernur.

3. Jalan Kabupaten.

Yang termasuk jalan ini meliputi:

- a. Jalan kolektor primer terkecuali selain jalan provinsi dan nasional
- b. Jalan lokal primer penghubung ibukota kecamatan dengan kabupaten, desa dan ibukota kabupaten, desa dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, serta antar desa.
- c. Jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan sekunder terkecuali selain jalan sekunder dalam kota dan provinsi.

Pembagian ruas jalan kabupaten ditentukan oleh Bupati pada SK Bupati.

4. Jalan Kota

Jalan berikut yakni jalanan umum melalui jaringan sekunder dalam kota dan berada di bawah kendali kota. Ruas jalan kota tersebut ditentukan oleh Walikota pada SK Walikota.

5. Jalan Desa

Jalan desa biasanya ialah jalanan umum yang mengaitkan pemukiman atau wilayah dalam suatu pedesaan.

2.1.1.2 Kelas Jalan

Bersumber UU No.22/2009 perihal Angkutan Jalan dan Lalu Lintas, Jalan dibedakan menjadi sejumlah kelas diantaranya:

- a. Intensitas dan fungsi pada lalu lintas.
- b. Daya dukung dalam menerima muatan.

Dalam pengelompokannya, Kelas Jalan tersusun atas:

a. Jalan Kelas I

Jalan yang bisa diakses transportasi yang lebarnya dibawah 2.500 mm, panjangnya dibawah 18.000 mm, tingginya 4.200 mm, dan poros terberat seberat 10 ton.

b. Jalan Kelas II

Jalan yang bisa diakses transportasi yang lebarnya dibawah 2.500 mm, panjangnya dibawah 12.000 mm, tingginya 4.200 mm dan poros terberat seberat 8 ton.

c. Jalan Kelas III

Jalan yang bisa diakses transportasi yang lebarnya dibawah 2.100 m, panjangnya dibawah 9.000 mm, tinggi maksimum 3.500 mm dan poros terberat seberat 8 ton. Pada kondisi khusus, daya dukung jalan kelas III bisa dikategorikan poros terberat dibawah 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

Jalan yang bisa diakses transportasi yang lebarnya dibawah 2.500 mm, panjangnya di atas 18.000 mm, tinggi maksimum 4.200 mm dan poros terberatnya melebihi 10 ton. Jalan ini disediakan bagi kendaraan dengan spesifikasi luar biasa (over-dimension), seperti angkutan alat berat atau logistik khusus yang melebihi standar dimensi umum dan MST di atas 10 ton.

2.1.2 Jenis-Jenis Perkerasan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bidang jalan, termasuk bangunan yang berhubungan dengan transportasi darat kecuali jalan kereta api (Minachussania, Yayan Adi Saputro, Decky Rochmanto, 2024). Perkerasan jalan merupakan suatu bagian jalan yang diperkeras dengan lapisan bahan tertentu untuk memberikan kekuatan, kestabilan, ketebalan, dan kekakuan tertentu sehingga dapat menyerap beban kendaraan yang melewati tanah dasar. Persyaratan pada lapis perkerasan harus memenuhi hal-hal dibawah ini diantaranya:

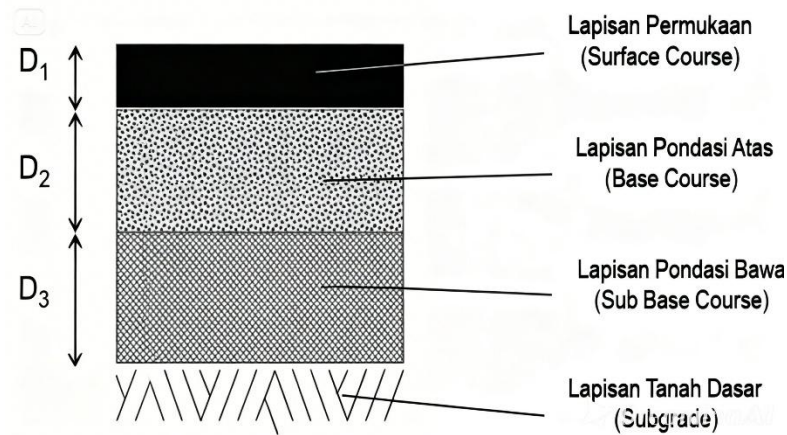
1. Dalam menahan beban lalu lintas diatasnya harus memiliki kekuatan yang cukup kuat.
2. Bisa menahan aus dan gaya gesek dari roda transportasi yang melintas serta tahan terhadap adanya air.
3. Pada saat dilewati memberikan rasa nyaman akibat permukaan yang halus.
4. Mempunyai keawetan dan nilai ekonomis.

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menyalurkan beban lalu lintas dari permukaan jalan ke tanah dasar secara aman tanpa menimbulkan kerusakan yang berlebihan. Perkerasan juga berfungsi untuk memberikan permukaan jalan yang rata, kuat, dan nyaman dilalui oleh kendaraan. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2013), perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan yang bekerja secara struktural untuk menahan beban kendaraan, meliputi: lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan tanah dasar (*subgrade*). Secara umum, konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi tiga jenis utama berdasarkan bahan yang digunakan dan mekanisme pelaksanaannya :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).
Menggunakan aspal sebagai pengikat yang disebarkan ke lapisan di bawahnya.
2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).
Menggunakan pelat beton semen sebagai lapis permukaan. Memiliki modulus elastisitas tinggi sehingga beban disebarkan secara luas ke tanah dasar.
3. Perkerasan Paving Blok (*Block Pavement*).
Tersusun dari blok-blok beton atau batu yang saling mengunci (*interlocking*).

2.1.3 Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

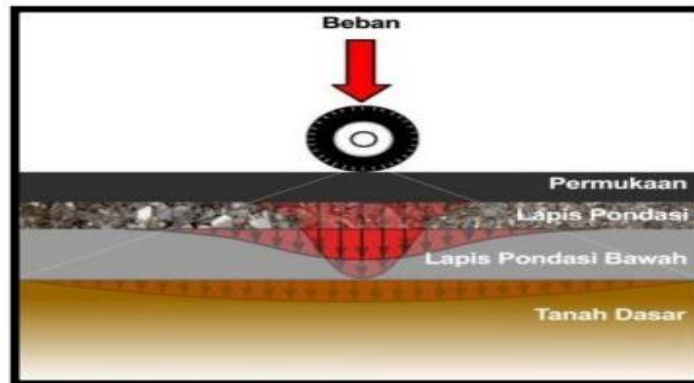
Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat (Sugatama et al., 2022). Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Berikut merupakan komponen struktur perkerasan lentur pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Komponen struktur perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

(Sumber : Sugatama et al., (2022))

Pada konstruksi ini saat menopang beban lalu lintas akan disalurkan oleh lapis permukaan yang disebarkan ke tanah dasar yang menjadi tumpuan lapisan-lapisan konstruksi di atasnya seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2. 2 Siklus transfer beban perkerasan lentur

(Sumber : Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Diklat Perkerasan Kaku, 2017)

Berdasarkan uraian-uraian tentang konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), berikut penjelasan tentang komponen struktur yang memikul dan menyebarkan beban tersebut.

2.1.4 Lapis Permukaan (*surface course*)

Menurut (Sugatama et al., 2022), Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Apabila diperlukan, dapat juga dipasang suatu lapis penutup/lapis aus (*wearing course*) di atas lapis permukaan tersebut.

2.1.4.1 Lapis Pondasi (*base course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis pondasi permukaan. Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda (Sugatama et al., 2022).

2.1.4.2 Lapis Pondasi Bawah (*subbase course*)

Lapis Pondasi Bawah adalah Perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas (Sugatama et al., 2022). Beberapa fungsi pada lapis pondasi bawah ialah meliputi:

- a) Guna menyalurkan dan mendukung beban sumbu roda kendaraan.
- b) Dalam menghemat penggunaan material, dapat mengurangi ketebalannya.
- c) Guna menghalau tanah dasar yang memasuki lapisan pondasi.
- d) Merupakan lapisan pertama yang dapat memperlancar implementasi.

2.1.4.3 Tanah Dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan yang berfungsi sebagai tempat peletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut Spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR) (Sugatama et al., 2022). Tanah semula atau tanah timbunan atau galian yang hendak dipadatkan guna meletakkan beberapa bagian perkerasan yang lain. Meskipun secara struktural berada di lapisan terbawah, tanah dasar memegang peranan paling vital dalam menentukan masa layanan dan keawetan konstruksi jalan.

2.1.4.4 Kelebihan dan Kekurangan Konstruksi Perkerasan Lentur

Kelebihan Perkerasan lentur (*flexible pavement*) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis perkerasan lainnya, di antaranya:

1. Biaya awal konstruksi lebih rendah. Pembangunan perkerasan lentur umumnya membutuhkan biaya awal yang lebih murah dibandingkan perkerasan kaku (*rigid pavement*), karena material utama seperti aspal relatif lebih ekonomis dan mudah didapatkan.
2. Proses pelaksanaan cepat dan mudah. Pekerjaan pelapisan dan pemadatan aspal dapat dilakukan dengan lebih cepat, serta dapat dibuka untuk lalu lintas dalam waktu singkat setelah pengerjaan selesai.
3. Kemudahan dalam pemeliharaan. Perkerasan lentur lebih mudah diperbaiki apabila terjadi kerusakan lokal seperti retak atau lubang. Perbaikan dapat dilakukan dengan penambalan tanpa harus membongkar seluruh lapisan.
4. Kenyamanan berkendara lebih baik. Permukaan jalan yang lentur mampu memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna jalan karena memiliki tingkat kerataan dan daya serap terhadap getaran yang lebih baik.
5. Adaptif terhadap perubahan tanah dasar. Struktur perkerasan lentur dapat menyesuaikan diri terhadap pergerakan kecil atau penurunan tanah dasar tanpa menyebabkan retak besar seperti pada perkerasan kaku.

Meskipun memiliki berbagai kelebihan, perkerasan lentur juga memiliki sejumlah kelemahan, yaitu:

1. Umur rencana relatif lebih pendek. Daya tahan perkerasan lentur terhadap beban lalu lintas berat dan cuaca ekstrem lebih rendah dibandingkan dengan perkerasan kaku, sehingga umur rencananya lebih pendek.
2. Biaya pemeliharaan lebih tinggi dalam jangka Panjang. Karena mudah mengalami deformasi (gelombang, rutting, atau bleeding), perkerasan lentur membutuhkan pemeliharaan rutin yang lebih sering, sehingga menambah biaya operasional.
3. Sensitif terhadap suhu dan air. Aspal sebagai bahan pengikat sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu. Pada suhu tinggi aspal dapat menjadi lunak, sedangkan pada suhu rendah dapat menjadi getas. Air yang masuk ke lapisan perkerasan juga dapat mempercepat kerusakan.

4. Kurang cocok untuk lalu lintas sangat berat. Pada jalan dengan volume lalu lintas berat dan berulang, perkerasan lentur cenderung mengalami penurunan performa lebih cepat dibandingkan dengan perkerasan kaku.
5. Kualitas hasil sangat bergantung pada pelaksanaan dan bahan. Mutu pekerjaan dan kualitas bahan sangat mempengaruhi kekuatan serta ketahanan perkerasan. Kesalahan kecil dalam pencampuran atau pemadatan dapat menurunkan umur jalan secara signifikan.

2.1.4.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Teknik analisis komponen Bina Marga 1987 bisa dipakai guna menghitung perancangan tebal perkerasan lentur dengan tahapan diantaranya :

1. Data-data jalan yang akan digunakan, seperti :
 - a. Perhitungan pertama yang dipakai ialah periode perancangan dan rata-rata lalu lintas harian.

Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintasi ruas jalan dalam satu hari. Data LHR setelah dihitung akan dikonversikan ke dalam satuan beban sumbu standar atau ekivalen mobil penumpang sesuai dengan metode yang digunakan.

- b. Jumlah lajur.

Nilai ekivalen mobil penumpang berdasarkan tipe jalan dan arus lalu lintas per lajur sebagaimana tercantum dalam Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Melalui Metode Analisis Komponen (1987) disajikan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Ekivalen mobil penumpang

Tipe Jalan	Arus lalu lintas per lajur	emp	
		HV	MC
Dua lajur satu arah (2/1) dan empat lajur terbagi (4/2D)	0 s.d 1.050 >	1,3	0,40
	1.050	1,2	0,25
Tiga lajur satu arah (3/1) dan enam lajur terbagi (6/2D)	0 s.d 1.100 >	1,3	0,40
	1.000	1,2	0,25

Keterangan : HV : Kendaraan berat, kendaran bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (bus, truk 2 as, trucks 3 as dan truk kombinasi)

MC : sepeda motor, kendaran bermotor berada 2 atau tiga

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

c. Lebar perkerasan

Dalam perencanaan geometrik jalan, penentuan jumlah lajur sangat dipengaruhi oleh lebar perkerasan yang direncanakan. serta keselamatan pengguna jalan. Hubungan antara lebar perkerasan dan jumlah lajur telah diatur dalam Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen (1987). Klasifikasi jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 3 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Lajur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25$	3 Lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987).

d. Koefisien distribusi kendaraan ringan (C) dan Koefisien distribusi kendaraan berat (C).

Koefisien distribusi kendaraan (C) diperlukan untuk menggambarkan proporsi kendaraan yang bekerja pada lajur rencana karena akan mempengaruhi besarnya tegangan dan umur layanan struktur perkerasan. Berikut nilai koefisien distribusi kendaraan (C) berdasarkan jumlah lajur dan tipe kendaraan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 4 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 Lajur	1,00	1,00	1,00	1,000
2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,500
3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Lajur		0,30		0,450
5 Lajur		0,25		0,425
6 Lajur		0,20		0,400

*) Berat total < 5 ton. Misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

***) Berat total > 5 ton. Misalnya bus, truk, tractor, semi trailer, trailer

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987).

2. Angka Ekuivalen Bebab Sumbu Kendaraan (E)

Beban lalu lintas yang bekerja pada struktur jalan tidak hanya dihitung berdasarkan jumlah kendaraan, tetapi juga berdasarkan besarnya beban sumbu masing-masing kendaraan. Karena tingkat kerusakan yang ditimbulkan terhadap perkerasan juga berbeda. Sehingga diperlukan suatu faktor konversi yang dikenal sebagai Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan (E). Nilai angka ekuivalen beban sumbu kendaraan tercantum dalam Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen (1987) disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 5 Angka Ekuivalen beban sumbu kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

3. Menentukan Lintas Ekuivalen Dan Lalu Lintas Harian Rata-Rata

a. LEP (Lintas Ekuivalen Permulaan)

LEP merupakan perhitungan pada awal tahun rencana kendaraan.

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

j = jenis transportasi

- b. Menentukan LEA (Lintas Ekuivalen Akhir)

LEA ialah perhitungan di akhir tahun perencanaan kendaraan. LEA didapat oleh persamaan yang memakai LHR akhir.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

j = jenis transportasi

i = perkembangan lalu lintas

- c. Menentukan LET (Lintas Ekuivalen Tengah)

LET merupakan nilai tengah LEP dan LEA.

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Menentukan LER (Lintas Ekuivalen Rencana)

LER direncanakan dari nilai LET dengan factor penyesuaian kemudian dikalikan dan dibagi 10 sesuai umur rencana jalan. Dimana perhitungannya :

$$LER = LET \times UR / 10 \dots \dots \dots (2.4)$$

5. Menentukan FR (Faktor Regional)

Rasio Kendaraan besar (5 ton atau lebih) terhadap banyaknya kendaraan di akhir tahun perencanaan.

Tabel 2. 6 Faktor Regional

	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (<6-10%)		Kelandaian III (>10%)	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

$$FR = (\text{jumlah kend. Berat} / \text{jumlah total kend}) \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Apabila keadaan jalan memiliki proporsi transportasi berat melebihi 30%, maka kemiringannya akan dibawah 6% dan curah hujan < 900 mm tiap tahunnya, asumsi jalan yang direncanakan FR = 1,0 sampai 1,5 atau FR = 1,5. Dan apabila ruas jalan tertentu sebagaimana halte, persimpangan, dan tikungan tajam (radius 30 m) meningkatkan FR seniali 0,5. Jika dilahan basah, FR meningkat hingga 1,0.

6. Menentukan IP_o (Indeks Permukaan Awal)

Merupakan perhitungan nilai kekuatan dan kerataan permukaan jalan berhubungan dengan tingkat layanan transportasi. Sejumlah nilai IP bisa ditetapkan menjadi :

- IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat dan mengganggu lalu lintas
- IP=1,5 adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).
- IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap
- IP= 2,5, adalah menyatakan permukaan jalan masih pada kondisi baik.

Tabel 2. 7 Indeks Permukaan pada awal usia rencana

Jenis Permukaan	IP _o	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KERIKIL	≤ 2,4	

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

7. IP_t Menentukan Indeks Permukaan Akhir

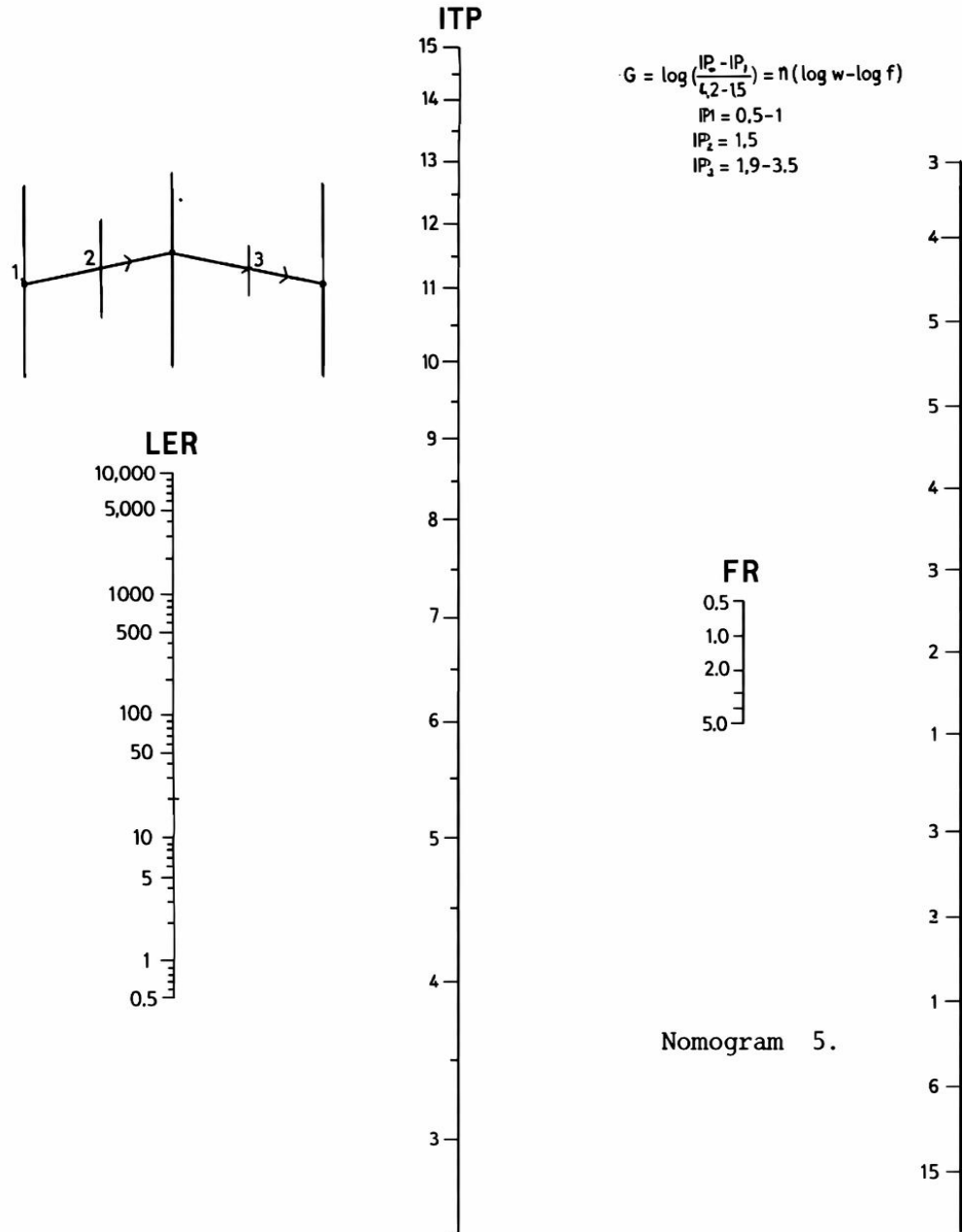
Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER) pada Tabel 2.8 berikut :

Tabel 2. 8 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

*) LER dalam satuan angka ekivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal. Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.



Gambar 2. 3 Nomogram 5 bagi $IP_t = 1,5$ dan $IP_0 = 3,9 - 3,5$
 (Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan Fleksibel Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

8. Menentukan Indeks Tebal Perkerasan

ITP (Indeks Tebal Perkerasan) dihitung menggunakan persamaan:

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan komponen perkerasan lentur:

- a1 = koefisien lapis permukaan - D1 = ketebalan lapis permukaan
- a2 = koefisien lapis pondasi atas - D2 = ketebalan lapis pondasi atas
- a3 = koefisien lapis pondasi bawah - D3 = ketebalan lapis pondasi bawah

Nilai a (koefisien kekuatan relatif) digunakan sebagai dasar perhitungan besaran koefisien untuk setiap jenis lapisan perkerasan lentur, yang dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	Lasbutag
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan
-	0,13	-	-	18	-	semen
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan *Fleksibel* Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

Keterangan: Pada hari ketujuh dijalankan konfirmasi kestabilan kuat tekan tanah melalui pemakaian semen. Pada hari ke-21 dijalankan pengadukan kapur guna memeriksa kestabilan tanah dan kuat tekan.

9. Menentukan Batas Minimal Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan

Penentuan tebal lapis permukaan didasarkan pada nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) yang diperoleh dari hasil perhitungan beban lalu lintas rencana dan daya dukung tanah dasar. Lapis permukaan merupakan lapisan paling atas yang berfungsi menerima langsung beban lalu lintas, melindungi lapisan di bawahnya dari pengaruh air, serta memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan.

Ketebalan minimum lapis permukaan bervariasi sesuai dengan rentang nilai ITP yang diperoleh. Ketentuan mengenai tebal minimum dan jenis bahan lapis disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. 10 Lapis Permukaan

ITP	Tebal Min. (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan *Fleksibel* Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

b. Lapis Pondasi

Selain lapis permukaan, struktur perkerasan lentur juga terdiri dari lapis pondasi yang berfungsi untuk menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara lebih merata serta meningkatkan daya dukung struktur secara keseluruhan. Penentuan tebal minimum lapis pondasi juga didasarkan pada nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP). Ketentuan mengenai tebal minimum lapis pondasi berdasarkan nilai ITP sebagaimana tercantum dalam Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan *Fleksibel* Melalui Metode Analisis Komponen (1987) disajikan pada table 2. 11 berikut.

Tabel 2. 11 Tebal Lapis Pondasi Minimum

ITP	Tebal Min (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
10 – 12,14	15	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan *Fleksibel* Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

c. Lapis pondasi bawah

Lapis pondasi bawah (subbase course) merupakan lapisan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar yang berfungsi untuk membantu menyebarkan beban lalu lintas serta meningkatkan stabilitas struktur perkerasan. Dalam perencanaan Metode Analisis Komponen, apabila digunakan lapis pondasi bawah, maka tebal minimum yang disyaratkan adalah 10 cm untuk setiap nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP). Ketentuan ini bertujuan untuk memastikan lapisan tersebut tetap memberikan kontribusi struktural yang memadai terhadap kinerja perkerasan.

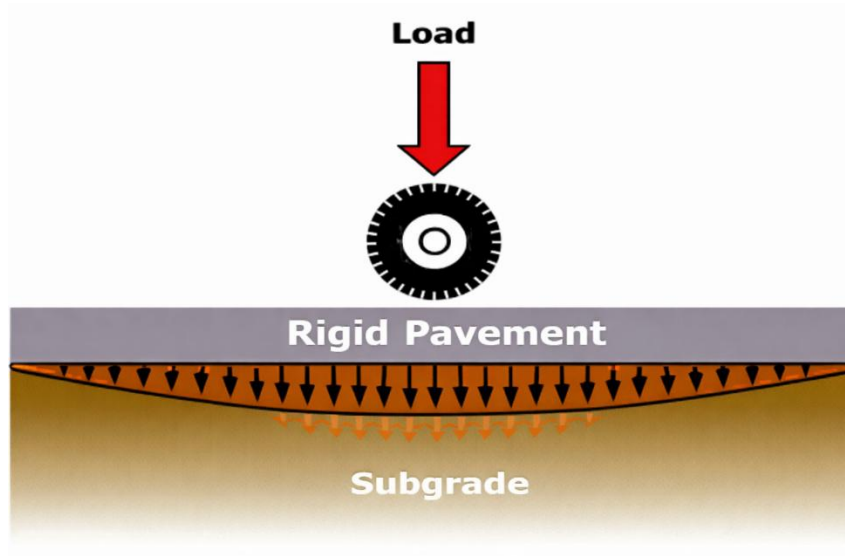
2.1.5 Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang memakai bahan semen sebagai pengikatnya (Minachussania, Yayan Adi Saputro, Decky Rochmanto, 2024). Perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen pra-tegang

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Pada gambar di bawah ini menjelaskan tentang transfer beban lalu lintas kendaraan dari lapis permukaan diteruskan atau didistribusikan ke perkerasan yang ada di bawahnya kemudian langsung ke tanah dasar. Akan tetapi, pada gambar

tersebut tanah dasar hanya menahan beban yang sangat kecil sekitar $0,3 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan yang paling dominan menopang terletak pada pelat beton.



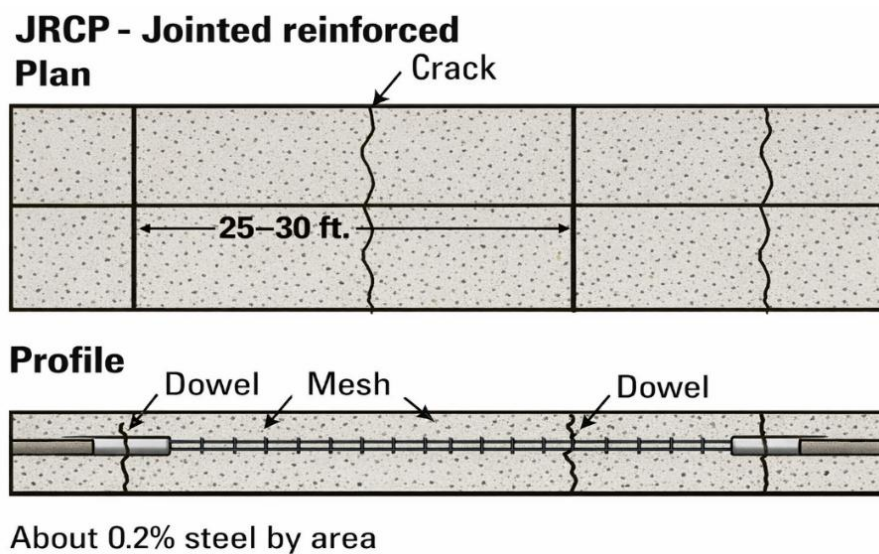
Gambar 2. 4 Tipikal Perkerasan Kaku

(Sumber : Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Diklat Perkerasan Kaku, 2017)

Dari uraian tersebut, berikut merupakan jenis-jenis perkerasan kaku yang umum digunakan.

2.1.6 Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003.). perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*) merupakan jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan, yang ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan- sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 8-15 meter.

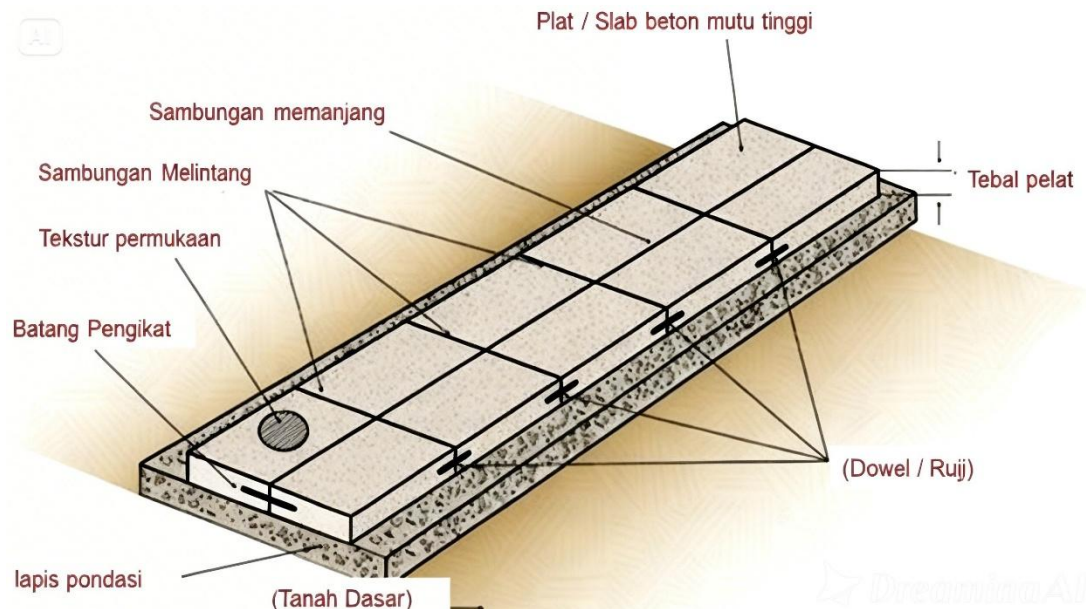


Gambar 2. 5 *Jointed Reinforced/Plan Concrete Pavement*
(Sumber : <https://www.slideshare.net/slideshow/metodexx-kerjapelaksanaanperkerasankakuppt/259400237>)

Pada perkerasan ini, pelat beton ditempatkan di atas lapis pondasi dan tanah dasar (subgrade) yang telah dipersiapkan dengan baik. Beban kendaraan yang bekerja di atas permukaan jalan akan didistribusikan oleh pelat beton secara merata ke lapisan di bawahnya. Untuk mengontrol retak akibat susut beton dan perubahan temperatur, dibuat sambungan melintang dan sambungan memanjang. Sambungan melintang berfungsi membagi pelat menjadi beberapa segmen untuk mengendalikan retak akibat penyusutan, sedangkan sambungan memanjang berfungsi mengatur pembagian lajur.

Secara umum, perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan banyak digunakan pada jalan dengan volume lalu lintas sedang hingga tinggi karena

memiliki kekuatan struktural yang baik, umur layanan panjang, serta kebutuhan pemeliharaan yang relatif rendah.



Gambar 2. 6 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan
(Sumber : Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Diklat Perkerasan Kaku, 2017)

Adapun untuk panjang, diameter ukuran, serta jarak besi Dowel dan *Tie bar* bisa didapat dari Tabel 2. 12.

Tabel 2. 12 Ukuran dan Jarak Batang (Dowel)

No	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h < 140$	20
2	$140 < h < 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

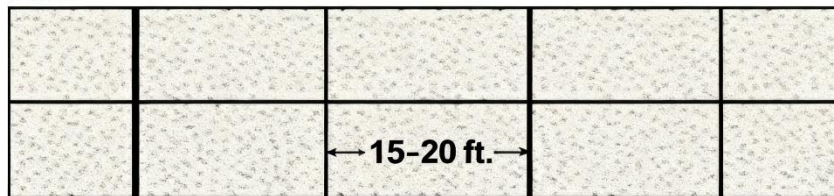
(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut.

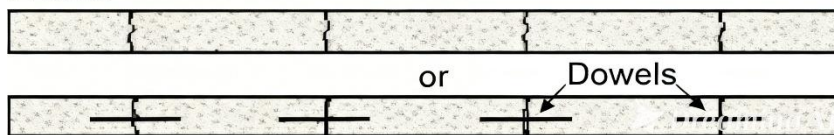
2.1.6.1 Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavement*) merupakan jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang berkisar antara 4-5 meter. Pada perkerasan ini, penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

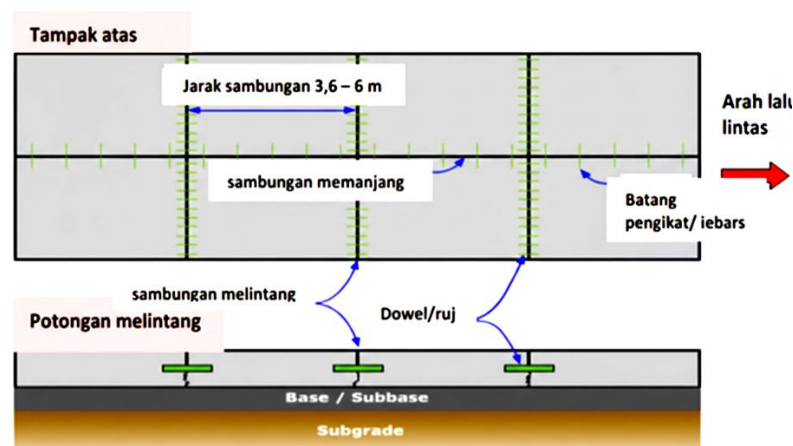
JPCP - Jointed plain Plan



Profile



Gambar 2. 7 *Jointed Unreinforced/Plan Concrete Pavement*
(Sumber : <https://www.slideshare.net/slideshow/metodexx-kerjapelaksanaanperkerasankakuppt/259400237>, 2025)

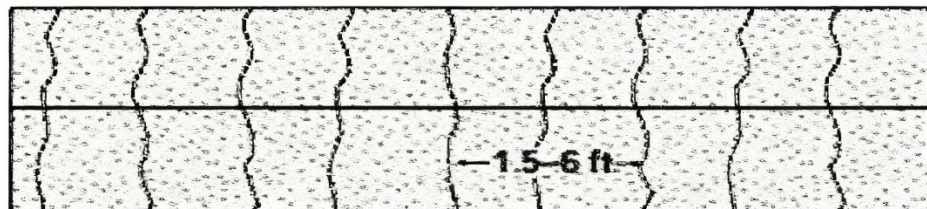


Gambar 2. 8 Skema Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan
(Sumber : Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Diklat Perkerasan Kaku, 2017)

2.1.6.2 Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Peurumahan Rakyat, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003.). Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*) meruakan jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan dan dengan panjang pelat yang menerus yang hanya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini lebih besar dari 75 meter.

CRCP - Continuously reinforced Plan



Profile



**About 0.7% steel by area
(No joints except at ends)**

Not to scale

Gambar 2. 9 *Continuously Reinforced Concrete Pavement*

(Sumber : <https://www.slideshare.net/slideshow/metodexx-kerjapelaksanaanperkerasankakuppt/259400237>, 2025)

2.1.6.3 Perkerasan beton semen pra-tegang

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Peurumahan Rakyat, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003.) Perkerasan beton semen pra-tegang (*prestressed concrete pavement*) merupakan jenis perkerasan beton menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembaban. digunakan untuk menekan biaya pemeliharaan yang relatif sedikit dan umur perkerasan lebih lama, maka perlu memperhatikan penggunaan bahan, membutuhkan lebih sedikit sambungan dan keretakan yang terjadi akan relatif lebih kecil.

2.1.6.4 Keuntungan dan Kerugian Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, Revisi Manual Desain Perkerasan Jalan (2017), Keuntungan perkerasan kaku antara lain adalah:

- Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak.
- Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
- Biaya pemeliharaan lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik.
- Pembuatan campuran lebih mudah.

Kerugiannya antara lain:

- Biaya konstruksi lebih mahal 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 kurang nyaman berkendara.

2.1.6.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Untuk perancangan ketebalan konstruksi lapis permukaan struktur perkerasan kaku, terdapat beberapa acuan yang dapat dijadikan referensi.

1. Kekuatan Beton semen

Kekuatan Tekan (K) dan Kekuatan Lentur (f_c') merupakan parameter yang menjadi indikator ketahanan beton terhadap gaya tekan. Korelasi antara K dan f_c' terletak pada sebuah garis koridor.

Tabel 2. 13 Mutu Beton dan Kekuatan Tekan

Mutu Beton (K)	Kekuatan Tekan (f_c') [MPa]	Kekuatan Tekan [kg/cm ²]	Klasifikasi Mutu
K-100	8.3	100	Rendah
K-150	12.35	150	Rendah
K-175	14.53	175	Rendah-Menengah
K-200	16.60	200	Menengah
K-225	18.68	225	Menengah
K-250	20.75	250	Standar Menengah
K-275	22.83	275	Standar
K-300	24.90	300	Standar-Tinggi

(Sumber : tekniksipil.id/, 2025)

2. *Slump* Beton

Uji *slump* beton dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kelembekan beton sebelum pengecoran. Nilai *slump* yang disarankan adalah 4,0 cm hingga 5,0 cm jika menggunakan alat penghampar jenis *fixed form finisher* (acuan tetap), dan 2,0 cm sampai 2,5 cm untuk jenis *slip form paver* (acuan bergerak).

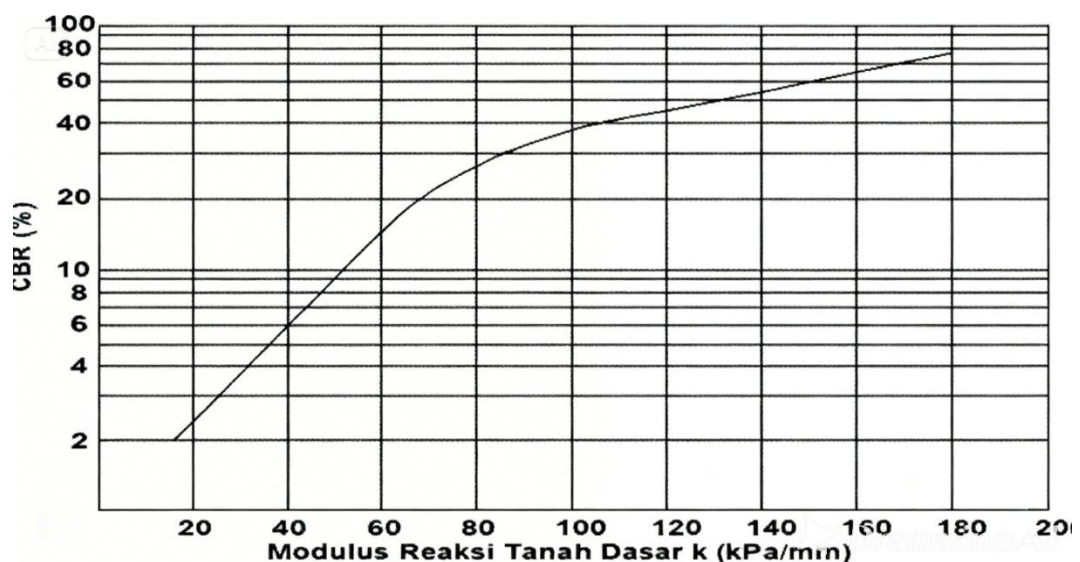
Adapun tahapan perancangan ketebalan *rigid* melalui Teknik Bina Marga sebagai berikut :

1. Pengumpulan dan Penetapan Data Parameter Awal

Melakukan identifikasi dan penetapan data-data krusial untuk perencanaan perkerasan, seperti Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), jumlah lajur yang akan digunakan, umur rencana (masa layanan) perkerasan, laju pertumbuhan lalu lintas, dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*).

2. Penentuan Besaran Modulus Reaksi Tanah Dasar (k)

Modulus reaksi tanah dasar (k) merupakan parameter penentu tingkat kekakuan tanah dalam menahan beban yang bekerja di atas permukaannya. Nilai modulus reaksi tanah dasar dapat ditentukan melalui korelasi dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*), Berdasarkan nilai CBR hasil pengujian tanah dasar, dilakukan pembacaan pada grafik korelasi untuk memperoleh nilai modulus reaksi tanah dasar (k).



Gambar 2. 10 Modulus Tanah Dasar K(pa/mm)

(Sumber: Pedoman Perencanaan Ketebalan Perkerasan *Fleksibel* Melalui Metode Analisis Komponen, 1987)

3. Perhitungan Volume dan Karakteristik Lalu Lintas Harian.

Perhitungan volume dan karakteristik lalu lintas harian (LHR) dilakukan untuk mengetahui tingkat lalu lintas dan pembebanan jalan yang akan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan perkerasan. Volume lalu lintas dinyatakan dalam jumlah kendaraan yang melintas per hari (LHR). Data tersebut digunakan untuk menentukan besarnya beban lalu lintas rencana perkerasan selama umur perencanaan jalan. Hasil perhitungan selanjutnya digunakan dalam analisis penentuan tebal perkerasan jalan agar struktur yang direncanakan mampu menahan beban lalu lintas secara aman, ekonomis dan nyaman dilalui oleh kendaraan .

4. Penentuan Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i).

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.14. dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 2. 14 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (2015-2035)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, Manual Perkerasan Jalan, 2017.)

Setelah menetapkan factor laju pertumbuhan lalu lintas, dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*): Dengan rumus:

$$R = \frac{(1+0,001 i)^{UR}-1}{0,001 i} \quad (i \neq 0) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

UR = umur rencana (tahun).

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).

5. Menentukan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JKSN)

Beban sumbu biasanya dibagi dalam interval 10 kN (1 ton) berdasarkan data survei. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus 2.8 berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana.

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga perhari.

R = Faktor pertumbuhan kumulatif dari rumus (2.7) atau Tabel 2.14 yang besarnya tergantung pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C = Koefisien distribusi kendaraan.

6. Prosentase Beban Sumbu

Prosentase ini dilihat dari tiap-tiap transportasi dengan total sumbu. Dengan rumus:

$$\% \text{Beban sumbu} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan}}{\text{Total Jumlah Sumbu}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

7. Menentukan Repetisi Beban Kumulatif

Untuk memperhitungkan repetisi beban kumulatif dapat dicari memakai persamaan:

$$\text{Repetisi} = JSKN \times \% \text{ beban sumbu} \times C \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : Nilai kontribusi kendaraan ringan (C) bisa dicermati pada Tabel 2.3

8. Menentukan Perhitungan Tebal Pelat Beton

Perhitungan dimensi pelat beton yang mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana. Perhitungan mempertimbangkan berbagai parameter seperti beban lalu lintas rencana, daya dukung tanah dasar, mutu beton, kondisi lingkungan, fungsi jalan, berdasarkan hal tersebut, berikut merupakan faktor penentu tebal perkerasan beton

a. Faktor keamanan beban (Fkb)

Berikut ini Tabel 2. 15 faktor keamanan beban sesuai pedoman perencanaan beton semen tahun 2003.

Tabel 2. 15 Faktor Keamanan Beban (F_{kb})

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

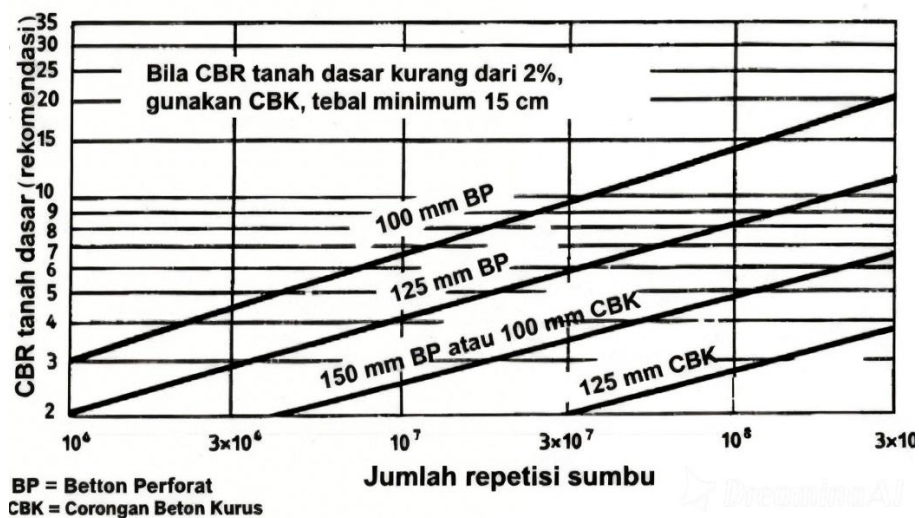
(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

b. Daya dukung tanah dasar

Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka pondasi bawah dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

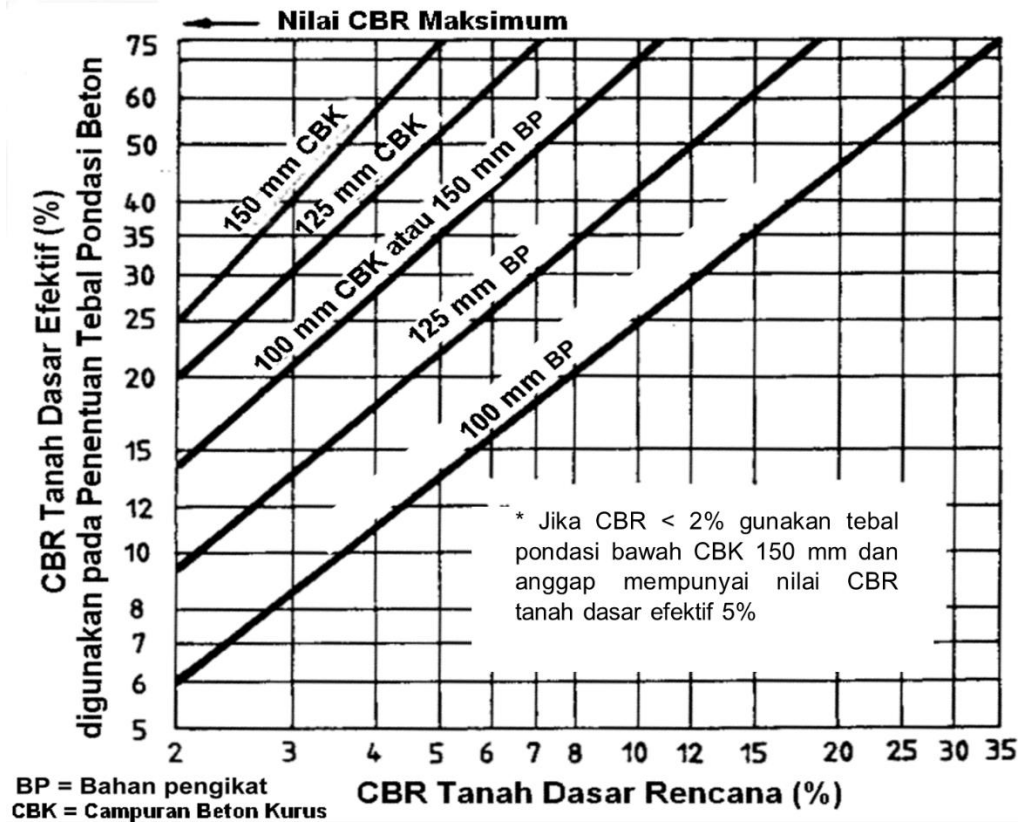
c. Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.12



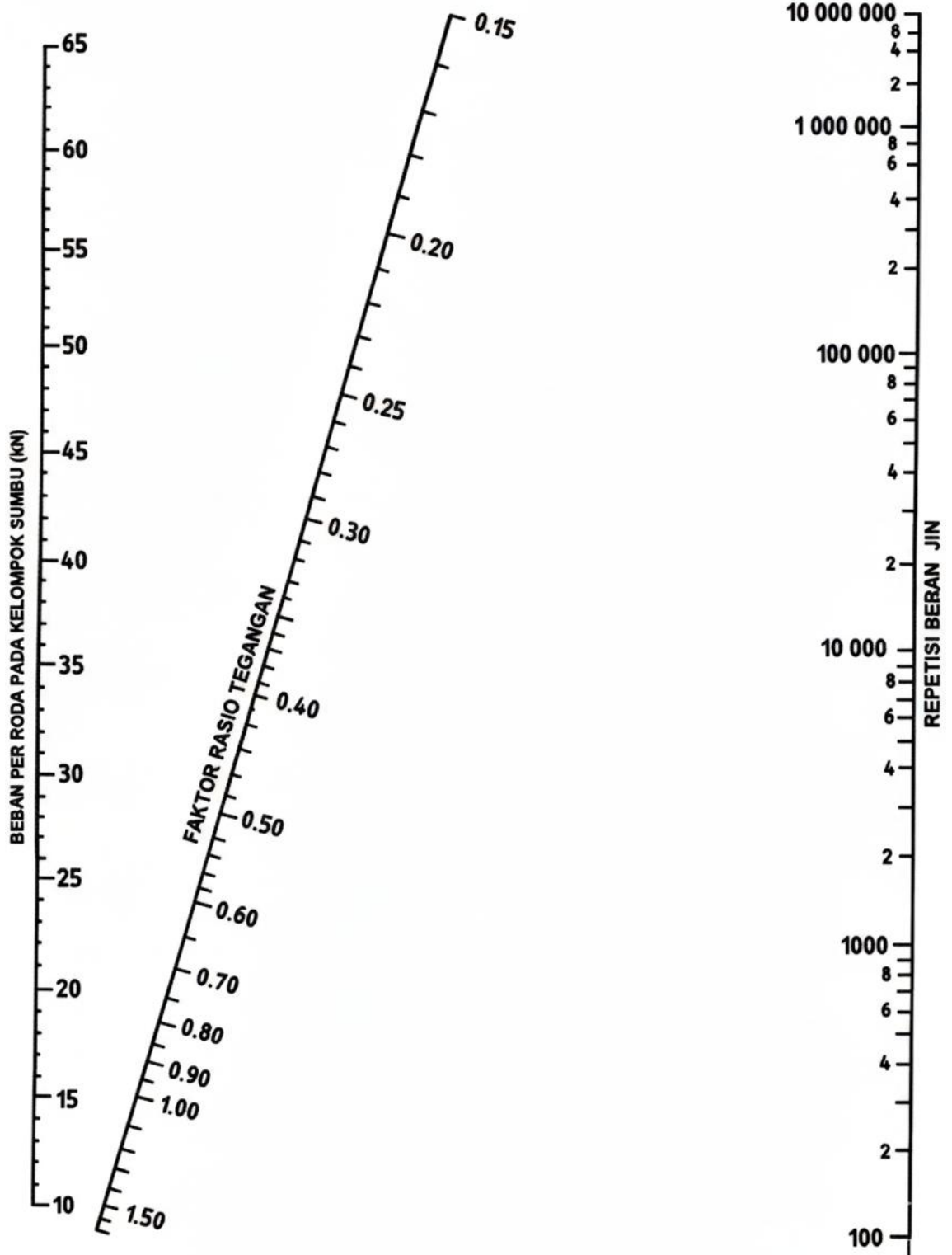
Gambar 2. 11 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)



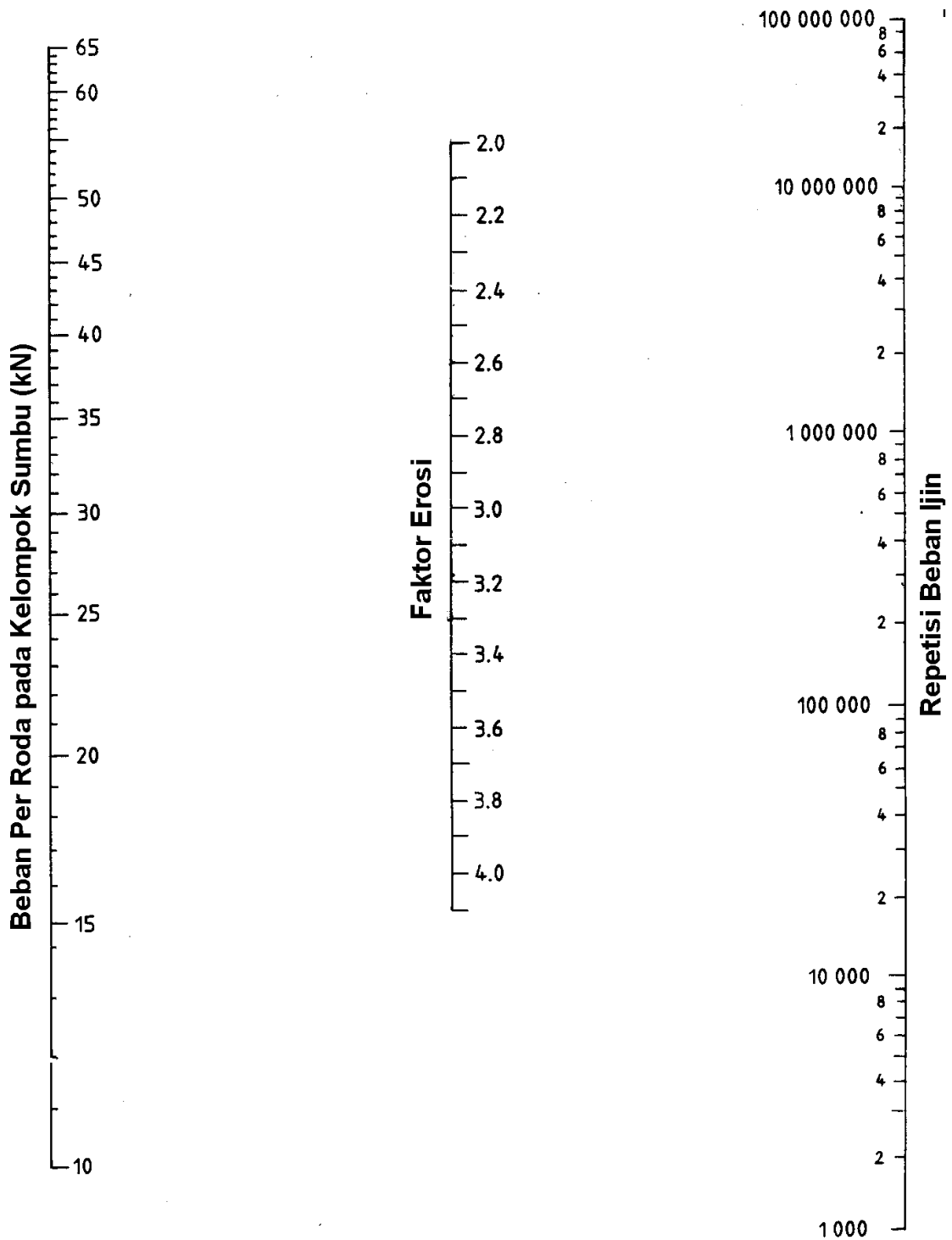
Gambar 2. 12 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah
(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Dalam perkerasan dengan bahu beton, distribusi beban pada tepi pelat menjadi lebih baik sehingga tegangan yang terjadi relatif lebih kecil dan umur fatik lebih panjang. Analisis ini mengacu pada Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen (2003) sebagai dasar dalam menentukan keamanan dan ketahanan struktur perkerasan kaku, oleh karena itu berikut merupakan Analisis fatik dan repetisi beban ijin sesuai rasio tegangan dengan/tanpa bahu beton pada gambar 2.13 dan analisis banyaknya repetisi beban ijin dan erosi sesuai faktor erosi pada gambar 2,14.



Gambar 2. 13 Analisis Fatik dan Repetisi Beban Ijin Sesuai Rasio Tegangan,
 Dengan/Tanpa Bahu Beton

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)



Gambar 2. 14 Analisis Banyaknya Repetisi Beban Ijin dan Erosi Sesuai Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Selanjutnya Tegangan ekivalen digunakan untuk menyetarakan pengaruh berbagai variasi beban sumbu kendaraan menjadi satu nilai tegangan yang mewakili kondisi kritis pada pelat beton.

Tabel 2. 16 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan dengan Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,42	2,16	1,81	1,45	2,34	2,94	2,99	3	2,14	2,74	2,78	2,81
150	10	1,36	2,04	1,7	1,39	2,32	2,92	2,94	2,94	2,13	2,72	2,73	2,75
150	15	1,33	1,98	1,65	1,36	2,32	2,92	2,91	2,91	2,12	2,72	2,7	2,72
150	20	1,32	1,94	1,62	1,35	2,31	2,91	2,9	2,9	2,11	2,71	2,69	2,7
150	25	1,3	1,9	1,59	1,33	2,3	2,9	2,88	2,88	2,1	2,7	2,67	2,67
150	35	1,27	1,82	1,53	1,3	2,29	2,89	2,85	2,84	2,08	2,69	2,64	2,63
150	50	1,23	1,74	1,49	0,1	2,27	2,87	2,82	2,81	2,06	2,67	2,6	2,59
150	75	1,2	1,65	1,43	1,26	2,25	2,85	2,79	2,77	2,04	2,65	2,57	2,56
160	5	1,29	1,98	1,67	1,33	2,26	2,87	2,93	2,95	2,06	2,66	2,72	2,77
160	10	1,24	1,87	1,56	1,26	2,24	2,85	2,88	2,89	2,04	2,64	2,67	2,69
160	15	1,21	1,82	1,51	1,23	2,24	2,84	2,85	2,86	2,04	2,64	2,64	2,66
160	20	1,2	1,79	1,49	1,21	2,23	2,83	2,84	2,84	2,03	2,63	2,62	2,64
160	25	1,18	1,75	1,46	1,2	2,23	2,83	2,82	2,82	2,02	2,62	2,6	2,62
160	35	1,15	1,67	1,41	1,17	2,22	2,82	2,79	2,78	2	2,61	2,56	2,57
160	50	1,12	1,6	1,36	1,15	2,2	2,8	2,75	2,75	1,98	2,59	2,53	2,53
160	75	1,1	1,52	1,3	1,13	2,18	2,78	2,72	2,69	1,97	2,57	2,5	2,49
170	5	1,17	1,83	1,55	1,22	2,19	2,8	2,88	2,9	1,99	2,59	2,66	2,72
170	10	1,13	1,73	1,45	1,16	2,17	2,78	2,83	2,84	1,97	2,57	2,61	2,64
170	15	1,11	1,68	1,4	1,13	2,17	2,77	2,8	2,81	1,96	2,57	2,58	2,61
170	20	1,1	1,65	1,38	1,12	2,16	2,76	2,79	2,79	1,95	2,56	2,57	2,59
170	25	1,08	1,62	1,35	1,1	2,16	2,76	2,77	2,77	1,95	2,55	2,55	2,57
170	35	1,05	1,55	1,3	1,07	2,15	2,75	2,73	2,73	1,94	2,53	2,51	2,53
170	50	1,03	1,49	1,25	1,04	2,13	2,73	2,7	2,7	1,91	2,51	2,47	2,48
170	75	1,02	1,41	1,19	1,03	2,11	2,71	2,66	2,64	1,89	2,49	2,43	2,43
180	5	1,07	1,7	1,44	1,13	2,13	2,73	2,83	2,86	1,92	2,52	2,61	2,68
180	10	1,03	1,6	1,35	1,07	2,11	2,71	2,78	2,79	1,9	2,5	2,56	2,6
180	15	1,01	1,55	1,3	1,04	2,1	2,71	2,75	2,76	1,89	2,5	2,53	2,57
180	20	1,01	1,53	1,28	1,03	2,09	2,7	2,73	2,74	1,88	2,49	2,51	2,54
180	25	1	1,5	1,25	1,01	2,09	2,69	2,71	2,72	1,88	2,48	2,49	2,52
180	35	0,98	1,44	1,2	0,98	2,08	2,68	2,67	2,68	1,87	2,46	2,45	2,47
180	50	0,95	1,38	1,16	0,96	2,06	2,66	2,64	2,64	1,84	2,44	2,42	2,42
180	75	0,94	1,31	1,1	0,94	2,04	2,64	2,61	2,6	1,82	2,42	2,36	2,37
190	5	0,99	1,58	1,35	1,05	2,07	2,67	2,78	2,82	1,86	2,46	2,57	2,64
190	10	0,96	1,49	1,26	0,99	2,05	2,65	2,72	2,75	1,84	2,44	2,51	2,56
190	15	0,94	1,44	1,21	0,97	2,04	2,64	2,7	2,72	1,83	2,43	2,48	2,53
190	20	0,93	1,42	1,19	0,96	2,03	2,63	2,69	2,7	1,82	2,42	2,46	2,5
190	25	0,92	1,4	1,17	0,94	2,03	2,63	2,67	2,68	1,81	2,41	2,44	2,48
190	35	0,9	1,35	1,12	0,91	2,02	2,62	2,63	2,64	1,79	2,4	2,4	2,43
190	50	0,88	1,29	1,08	0,88	2	2,6	2,6	2,6	1,77	2,38	2,36	2,38
190	75	0,87	1,22	1,02	0,86	1,98	2,58	2,55	2,55	1,76	2,36	2,32	2,31
200	5	0,91	1,47	1,27	0,99	2,01	2,61	2,74	2,78	1,8	2,4	2,52	2,6
200	10	0,89	1,39	1,18	0,93	1,99	2,59	2,69	2,71	1,78	2,38	2,46	2,52
200	15	0,87	1,35	1,15	0,9	1,98	2,59	2,66	2,68	1,77	2,37	2,43	2,49
200	20	0,86	1,33	1,12	0,89	1,97	2,58	2,64	2,66	1,76	2,36	2,42	2,48
200	25	0,85	1,3	1,1	0,87	1,97	2,57	2,62	2,64	1,75	2,35	2,4	2,44
200	35	0,83	1,25	1,05	0,84	1,96	2,56	2,58	2,6	1,73	2,33	2,36	2,39
200	50	0,82	1,2	1,01	0,82	1,94	2,54	2,54	2,55	1,71	2,31	2,32	2,33
200	75	0,81	1,14	0,95	0,8	1,92	2,52	2,51	2,5	1,69	2,3	2,27	2,28
210	5	0,85	1,38	1,2	0,93	1,96	2,56	2,7	2,75	1,74	2,34	2,48	2,57
210	10	0,82	1,3	1,11	0,87	1,94	2,54	2,65	2,67	1,72	2,32	2,42	2,49
210	15	0,8	1,27	1,08	0,84	1,93	2,53	2,62	2,64	1,71	2,31	2,39	2,45
210	20	0,8	1,24	1,05	0,83	1,92	2,52	2,6	2,62	1,7	2,3	2,37	2,43
210	25	0,79	1,22	1,03	0,81	1,91	2,51	2,58	2,6	1,69	2,29	2,35	2,4
210	35	0,77	1,17	0,98	0,78	1,9	2,49	2,54	2,56	1,67	2,28	2,31	2,34
210	50	0,76	1,13	0,94	0,76	1,88	2,48	2,51	2,51	1,65	2,26	2,27	2,29
210	75	0,75	1,07	0,9	0,74	1,86	2,47	2,45	2,46	1,64	2,24	2,22	2,22

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Tabel 2. 16 (Lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
						Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
220	5	0,79	1,3	1,13	0,87	1,91	2,51	2,67	2,72	1,68	2,29	2,44	2,54
220	10	0,77	1,22	1,05	0,81	1,89	2,49	2,61	2,64	1,66	2,27	2,38	2,46
220	15	0,76	1,19	1,02	0,79	1,88	2,48	2,58	2,61	1,66	2,26	2,35	2,42
220	20	0,75	1,17	0,99	0,78	1,87	2,47	2,56	2,58	1,65	2,25	2,33	2,39
220	25	0,74	1,15	0,97	0,76	1,86	2,46	2,54	2,56	1,64	2,24	2,31	2,37
220	35	0,72	1,11	0,92	0,73	1,85	2,45	2,5	2,52	1,62	2,22	2,27	2,32
220	50	0,71	1,06	0,88	0,71	1,83	2,43	2,47	2,48	1,6	2,2	2,23	2,26
220	75	0,7	1,01	0,85	0,69	1,81	2,41	2,41	2,41	1,58	2,18	2,18	2,19
230	5	0,74	1,22	1,08	0,82	1,86	2,46	2,63	2,69	1,63	2,23	2,4	2,5
230	10	0,72	1,15	1	0,77	1,84	2,44	2,57	2,61	1,61	2,21	2,34	2,42
230	15	0,71	1,12	0,97	0,75	1,83	2,43	2,54	2,58	1,6	2,21	2,31	2,39
230	20	0,7	1,1	0,94	0,74	1,82	2,42	2,52	2,55	1,59	2,2	2,29	2,36
230	25	0,69	1,08	0,92	0,72	1,81	2,41	2,5	2,53	1,58	2,19	2,27	2,34
230	35	0,68	1,04	0,87	0,69	1,8	2,4	2,46	2,48	1,56	2,17	2,23	2,28
230	50	0,67	1	0,83	0,67	1,78	2,38	2,43	2,44	1,54	2,15	2,19	2,22
230	75	0,66	0,96	0,8	0,65	1,76	2,36	2,37	2,37	1,53	2,13	2,12	2,16
240	5	0,69	1,16	1,02	0,78	1,81	2,41	2,6	2,66	1,58	2,18	2,36	2,47
240	10	0,67	1,09	0,95	0,72	1,79	2,39	2,54	2,58	1,56	2,17	2,3	2,39
240	15	0,66	1,06	0,92	0,7	1,78	2,38	2,51	2,55	1,55	2,15	2,27	2,36
240	20	0,65	1,04	0,89	0,69	1,77	2,37	2,49	2,52	1,54	2,14	2,25	2,33
240	25	0,65	1,02	0,87	0,68	1,76	2,36	2,47	2,5	1,53	2,13	2,23	2,31
240	35	0,64	0,98	0,83	0,66	1,75	2,35	2,43	2,45	1,51	2,11	2,19	2,25
240	50	0,63	0,95	0,79	0,63	1,73	2,33	2,39	2,41	1,49	2,1	2,15	2,19
240	75	0,62	0,89	0,76	0,61	1,71	2,31	2,34	2,34	1,48	2,08	2,1	2,13
250	5	0,65	1,09	0,98	0,73	1,77	2,37	2,56	2,63	1,54	2,14	2,32	2,45
250	10	0,63	1,03	0,9	0,69	1,74	2,35	2,5	2,55	1,52	2,12	2,26	2,37
250	15	0,62	1	0,87	0,67	1,73	2,34	2,47	2,52	1,5	2,11	2,23	2,33
250	20	0,61	0,99	0,85	0,66	1,72	2,33	2,45	2,49	1,49	2,1	2,22	2,3
250	25	0,61	0,97	0,83	0,64	1,72	2,32	2,43	2,47	1,48	2,09	2,2	2,28
250	35	0,6	0,93	0,79	0,61	1,71	2,3	2,39	2,42	1,4	2,07	2,16	2,22
250	50	0,59	0,9	0,75	0,59	1,68	2,28	2,36	2,38	1,44	2,05	2,11	2,16
250	75	0,58	0,86	0,72	0,57	1,66	2,27	2,3	2,31	1,43	2,03	2,06	2,1
260	5	0,61	1,04	0,93	0,71	1,72	2,33	2,53	2,61	1,49	2,09	2,29	2,42
260	10	0,6	0,98	0,86	0,66	1,7	2,3	2,47	2,53	1,47	2,07	2,23	2,34
260	15	0,59	0,95	0,83	0,63	1,69	2,28	2,44	2,49	1,46	2,06	2,2	2,3
260	20	0,58	0,94	0,81	0,62	1,68	2,28	2,42	2,46	1,45	2,05	2,18	2,28
260	25	0,57	0,92	0,79	0,61	1,67	2,27	2,4	2,44	1,44	2,04	2,16	2,25
260	35	0,56	0,88	0,75	0,59	1,66	2,26	2,36	2,39	1,42	2,02	2,12	2,19
260	50	0,56	0,85	0,71	0,56	1,64	2,24	2,32	2,35	1,4	2	2,08	2,13
260	75	0,55	0,81	0,68	0,54	1,62	2,22	2,27	2,28	1,38	1,98	2,01	2,06
270	5	0,57	0,99	0,89	0,66	1,68	2,28	2,5	2,58	1,45	2,05	2,25	2,39
270	10	0,55	0,93	0,83	0,62	1,66	2,26	2,44	2,5	1,43	2,03	2,2	2,31
270	15	0,55	0,9	0,8	0,6	1,65	2,25	2,41	2,47	1,41	2,02	2,17	2,27
270	20	0,54	0,89	0,78	0,59	1,64	2,24	2,39	2,44	1,4	2,01	2,15	2,25
270	25	0,54	0,87	0,76	0,58	1,63	2,23	2,37	2,42	1,39	2	2,13	2,22
270	35	0,53	0,84	0,72	0,56	1,61	2,22	2,33	2,37	1,37	1,98	2,09	2,16
270	50	0,53	0,8	0,68	0,53	1,59	2,2	2,29	2,32	1,35	1,96	2,04	2,11
270	75	0,52	0,77	0,65	0,52	1,58	2,18	2,24	2,25	1,34	1,94	1,99	2,03
280	5	0,54	0,94	0,86	0,63	1,64	2,25	2,48	2,56	1,4	2,01	2,22	2,37
280	10	0,52	0,89	0,79	0,6	1,62	2,22	2,41	2,48	1,38	1,99	2,16	2,29
280	15	0,52	0,86	0,76	0,58	1,61	2,2	2,38	2,44	1,37	1,97	2,13	2,25
280	20	0,51	0,85	0,74	0,57	1,6	2,2	2,36	2,42	1,36	1,96	2,12	2,22
280	25	0,51	0,83	0,73	0,56	1,59	2,19	2,34	2,39	1,35	1,95	2,1	2,2
280	35	0,5	0,8	0,69	0,54	1,57	2,18	2,3	2,34	1,33	1,93	2,06	2,14
280	50	0,5	0,76	0,66	0,51	1,55	2,16	2,26	2,29	1,31	1,91	2,01	2,08
280	75	0,49	0,74	0,62	0,49	1,54	2,14	2,21	2,22	1,29	1,89	1,96	2

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Tabel 2. 16 (Lanjutan)

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
290	5	0,51	0,9	0,82	0,6	1,61	2,21	2,45	2,54	1,36	1,97	2,19	2,34
290	10	0,5	0,85	0,76	0,57	1,58	2,18	2,39	2,46	1,34	1,94	2,13	2,26
290	15	0,5	0,82	0,73	0,55	1,56	2,16	2,36	2,42	1,33	1,92	2,1	2,22
290	20	0,49	0,81	0,72	0,54	1,56	2,16	2,34	2,39	1,32	1,92	2,08	2,2
290	25	0,49	0,79	0,7	0,53	1,55	2,15	2,32	2,37	1,31	1,91	2,06	2,17
290	35	0,48	0,76	0,66	0,51	1,53	2,14	2,28	2,32	1,29	1,89	2,02	2,11
290	50	0,47	0,73	0,63	0,49	1,51	2,12	2,23	2,27	1,27	1,87	1,98	2,05
290	75	0,47	0,7	0,6	0,47	1,5	2,1	2,18	2,19	1,25	1,85	1,93	1,98
300	5	0,49	0,86	0,79	0,58	1,57	2,17	2,42	2,52	1,32	1,93	2,16	2,32
300	10	0,48	0,81	0,73	0,55	1,55	2,15	2,36	2,44	1,3	1,91	2,1	2,24
300	15	0,47	0,78	0,7	0,53	1,53	2,14	2,33	2,4	1,29	1,89	2,07	2,2
300	20	0,46	0,77	0,69	0,52	1,52	2,13	2,31	2,37	1,28	1,88	2,05	2,18
300	25	0,48	0,76	0,67	0,51	1,51	2,12	2,29	2,35	1,27	1,87	2,03	2,15
300	35	0,46	0,73	0,64	0,49	1,49	2,1	2,25	2,3	1,25	1,85	1,99	2,09
300	50	0,45	0,7	0,6	0,46	1,48	2,08	2,2	2,24	1,23	1,83	1,95	2,03
300	75	0,45	0,67	0,57	0,45	1,46	2,06	2,15	2,17	1,21	1,81	1,9	1,95
310	5	0,46	0,81	0,76	0,55	1,54	2,14	2,4	2,5	1,29	1,89	2,13	2,3
310	10	0,4	0,77	0,7	0,52	1,51	2,11	2,33	2,42	1,27	1,87	2,07	2,22
310	15	0,45	0,75	0,68	0,5	1,49	2,09	2,3	2,38	1,25	1,86	2,04	2,18
310	20	0,44	0,74	0,66	0,5	1,49	2,09	2,28	2,35	1,24	1,85	2,03	2,15
310	25	0,44	0,72	0,64	0,49	1,48	2,08	2,26	2,33	1,23	1,84	2,01	2,13
310	35	0,43	0,69	0,61	0,47	1,48	2,06	2,22	2,28	1,21	1,82	1,97	2,07
310	50	0,43	0,67	0,58	0,44	1,44	2,04	2,18	2,22	1,19	1,79	1,92	2,01
310	75	0,42	0,63	0,54	0,43	1,42	2,02	2,13	2,15	1,17	1,77	1,87	1,93
320	5	0,44	0,78	0,74	0,53	1,5	2,11	2,37	2,48	1,25	1,85	2,1	2,27
320	10	0,43	0,74	0,68	0,5	1,48	2,08	2,31	2,4	1,23	1,83	2,05	2,19
320	15	0,43	0,72	0,65	0,48	1,46	2,06	2,28	2,36	1,22	1,82	2,02	2,15
320	20	0,42	0,71	0,64	0,48	1,45	2,06	2,26	2,33	1,21	1,81	2	2,13
320	25	0,42	0,69	0,62	0,47	1,44	2,05	2,24	2,31	1,2	1,8	1,98	2,1
320	35	0,41	0,66	0,59	0,45	1,42	2,03	2,2	2,26	1,18	1,78	1,94	2,04
320	50	0,41	0,64	0,55	0,43	1,41	2,01	2,15	2,2	1,15	1,76	1,89	1,98
320	75	0,41	0,62	0,53	0,41	1,39	1,99	2,1	2,12	1,13	1,74	1,84	1,91
330	5	0,42	0,74	0,71	0,51	1,47	2,07	2,35	2,46	1,22	1,82	2,07	2,25
330	10	0,41	0,71	0,65	0,48	1,44	2,05	2,29	2,38	1,19	1,79	2,02	2,17
330	15	0,41	0,69	0,63	0,46	1,42	2,03	2,26	2,34	1,17	1,77	1,99	2,13
330	20	0,4	0,68	0,62	0,46	1,42	2,02	2,24	2,31	1,17	1,77	1,97	2,11
330	25	0,4	0,67	0,6	0,45	1,41	2,01	2,21	2,29	1,16	1,76	1,95	2,08
330	35	0,39	0,64	0,57	0,43	1,39	1,99	2,17	2,24	1,14	1,74	1,91	2,02
330	50	0,39	0,61	0,53	0,41	1,37	1,97	2,13	2,18	1,12	1,72	1,87	1,96
330	75	0,39	0,59	0,51	0,39	1,35	1,95	2,06	2,1	1,1	1,7	1,8	1,88
340	5	0,4	0,71	0,69	0,49	1,44	2,04	2,33	2,44	1,18	1,78	2,05	2,23
340	10	0,39	0,68	0,64	0,47	1,41	2,02	2,26	2,36	1,16	1,76	1,99	2,15
340	15	0,39	0,66	0,61	0,45	1,39	2	2,23	2,32	1,15	1,75	1,96	2,11
340	20	0,38	0,65	0,6	0,44	1,39	1,99	2,21	2,29	1,14	1,74	1,94	2,09
340	25	0,38	0,64	0,58	0,43	1,38	1,98	2,19	2,27	1,13	1,73	1,92	2,06
340	35	0,37	0,62	0,55	0,41	1,36	1,96	2,15	2,22	1,11	1,71	1,88	2
340	50	0,37	0,59	0,52	0,39	1,34	1,94	2,1	2,16	1,08	1,69	1,84	1,94
340	75	0,37	0,57	0,49	0,38	1,32	1,92	2,05	2,08	1,06	1,67	1,79	1,86
350	5	0,38	0,69	0,67	0,47	1,41	2,01	2,31	2,43	1,15	1,75	2,02	2,21
350	10	0,37	0,65	0,62	0,45	1,38	1,98	2,24	2,35	1,13	1,73	1,97	2,13
350	15	0,37	0,63	0,59	0,44	1,36	1,96	2,21	2,3	1,11	1,71	1,94	2,09
350	20	0,36	0,62	0,58	0,43	1,36	1,96	2,19	2,28	1,1	1,7	1,92	2,07
350	25	0,36	0,61	0,56	0,42	1,35	1,95	2,17	2,25	1,09	1,69	1,9	2,04
350	35	0,36	0,59	0,53	0,4	1,33	1,93	2,13	2,19	1,07	1,67	1,86	1,98
350	50	0,36	0,57	0,5	0,38	1,31	1,91	2,08	2,14	1,05	1,65	1,81	1,92
350	75	0,35	0,55	0,47	0,36	1,29	1,89	2,03	2,06	1,03	1,63	1,76	1,84

STRT: Sumbu Tunggal Roda Tunggl; STRG: Sumbu Tunggal Roda Ganda; STdRG: Sumbu Tandem Roda Ganda; STrRG: Su

(Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen, 2003)

Tebal minimum lapis pondasi atas didasarkan pada nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP). Semakin besar nilai ITP, maka tebal minimum pondasi atas yang disyaratkan juga semakin meningkat. Berikut merupakan ketentuan dan material yang menjamin daya dukung struktur perkerasan sesuai dengan beban lalu lintas rencana.

Tabel 2. 17 Tebal Minimum Pondasi Atas

ITP	Tebal Min. (cm)	Bahan
< 3.00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	LASTON ATAS
7,90 - 9,99	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, Pondasi macadam
	15	LASTON ATAS
10,00 – 12,24	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, Pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS
>>12,15	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, Pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS

(Sumber : Susilo et al., 2018)

Untuk tebal minimum lapis permukaan didasarkan pada rentang nilai ITP. Berikut merupakan ketentuan tebal minimum lapis permukaan yang menunjukkan bahwa peningkatan nilai ITP berbanding lurus dengan kebutuhan ketebalan dan kualitas lapis permukaan guna menjamin kinerja dan umur layanan perkerasan.

Tabel 2. 18 Tebal Minimum Lapis Permukaan

ITP	Tebal Min. (cm)	Bahan
< 3.00		Lapis pelindung, BURAS, BURTU/BURDA.
3,00 - 6,70	5	LAPEN/Aspal Macadam, HRA, Asbuton, LASTON
6,71 – 7,49	7,5	LAPEN/Aspal Macadam, HRA, Asbuton, LASTON
7,50 – 9,99	7,5	Asbuton, LASTON
≥ 10,00	10	LASTON

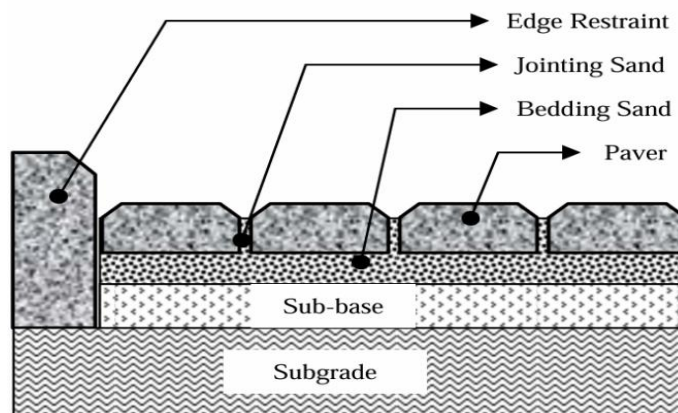
(Sumber : Susilo et al., 2018)

Catatan : menggunakan pondasi bawah bahan yang berbutir kasar maka, ketebalan batas minimum = 20 cm dan bisa dipakai ketebalan = 15 cm.

2.1.7 Konstruksi Perkerasan Pavin Blok (*Block Pavement*)

Paving block adalah suatu susunan bahan yang diletakan di atas tanah, yang permukaannya terdiri dari susunan batu-batuan yang dirancang untuk menopang beban kendaraan dan didistribukan ke tanah (Minachussania, Yayan Adi Saputro, Decky Rochmanto, 2024). Perkerasan Paving Blok (sering juga disebut *conblock* atau perkerasan blok beton) adalah jenis perkerasan jalan yang dibuat dari unit-unit kecil balok beton pracetak yang disusun rapat di atas lapisan pondasi dan alas (biasanya pasir) yang terbuat dari campuran beton yang dicetak dengan berbagai bentuk dan ukuran. Sistem Pemasangan unit-unit blok disusun secara saling mengunci (*interlocking*) di atas lapisan pasir alas. Sambungan antar blok diisi dengan pasir halus. Perkerasan Paving Blok Berfungsi sebagai lapisan penutup (permukaan) yang menerima beban lalu lintas dan melindungi lapisan di bawahnya.

Paving blok sendiri biasanya banyak digunakan sebagai alternatif untuk lapis perkerasan permukaan tanah. Dapat dipakai untuk wilayah industri seperti, area terbuka dan lahan untuk parkir dan area khusus seperti Pelabuhan karena perkerasan ini sendiri memiliki system drainase yang baik (dapat meresap dari sela-sela paving blok) serta keunggulannya dibidang kemudahan dalam pemasangan. Biasanya juga digunakan pada perkerasan jalan, pedestrian dan trotoar. Namun, dalam penggunaan pada area tertentu harus memperhatikan mutu yang lebih baik karena akan berpengaruh pada fungsinya. Jadi, dibutuhkan paving blok dengan kondisi ketahanan aus dan kejut serta kuat tekan yang lebih baik. Berikut merupakan struktur perkerasan Pavin blok



Gambar 2. 15 Struktu Perkerasan Pavin Blok

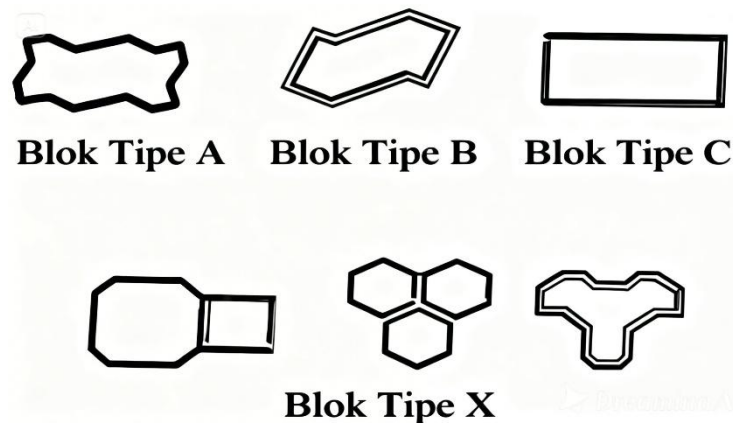
(Sumber : Mudiyono et al., n.d.)

Berdasarkan SK SNI T – 04 – 1990 – F, kategori paving blok yang dapat diklasifikasikan seperti dibawah ini :

2.1.8 Berdasarkan Bentuk

Secara garis besar, paving block dibagi menjadi dua macam:

1. Paving block bentuk segi empat (Contoh: Bata)
2. Paving block bentuk segi banyak (poligonal) (Contoh: *Hexagon, Trihex, Coble, Grass Block*, dll.)



Gambar 2. 16 Bentuk Pavin Blok
(Sumber : SK SNI T – 04 – 1990 – F)

2.1.8.1 Berdasarkan Ketebalan

Ketebalan paving block disesuaikan dengan rencana penggunaan dan beban lalu lintas yang akan diterima:

1. 60 mm untuk Lalu lintas ringan (area pejalan kaki, taman, garasi rumah)
2. 80 mm untuk Lalu lintas sedang sampai berat (area parkir, jalan lingkungan)
3. 100 mm untuk Lalu lintas super berat (terminal, kawasan industri, jalan utama)

2.1.8.2 Berdasarkan Kekuatan (Mutu Beton)

Pembagian kelas paving block didasarkan pada mutu betonnya, yang diukur dengan kuat tekan karakteristik (f_c):

1. Mutu Beton I: Memiliki nilai kuat tekan karakteristik (f_c) antara 34 - 40 MPa. Penggunaannya Umumnya untuk jalan dengan lalu lintas super berat (misalnya terminal, pelabuhan, jalan industri).

2. Mutu Beton II: Memiliki nilai kuat tekan karakteristik (f_c) antara 25,5 - 30 MPa.

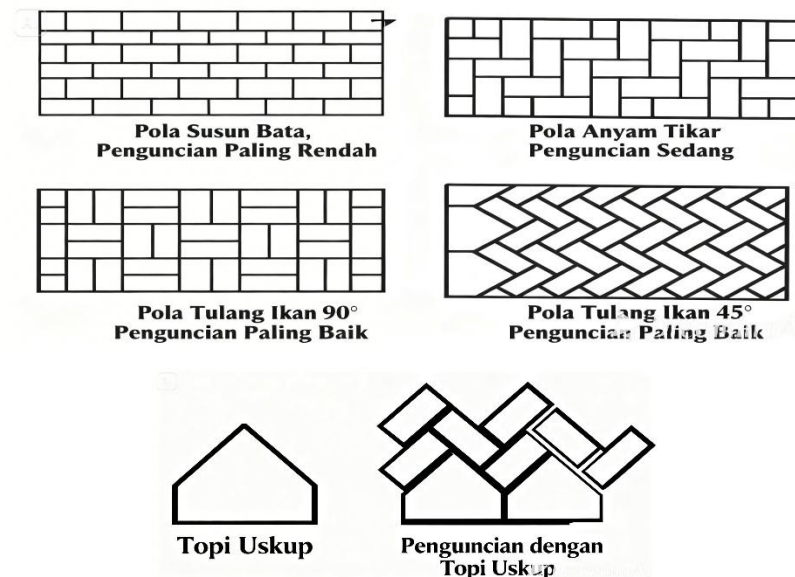
Penggunaan: Umumnya untuk jalan dengan lalu lintas sedang sampai berat (misalnya area parkir, jalan lingkungan).

3. Mutu Beton III: Memiliki nilai kuat tekan karakteristik (f_c) antara 17 - 20 MPa
Penggunaan Umumnya untuk area pejalan kaki, taman, atau penggunaan lain yang hanya dilalui pejalan kaki (lalu lintas ringan).

2.1.8.3 Berdasarkan Pola Susunan

Beberapa pola pemasangan paving *block* yang umum dan direkomendasikan terkait dengan kekuatannya dalam menahan geser dan beban lalu lintas. Pola pemasangan mempengaruhi *interlocking* (kunci antar blok) dan distribusi beban, yang sangat penting untuk stabilitas perkerasan.

Untuk pola yang digunakan biasanya seperti susun bata (*stretcher*), anyam tikar (*basket weave*), tulang ikan (*hering bone*). Dari pola-pola tersebut dalam pemasangan untuk perkerasan jalan disarankan memilih pola tukang ikan sebab memiliki kuncian yang bagus. Pemasangan pada pola ini untuk tepi pada umumnya ditutup menggunakan pasak yang berbentuk topi uskup dan harus berpinggul.



Gambar 2. 17 Bentuk Pavin Blok

(Sumber : SK SNI T – 04 – 1990 – F)

Sesuai dengan SNI 03-0691-1996 Paving blok, bisa dikategorikan ke dalam 4 kategori sesuai kualitas dan pemakaiannya, meliputi:

1. Paving blok kualitas A
 - Dipakai jalan.
 - Mempunyai syarat kuat tekan terendah 35MPa dan rata-ratanya 40 MPa.
2. Paving blok kualitas B
 - Dipakai tempat parker.
 - Mempunyai syarat kuat tekan terendah 17 MPa dan rata-ratanya 20 MPa.
3. Paving blok kualitas C
 - Dipakai trotoar.
 - Mempunyai syarat minimum kuat tekan 12,5 MPa dan rata-ratanya 15 MPa.
4. Paving blok kualitas D
 - Dipakai taman dan pemakaian lainnya.
 - Persyaratan minimum kuat tekan 8,5 MPa dan rata-ratanya 10 MPa.

Sedangkan untuk persyaratan kualitas paving blok menurut SN-03-0691- 1996 harus memperhatikan yaitu:

1. Sifat tampak rusuknya sulit diperbaiki dengan jari tangan, permukaannya rata, dan tidak memiliki retakan ataupun kecacatan.
2. Ukuran untuk paving blok biasayna tebal penyimpangan diperbolehkan ± 3 mm dan dalam syarat mutu untuk paving blok ukuran harus memiliki tebal minimal 60 mm dan bisa ditoleransi dengan nilai 8%.
3. Sifat fisika harus memiliki sifat-sifat seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2. 19 Sifat-sifat Fisika Pavin Blok

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks (%)
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0.09	0.103	3
B	20	17	0.13	0.149	6

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks (%)
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
C	15	12,5	0.16	0.184	8
D	10	8,5	0.219	0.251	10

(Sumber : SNI 03-0691-1996 Paving block)

2.1.8.4 Kelebihan dan Kekurangan Perkerasan Paving Blok

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh perkerasan paving blok adalah sebagai berikut :

1. Mudah dipasang dan dibongkar
Pemasangan tidak memerlukan alat berat, dan paving dapat dibuka kembali untuk perbaikan utilitas bawah tanah.
2. Ramah lingkungan
Celah antar paving memungkinkan air meresap ke tanah sehingga mengurangi limpasan permukaan dan genangan.
3. Perawatan relatif mudah
Jika terjadi kerusakan, cukup mengganti paving yang rusak tanpa membongkar seluruh permukaan.
4. Nilai estetika tinggi
Tersedia berbagai bentuk, warna, dan pola yang dapat disesuaikan dengan desain kawasan.
5. Fleksibel terhadap penurunan tanah
Lebih toleran terhadap penurunan kecil dibanding perkerasan kaku (beton).
6. Biaya awal relatif lebih murah
Untuk jalan dengan lalu lintas ringan–sedang, biaya konstruksi umumnya lebih ekonomis.

Sedangkan untuk kekurangan yang dimiliki oleh paving blok adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas beban terbatas
Kurang cocok untuk lalu lintas berat atau kendaraan dengan beban sumbu tinggi.
2. Rentan bergelombang
Jika lapisan pondasi dan pemadatan kurang baik, permukaan mudah tidak rata.
3. Perawatan rutin diperlukan
Celah paving dapat ditumbuhi rumput atau gulma jika tidak dirawat.
4. Kenyamanan berkendara lebih rendah
Dibandingkan aspal atau beton, getaran dan kebisingan lebih terasa.

5. Ketergantungan pada mutu pelaksanaan
Kualitas sangat dipengaruhi oleh ketebalan lapisan, mutu pasir alas, dan pola penguncian.
6. Umur layanan relatif lebih pendek
Untuk lalu lintas tinggi, umur layan lebih rendah dibanding perkerasan beton atau aspal.

2.1.8.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Pavin Blok

1. Nilai ESA (*Equivalent Standart Axle*)

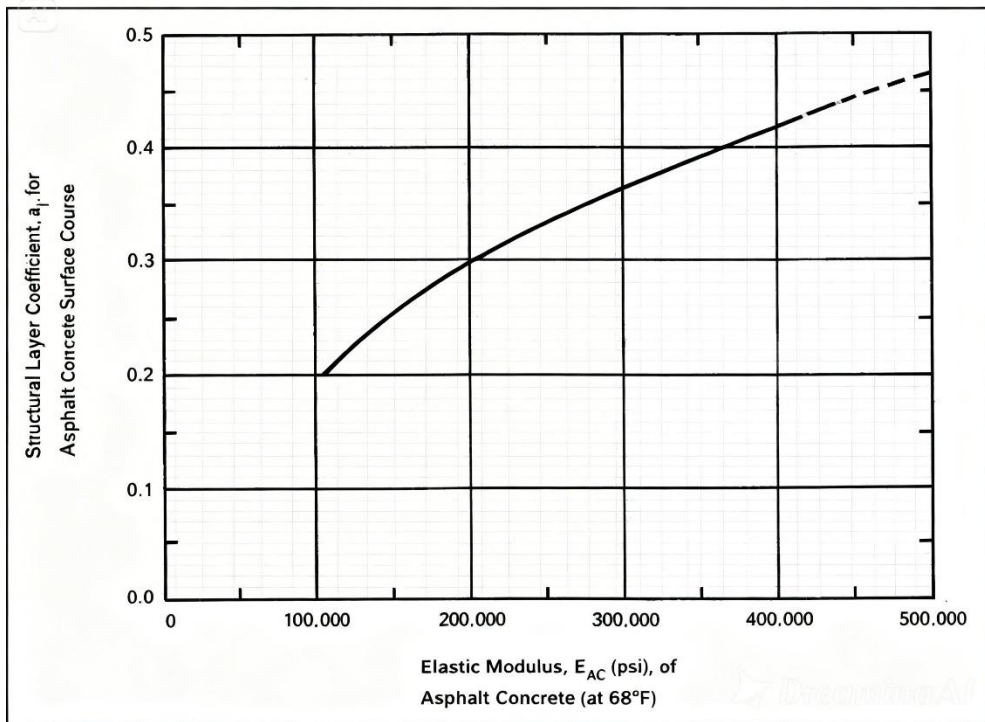
Equivalent Standard Axle (ESA) atau sering disebut juga sebagai Lintas Sumbu Standar Ekuivalen adalah unit satuan yang digunakan untuk menyatakan beban berbagai jenis kendaraan ke dalam beban gandar standar tunggal. Dalam perencanaan perkerasan, satu satuan ESA didefinisikan sebagai beban gandar tunggal beroda ganda seberat 8,16 ton (atau 80 kN). Untuk menghitung nilai ESA dari suatu kendaraan, digunakan angka ekuivalen beban (VDF - *Vehicle Damage Factor*) yang dihitung berdasarkan konfigurasi gandar kendaraan tersebut.

Tabel 2. 20 Standar ESA (*Equivalent Standart Axle*)

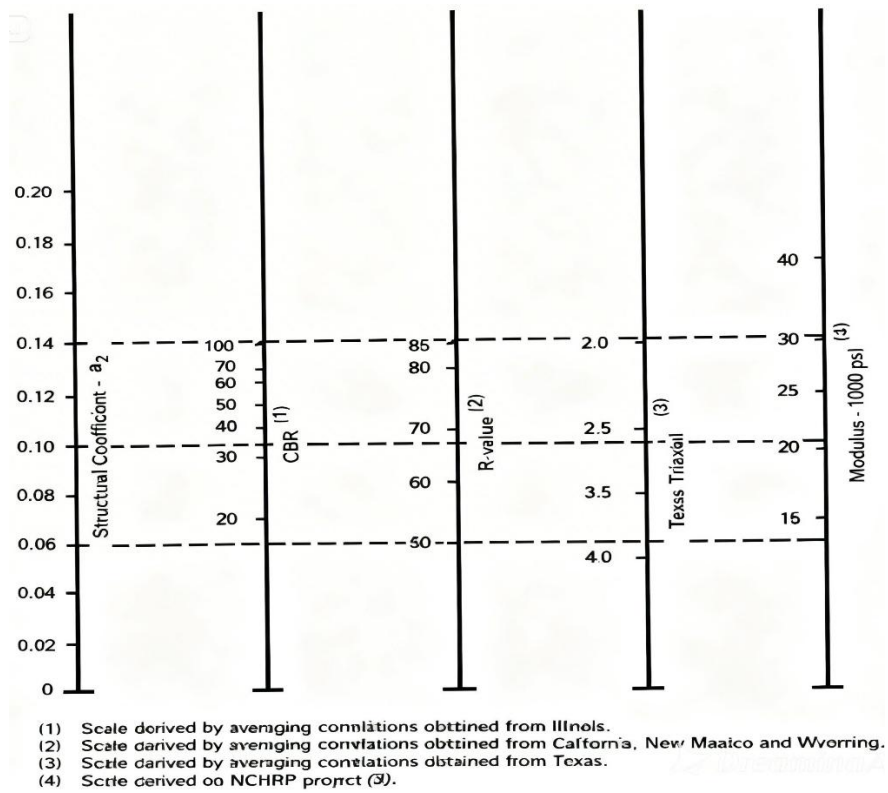
<i>Axle Description</i>	<i>Standart Axle Load (Ton)</i>	<i>Equivalent Standard Axles (ESAL)</i>
<i>Single Axle with Single Tyre</i>	6,6	$(Actual\ Axle\ Load\ in\ tonnes) / 6.6)^4$
<i>Single Axle with Dual Tyres</i>	8,16	$(Actual\ Axle\ Load\ in\ tonnes / 8.16)^4$
<i>Tandem Axle (Two axles in a group with Dual Tyres)</i>	15,1	$(Actual\ Axle\ Load\ in\ tonnes / 15.1)^4$
<i>Tridem Axle (Three axles in a group with Dual Tyres)</i>	22,9	$(Actual\ Axle\ Load\ in\ tonnes / 22.9)^4$

Sumber : (Bagui et al., 2013)

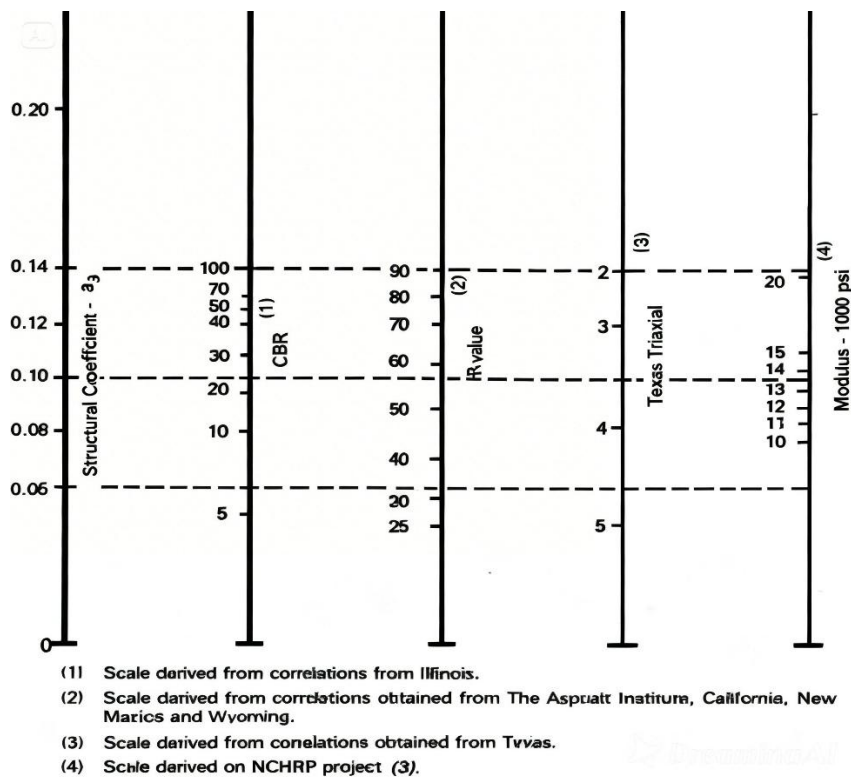
2. Menentukan skor DDT (Daya Dukung Tanah), FR (Faktor Regional) dan LER dari perhitungan perkerasan lentur sebelumnya.
3. Menetapkan lebar *jointing sand* dan tebal *bedding sand* Penentuan ini disarankan harus yang optimal, seperti tebal *bedding sand* optimalnya 5 cm dan lebar *jointing sand* dianjurkan 3 mm.
4. Mencari tebal masing-masing dengan nilai yang sudah didapat, seperti (ITP) dan (Ec) dengan grafik pada gambar berikut (Jalan et al., 2021):



Gambar 2. 18 Koefisien Kekuatan Relatif a_1
(Sumber : Jalan et al., 2021)



Gambar 2. 19 koefisien Kekuatan Relatif a_2
(Sumber : Jalan et al., 2021)



Gambar 2. 20 Koefisien Kekuatan Relatif a_3
 (Sumber : Jalan et al., 2021)

2.1.9 Rencana Anggaran Biaya

Renacana Anggaran Biaya adalah perhitungan biaya komponen tenaga kerja, bahan, dan alat yang dibutuhkan serta telah ditambah dengan dengan volume pekerjaan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut:

$$RAB = \sum (\text{Volume})_i \times (\text{Harga satuan pekerjaan})_i \dots \dots \dots (2.11)$$

Setelah semua komponen selesai dicatat dan dihitung, dapat diketahui akumulasi dari keseluruhan jumlah biaya, PPN, *overhead*, dan profit. Sehingga total dari seluruh biaya yang diperlukan untuk pembangunan dapat dilihat dengan jelas.

2.1.9.1 Komponen-komponen Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Komponen dalam Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) di dalam Rencana Anggaran Biaya, tentu terdapat beberapa komponen penyusun penting di dalamnya. Komponen-komponen inilah yang perlu diperhatikan sebelum menyusun Rencana Anggaran Biaya. Hal ini dilakukan agar RAB yang dibuat sesuai dengan ketentuan dan dapat menghasilkan manfaat yang optimal. Berikut komponen yang harus diperhatikan dalam penyusunan RAB.

a. Uraian Pekerjaan / WBS

Uraian pekerjaan atau *Work Breakdown Structure* adalah daftar kegiatan atau target dari ruang lingkup suatu proyek yang secara terorganisasi dibuat dengan *project management tools*. WBS memiliki tiga tujuan utamanya yaitu:

1. Menjelaskan perincian atau komposisi dalam tugas
2. Menjadwalkan kerja proyek
3. Memperkirakan biaya setiap tugas

b. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan suatu proses pengukuran/perhitungan terhadap kuantitas item-item pekerjaan sesuai dengan lapangan. Dengan mengetahui pekerjaannya maka akan diketahui berapa banyak biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek. Singkatnya volume pekerjaan yaitu menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satuan yang disebut sebagai kubikasi pekerjaan.

c. Analisa Harga Satuan

Harga satuan ini terdiri dari harga bahan, alat dan tenaga kerja, dan dianalisis sebagai harga satuan dasar per unit, volume pekerjaan, volume barang, dan harga satuan dari pekerjaan yang akan dilakukan. Menurut Peraturan Menteri PUPR nomor 8 tahun 2025, Analisis Harga Satuan Pekerjaan yang selanjutnya disingkat AHSP adalah perhitungan kebutuhan biaya Tenaga Kerja, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan untuk satu jenis pekerjaan tertentu.

Untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan maka harga satuan bahan, harga satuan tenaga kerja, dan harga satuan alat harus diketahui terlebih dahulu yang kemudian dikalikan dengan koefisien. koefisien tenaga kerja, bahan dan alat, untuk item pekerjaan tersebut, Setelah koefisien yang telah ditentukan sehingga akan didapatkan perumusan sebagai berikut:

1. Tenaga kerja : harga satuan upah x koefisien (upah)
2. Bahan : harga satuan bahan x koefisien (bahan)
3. Alat : harga satuan alat x koefisien (alat)

Sehingga didapat harga satuan pekerjaan:

Harga satuan pekerjaan = Tenaga kerja + Bahan + Alat

2.2 Penelitian Terdahulu

Untuk mencapai hasil yang maksimal dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka penulis mengambil beberapa kutipan dan contoh buku atau penelitian/jurnal dari beberapa sumber yang terkait dengan penelitian penulis :

Tabel 2. 21 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil
Siti Rahmattun A, 2024	Analisis Perbandingan Struktur Perencanaan Pembangunan Jalan Baru Antara Perkerasan Lentur, Rigid, dan Paving Blok di Kawasan Industri Kendal (KIK) (<i>Studi Kasus: Jl. Wanamarta</i>)	Melakukan perbandingan pemakaian perkerasan lentur, paving blok, serta <i>rigid</i> yang ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi	Perkerasan Lentur adalah pilihan paling tepat untuk Jl. Wanamarta. Pertimbangannya adalah kondisi jalan baru dengan daya dukung tanah sangat baik (CBR 17,74%) serta volume kendaraan berat yang sangat rendah (0,46%), sehingga tidak memerlukan struktur kaku yang mahal.
Minachussania, Yayan Adi Saputro, Decky Rochmanto, Nasyiin Faqih, 2024)	Studi Perbandingan Perencanaan Perkerasan Jalan (Kaku, Lentur, Paving) Kawasan Unisnu Jepara	mengatasi kemacetan dan ketidakteraturan lalu lintas. mengevaluasi permasalahan tersebut dengan merencanakan perbandingan perkerasan jalan (kaku, lentur, paving) yang berada di belakang kampus dan diharapkan dapat memberikan pertimbangan solusi terhadap permasalahan yang melatar belakang penulisan karya ini.	Berdasarkan rekapitulasi hasil analisa didapat biaya struktur perkerasan kaku senilai Rp 2.718.646.898, biaya struktur perkerasan Lentur senilai Rp 2.112.631.770 dan biaya struktur perkerasan Paving senilai Rp. 902.412.387. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa perkerasan paving blok lebih ekonomis, namun perkerasan paving blok memiliki struktur yang sangat merepotkan untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi dan berat.