

PERENCANAAN PERKERASAN JALAN

Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)



PENGERTIAN

- **Jalan** adalah sarana yang bisa dilalui oleh makhluk hidup dan kendaraan atau barang. Sedangkan secara teknis pengertian jalan adalah sarana yang digunakan kendaraan untuk menghubungkan dari satu daerah ke daerah yang lainnya.
- **Perkerasan jalan** adalah konstruksi jalan yang diperuntukan bagi jalan lalu lintas yang terletak diatas tanah dasar, dan pada umumnya terdiri dari lapis pondasi bawah, pondasi atas, dan lapis permukaan.



Fungsi perkerasan jalan, adalah:

1. Untuk memberikan permukaan rata / halus bagi pengendara.
2. Untuk mendistribusikan beban kendaraan di atas formasi tanah secara memadai, sehingga melindungi tanah dari tekanan yang berlebihan.
3. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Elemen – elemen struktural utama dalam pembangunan jalan meliputi:

1. Timbunan
2. Pondasi dibawah timbunan
3. Galian
4. Perkerasan jalan



Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan

1. Fungsi jalan.
2. Kinerja perkerasan.
3. Umur rencana.
4. Lalu lintas yang merupakan beban dari perkerasan jalan.
5. Sifat tanah dasar.
6. Kondisi lingkungan.

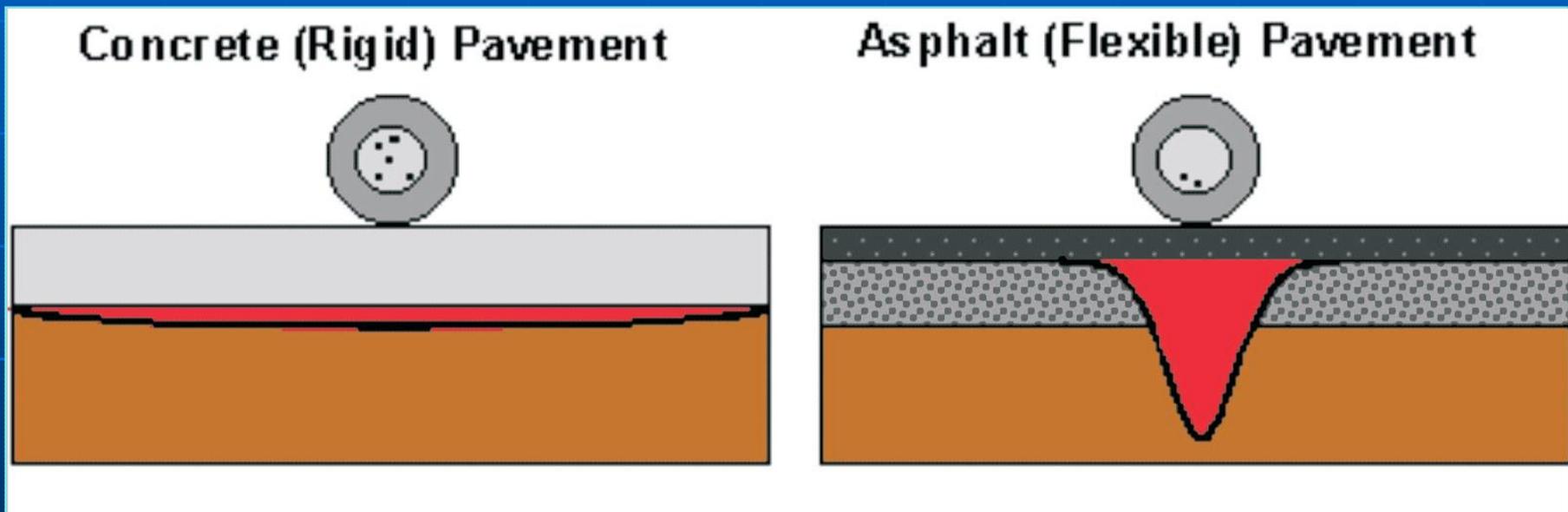


JENIS STRUKTUR PERKERASAN

- Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) : perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
- Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) : perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat.
- Perkerasan komposit (Composit Pavement) : konstruksi perkerasan dengan struktur lapisan bawah menggunakan lapisan beton dan ditutup dengan lapisan atas (surface) dari lapisan aspal.



Ilustrasi gaya yg bekerja



- ❖ Daya dukung tanah terhadap pembenan struktur jalan akibat beban kendaraan



PERKERASAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT)

Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap Lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Umumnya bagian-bagian lapisan perkerasan tersebut terdiri dari :

- ❑ Tanah dasar (Subgrade)
- ❑ Lapisan pondasi bawah (Subbase Course)
- ❑ Lapisan pondasi atas (Base Course)
- ❑ Lapisan permukaan (Surface Course)



STRUKTUR PERKERASAN LENTUR



Lapis Permukaan (Surface Coarse)

Lapis Pondasi Atas (Base Coarse)

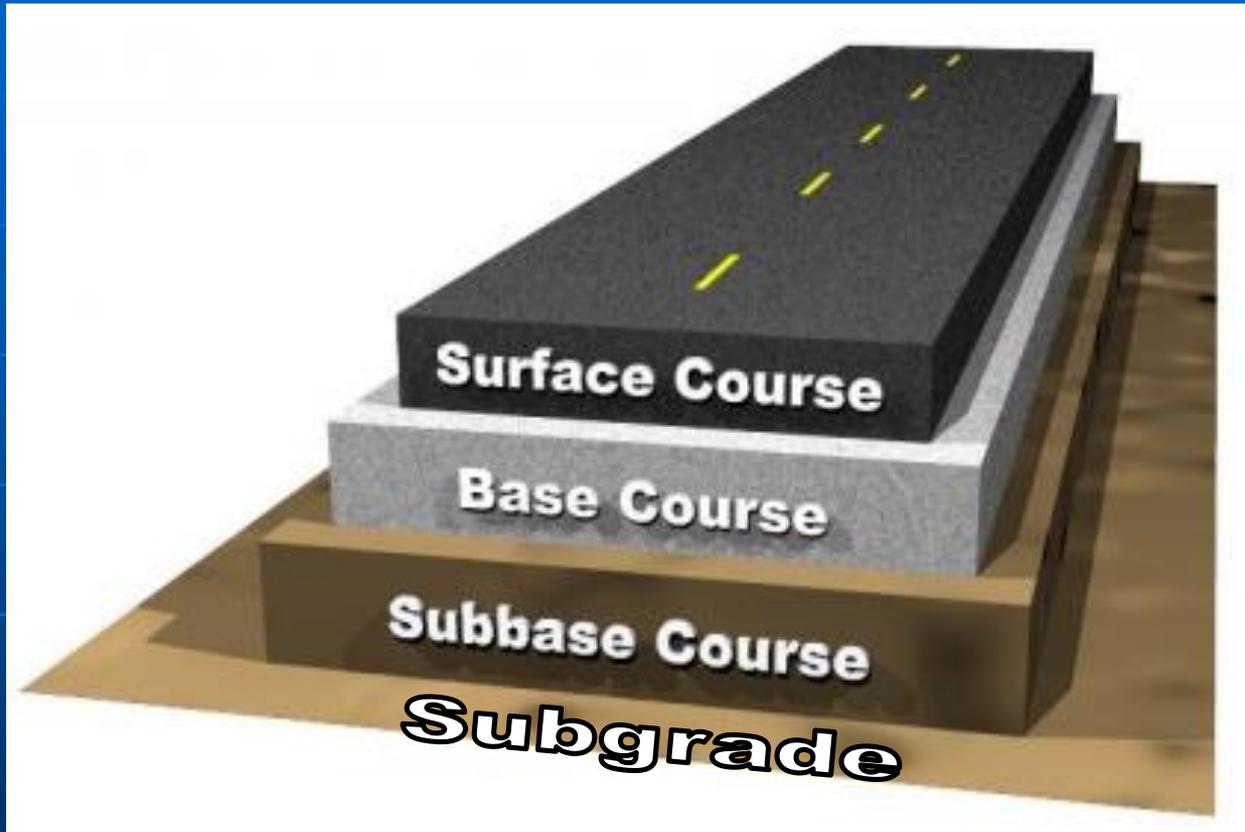
Lapis Pondasi bawah (Sub Base Coarse)

Tanah Dasar (Sub Grade)

Lapis Lainnya :

- ATB (Asphalt Treated Base)
- ACWC (Asphalt Concrete Wearing Coarse)





Lapisan - Lapisan Jalan



Jenis Konstruksi Perkerasan Lentur

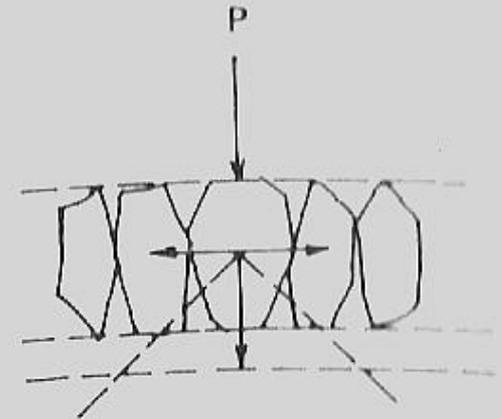
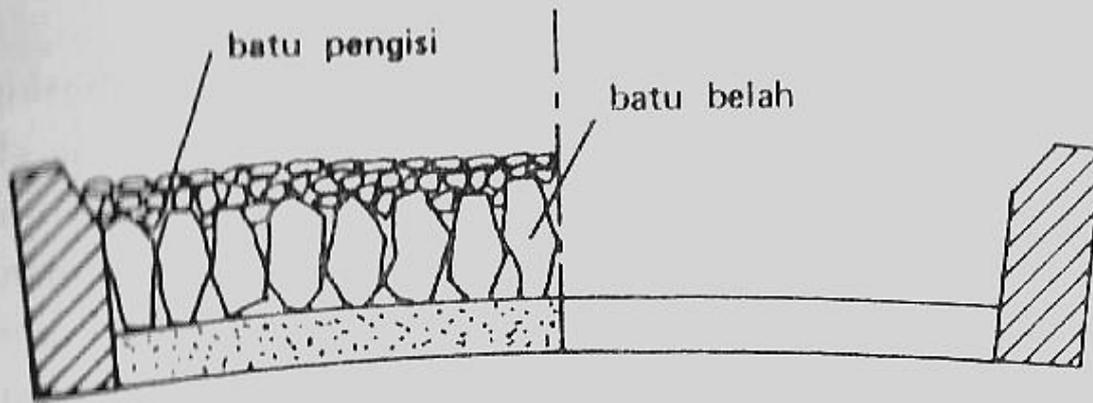
1. **Macadam** yaitu jenis konstruksi lentur yang menggunakan material lapisan pondasinya batu pecah tetapi penyusunannya secara melintang.
2. **Telford** yaitu jenis konstruksi lentur yang menggunakan material lapisan pondasi batu pecah tetapi penyusunannya secara vertikal.

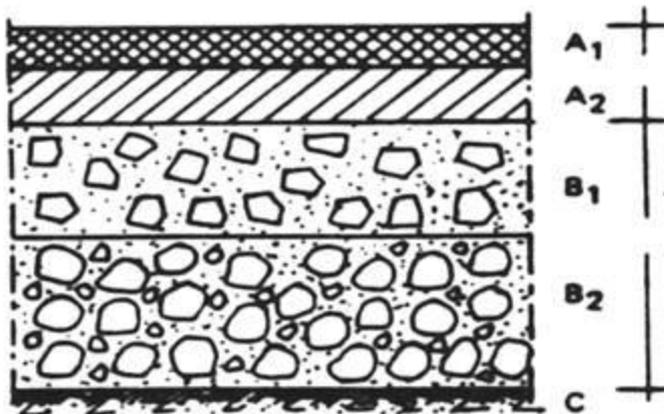
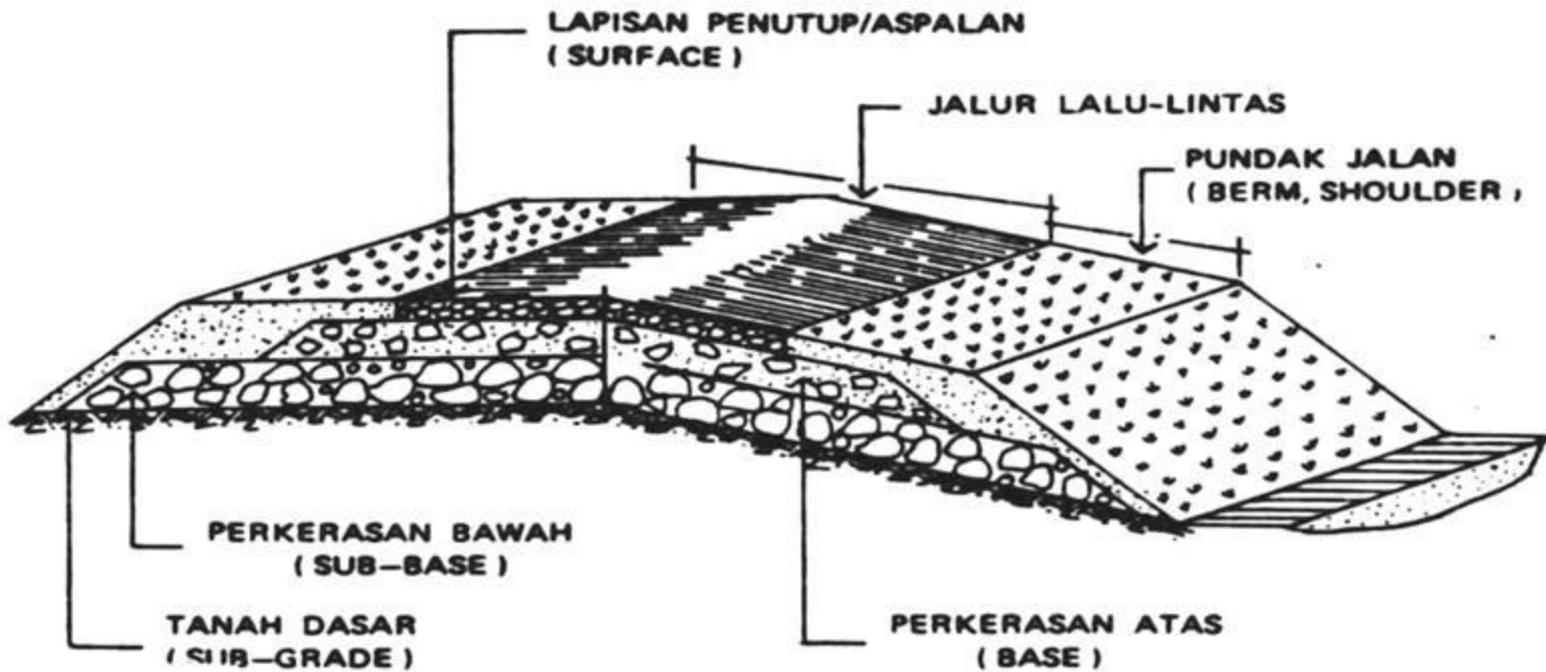
Jenis Bahan Pengikat Aspal

- Aspal keras (aspal cement)
- Aspal Cair
- Aspal emusi



Prinsip "desak-mendesak"





- A = Lapisan penutup/aspalan
 - A₁ = Lapisan penutup (Surface)
 - A₂ = Lapisan pengikat (Binder)
- B = Perkerasan
 - B₁ = Perkerasan atas (Base)
 - B₂ = Perkerasan bawah (Sub-base)
- C = Tanah dasar (Sub-grade)



Fungsi struktur perkerasan

1. Agar di atas struktur perkerasan itu dapat dilalui setiap saat. Oleh karena itu lapis permukaan perkerasan harus kedap air – melindungi lapisan tanah dasar sehingga kadar air lapis tanah dasar tidak mudah berubah.
2. Mendistribusikan beban terpusat, sehingga tekanan yang terjadi pada lapisan tanah dasar menjadi lebih kecil. Oleh karena itu lapisan struktur perkerasan harus dibuat dengan sifat modulus kekakuan (modulus elastisitas) lapis di atas lebih besar daripada lapis di bawahnya.
3. Menyediakan kekesatan agar aman. Oleh karena itu permukaan perkerasan harus kasar, sehingga mempunyai koefisien gesek yang besar antara roda dan permukaan perkerasan.
4. Menyediakan kerataan agar nyaman. Oleh karena itu permukaan harus rata, sehingga pengguna tidak terguncang saat lewat pada perkerasan.



Tanah Dasar (Sub Grade)

- Tanah dasar (subgrade) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan
- Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah urugan). Mengenai persyaratan teknik untuk material tanah sebagai pembentuk tanah dasar ini adalah sebagai berikut:
 - Bukan tanah organis
 - Sebaiknya tidak termasuk tanah yang plastisitanya tinggi (klasifikasi A-7-6) dari persyaratan klasifikasi MSHTO atau CH dalam sistim klasifikasi unified.
 - Bahan yang mempunyai plastisitas tinggi hanya boleh digunakan pada daerah/lapisan dibawah 80 cm dari tanah dasar atau bagian dasar dari urugan. Atau urugan kembali yang tidak memerlukan daya dukung tinggi.
 - Memiliki harga CBR tidak kurang dari 6% setelah perendaman 4 hari dan dipadatkan 100% dari kepadatan kering maximum.
 - Persyaratan kepadatan :
 - ❖ Harus dipadatkan dengan 95% dari kepadatan kering maximum pada lapisan 30 cm ke bawah dari subgrade (Proctor standard).
 - ❖ 30 cm keatas harus dipadatkan 100% dari kepadatan kering maximum(proctor standard).



Lapisan Pondasi Bawah (Sub Based)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah ini antara lain yaitu:

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda.
- Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- Sebagai lapisan peresapan (drainage blanket sheet) agar air tanah tidak mengumpul di pondasi maupun di tanah dasar
- Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Material yang umum digunakan untuk lapisan pondasi bawah sesuai dengan jenis konstruksinya adalah :

- Batu belah dengan balas pasir (sistim telford)
- Tanah campuran semen (soil cement base)
- Agregat kelas B (sistim pondasi aggregate)



Lapisan Pondasi Atas (Based)

Lapis Pondasi Atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapisan permukaan. Fungsi dari lapis pondasi atas ini antara lain yaitu :

- Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda
- Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.
- Memberikan bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan yang akan digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah jenis bahan yang cukup kuat. Untuk lapisan pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan nilai CBR $> 50\%$ dan plastisitas Index (PI) $< 4\%$. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen (soil cement base) dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas sesuai dengan jenis konstruksinya adalah :

- Tanah campur semen (soilcement base)
- Agregat Klas A (sistim pondasi aggregate)
- Kerikil (Pondasi Macadam)



Persyaratan Agregat

Sifat	Agregat Klas A	Agregat B
Abrasi Agregat kasar (AASHTO T 96-74)	0 - 40%	0 - 50%
Index Plastisitas (PI) (AASHTO T 90 -70)	0 - 6	4 - 10
Batas Cair (AASHTO T 89-68)	0 - 35	-
Bagian yang lunak (AASHTO T 112-78)	0 - 5	-
CBR (AASHTO T193)	80 min	35 min
Rongga dalam agregat mineral pada kepadatan max	14 min	10 min

Macam ayakan (mm)	Persen berat lolos	
	Agregat klas A	Agregat klas B
63,0 (2 ½ `)	100	100
37,5 (1 ½ `)	100	67 - 100
19,0 (½ `)	65 - 81	40 - 100
9,5	42 - 60	25 - 80
4,75	27 - 45	16 - 66
2,36	18 - 33	10 - 55
1,18	11 - 25	6 - 45
0,425	6 - 16	3 - 33
0,075	0 - 8	0 - 20



Prime Coat & Tack Coat

Prime coat adalah laburan aspal pada permukaan yang belum beraspal berfungsi untuk member ikatan antara permukaan tersebut dengan lapisan perkerasan di atasnya. Sedangkan tackcoat adalah leburan aspal pada permukaan yang sudah beraspal, berfungsi untuk member ikatan antara permukaan tersebut dengan lapisan perkerasan di atasnya.

- Bahan yang digunakan untuk primacoat adalah :
 1. AC 10 (penetrasi 80-100), AC 20 (penetrasi 60-70) diencerkan dengan minyak tanah 80 PPh (80 bagian minyak dengan 100 bagian aspal) atau disesuaikan kebutuhan lapangan.
 2. MC 30 (aspal cair/Cutback Asphalt)
 3. Aspal emulsi (1 bagian air : 1 bagian pengemulsi).
- Bahan yang digunakan untuk Tackcoat adalah :
 1. AC 10 (penetrasi 80-100), AC 20 (penetrasi 60-70) diencerkan dengan minyak tanah 20 sid 30 PPh (25/30 bagian minyak dengan 100 bagian aspal) atau disesuaikan kebutuhan lapangan.
 2. Aspal emulsi (1 bagian air : 1 bagian pengemulsi)
- Takaran Pemakaian
 1. Untuk prime coat
 2. Untuk lapisan pondasi agregat 0,4 – 1,3 l/m²
 3. Untuk lapisan pondasi tanah semen 0,2 – 1,0 l/m²
 4. Untuk tackcoat, sbb.



Jenis Tack Coat

Jenis bahan	Permukaan baru, permukaan tua/licin	Permukaan tua/lapuk
Cut back 25 pph	0,15 l/m ²	0,15 – 0,35 l/m ²
Aspal emulsi	0,41 l/m ²	0,40 – 1,00 l/m ²

Suhu Penyemprotan

Jenis Bahan Pengikat	Batas Suhu Penyemprotan
Cutback 25 pph	110 +/- 10 *C
Cutback 50 pph (MC 70)	75 +/- 10 *C
Cutback 75 pph (MC 30)	45 +/- 10 *C
Cutback 100 pph	30 +/- 10 *C



Lapis Permukaan (Surface)

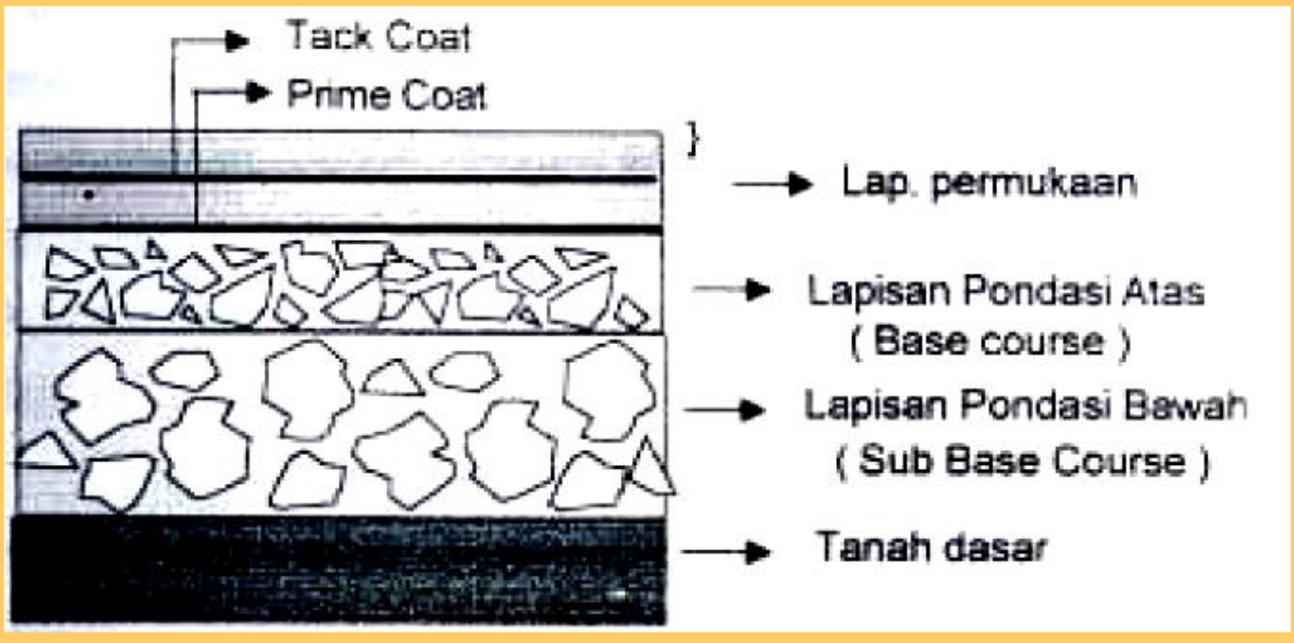
Lapisan Permukaan (Surface) adalah bagian terletak paling atas. Lapis permukaan ini berfungsi antara lain :

- Sebagian bagian perkerasan untuk menahan gaya lintang dari beban roda kendaraan
- Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- Sebagai lapisan aus (wearing course)

Bahan yang umum digunakan untuk lapis permukaan (surface course) ini antara lain:

- Aspal campuran panas (Hot Mix) dengan jenis A TB, A TS8, HRS, HRSS I AC
- Aspal campuran dingin (Cold mix) dengan jenis Slurry seal, DGEM, OGEM dan Macadam emulsion.
- Lapisan Penetrasi Macadam (Lapen).
- Labur Aspal Satu Lapis (Burtu).
- Labur Aspal Dua Lapis (Burtu).
- Laburan Aspal (Buras)
- Lapisan tipis as buton murni (Latasbum)
- Lapisan as buton agregat (Lasbutag)
- Lapisan tipis aspal pasir (Latasir)





Perencanaan Tebal Perkerasan lentur

- Analisa Komponen (Bina Marga)
- AASHTO
- NASRA
- US Army
- dsb



METODE ANALISA KOMPONEN (BINA MARGA)

Parameter Perencanaan

1. Lalu Lintas

- a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi kendaraan
- b. Angka Ekuivalen (E/EAL) Beban Sumbu Kendaraan
- c. Lalu lintas harian rata-rata
 - Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)
 - Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)
 - Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)
 - Lintas Ekuivalen Tengah (LET)
 - Lintas Ekuivalen Rencana (LER)
 - Faktor penyesuaian (FP)

2. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) & CBR

3. Faktor Regional (FR)

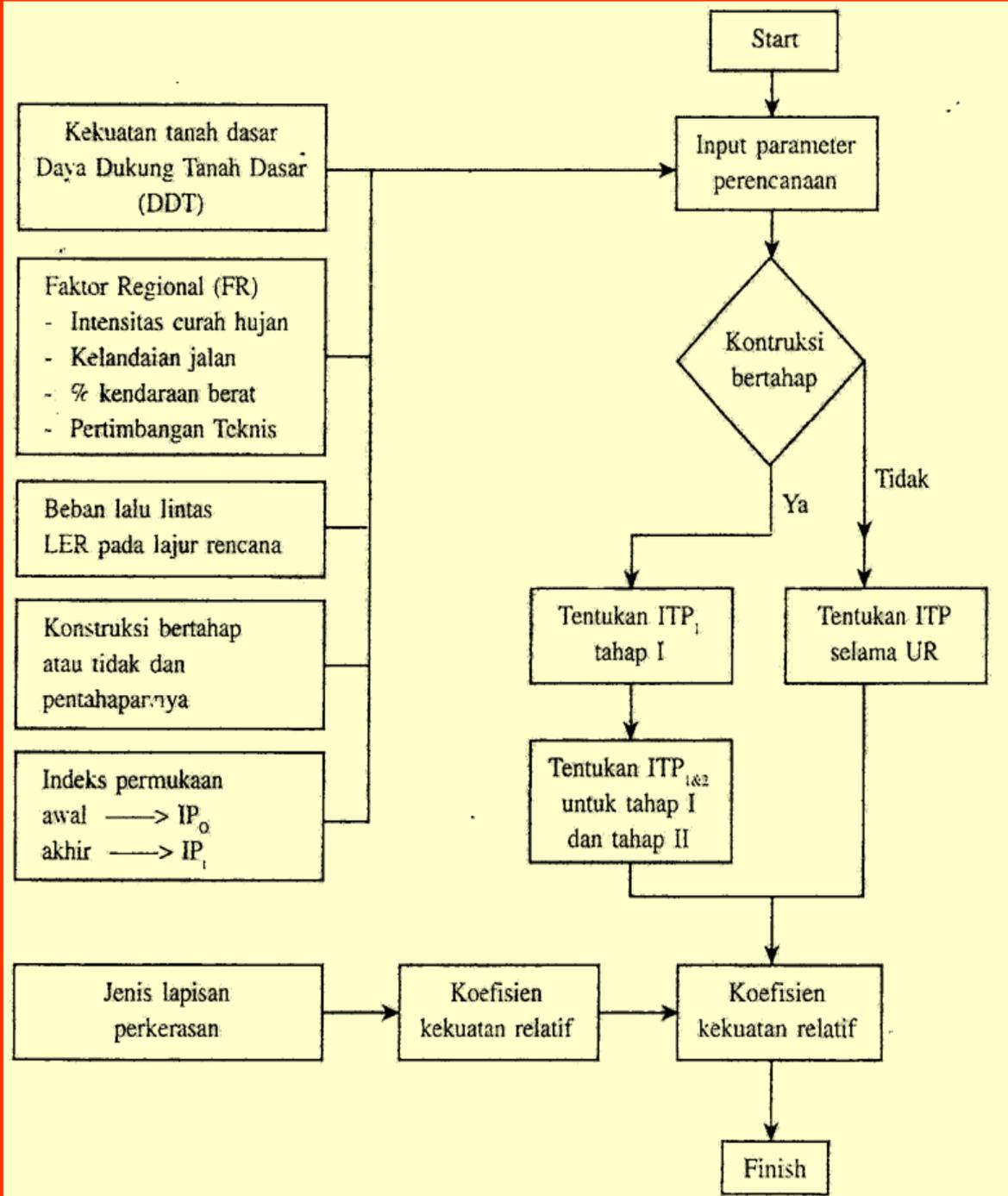
4. Indeks Permukaan (IP)

5. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

6. Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan



Bagan Alir Perencanaan



Langkah Perhitungan

- Tentukan nilai daya dukung tanah dasar, dengan menggunakan pemeriksaan CBR
- Dengan memperhatikan CBR yang diperoleh, keadaan lingkungan, jenis dan kondisi tanah dasar di sepanjang jalan, tentukanlah CBR segmen
- Tentukan nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dari setiap nilai CBR segmen yang diperoleh dengan mempergunakan gambar 3.2 Grafik CBR mempergunakan skala logaritma, sedangkan grafik DDT mempergunakan skala linier
- Tentukan umur rencana dari jalan yang hendak direncanakan. Umumnya jalan baru mempergunakan umur rencana 20 tahun, dapat dengan konstruksi bertahap (stage construction) atau tidak. Jika dilakukan konstruksi bertahap, tentukan tahapan pelaksanaannya
- Tentukan faktor pertumbuhan lalu lintas selama masa pelaksanaan dan selama umur rencana, i %
- Tentukan faktor regional (FR). Faktor regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan lain. Bina Marga memberikan angka yang bervariasi antara 0,5 dan 4 seperti terlihat pada tabel 3.1.

Perhitungan Angka Ekuivalen

Angka ekuivalen sumbu tunggal (E/EAL)

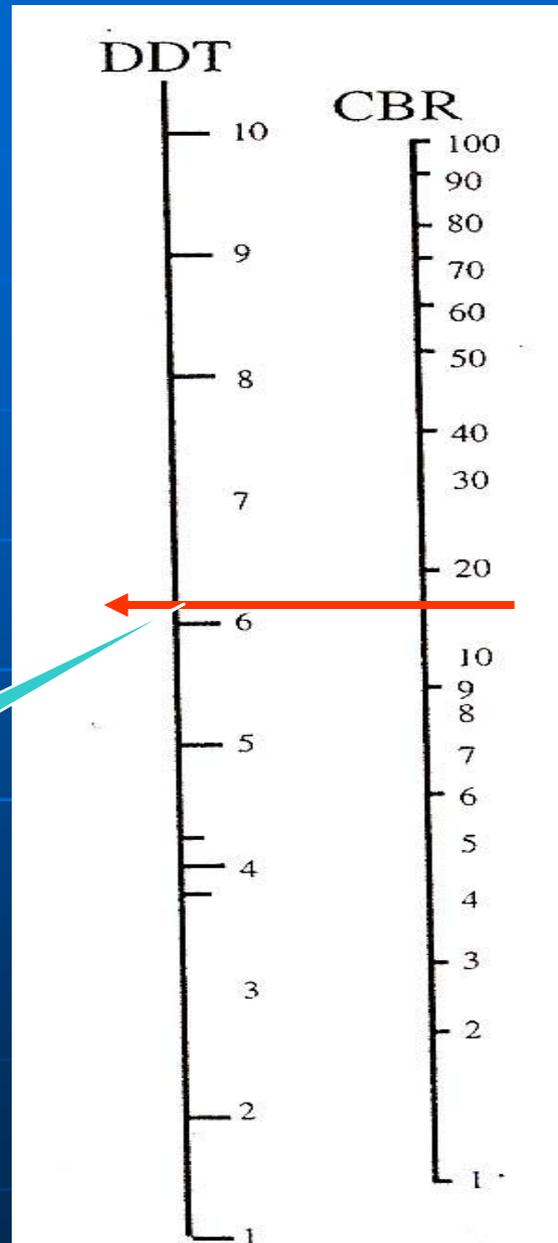
$$\begin{aligned} & \text{beban satu sumbu} \\ &= \left(\frac{\text{tunggal dalam kg.}}{8160} \right)^4 \end{aligned}$$

Angka ekuivalen sumbu ganda (E/EAL)

$$\begin{aligned} & \text{beban satu sumbu} \\ &= \left(\frac{\text{ganda dalam kg.}}{8160} \right)^4 \end{aligned}$$



Korelasi Nilai DDT dan CBR



Nilai DDT yg digunakan



Faktor Regional

Curah Hujan	Kelandaian I (<6%) Kelandaian II (6-10%) Kelandaian III (>10%)					
	% kendaraan Berat		% kendaraan Berat		% kendaraan Berat	
	≤ 30%	>30%	≤ 30%	>30%	≤30%	>30%
Iklm I <900 mm/th	0,5	10,5	1,0	1,5-20	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

Catatan : pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30m) FR di tambah dengan 0,5 pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1.0



Parameter lainnya (selain di tabel) yang merupakan bagian dari Faktor Regional adalah :

- Kondisi persimpangan yang ramai
- Kondisi iklim
- Keadaan medan
- Kondisi drainase yang ada
- Pertimbangan teknis dari perencana seperti ketinggian muka air tanah, perbedaan kecepatan akibat adanya hambatan-hambatan tertentu, dls



- Tentukan Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LEP = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times E_i \times C_i \times (1 + a)^n$$

$$LEA = LEP (1+r)^n$$

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA)$$

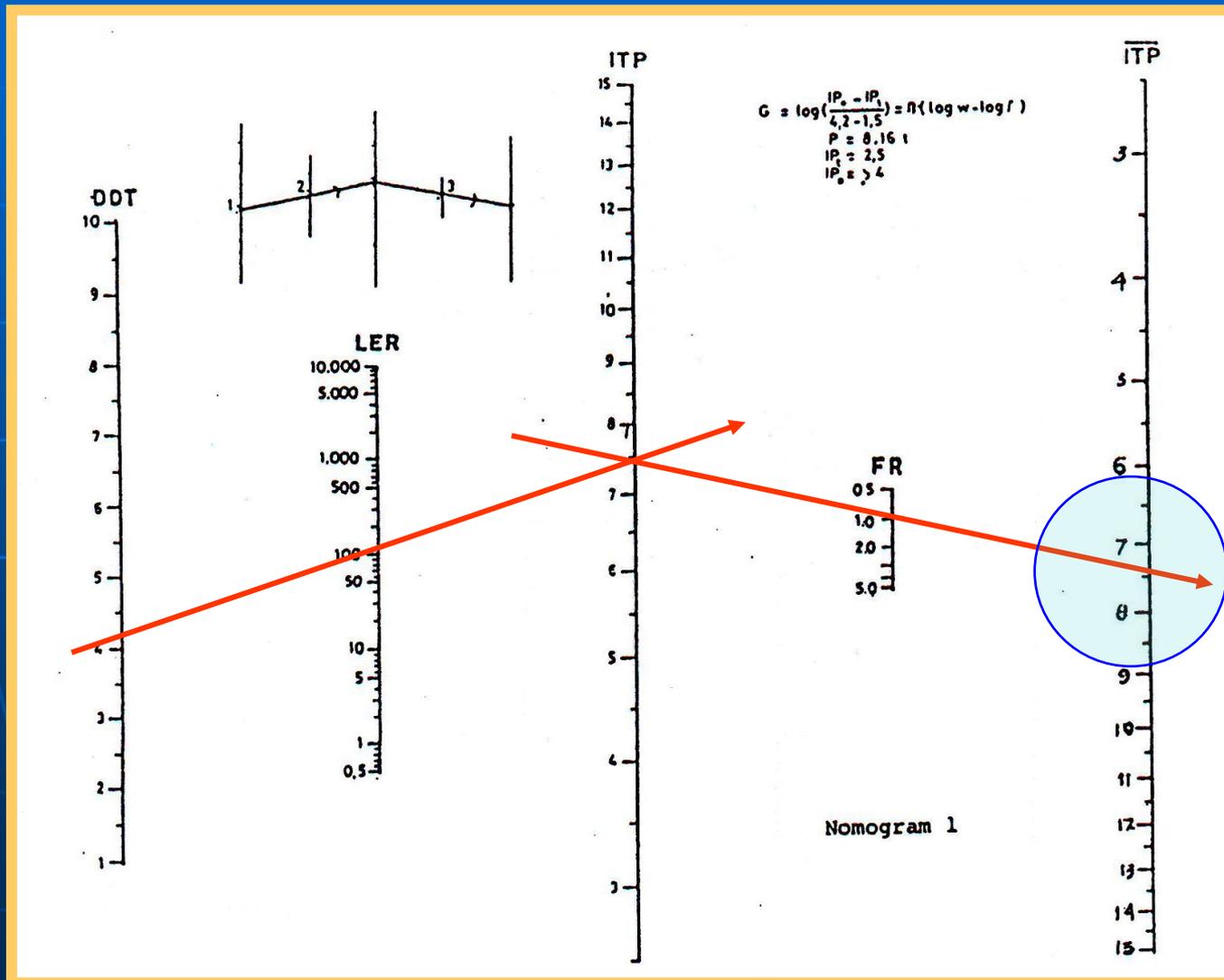
$$LER = LET \times FP$$

- Tentukan indeks permukaan awal (Ipo)
- Tentukan Indeks Permukaan Akhir (Ipt) dari perkerasan rencana tabel

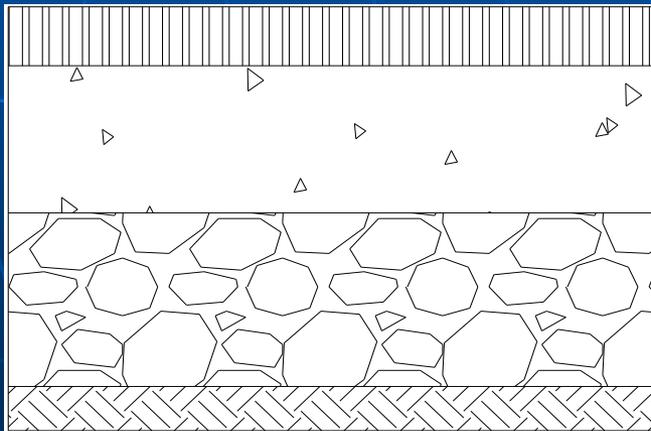
LER = Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 - 100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
> 1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5



- Tentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dengan mempergunakan nomogram ITP dapat diperoleh dari nomogram dengan mempergunakan LER selama umur rencana



- Tentukan jenis lapisan perkerasan yang akan dipergunakan
- Tentukan koefisien kekuatan relatif bahan (a) dari setiap jenis lapisan perkerasan yang dipilih.
- Dengan mempergunakan rumus :
$$\text{ITP} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$
- Kontrol apakah tebal dari masing-masing lapis perkerasan telah memenuhi ITP yang bersangkutan



(D1 cm) LAPISAN PERMUKAAN (SURFACE COURSE)

(D2 cm) LAPISAN PONDASI ATAS (BASE COURSE)

D3 cm) LAPISAN PONDASI BAWAH
(SUBBASE COURSE)

LAPISAN TANAH DASAR (SUBGRADE)



PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR METODE ANALISA KOMPONEN (BINA MARGA)

CONTOH PERHITUNGAN TEBAL PERKERASAN

1 Perencanaan :

Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur, data lalu lintas tahun 2008, seperti di bawah ini, dan umur rencana 10 tahun.

Jalan dibuka tahun 2012 (1 selama pelaksanaan = 5% per tahun)

FR = 1,0 dan CBR tanah dasar = 3,4 %

2 Data-data :

Kendaraan ringan 2 ton.....	3450 kendaraan
Bus 8 ton.....	756 kendaraan
Truck 2 as 13 ton.....	472 kendaraan
Truck 3 as 20 ton.....	228 kendaraan

LHR 2008 = $\frac{3450 + 756 + 472 + 228}{24}$ kendaraan/hari/1 jurusan

Perkembangan lalu lintas (i) : untuk 10 th = 8%

Bahan-bahan perkerasan :

(dari tabel koefisien relatif)

- Asbuton (MS 744)	$a_1 = 0.40$
- Batu pecah (CBR 100)	$a_2 = 0.14$
- Sirtu (CBR 50)	$a_3 = 0.12$



3 LHR pada tahun 2008 (awal umur rencana), dengan rumus : $(1+i)^n$

Kendaraan 2 ton	=	4.193,50	kendaraan
Bus 8 ton.....	=	918,92	kendaraan
Truck 2 as 13 ton.....	=	573,72	kendaraan
Truck 3 as 20 ton.....	=	277,14	kendaraan

LHR pada tahun 2018, dengan rumus : $(1+i)^n$

Kendaraan 2 ton	=	5.705,21	kendaraan
Bus 8 ton.....	=	1.250,18	kendaraan
Truck 2 as 13 ton.....	=	780,54	kendaraan
Truck 3 as 20 ton.....	=	377,04	kendaraan

Angka Equivalen (E) masing-masing kendaraan sebagai berikut :

Kendaraan ringan 2 ton	=	0,0002	+	0,0002	=	0,0004
Bus 8 ton	=	0,0183	+	0,1410	=	0,1593
Truck 2 as 13 ton	=	0,141	+	0,9238	=	1,0648
Truck 3 as 20ton	=	0,2923	+	0,7452	=	1,0375

Lintas Equivalen Permulaan (LEP) =

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j$$

Kendaraan 2 ton	0,5	x	4.193,50	x	0,0004	=	0,839
Bus 8 ton.....	0,5	x	918,92	x	0,1593	=	73,192
Truck 2 as 13 ton.....	0,5	x	573,72	x	1,0648	=	305,448
Truck 3 as 20 ton.....	0,5	x	277,14	x	1,0375	=	143,764
					LEP	=	523,243



Lintas Equivalen Akhir (LEA) =

Kendaraan 2 ton	0,5	x	5.705,21	x	0,0004	=	1,141
Bus 8 ton.....	0,5	x	1.250,18	x	0,1593	=	99,577
Truck 2 as 13 ton.....	0,5	x	780,54	x	1,0648	=	415,559
Truck 3 as 20 ton.....	0,5	x	377,04	x	1,0375	=	195,589
					LEA	=	711,866

Lintas Equivalen Tengah (LET) =

$$\text{LET} = 0,5 \times (\text{LEP} + \text{LEA}) \\ = 0,5 \times (523,243 + 711,866) = 617,555$$

Lintas Equivalen Rencana (LER) =

$$\text{LER} = \frac{\text{LET}}{10/10} \times \frac{\text{UR}}{10} \\ = \frac{617,555}{10/10} \times \frac{10}{10} = 617,55$$

Mencari ITP :

CBR tanah dasar = 3.4 %; DDT = 4; IP = 2; FR =1

$$\text{LER} = 617,55$$

$$\text{ITP} = 9,8 \quad (\text{IP0} = 3.9 - 3.5) \quad \text{(dari Nomogram)}$$



Sehingga didapat komposisi perkerasan =

Menentukan rencana tebal perkerasan :

- | | | | | |
|---------------------------------------|---------|------|---------|-------|
| - Asbuton (MS 744) = 0.40 = a_1 | $a_1 =$ | 0,4 | $D_1 =$ | ? cm |
| - Batu pecah (CBR 100) = 0.14 = a_2 | $a_2 =$ | 0,14 | $D_2 =$ | 20 cm |
| - Sirtu (CBR 50) = 0.12 = a_3 | $a_3 =$ | 0,12 | $D_3 =$ | 25 cm |

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

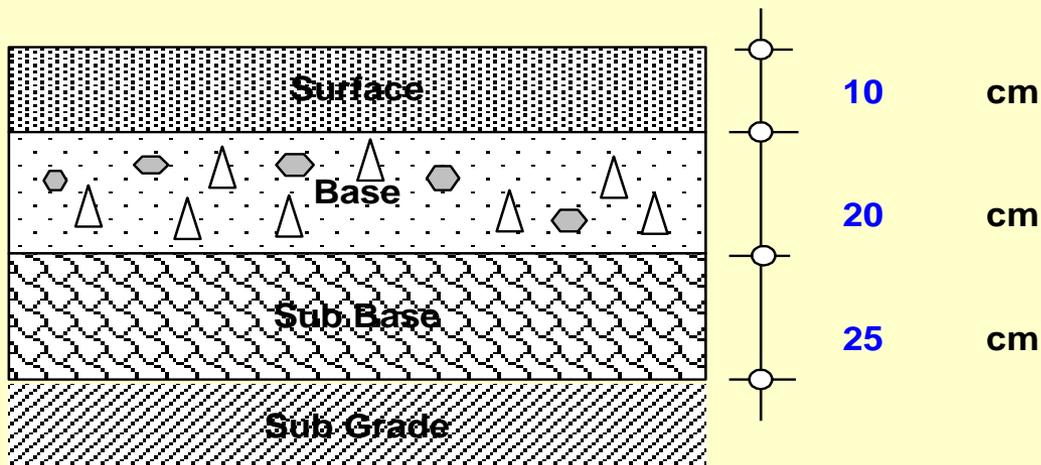
UR = 10 tahun

$$9.8 = 0,40 \cdot D_1 + 0,14 \cdot 20 + 0,12 \cdot 10$$

$$D_1 = 10 \text{ cm}$$

Susunan Struktur Perkerasan

- | | | |
|--------------------|---|-------|
| - Asbuton (MS 744) | = | 10 cm |
| - Batu Pecah | = | 20 cm |
| - Sirtu (CBR 50) | = | 25 cm |

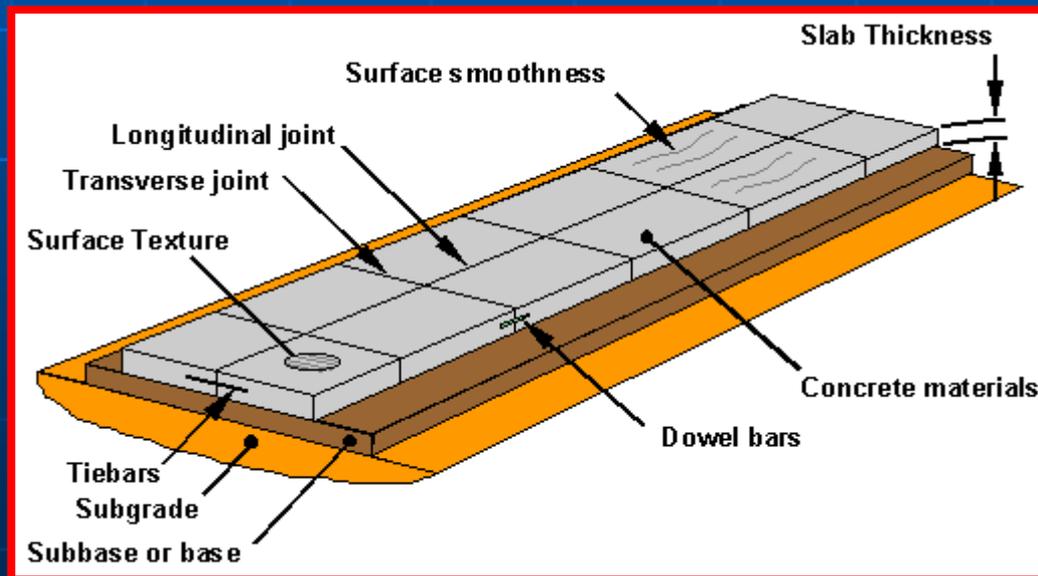
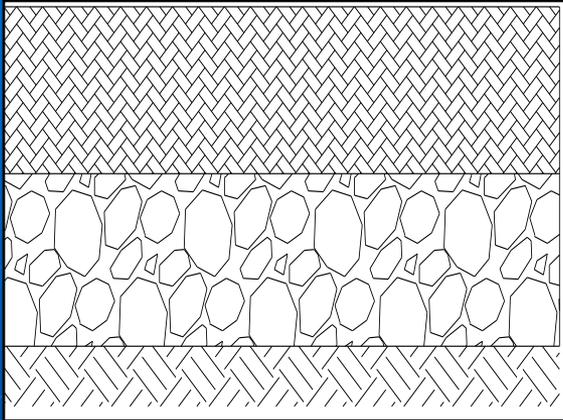


PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT)

- ❑ Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu perkerasan jalan yang berupa beton (*concrete*) yang terdiri atas campuran agregat dengan semen sebagai bahan pengikat
- ❑ Perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku, terdiri dari plat beton semen, dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton semen sering juga dianggap sebagai lapis pondasi, kalau di atasnya masih ada lapisan aspal
- ❑ Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu alternative perkerasan jalan yang kita gunakan pada suatu kondisi jalan apabila perkerasan lentur (*Fleksible Pavement*) sudah tidak dapat digunakan lagi.



STRUKTUR PERKERASAN KAKU



Sifat Perkerasan Kaku

1. Secara struktural terdiri dari satu lapis dari beton mutu tinggi (K-375).
2. Lapis sub base tidak terlalu berperan sebagai struktur.
3. Bersifat kaku karena nilai modulus elastisitasnya (E) cukup tinggi ($\pm 250.000 \text{ kg/m}^2$) sehingga penyebaran beban roda lalu lintas ke tanah dasar cukup luas.
4. Peranan daya dukung tanah dasar tidak terlalu penting, tetapi sangat peka terhadap pengaruh *settlement*.



MATERIAL PERKERASAN KAKU



BATU PECAH
(AGGREGAT/SPLIT)



PASIR (SAND)



SEMEN
(CEMENT)



- **Lapis permukaan/Concrete slab**

Bagian perkerasan yang paling atas dan langsung menerima beban lalu-lintas serta mendistribusikan beban yang diterimanya ke lapisan perkerasan dibawahnya. Pelat beton didalam perkerasan beton semen merupakan lapisan permukaan dan termasuk bagian yang memegang peranan utama dalam struktur perkerasan.

- **Lapis pondasi atas/Subbase coarse**

Bagian perkerasan yang terletak antara lapisan permukaan dengan lapis pondasi bawah, bila tidak ada lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas (base) adalah bagian yang terletak antara lapis permukaan dengan tanah dasar (sub grade).

- **Lapisan tanah dasar (Subgrade)**

Pada perkerasan kaku (Rigid pavement)/jalan beton sebenarnya daya dukung tanah dasar tidak begitu berperan terhadap kekuatan struktur perkerasan. Hal ini disebabkan kekakuan maupun modulus elastisitas dari pelat beton yang relative tinggi, sehingga penyebaran beban relative cukup luas.



Lapisan pondasi bawah berfungsi untuk:

- mengendalikan pengaruh pemompaan (pumping)
- mengendalikan aksi pembekuan.
- sebagai lapisan drainase.
- mengendalikan kembang susut tanah – dasar.
- memudahkan pelaksanaan, karena dapat juga berfungsi sebagai lantai kerja.
- mengurangi terjadinya retak pada plat beton.
- Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
- Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (modulus of sub-grade reaction = k), menjadi modulus reaksi gabungan (modulus of composite reaction).
- Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
- Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat



Plat beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar yang melingkupi daerah yang cukup luas. Dengan demikian, bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton itu sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan; dimana masing-masing lapisan memberikan kontribusinya.

Yang sangat menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam memikul beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Sedangkan kekuatan dari tanah dasar hanya berpengaruh kecil terhadap kekuatan daya dukung struktural perkerasan kaku

Pumping adalah peristiwa keluarnya air disertai butiran-butiran tanah dasar melalui sambungan dan retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat gerakan lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas yang terakumulasi di bawah plat beton. Pumping dapat mengakibatkan terjadinya rongga di bawah plat beton sehingga menyebabkan rusak/retaknya plat beton.



Jenis-jenis Perkerasan Kaku

1. Beton tanpa tulangan (URC, Unreinforced Concrete).

- ❑ Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.

2. Beton bertulang dan sambungan (JRC, Jointed Reinforced Concrete)

- ❑ Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan wire mesh diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel.

3. Pelat beton menerus dan bertulang (CRP, Concrete Pavement)

- ❑ Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

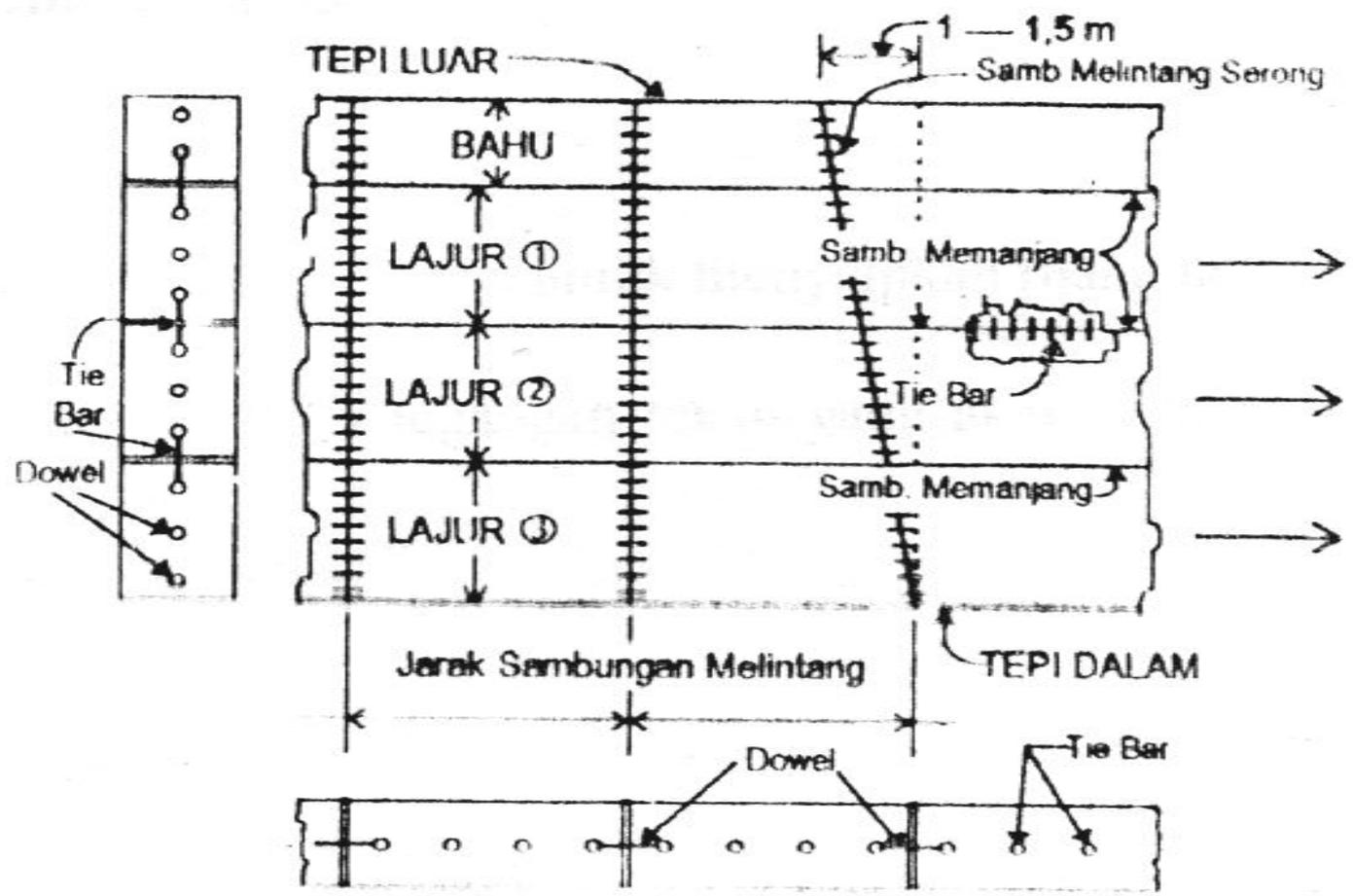
Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus.

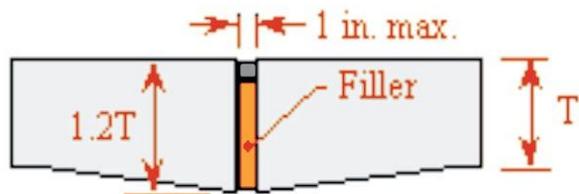


Sambungan

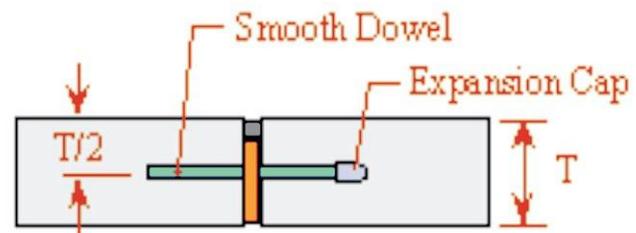
- ❑ Sambungan dibuat atau ditempatkan pada perkerasan beton, dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan perubahan lingkungan (suhu dan kelembaban), gesekan dan keperluan konstruksi (pelaksanaan).
- ❑ Perencanaan sambungan pada perkerasan kaku, merupakan bagian yang harus dilakukan pada perencanaan, baik jenis perkerasan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan beton menerus dengan tulangan.



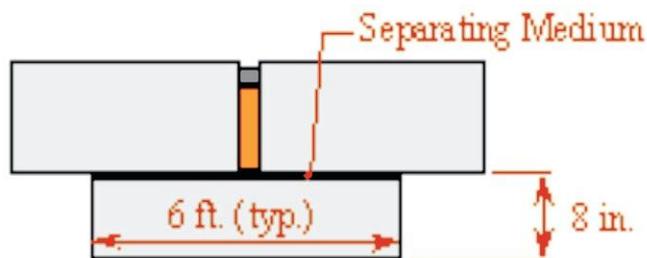




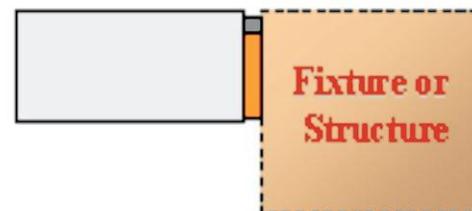
Thickened Edge - Transverse (Type D-1)



Doweled - Transverse (Type D-2)



Sleeper Slab - Transverse (Type D-3)



Undoweled - Longitudinal (Type D-4)

Note: T = Thickness of Concrete Slab



Jenis-jenis Sambungan

- **Sambungan Susut**

Atau sambungan pada bidang yang diperlemah (dummy) dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat; suhu, kelembaban, gesekan sehingga akan mencegah retak. Jika sambungan susut tidak dipasang maka akan terjadi retak acak pada permukaan beton.

- **Sambungan Muai**

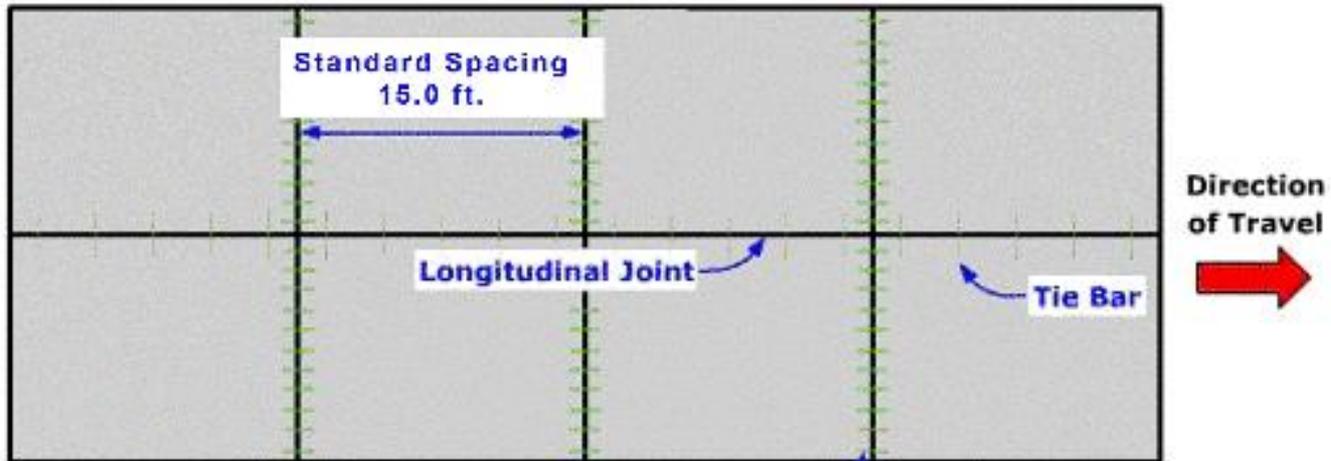
Fungsi utamanya untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan, sehingga mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan menyebabkan perkerasan tertekuk.

- **Sambungan Konstruksi (Pelaksanaan)**

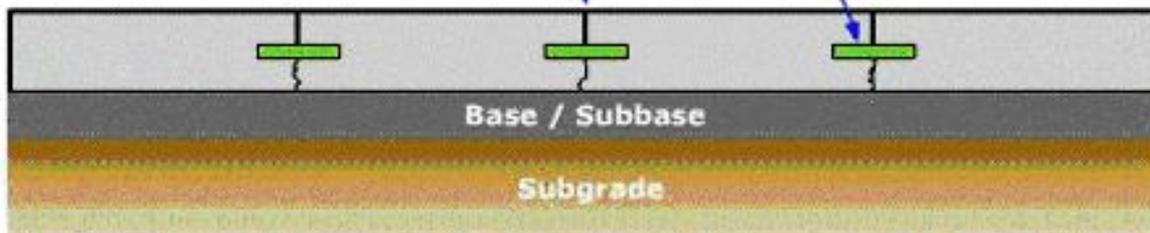
Diperlukan untuk kebutuhan konstruksi (berhenti dan mulai pengecoran). Jarak antara sambungan disesuaikan dengan lebar alat atau mesin penghampar (paving machine) dan oleh tebal perkerasan



Top View



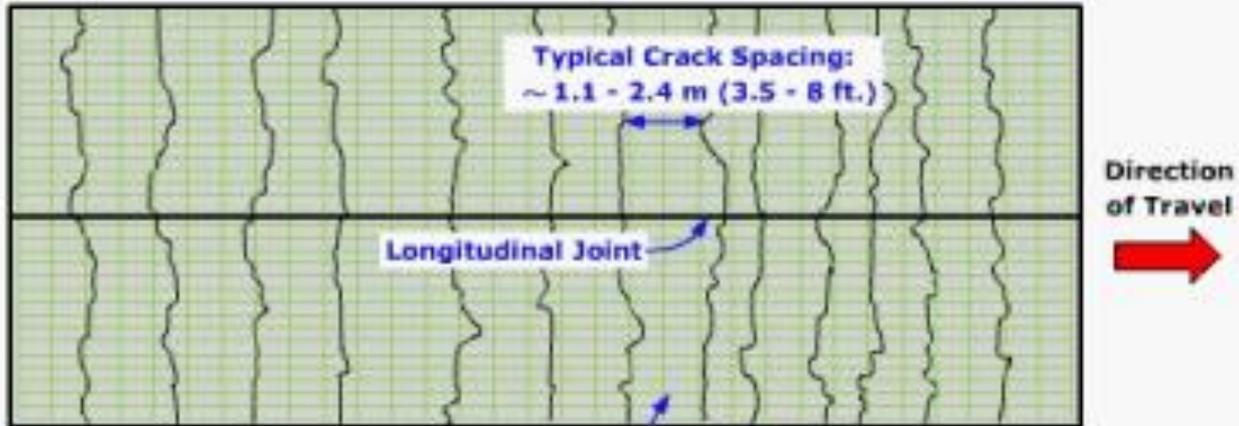
Side View



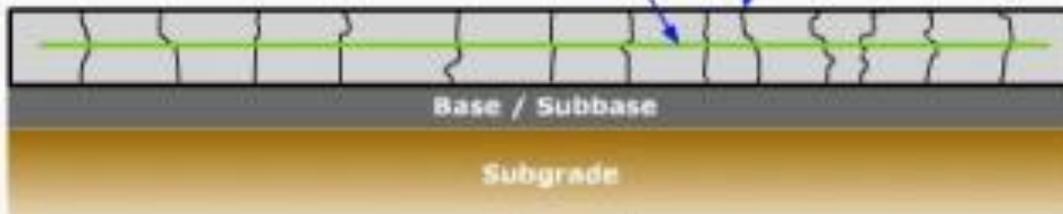
Sumber : Blog Wiryanto Dewobroto



Top View



Side View



Gambar Rigid pavement menerus dengan tulangan
Sumber : Blog Wiryanto Dewobroto



Perbedaan antara Perk. Lentur & Perk. Kaku

Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
<ol style="list-style-type: none">1. Desain sederhana namun pada bagian sambungan perlu perhitungan lebih teliti. Kebanyakan digunakan hanya pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas tinggi, serta pada perkerasan lapangan terbang.2. Rancangan Job Mix lebih mudah untuk dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda.3. Rongga udara di dalam beton tidak dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume beton. Pada umumnya diperlukan sambungan untuk mengurangi tegangan akibat perubahan temperatur. Dapat lebih bertahan terhadap kondisi yang lebih buruk.4. Umur rencana dapat mencapai 15 – 40 tahun. Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat dapat meluas.5. Indeks Pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika sambungan melintang (<i>transversal joints</i>) dikerjakan dan dipelihara dengan baik.	<ol style="list-style-type: none">1. Perancangan sederhana dan dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu-lintas dan semua jenis jalan berdasarkan klasifikasi fungsi jalan raya.2. Kendali kualitas untuk Job Mix agak rumit karena harus diteliti baik di laboratorium sebelum dihampar, maupun setelah dihampar di lapangan.3. Rongga udara dapat mengurangi tegangan yang timbul akibat perubahan volume campuran aspal. Oleh karena itu tidak diperlukan sambungan. Sulit untuk bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk.4. Umur rencana relatif pendek 5 – 10 tahun. Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.5. Indeks Pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekwensi beban lalu-lintasnya.



6. Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi.
7. Pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan.
8. Sangat penting untuk melaksanakan pemeliharaan terhadap sambungan-sambungan secara rutin.
9. Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. Apabila lapisan permukaan akan dilapis ulang, maka untuk mencegah terjadinya retak refleksi biasanya dibuat tebal perkerasan > 10 cm
10. Kekuatan konstruksi perkerasan kaku ditentukan oleh kekuatan lapisan beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan).
11. Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal lapisan beton tidak termasuk pondasi.

6. Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu-lintas rendah. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi yaitu jalan dengan tingkat volume lalu-lintas tinggi.
7. Pelaksanaan cukup rumit disebabkan kendali kualitas harus diperhatikan pada sejumlah parameter, termasuk kendali terhadap temperatur.
8. Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku.
9. Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan lebih mudah menentukan perkiraan saat pelapisan ulang harus dilakukan.
10. Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan setiap lapisan dan ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan kekuatan tanah dasar yang dipadatkan.
11. Yang dimaksud dengan tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada di atas tanah dasar dipadatkan termasuk pondasi.



PERKERASAN GABUNGAN (COMPOSITE PAVEMENT)

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement) dan lapisan perkerasan lentur (flexible pavement) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.

Konstruksi ini umumnya mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih baik bagi pengendara dibandingkan dengan konstruksi perkerasan beton semen sebagai lapis permukaan tanpa aspal.



