

2. LANDASAN TEORI

2.1 Jalan

Jalan sebagai bagian prasarana transportasi mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan, serta dipergunakan untuk sebesar – besar kemakmuran rakyat hal ini sesuai dengan yang disebutkan oleh Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 mendefinisikan jalan sebagai prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel. Oleh sebab itu jalan harus dibuat secara merata sesuai kelas dan fungsinya

2.1.1 Fungsi Jalan

Fungsi jalan merupakan peranan yang diberikan kepada ruas jalan dalam sistem jaringan transportasi untuk mendukung pergerakan barang maupun orang sesuai dengan kebutuhan mobilitas wilayah.

Berikut merupakan jalan berdasarkan fungsi jalan (Saodang, 2005):

1. Sitem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer adalah jalan yang menghubungkan simpul – simpul jasa distribusi dalam struktur pengembangan wilayah, yang terdiri dari jalan arteri primer, jalan kolektor primer, dan jalan lokal primer.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder adalah jalan yang menghubungkan Kawasan-Kawasan fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan dalam satu wilayah perkotaan.

2.1.2 Kelas Jalan

Kelas jalan merupakan sistem pengelompokan jalan yang digunakan untuk menentukan kemampuan suatu ruas jalan dalam mendukung pergerakan lalu lintas. Fungsi pengelompokan ini berkaitan dengan pelayanan jalan, kapasitas kendaraan, serta Batasan teknis yang meliputi dimensi dan beban kendaraan yang diizinkan. Dengan adanya penetapan kelas jalan, perencana dapat menyesuaikan spesifikasi konstruksi dan standar geometrik sehingga ruas jalan tersebut mampu menahan beban lalu lintas selama umur rencana yang sudah ditetapkan.

Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 membagi jalan berdasarkan kelas jalan sebagai berikut:

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.
2. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.
3. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.
4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari sepuluh ton.

Berikut dibawah ini merupakan Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Operasional atau Kelas jalan (Sukirman, 1999).

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Operasional atau Kelas jalan

No.	Kelas Jalan	Fungsi	Dimensi Kendaraan	Beban Gandar
1	I	Arteri	L 2,5 m (max), P 18 m (max)	> 10 ton
2	II	Arteri	L 2,5 m (max), P 18 m (max)	10 ton (max)
3	III - A	Arteri atau Kolektor	L 2,5 m (max), P 18 m (max)	8 ton (max)
4	III - B	Kolektor	L 2,5 m (max)	8 ton (max)
5	III – C	Lokal	L 2,1 (max), P 9 m (max)	8 ton (max)

2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan (Syafriyandi et al., 2024). Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan boleh dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Beragam jenis kendaraan dengan angkutan barangnya, akan memberikan variasi beban, dari beban ringan sampai beban berat dan hal itu harus didukung dengan perkerasan jalan dengan mutu perkerasan yang baik (Abdul, 2019). Struktur perkerasan jalan dalam menjalankan fungsinya berkurang sebanding dengan bertambahnya beban lalu lintas yang dipikul dari kondisi awal desain perkerasan (Bumulo et al., 2023). Perkerasan yang direncanakan harus sesuai dengan kebijakan dan memperhatikan aspek yang sudah ditetapkan, dengan demikian perkerasan yang dihasilkan bisa

mengurangi resiko kerusakan jalan dan menghemat biaya pemeliharaan jalan (Ferdian Sirait, 2020). Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu (Saodang, 2005).

2.2.1 Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur dibuat secara berlapis yang terdiri dari lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*), Lapisan pondasi atas (*Base Course*), Lapisan permukaan (*Surface Course*) (Arthono & Permana, 2022). Aspal itu sendiri adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Nur, Mahyuddin, et al., 2021). Perkerasan lentur umumnya digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai sedang, seperti jalan perkotaan (Elza Marlina, 2023).



Gambar 2.1 Komponen Perkerasan Lentur (*flexible Pavement*)

(Sumber: Kementerian PUPR, 2017)

2.2.1.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan ini terletak paling atas disebut juga lapisan permukaan dan fungsinya sebagai:

1. Lapisan perkerasan menahan beban roda, lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda.
2. Lapisan yang kedap air, membuat hujan yang jatuh diatasnya tidak akan meresap ke lapisan dibawahnya.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan sehingga dapat mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

2.2.1.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan ini terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan, lapisan ini dinamakan lapis pondasi atas (*Base Course*). Lapisan ini mempunyai fungsi antara lain sebagai:

1. Bagian perkerasan ini dapat menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
2. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
3. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

2.2.1.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi utama lapisan pondasi bawah (*subbase course*) sebagai berikut:

1. Bagian dari konstruksi untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus mempunyai nilai CBR 20% dan plastisitas indeks (PI) $\leq 10\%$ ⁹.
2. Penggunaan material pondasi bawah relative murah disbanding dengan lapisan yang ada diatasnya.
3. Lapisan peresapam, agar air tanah tidak terkumpul diatas pondasi.

2.2.2 Perkerasan Kaku

Rigid Pavement atau Perkerasan Kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan kaku pada umumnya terdiri dari tanah dasar, lapisan pondasi bawah dan pelat beton semen Portland dengan ataupun tanpa tulangan (Ardiansyah & Sudibyo, 2020).



Gambar 2.2 Komponen Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

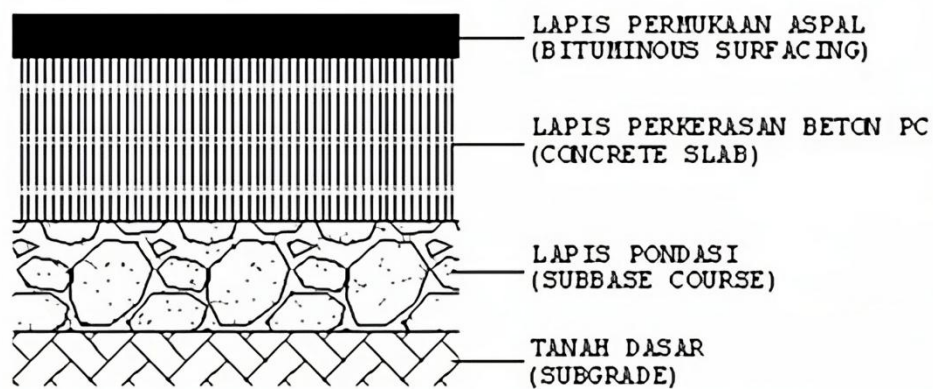
(Sumber: Kementrian PUPR, 2017)

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut:

1. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.
2. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan *wire mesh* diantara siar dan penggunaannya *independent* terhadap adanya tulangan dowel.
3. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang *relative* cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

2.2.3 Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, di mana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.



Gambar 2.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

(Sumber: Kementrian PUPR, 2017)

2.3 Metode Pelaksanaan Perkerasan lentur Jalan

Konstruksi jalan yang kokoh dan tahan lama membutuhkan proses pengerjaan yang sistematis dan sesuai standar. Setiap pelaksanaan proyek memiliki peran penting untuk memastikan kualitas jalan. Berikut adalah tahapan-tahapan utama pengerjaan konstruksi jalan:

1. Perencanaan dan Desain

Proses dimulai dengan survey Lokasi untuk menilai kondisi tanah, kebutuhan lalu lintas, dan desain jalan. Data ini menjadi dasar penyusunan rencana teknis, termasuk pemilihan bahan, metode pelaksanaan pekerjaan jalan, serta estimasi biaya yang diperlukan.

2. Persiapan Lahan

Pada tahap ini, area konstruksi jalan dibersihkan dari vegetasi, batu, dan material lain yang mengganggu. Pembebasan lahan dilakukan sesuai peraturan untuk memastikan legalitas proyek.

3. Pekerjaan Tanah

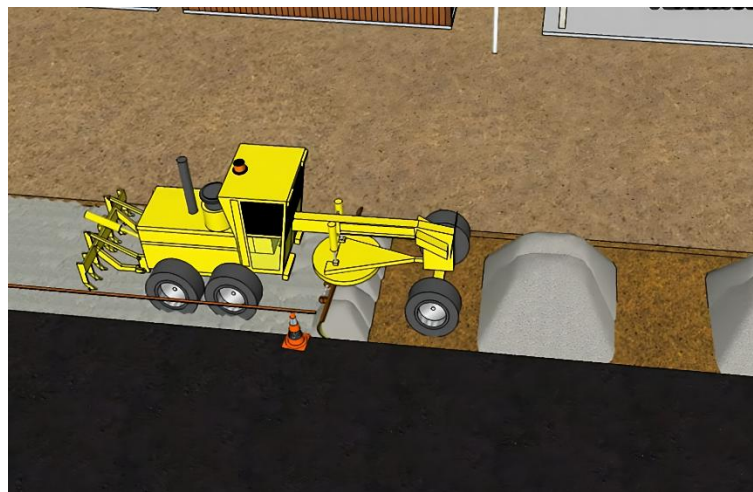
Proses ini meliputi penimbunan tanah pada area rendah dan pemadatan seluruh permukaan untuk mendapatkan daya dukung yang memadai. Stabilisasi tanah juga dilakukan dengan menambahkan bahan pengikat jika kondisi tanah kurang ideal, memastikan fondasi jalan kuat dan stabil.



Gambar 2.4 Animasi Pekerjaan Tanah

4. Pengerasan Jalan

Tahap pengerasan membangun lapisan-lapisan jalan, mulai dari subgrade, subbase, base course, hingga lapisan permukaan. Setiap lapisan dirancang untuk memberikan kekuatan, kestabilan, dan daya tahan jalan terhadap beban lalu lintas dan faktor alam.



Gambar 2.5 Animasi Pekerjaan Pengerasan Lapisan Jalan

5. Pengaspalan atau finishing

Pengaspalan meliputi pemasangan lapisan permukaan jalan menggunakan aspal atau beton sesuai desain. Tahap ini memastikan jalan halus, aman, dan tahan lama, sekaligus memenuhi standar teknis.



Gambar 2.6 Pekerjaan Finishing dengan *Tire Roller*



Gambar 2.7 Pekerjaan Finishing dengan *Tandem Roller*

6. *Quality Control*

Quality Control dilakukan melalui pengawasan dan pengujian material di setiap tahap konstruksi. Tujuannya memastikan jalan standar teknis, keselamatan, dan durabilitas, serta meminimalkan risiko kerusakan atau kegagalan struktural dimasa depan.

2.4 Perkerasan Lentur Analisa Komponen 1987

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan metode Bina Marga merupakan perkerasan jalan yang menggunakan aspa sebagai bahan pengikatnya dan standar perancangannya berdasarkan yang sudah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Indonesia. Dalam melakukan perhitungan perkerasan lentur dengan

metode Bina Marga harus ditentukan terlebih dahulu besaran besaran yang diperlukan antara lain:

2.4.1 Umur Rencana (UR)

Umur rencana dalam perancangan jalan merupakan suatu perkerasan yang direncanakan dalam periode waktu tertentu agar suatu jalan dapat berfungsi baik sebelum dilakukannya rehabilitasi besar ataupun rekonstruksi (Prasetyo et al., 2020). Pada hal ini umur rencana dihitung berdasarkan beban lalu lintas yang akan melewati jalan.

Tabel 2.2 Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>Overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Base</i> (CTB)	
Perkerasan Kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

(Sumber: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

2.4.2 Lalu Lintas Harian

2.4.2.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar (Bina Marga, 1987). Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Lebar Perkerasan dan Jalur

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

(Sumber: Bina Marga, 1987)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat lewat jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.4 Koefisien Distribusi Kendaraan.

Tabel 2.4 Koefisien Distribusi Kendaraan

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

(Sumber: Bina Marga, 1987)

*) berat total < 5 ton, misalnya mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

**) berat total > 5 ton, misalnya bus, truk, tractor, semi trailler, trailler

2.4.2.2 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) merupakan suatu faktor dampak kendaraan terhadap suatu perkerasan jalan yang dibandingkan dengan beban standar sumbu tunggal 8 kips (ESAL). Nilai ini digunakan berbagai jenis kendaraan selama umur rencana jalan. Sesuai dengan Bina Marga angka ekuivalen dihitung dengan rumus:

$$\text{Angka ekivalen sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal dalam (kg)}}{8160} \right)^4 \quad (2.1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Angka ekivalen} \\ \text{sumbu ganda} \end{array} = 0.086 \times \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal dalam (kg)}}{8160} \right)^4 \quad (2.2)$$

$$\begin{array}{l} \text{Angka ekivalen} \\ \text{sumbu tridem} \end{array} = 0.053 \times \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal dalam (kg)}}{8160} \right)^4 \quad (2.3)$$

Tabel 2.5 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
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: Bina Marga, 1987)

2.4.2.3 Lalu Lintas Harian Rata Rata dan Rumus Lintas Ekivalen

1. Lalu lintas harian rata rata (LHR) setiap jenis kendaraan di tentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing masing arah pada jalan dengan median
2. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.4)$$

Keterangan:

J = Jenis kendaraan

C = Koefisien distribusi kendaraan Tabel 2.4

E = Angka ekivalen masing-masing kendaraan, didapat dari persamaan di atas dengan menggunakan tabel Tabel 2.5

3. Lintas Ekivalen Akhir (LEA) dihitung dengan rumus

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j \times (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.5)$$

Keterangan:

J = Jenis kendaraan yang melintasi jalan

I = Perkembangan Lalu Lintas

UR = Umur Rencana

4. Lintas Ekivalen Tengah (LET) dihitung dengan rumus:

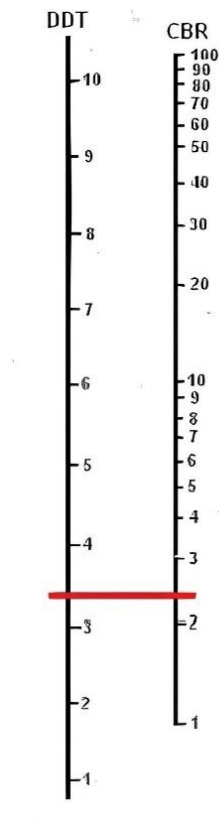
$$LET = 1/2 \times (LEP + LEA) \quad (2.6)$$

5. Lintas Ekivalen Rencana (LER) dihitung dengan rumus:

$$LER = LET \times FP \quad (2.7)$$

2.4.3 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dalam perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dalam nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Metode CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam mengukur daya dukung tanah dasar. Daya dukung tanah ditetapkan berdasar pada grafik korelasi antara CBR tanah dasar dengan daya dukung tanahnya. Harga yang mewakili. Grafik korelasi antara CBR tanah dasar dengan daya dukung tanah di tunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Grafik Korelasi DDT dan CBR

2.4.4 Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) merupakan faktor kondisi setempat yang menyangkut keadaan lapangan dan iklim, yang dapat mempengaruhi keadaan pembebanan daya dukung tanah dan lapisan perkerasan (Bina Marga, 1987). Nilai FR ini memperhitungkan bagaimana kondisi yang akan mempengaruhi umur layanan, ketahanan struktur, dan daya tahan material perkerasan.

Faktor regional penting untuk melihat perbedaan kondisi jalan yang ada pada setiap jalan. Oleh karena itu, faktor regional dibuat untuk menyesuaikan perbedaan yang ada berkaitan dengan keadaan dan lokasi. Yang dimaksud dengan perbedaan keadaan di sini adalah perbedaan jenis tanah dan cuaca. Dalam menentukan tebal perkerasan, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat dan yang berhenti, iklim. Untuk faktor regional tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faktor Regional (FR)

Cuaca	Kelandaian I (<6%)		Kelandaian II (<6% - 10%)		Kelandaian III (<10%)	
	%Kendaraan Berat		%Kendaraan berat		%Kendaraan berat	
	≤30%	>30%	≤30%	>30%	≤30%	>30%
Iklim I < 900mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II ≥ 900mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

(Sumber: Silvia Sukirman, 2018)

2.4.5 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan (IP) merupakan angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan jalan yang bertalian dengan Tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat (Bina Marga, 1987). Berikut merupakan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditunjukkan pada Tabel 2.7 (Sukirman, 1999).

Tabel 2.7 Nilai Indeks Permukaan Akhir (IPt)

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

IP = 1,0: permukaan jalan dalam keadaan rusak berat dan sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5: kondisi jalan dengan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0: tingkat pelayanan rendah tetapi jalan masih mantap.

IP = 2,5: umumnya permukaan jalan masih stabil.

Berikut merupakan nilai indeks permukaan awal (IPo) ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Indeks Permukaan Awal (IPo)

Jenis Lapisan Perkerasan	IPo	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
	3,9 - 3,5	> 2000
Burda	3,9 - 3,5	< 2000
Burtu	3,4 - 3,0	> 2000
Lapen	3,4 - 3,0	≤ 3000
	2,9 - 2,5	> 3000
Buras	2,9 - 2,5	
Latasir	2,9 - 2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

2.4.6 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan (ITP) merupakan nilai yang menunjukkan seberapa kuat struktur berjalan, berdasarkan ketebalan dan kualitas (modulus elastisitas) dari setiap lapisan perkerasan yang ada. Nilai indeks tebal perkerasan (ITP) didapat dengan nomogram dengan menggunakan LER selama umur rencana dan daya dukung tanah (DDT).

2.4.7 Dynamic Cone Penetration (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) merupakan alat Pengujian untuk mengukur daya dukung tanah dasar secara langsung di lapangan, Daya dukung tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan hasil DCP dengan cara kerja alat ini mendorong konus atau ujung tumpul kedalam permukaan tanah dengan menggunakan palu yang dijatuhkan dari ketinggian yang sudah ditentukan (Noor Dhani, 2024). Pengujian dengan menggunakan alat DCP ini akan menghasilkan nilai CBR lapangan. Pengujian DCP ini terbukti dapat digunakan untuk memperhitungkan nilai CBR lapangan. Berikut merupakan alat dan bagian bagian alat *Dynamic Cone Penetration* (Kementrian Pekerjaan Umum, 2010)



(Sumber: Kementrian Pekerjaan Umum, 2010)

(Sumber: Kementrian Pekerjaan Umum, 2010)

Adapun langkah yang harus dilakukan maupun disiapkan saat melakukan pengujian DCP:

a. Peralatan

1. Pemberat atau penumbuk 8 Kg (palu geser), dijatuhkan dari ketinggian 575 mm.
2. Satu batang baja dengan diameter(d) 1,6 cm untuk memukul suatu landasan.
3. Satu batang baja dengan diameter(d) 1,6 cm Panjang 1,0 m dan dipasang kerucut baja keras dengan sudut 60 derajat.
4. Batang pengukur untuk mengukur penetrasi (ketelitian + 0,1 cm)

b. Pengujian

1. Sambung seluruh bagian peralatan dan pastikan sambungan tangkai atas dengan landasan serta tangkai bawah dan kerucut baja sudah tersambung dengan kuat.
2. Pegang alat yang sudah terpasang pada posisi tegak lurus di atas dasar tanah yang rata, dan kemudian catat pembacaan awal pada mistar pengukur kedalaman.
3. Cara mengangkat, menjatuhkan palu dan mencatat jumlah tumbukan
 - a) Angkat palu dengan hati hati hingga menyentuh batas handel.
 - b) Lepaskan palu hingga jatuh bebas dan tertahan oleh landasan.
 - c) Lakukan langkah diatas dengan ketentuan sebagai berikut:
 - Untuk lapisan perkerasan yang normal atau tidak keras, pencatatan dilakukan pada setiap kedalaman 10 mm
 - Untuk fondasi yang terbuat dari bahan berbutir cukup keras, maka harus dilakukan pembacaan kedalaman pada setiap 5 sampai 10 tumbukan.
 - Untuk pondasi bawah atau tanah dasar yang terbuat dari bahan yang tidak keras maka pembacaan kedalaman cukup 1 atau 2 tumbukan.
 - d) Apabila kecepatan kurang dari 1 mm/3 tumbukan, pembacaan masih di benarkan tetapi setelah 20 pukulan tidak menghasilkan penurunan, maka pengujian harus dihentikan. Selanjutnya lakukan pengeboran atau penggalian pada titik tersebut sampai mencapai bagian yang dapat diuji Kembali.

2.4.8 Penentuan Harga CBR

Dalam menentukan harga CBR tentunya ada beberapa tahapan diantaranya sebagai berikut:

1. Pencatatan hasil pengujian dilakukan menggunakan formulir pengujian penetrometer konus dinamis (DCP)
2. Periksa hasil pengujian lapangan yang terdapat pada konus dan hitung akumulasi jumlah tumbukan dan akumulasi penetrasi setelah dikurangi pembacaan awal pada mistar penetrometer konus.
3. Gunakan formulir hubungan kumulatif (total) tumbukan dan kumulatif penetrasi, yang terdiri dari sumbu tegak dan datar, kedalaman penetrasi ditunjukkan pada bagian tegak dan jumlah tumbukan pada arah horizontal.
4. Plot hasil pengujian lapangan pada salib sumbu di grafik
5. Tarik garis yang mewakili titik-titik tersebut yang menunjukkan lapisan relatif seragam.
6. Hitung kedalaman lapisan kecepatan penetrasi pada setiap pukulan (mm/pukulan).
7. Gunakan gambar grafik atau hitungan formula hubungan DCP dengan CBR dengan menggunakan cara tarik nilai kecepatan penetrasi pada sumbu horizontal ke atas sehingga memotong garis tebal untuk sudut konus 60° dan garis putus putus untuk sudut konus 30°
8. Tarik garis dari titik potong tersebut ke arah kiri sehingga nilai CBR dapat diketahui.

Untuk nilai R tergantung dari jumlah data yang ada dalam suatu segmen. Besarnya nilai R dapat dilihat pada Tabel 2.9 (Sukirman, 1999).

Tabel 2.9 Nilai R Perhitungan CBR Segmen

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67

Jumlah titik pengamatan	Nilai R
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Dengan Rumus:

$$CBR \text{ Segmen} = CBR \text{ rata - rata} - \frac{CBR \text{ max} - CBR \text{ min}}{R} \quad (2.8)$$

2.4.9 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relative (a) untuk masing masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, serta pondasi bawah, ditentukan secara korelasi berdasarkan nilai uji marshall (untuk bahan yang mengandung aspal) dan kuat tekan (untuk yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Koefisien Kekuatan Relatif

Jenis Bahan	Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan		
	a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR %
Laston	0,40	-		744	-	-
	0,35	-	-	590	-	-
	0,32	-	-	454	-	-
	0,30	-	-	340	-	-
Lasbutag	0,35	-	-	744	-	-
	0,32	-	-	590	-	-
	0,28	-	-	454	-	-
	0,26	-	-	340	-	-
HRA	0,30	-	-	340	-	-
Macadam	0,26	-	-	340	-	-
Lapen (mekanis) Lapen	0,25	-	-	-	-	-

Jenis Bahan	Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan		
	a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR %
(manual)	0,20	-	-	-	-	-
	0,14	-	-	-	-	-
Laston Atas	-	0,28	-	590	-	-
	-	0,26	-	454	-	-
	-	0,24	-	340	-	-
Lapen (mekanis), Lapen (Manual)	-	0,23	-	-	-	-
	-	0,19	-	-	-	-
Stab Tanah dengan Semen	-	0,15	-	-	-	-
	-	0,13	-	-	-	-
Stab dengan Kapur	-	0,15	-	-	22	-
	-	0,13	-	-	18	-
Batu pecah (Kelas A)	-	0,14	-	-	-	100
Batu pecah (Kelas B)	-	0,13	-	-	-	80
Batu pecah (Kelas C)	-	0,12	-	-	-	60
Sirtu/pitrun (Kelas A)	-	-	0,13	-	-	70
Sirtu/pitrun (Kelas B)	-	-	0,12	-	-	50
Sirtu/pitrun (Kelas C)	-	0,11	-	-	-	30
Tanah Lempung Kepasiran	-	-	0,10	-	-	20

(Sumber: Bina Marga, 1987)

2.4.10 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Tabel 2.11 Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan Untuk Permukaan

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

(Sumber: Bina Marga, 1987)

Tabel 2.12 Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan Untuk Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20 10	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur Laston Atas
7,50 – 9,99	20 15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston atas

(Sumber: Bina Marga, 1987)

2.5 Perkerasan Lentur Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017

Manual desain perkerasan jalan tahun 2017 merupakan pembaharuan dari metode manual desain perkerasan tahun 2013. Pada metode ini akan digunakan metode mekanistik empiris dan solusi berdasarkan chart. Revisi MDP 2017 meliputi perubahan struktur penyajian dan perbaikan serta penambahan pada kandungan manual.

2.5.1 Umur Rencana

Umur rencana merupakan jumlah waktu dan tahun yang diukur sejak jalan itu digunakan untuk umum sampai saat perlu dilakukan perbaikan baik berat maupun ringan. Umur rencana pada perkerasan jalan baru umumnya digunakan 20 tahun dan peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana perkerasan baru dapat

dinyatakan pada Tabel 2.13 (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017).

Tabel 2.13 Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan Aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis Fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Catatan:

1. Jika dianggap sulit untuk menggunakan umur rencana diatas, maka dapat digunakan umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan *discounted life cycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted life cycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata rata dari Bank Indonsia.
2. Umur rencana harus memperhitungkan kapasitas jalan.

2.5.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan struktur perkerasan sangat bervariasi berdasarkan volume lalu lintas yang ada di lapangan, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Pada Tabel 2.14 perencana harus mempertimbangkan faktor ekonomis selama umur rencana.

Tabel 2.14 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-0,5	0,1-4	>4-10	>10-30	>30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi <i>soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber: Kementrian PUPR, 2017)

2.5.3 Lalu Lintas

2.5.3.1 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 2.15 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

Fungsi Jalan	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri 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: Kementrian PUPR, 2017)

Pertumbuhan lalu lintas pada saat selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) dengan persamaan berikut.

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i} \quad (2.9)$$

Keterangan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

$$R = \frac{(1+0,01 i)^Q-1}{0,01 i} + (UR - Q)(1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \quad (2.10)$$

2.5.3.2 Lalu Lintas pada lajur rencana

Lajur rencana merupakan lajur lalu lintas dari ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan truk dan bus (niaga) yang paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan selalu memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan distribusi lajur rencana (DL). Faktor distribusi lajur (DL) terdapat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Faktor Distribusi Lajur (DL)

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

Sumber: (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

2.5.3.3 Beban Sumbu Standar Kumulatif

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHRT} \times VDF \times DD \times DL) \quad (2.11)$$

Dimana

ESA = Equivalent single axle.

LHRT = Lalu-lintas harian rata-rata pada permulaan umur rencana.

VDF = Faktor kerusakan karena beban kendaraan.

DD = Faktor distribusi arah.

DL = Faktor distribusi lajur (bisa dilihat pada Tabel 2.16).

Menghitung nilai CESA5

$$CESA\ 5 = ESA \times 365 \times R \quad (2.12)$$

Dimana

CESA = Cumulative Equivalent Single Axle.

ESA = Equivalent Single Axle.

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas.

2.5.4 Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factory*)

Untuk melakukan desain perkerasan, beban lalu lintas diakumulasikan menjadi data beban standar (ESA) yang diambil dari data LHR dengan menggunakan faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Perencanaan yang akurat dibutuhkan perhitungan, studi atau survei beban lalu lintas beban gandar dengan baik. Akibatnya, survei beban gandar harus dilakukan bila itu memungkinkan.

Data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survey langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representative.
3. Data WIM regional yang dikeluarkan oleh ditjen binamarga.

Jika survei beban gandar tidak dapat dilakukan oleh perencana dan data survei pada beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 2.18 (Kementrian PUPR, 2017) dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2.17 Nilai VDF Jenis Kendaraan Niaga Pulau Jawa

Jenis Kendaraan	Jawa			
	Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	5,3	9,2	4,0	5,1
7A1	8,2	14,4	4,7	6,4
7A2	10,2	19,0	4,3	5,6
7B1	11,8	18,2	9,4	13,0
7B2	13,7	21,8	12,6	17,8
7C1	11,0	19,8	7,4	9,7
7C2A	17,7	33,0	7,6	10,2
7C2B	13,4	24,2	6,5	8,5
7C3	18,1	34,4	6,1	7,7

(Sumber: Kementrian PUPR, 2017)

Tabel 2.18 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan-muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1	-	2	30,4	-	-	-
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1	-	2	51,7	74,3	-	-
5a	5a	Bus kecil	1.2	-	2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2	-	2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	-	3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	-	4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22	-	4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22	-	5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222	-	5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222	-	6	0,3	0,50	41,6	93,7

2.5.5 Desain Perkerasan

Desain tebal perkerasan didasarkan pada nilai ESA pangkat 4 dan pangkat 5 tergantung pada model kerusakan (*deterioration model*) dan pendekatan desain yang digunakan.

1. Pangkat 4 digunakan pada desain perkerasan lentur berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993 (pendekatan statistik empirik).
2. Pangkat 4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (seperti burtu atau burda), perkerasan tanpa penutup (Unsealed granular pavement) dan perencanaan tebal overlay berdasarkan grafik lendutan untuk kriteria alur (rutting).
3. Pangkat 5 digunakan untuk desain perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain dengan pendekatan mekanistik empiris) termasuk perencanaan tebal overlay berdasarkan grafik lengkung lendutan (curvature curve) untuk kriteria retak Lelah (fatigue).
4. Desain perkerasan kaku menggunakan jumlah kelompok sumbu kendaraan berat (heavy vehicle axle group, HVAG) dan bukan nilai ESA sebagai satuan beban lalu lintas untuk perkerasan beton.

2.5.6 Metode Desain Perkerasan Lentur dengan Lapis Beraspal

Prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal yang digunakan pada metode manual desain perkerasan ini yaitu karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan *output* berupa respon perkerasan terhadap beban roda seperti beban tegangan, regangan ataupun lendutan. Keunggulan utama dalam metode mekanistik yaitu memungkinkannya analisis pengaruh perubahan masukan desain, seperti perubahan beban lalu lintas dan material, secara cepat dan rasional (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017).

Tabel 2.19 Bagan Desain 3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum
Dengan CTB¹⁾

Lapis Perkerasan	Struktur Perkerasan				
	F1	F2	F3	F4	F5
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	> 10 - 30	> 30 – 50	> 50 – 100	> 100 – 200	> 200 – 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB)				
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

(Sumber: Kementerian PUPR, 2017)

Tabel 2.20 Bagan Desain 3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	Tebal Lapisan (mm)	
	FFI < 0,5	$0,5 \leq \text{FFI} \leq 4,0$
Jenis Permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
HRS WC	50	30
HRC Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ³	150	125

(Sumber: Kementerian PUPR, 2017)

Catatan Bagan Desain 3A

1. Bagan desain – 3A merupakan pengganti untuk area di mana HRS memiliki rekam jejak kinerja yang sangat baik dan area yang dapat menyediakan (campuran gradasi ga).

2. HRS tidak sesuai untuk daerah perkotaan dan beban lebih besar 2 juta ESA dan jalan dengan tanjakan curam.
3. Jika sumber daya penyedia dapat diakses, kerikil alam dengan stabilisasi CBR > 10% dapat dijadikan pilihan yang paling ekonomis. Ukuran bahan material LFA kelas B lebih besar dari pada kelas A sehingga lebih mudah dilakukan pemisahan. Selain itu, juga ketebalan butir material kelas B yang lebih besar membatasi tebal minimum material kelas B. Walaupun dari segi mutu material kelas A lebih tinggi daripada kelas B, namun dari segi harga material LFA kelas A dan B tidak terlalu berbeda sehingga untuk jangka panjang LFA kelas A dapat menjadi pilihan yang lebih kompetitif.

Tabel 2.21 Bagan Desain 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

Jenis Lapis Perkerasan	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 2				
Pengulangan Beban (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber: Kementerian PUPR, 2017)

Tabel 2.19 Merupakan opsi yang bisa dipilih apabila pada keadaan lapangan memenuhi kualifikasi yang ada di dalam Tabel 2.20 yang dimana membutuhkan kondisi lapangan yang menggunakan CTB (*Cement Treated Base*). Sedangkan pada merupakan opsi yang dipakai jika keadaan jalan di lapangan menggunakan perkerasan lentur – aspal dengan lapis fondasi berbutir. Setelah peneliti melakukan suatu penelitian maka dipilih salah satu opsi dari ketiga tabel tersebut, yang Dimana menghasilkan output sesuai pada kondisi yang ada di lapangan.