

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Jalan adalah 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 atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel (UU RI No. 2 Tahun 2022 pasal 1 ayat 1).

Sebagaimana diatur dalam pasal 11 UU RI No. 38 Tahun 2004 dijelaskan bahwa bagian-bagian jalan meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan.

1. Ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya.
2. Ruang milik jalan meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.
3. Ruang pengawasan jalan merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.

Berdasarkan pasal 6 UU RI No. 38 Tahun 2004 tentang jalan dijelaskan bahwa jalan sesuai peruntukannya terdiri atas jalan umum dan jalan khusus.

1. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum serta dikelompokkan menurut sistem, fungsi, status, dan kelas.
2. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri. Jalan khusus bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan.

2.2 Klasifikasi Jalan

Jalan pada umumnya dapat diklasifikasi dalam beberapa golongan yakni berdasarkan sistem jaringan jalan, fungsi jalan, beban muatan sumbu, status jalan, dan medan jalan.

2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Berdasarkan UU RI No. 38 Tahun 2004 pasal 1 ayat 18 dijelaskan bahwa sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanannya dalam satu hubungan hirarki. Sistem jaringan jalan terdiri atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder.

1. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
2. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi Jalan

Berdasarkan UU RI No. 38 Tahun 2004 pasal 8 dijelaskan bahwa jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Beban Muatan Sumbu

Klasifikasi jalan berdasarkan beban muatan sumbu disebut juga dengan kelas jalan, yang kaitannya berdasarkan perhitungan dimensi panjang, lebar maupun bobot yang mampu ditanggung oleh jalan dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.
2. Jalan kelas II, merupakan jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton.
3. Jalan kelas III A, merupakan jalan arteria tau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
4. Jalan kelas III B, merupakan jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C, merupakan jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran

lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat/MST (Ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status Jalan

Menurut UU RI No. 38 Tahun 2004 pasal 9 dijelaskan bahwa jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa sebagai berikut:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota,

menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.2.5 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Medan Jalan

Berdasarkan medan jalan diklasifikasikan menjadi jenis medan datar, berbukit, dan gunung.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	< 3
Berbukit	B	3 – 25
Pegunungan	G	> 25

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.3 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari konstruksi jalan yang terdiri dari beberapa lapisan. Terletak pada suatu landasan atau tanah dasar yang ditujukan bagi jalur lalu lintas. Perkerasan jalan yang umum digunakan adalah perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Tetapi, ada juga perkerasan yang menggabungkan dua perkerasan tersebut yaitu jenis perkerasan komposit. Menurut Sukirman (2010), berdasarkan bahan pengikatnya, perkerasan jalan dibedakan atas:

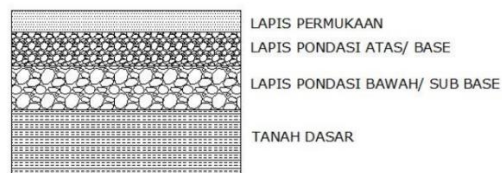
1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.
2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya.
3. Perkerasan komposit (*Composite Pavement*), adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Menurut Sukirman (1999), perkerasan jalan harus cukup kuat untuk memenuhi dua syarat utama sebagai berikut:

1. Syarat kekuatan/struktural yang secara keseluruhan perkerasan jalan harus cukup kuat untuk memikul dan menyebarkan beban lalu lintas yang melintas di atasnya. Selain itu harus kedap air, permukaan mudah mengalirkan air serta mempunyai ketebalan cukup.
2. Syarat berlalu lintas seperti permukaan jalan tidak bergelombang, tidak melendut, tidak berlubang, cukup kaku, dan tidak mengkilap. Selain itu jalan harus dapat menahan gaya gesekan atau keausan terhadap roda-roda kendaraan.

2.3.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur tersusun atas lapisan-lapisan yang ditempatkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut bertujuan untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada di bawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan.



Gambar 2. 1 Susunan Lapis Pada Perkerasan Lentur

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

Perkerasan lentur menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar yang dipadatkan melalui beberapa lapisan sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bergesekan langsung dengan roda kendaraan. Serta memiliki fungsi sebagai:

- a. Menerima langsung beban dari lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapis kedap air, sehingga hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan mengurangi kekuatan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus, lapisan yang langsung mendapat gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan, yang bertujuan sebagai:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban dari lapis permukaan ke lapisan di bawahnya.
- b. Bantalan terhadap lapis permukaan.

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan lapisan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah ditempatkan di atas tanah dasar guna memperkuat tanah dasar sehingga memiliki kapasitas dukung yang cukup, lapis pondasi bawah juga bertujuan untuk:

- a. Bagian dari perkerasan yang menyalurkan beban kendaraan ke tanah dasar.
- b. Sebagai lapisan yang membatasi material tanah dasar tidak masuk ke dalam lapis pondasi.

4. Lapisan tanah dasar

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah asli atau permukaan galian atau permukaan timbunan yang dipadatkan dan merupakan lapisan dasar dari penempatan lapisan lainnya. Tanah dasar juga

dapat mengalami tegangan karena pengaruh dari beban roda seperti pada lapisan lainnya, tetapi tegangan yang dialami tidak sebesar jika dibandingkan dengan lapisan lainnya.

2.4 Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen 1987

2.4.1 Jumlah Lajur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan menurut tabel di bawah ini:

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
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	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: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan dalam 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

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 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 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Perkerasan jalan menerima beban lalu lintas melalui roda kendaraan. Besarnya beban yang diberikan tergantung pada berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, dampak dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan yang ditimbulkan dapat berbeda. Sehingga perlu adanya beban standar tertentu. Beban standar adalah beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 pon (8,16 ton).

Beban sumbu kendaraan dihitung terhadap semua gandar kendaraan yang kemudian dikorelasikan dengan menggunakan ekuivalen (E) untuk masing-masing golongan beban sumbu tunggal dan ekuivalen sumbu ganda. Angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) dapat dilihat 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: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)

2.4.3 Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Lintas Ekuivalen

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median. Untuk mengetahui persentase kendaraan berat yang melintas pada ruas jalan yang ditinjau dapat menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Kendaraan berat} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan Berat}}{\text{Total LHR}} \times 100\%$$

LHR akhir umur rencana bertujuan untuk memperkirakan volume lalu lintas yang akan melewati jalan pada saat umur rencana selesai, untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus berikut:

$$LHR_{Akhir} = LHR_{Awal} \times (1 + i)^n$$

i = Pertumbuhan lalu lintas

n = Umur rencana

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$LEP = LHR_{Awal} \times C \times E$$

Dengan:

LEP = Lintas Ekuivalen Permulaan

LHR_{Awal} = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada awal umur rencana

C = Koefisien distribusi kendaraan

E = Angka ekuivalen beban

Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LEA = LHR_{Akhir} \times C \times E$$

LEA = Lintas Ekuivalen Akhir

LHR_{Akhir} = Lalu Lintas Harian Rata-rata pada akhir umur rencana

C = Koefisien distribusi kendaraan

E = Angka ekuivalen beban

Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LER = LET \times FP$$

FP = Faktor Penyesuaian

Faktor Penyesuaian (FP) ditentukan dengan rumus berikut:

$$FP = UR/10$$

2.4.4 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Daya dukung tanah dasar sangat mempengaruhi kekuatan lapisan dan mutu jalan secara keseluruhan. Tanah dasar bisa berupa tanah asli, tanpa perbaikan, tanah asli dengan perbaikan atau tanah timbunan. Sebelum menentukan nilai daya dukung tanah, terlebih dulu menentukan nilai CBR yang didapat dari pengujian CBR lapangan di beberapa titik, selanjutnya dapat diketahui nilai CBR segmen yang merupakan nilai CBR yang mewakili sebuah segmen jalan, yang dihitung dari nilai CBR lapangan di beberapa titik dalam segmen tersebut. Untuk mengetahui nilai CBR segmen dapat menggunakan rumus berikut:

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{CBR_{\text{max}} - CBR_{\text{min}}}{R}$$

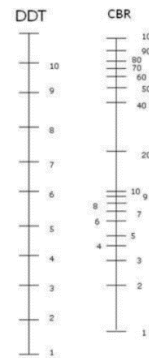
Nilai R merupakan konstanta yang nilainya bergantung pada jumlah data pengujian dalam segmen tersebut. Nilai R dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 6 Nilai R Jumlah Titik Pengamatan

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
≥10	3,18

(Sumber: Simamora, 2022)

Setelah nilai CBR tanah dasar didapatkan, maka daya dukung tanah dasar ditetapkan berdasarkan grafik korelasi.



Gambar 2. 2 Korelasi Nilai CBR dan DDT

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

2.4.5 Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Karena dalam metode ini persyaratan penggunaan disesuaikan dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya” edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama.

Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen, persentase kendaraan berat serta iklim sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6 – 10 %)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

2.4.6 Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai daripada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti di bawah ini:

IP = 1,0 adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga mengganggu lalu lintas kendaraan.

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

IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap.

IP = 2,5 adalah menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan Indeks Permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah Lintas Ekuivalen Rencana (LER), seperti yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 8 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER=Lintas Ekivalen 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: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehausan serta kekokohan) pada awal umur rencana, seperti pada tabel di bawah ini:

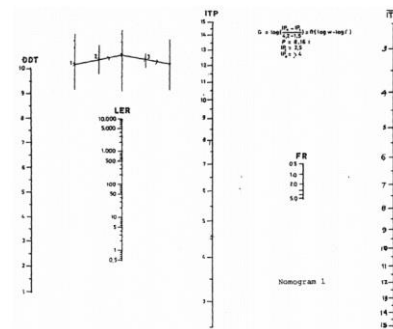
Tabel 2. 9 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	≤ 2000
BURTU	3,4 – 3,0	> 2000
LASPEN	3,4 – 3,0	< 2000
	2,9 – 2,5	≤ 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	> 3000
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KRIKIL	$\leq 2,4$	

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

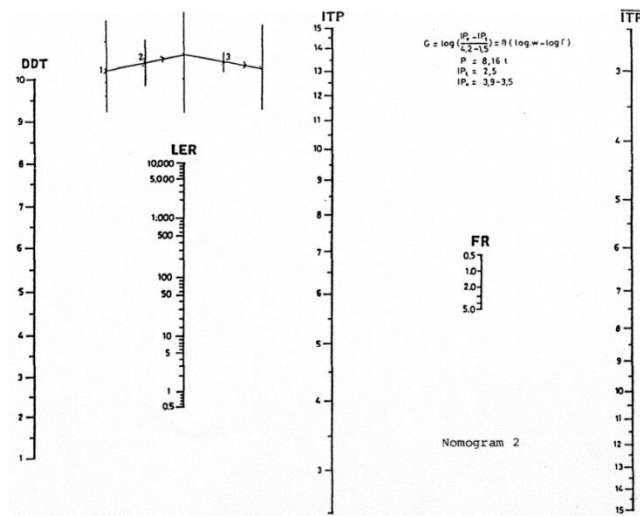
2.4.7 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Indeks tebal perkerasan merupakan suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan. Nilai ITP dapat ditentukan menggunakan nomogram dengan menghubungkan nilai daya dukung tanah serta nilai lintas ekuivalen rencana selama umur rencana.



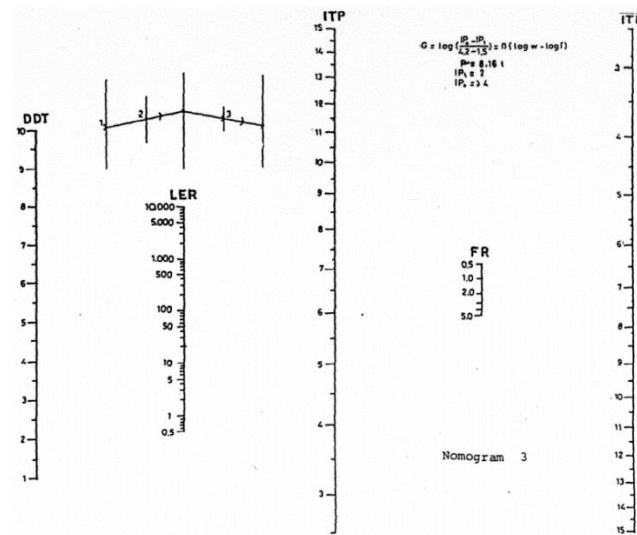
Gambar 2. 3 Nomogram Untuk $IP_t = 2,5$ dan $IP_o = >4$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



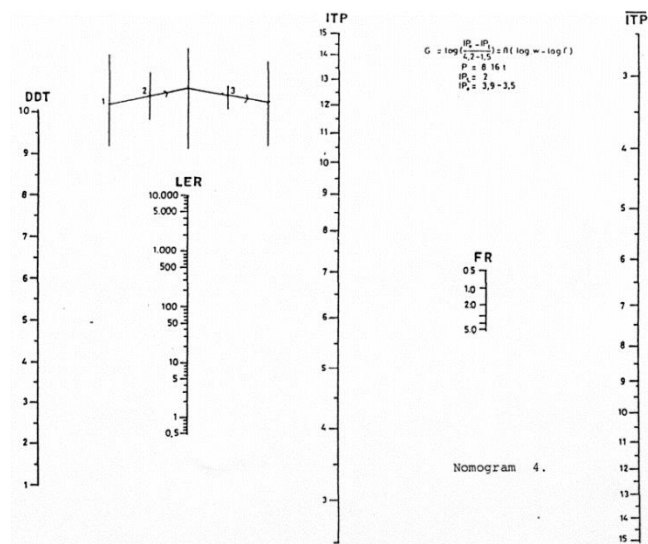
Gambar 2. 4 Nomogram Untuk $IP_t = 2,5$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



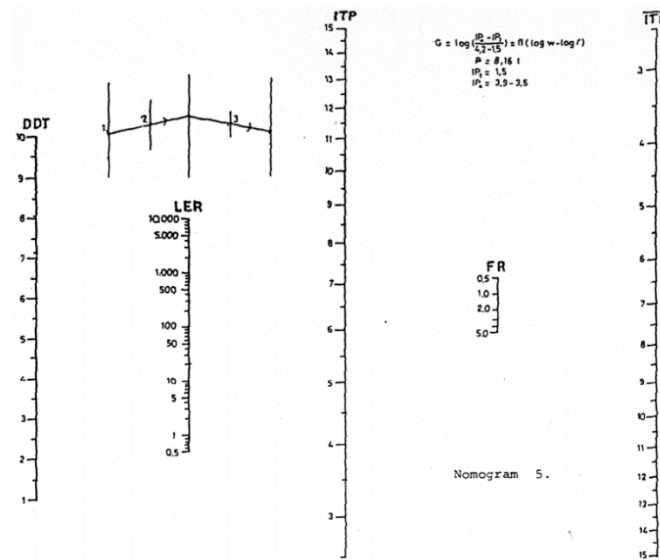
Gambar 2. 5 Nomogram Untuk $IP_t = 2,0$ dan $IP_o = \geq 4$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



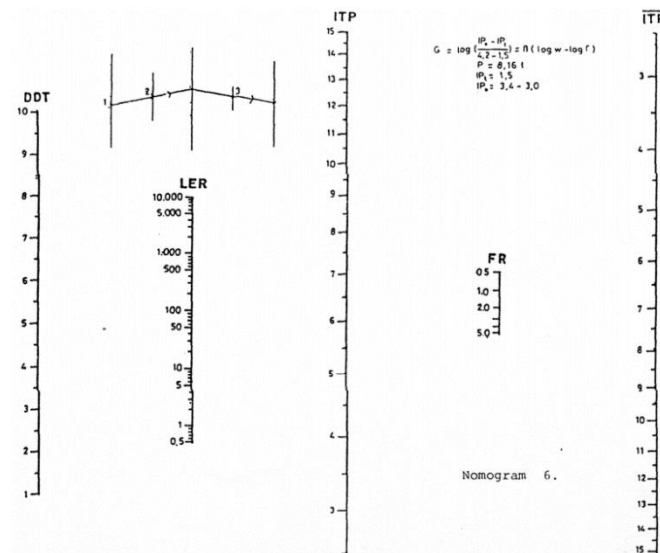
Gambar 2. 6 Nomogram Untuk $IP_t = 2,0$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



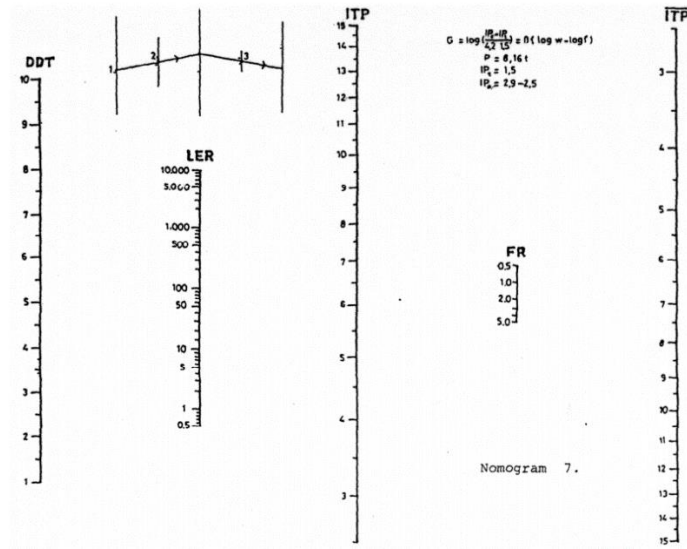
Gambar 2. 7 Nomogram Untuk $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 3,9 - 3,5$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



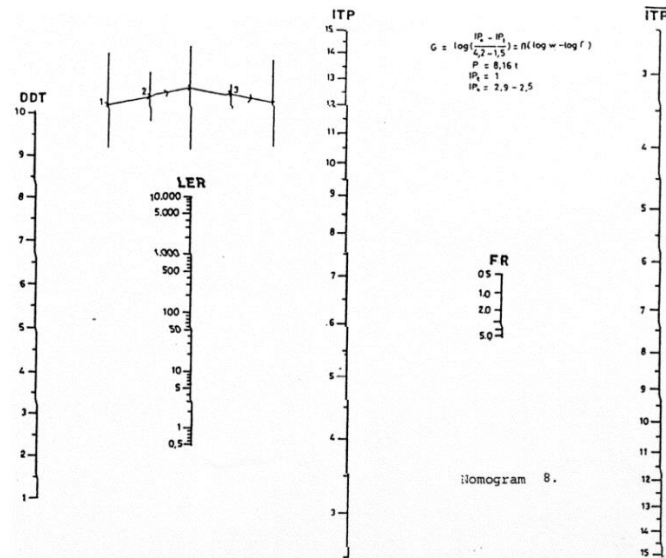
Gambar 2. 8 Nomogram Untuk $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 3,4 - 3,0$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



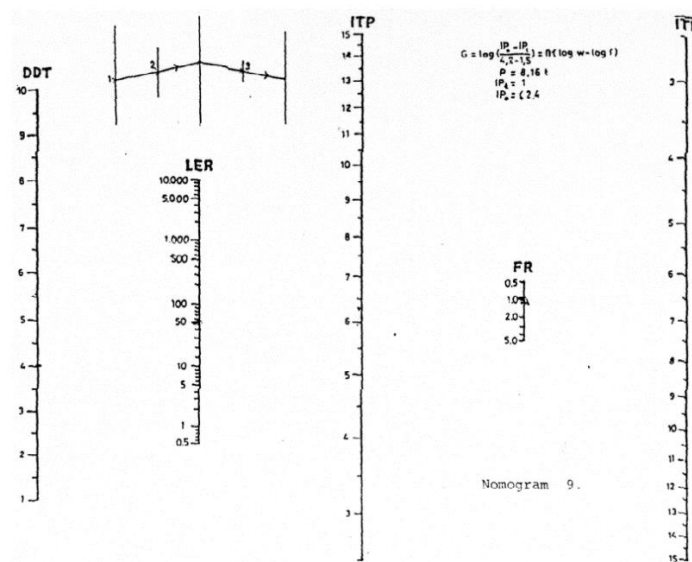
Gambar 2. 9 Nomogram Untuk $IP_t = 1,5$ dan $IP_o = 2,9 - 2,5$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



Gambar 2. 10 Nomogram Untuk $IP_t = 1,0$ dan $IP_o = 2,9 - 2,5$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya
Metode Analisa Komponen, 1987)



Gambar 2. 11 Nomogram Untuk $IP_t = 1,0$ dan $IP_o = < 2,4$

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

2.4.8 Kondisi Lapis Permukaan

Perhitungan lapis tambah (*overlay*) kondisi lapis permukaan pada perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai tabel berikut:

Tabel 2. 10 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda.	90 – 100%
Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil.	70 – 90%
Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan.	50 – 70%
Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan.	30 – 50%

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen 1987)

2.4.9 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan serta kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test* (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

Tabel 2. 11 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	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	HRA
0,25	-	-	-	-	-	Aspal macadam
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,28	-	590	-	-	Lapen (manual)
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,15	-	-	22	-	Lapen (manual)
-	0,13	-	-	18	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas A)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas B)
-	-	0,13	-	-	70	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,10	-	-	20	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	-	-	-	-	Tanah/lempung kepasiran

(Sumber: Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen, 1987)

2.5 Perkerasan Lentur Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024

Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 merupakan revisi dari Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 untuk menyelaraskan Manual Desain Perkerasan Jalan dan Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan, serta

mengintegrasikan beberapa pedoman teknis terkait dengan perencanaan teknis atau perancangan perkerasan jalan, preservasi perkerasan jalan dengan memperhatikan daya dukung tanah dasar, serta pembaharuan nilai parameter karakteristik material lokal.

2.5.1 Perhitungan Tebal Lapis Tambah Perkerasan

Adapun ketentuan dalam perhitungan tebal lapis tambah perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024 adalah sebagai berikut:

1. Umur Rencana

Berikut merupakan tabel umur rencana berdasarkan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.

Tabel 2. 12 Umur Rencana Jenis Penanganan Perkerasan Lentur

Kriteria Beban Lalu Lintas (Juta ESA4)	ESA 4 < 10	ESA 4 ≥ 10
Umur Rencana Perkerasan Lentur	Seluruh penanganan: 10 tahun	- Rekonstruksi – 20 tahun - Lapis tambah struktural – 10 tahun - Lapis tambah non struktural – 10 tahun - Penanganan sementara – sesuai kebutuhan

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2. Analisis Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan jalan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana.

a. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas didasarkan pada survei yang diperoleh dari:

- i. Survey lalu lintas, dengan durasi minimal 7x24 jam. Survey dapat dilakukan manual mengacu pada pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
- ii. Hasil-hasil survei lalu lintas sebelumnya.

Durasi kurang dari 7x24 jam dapat dilakukan untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

b. Data lalu lintas

Akurasi data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Maka perhitungan lalu lintas harus meliputi semua jenis kendaraan lalu lintas.

Tabel 2. 13 Klasifikasi Kendaraan Berdasarkan Jenisnya

Golongan	Jenis Kendaraan
1	Sepeda motor
2	Kend. ringan – sedan, jeep, <i>station wagon</i>
3	Kend. ringan – angkutan umum sedang
4	Kend. ringan – <i>pick up</i> dan <i>micro truck</i>
5A	Bus kecil
5B	Bus besar
6A	Truk 2 sumbu - truk ringan (konf. sumbu 1.1)
6B	Truk 2 sumbu - truk sedang (konf. sumbu 1.2)
7A1	Truk 3 sumbu – berat (konf. sumbu 1.1.2)
7A2	Truk 3 sumbu – berat (konf. sumbu 1.2.2)
7A3	Truk 4 sumbu – berat

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

c. 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 dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel 2. 14 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

	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: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan persamaan:

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

Dimana:

R : Faktor pengali lalu lintas kumulatif

I : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur Rencana (Tahun)

d. Lalu lintas pada lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang akan menanggung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Lalu lintas pada lajur rencana memperhitungkan dua faktor yaitu faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50. Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah.

Tabel 2. 15 Faktor Distribusi Lajur

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

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

e. Faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor/VDF*)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke dalam beban standar (ESA) dengan menggunakan faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor*). Faktor ekuivalen beban dari sebuah kendaraan tertentu adalah jumlah nilai beban ESA dari seluruh kelompok sumbu kendaraan tersebut. Dengan menggunakan faktor ekuivalen beban, beban lalu lintas yang merupakan gabungan dari berbagai kendaraan dari berbagai kelas dengan beragam konfigurasi dan beban sumbu dapat dikonversi menjadi jumlah total beban ESA.

Untuk mendapatkan data beban gandar dapat diperoleh dari:

- i. Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
- ii. Survei beban gandar pada jembatan timbang dan WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representative.
- iii. Data WIM regional yang dilakukan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

Apabila survei beban gandar tidak dapat dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada tabel berikut dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2. 16 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

f. Beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif/*Cumulative Equivalent Single Axel Load* (CESAL) adalah jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga

$$\text{CESAL} = \text{LHR}_{\text{JK}} \times \text{VDF}_{\text{JK}} \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}$$

Keterangan:

LHRJK : Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

VDFJK : Vaktor ekuivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga.

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur.

CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

2.5.2 Prosedur Desain Lapis Tambah

Tebal lapis tambah harus lebih besar atau sama dengan tebal minimum. Permukaan yang tidak rata memerlukan lapis aspal yang lebih tebal untuk mencapai kerataan yang diinginkan. Penentuan tebal lapis tambah minimum mengacu pada nilai IRI (*International Roughness Index*) rata-rata pada permukaan jalan eksisting. Adapun tebal lapis tambah minimum berdasarkan nilai IRI dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 17 Tebal Lapis Tambah Minimum

IRI rata-rata perkerasan eksisting	Tebal lapis tambah minimum untuk mencapai IRI 3 m/km setelah lapis tambah (mm)
4	40
5	45
6	50

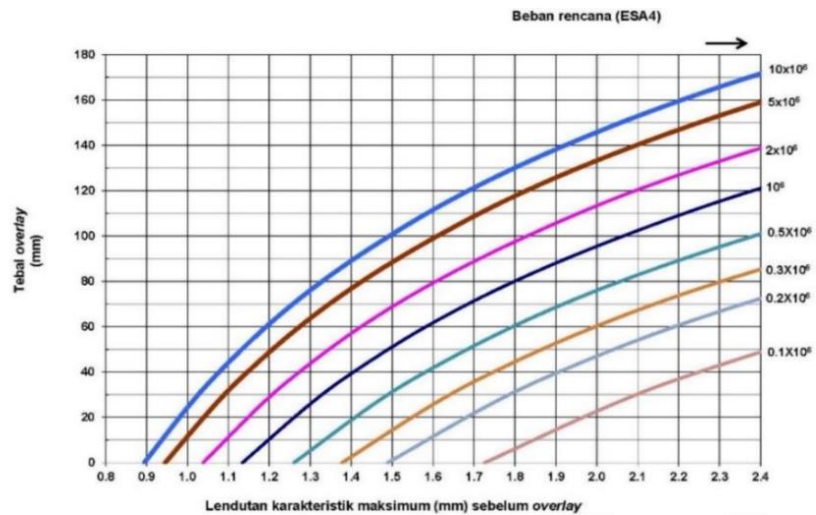
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Prosedur tebal lapis tambah campuran aspal di atas perkerasan lentur berdasarkan beban lalu lintas dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Lalu lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4

Retak lelah bukan kerusakan yang umum terjadi pada jalan dengan lalu lintas ringan dan perkerasan dengan HRS. berdasarkan pertimbangan tersebut, kinerja *fatigue* lapis tambah pada desain jalan dengan beban lalu lintas rencana lebih kecil dari 100.000 ESA4 dan perkerasan dengan HRS tidak diperlukan. Desain lapis tambah cukup dengan menggunakan pendekatan lendutan maksimum (D_0).

Untuk menentukan kebutuhan lapis tambah guna mengantisipasi deformasi permanen digunakan bagan desain pada Gambar 2. 12 berdasarkan lendutan balik maksimum yang diukur menggunakan alat *Benkelman Beam*.



Gambar 2. 12 Lapis Tambah Berdasarkan Lendutan Balik
Benkelman Beam

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2. Lalu lintas lebih besar dari $100.000 < \text{ESA} < 10 \times 10^6 \text{ ESA4}$

Jalan dengan lalu lintas lebih besar dari 100.000 ESA4 mempunyai potensi retak lelah (*fatigue*) pada lapisan permukaan. Dengan demikian, harus diperhitungkan kriteria deformasi permanen dengan pendekatan lendutan maksimum (D_0) dan kriteria retak lelah dengan pendekatan lengkung lendutan ($D_0 - D_{200}$). Untuk desain lapis tambah dengan beban lalu lintas 100.000 ESA4 sampai $10 \times 10^6 \text{ ESA4}$, desain tebal menggunakan Gambar 2. 12 bersamaan dengan Gambar 2. 14 dan Gambar 2. 15 untuk mengantisipasi retak lelah.

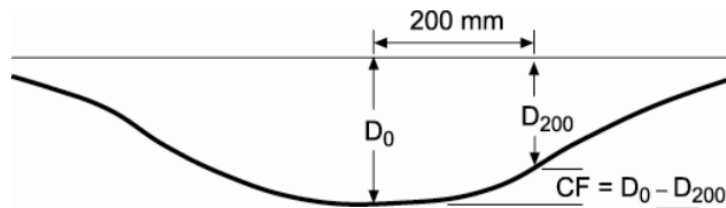
Lengkung lendutan dinyatakan pada titik belok lengkungan atau CF (*curvature function*) berdasarkan bentuk lengkung lendutan sebagai berikut:

$$\text{CF} = D_0 - D_{200}$$

Keterangan:

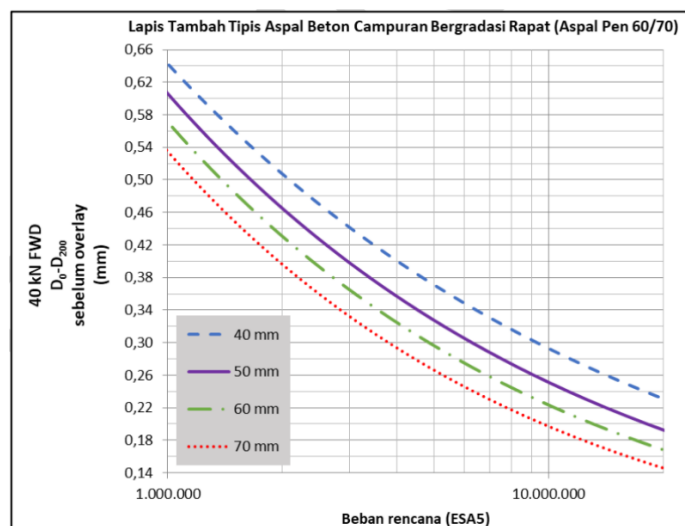
D_0 : lendutan maksimum (mm).

D_{200} : lendutan yang terjadi pada titik 200 mm dari titik yang lendutannya maksimum (mm).

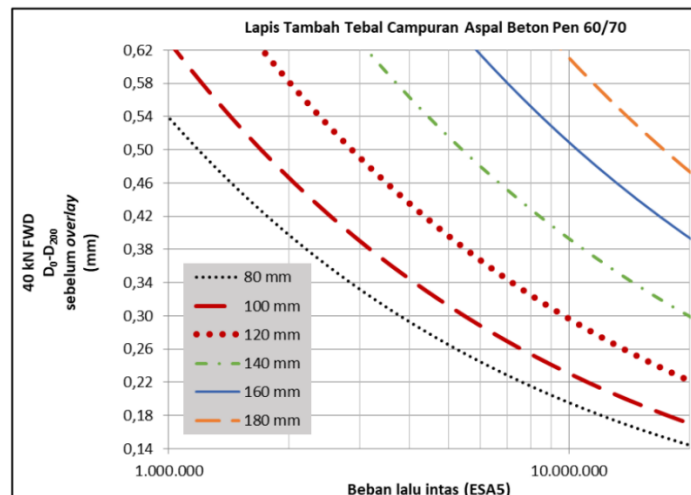


Gambar 2. 13 Fungsi Lengkung Lendutan
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Tebal lapis tambah berdasarkan lengkung lendutan dapat ditentukan sebagai lapis tambah tipis atau lapis tambah tebal seperti ditunjukkan pada Gambar 2. 14 dan Gambar 2.15



Gambar 2. 14 Tebal Lapis Tambah Tipis Aspal Konvensional
Untuk Mencegah Retak Akibat Lelah
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)



Gambar 2. 15 Tebal Lapis Tambah Tebal Aspal Konvensional Untuk Mencegah Retak Akibat Lelah
(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

3. Lalu lintas lebih besar 10×10^6 ESA4

Untuk pekerjaan rehabilitas dengan beban lalu lintas lebih besar dari 10×10^6 ESA4 harus menggunakan prosedur mekanistik empiris atau metode AASHTO 1993.

2.5.3 Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan Terhadap Musim

Nilai lendutan permukaan perkerasan aspal dipengaruhi oleh jenis tanah dan kelembaban tanah dasar. Selain dari ketinggian muka air tanah, kelembaban tanah dasar juga dipengaruhi oleh iklim. Dengan pertimbangan tersebut, sebaiknya pengukuran dilakukan pada waktu perkerasan dalam keadaan terlemah yaitu pada musim hujan.

Apabila survei lendutan dilaksanakan pada musim kemarau maka nilai lendutan harus dikoreksi. Faktor koreksi terhadap musim adalah angka perbandingan antara lendutan maksimum pada musim hujan dan lendutan pada musim kemarau:

Faktor koreksi musim kemarau = 1,2

Faktor koreksi musim hujan = 1,0

2.5.4 Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan Terhadap Temperatur Pengujian

Lengkung lendutan yang diukur dinyatakan tidak mewakili respon perkerasan terhadap pembebanan lalu lintas jika temperatur perkerasan pada saat pengukuran dan pada kondisi pelayanan berbeda secara signifikan. Maka, diperlukan faktor koreksi temperatur.

Faktor koreksi temperatur untuk pengukuran lendutan dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_T = \frac{W_{MAPT}}{\text{Temperatur Perkerasan Saat Pengukuran Lendutan}}$$

Untuk pengujian menggunakan FWD faktor koreksi temperatur ditentukan menggunakan Tabel 2. 18 dan Tabel 2. 19. Sedangkan untuk pengujian lendutan menggunakan *Benkelman Beam* menggunakan Tabel 2.20 dan Tabel 2.21. Pengujian lendutan dengan tebal permukaan aspal kurang dari 25 mm tidak diperlukan faktor koreksi temperatur.

Tabel 2. 18 Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) Untuk FWD

W _{MAPT} Temp _{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,93	0,87	0,81	0,75	0,69	0,59
0,60	0,95	0,91	0,86	0,81	0,76	0,68
0,70	0,96	0,94	0,90	0,87	0,83	0,77
0,80	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,85
0,90	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
1,20	1,01	1,02	1,04	1,05	1,08	1,10
1,30	1,02	1,04	1,05	1,08	1,12	1,15
1,40	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,19
1,50	1,02	1,05	1,09	1,12	1,18	1,22

Tabel 2. 18 Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) Untuk FWD
(lanjutan)

WMAPT Temp _{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
1,60	1,03	1,06	1,10	1,14	1,21	1,25
1,70	1,03	1,07	1,12	1,16	1,23	1,27
1,80	1,04	1,09	1,13	1,18	1,25	1,28

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Tabel 2. 19 Faktor Koreksi Temperatur Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$)
Untuk FWD

WMAPT Temp _{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)					
	25	50	100	150	200	300
0,50	0,91	0,76	0,63	0,54	0,41	0,31
0,60	0,93	0,81	0,71	0,64	0,53	0,46
0,70	0,95	0,86	0,78	0,73	0,65	0,60
0,80	0,97	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73
0,90	0,98	0,95	0,92	0,91	0,88	0,86
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11
1,20	1,02	1,06	1,10	1,14	1,18	1,23
1,30	1,03	1,10	1,15	1,20	1,27	1,35
1,40	1,04	1,13	1,20	1,26	1,36	1,46
1,50	1,05	1,15	1,24	1,32	1,44	1,57
1,60	1,05	1,15	1,24	1,32	1,44	1,57
1,70	1,06	1,15	1,28	1,37	1,52	1,67
1,80	1,06	1,18	1,32	1,41	1,59	1,77

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Tabel 2. 20 Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) Untuk
Benkelman Beam

WMAPT Temp_{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)						
	25	50	100	150	200	250	300
0,50	0,94	0,90	0,84	0,78	0,74	0,67	0,58
0,60	0,95	0,92	0,86	0,81	0,77	0,70	0,62
0,70	0,96	0,94	0,89	0,85	0,81	0,75	0,69
0,80	0,97	0,96	0,92	0,90	0,87	0,82	0,78
0,90	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,90	0,88
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,03	1,03	1,05	1,06	1,08
1,20	1,02	1,02	1,05	1,07	1,10	1,14	1,16
1,30	1,03	1,04	1,06	1,10	1,14	1,20	1,24
1,40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,18	1,26	1,31
1,50	1,04	1,06	1,09	1,14	1,21	1,31	1,37
1,60	1,04	1,07	1,11	1,16	1,25	1,37	1,42
1,70	1,04	1,08	1,12	1,20	1,30	1,38	1,50
1,80	1,04	1,09	1,13	1,22	1,35	1,37	1,55

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Tabel 2. 21 Faktor Koreksi Temperatur Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$)
Untuk *Benkelman Beam*

WMAPT Temp_{lapangan}	Tebal Aspal Eksisting (mm)							
	25	50	75	100	150	200	250	300
0,50	0,93	0,81	0,72	0,64	0,54	0,51	0,48	0,43
0,60	0,95	0,85	0,77	0,72	0,64	0,58	0,53	0,48
0,70	0,96	0,89	0,83	0,79	0,73	0,66	0,61	0,57
0,80	0,98	0,92	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72	0,69
0,90	0,99	0,96	0,93	0,92	0,89	0,86	0,84	0,83
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,06	1,09	1,11
1,20	1,02	1,04	1,07	1,08	1,11	1,16	1,20	1,24
1,30	1,03	1,07	1,11	1,13	1,18	1,24	1,31	1,36
1,40	1,04	1,09	1,14	1,18	1,24	1,32	1,41	1,46
1,50	1,05	1,11	1,17	1,22	1,29	1,39	1,49	1,56
1,60	1,06	1,13	1,20	1,26	1,35	1,44	1,57	1,64
1,70	1,07	1,14	1,23	1,29	1,39	1,50	1,64	1,71
1,80	1,07	1,16	1,25	1,32	1,44	1,55	1,70	1,78

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

2.5.5 Penyesuaian Nilai Lendutan Terhadap Beban Uji

Nilai lendutan harus dikoreksi oleh faktor koreksi beban, karena dalam pelaksanaannya pada umumnya selalu terjadi penyimpangan nilai beban yang tercatat dengan nilai beban uji standar. Maka beban yang tercatat tersebut harus dinormalkan ke beban standar pengujian.

Berdasarkan literatur teknis yang mengacu pada standar Bina Marga seperti Pd. T-05-2005-B, yang dijadikan sebagai acuan dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2024, faktor koreksi nilai lendutan terhadap beban uji dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FK_{B-FWD} = 4,08 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-1)}$$

$$FK_{B-BB} = 77,343 \times (\text{beban uji dalam ton})^{(-2,0715)}$$

Dimana:

FK_{B-FWD} = faktor koreksi beban *Falling Weight Deflectometer*

FK_{B-BB} = faktor koreksi beban *Benkelman Beam*

2.5.6 Penyesuaian Nilai Lendutan dan Lengkung Lendutan

Lendutan dan lengkung lendutan yang diuji menggunakan *Benkelman Beam* dan FWD akan menghasilkan nilai yang berbeda, oleh karena itu diperlukan penyesuaian hasil pengukuran.

Bagan desain lapis tambah dengan kriteria kelelahan (*fatigue*) perkerasan aspal (Gambar 2. 14 dan Gambar 2. 15) didasarkan pada lengkung lendutan FWD. Oleh karena itu, apabila pengukuran dilakukan dengan *Benkelman Beam* maka nilai yang diperoleh harus dikonversi ke nilai setara FWD dengan mengalikan nilai tersebut dengan faktor penyesuaian seperti yang terdapat dalam Tabel 2. 22.

Tabel 2. 22 Faktor Penyesuaian Lengkung Lendutan ($D_0 - D_{200}$) BB ke FWD

Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor	Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor
0	1,00	160	0,69
20	0,95	180	0,67
40	0,91	200	0,65
60	0,86	220	0,63
80	0,82	240	0,61
100	0,79	260	0,60
120	0,75	280	0,59
140	0,72	300	0,59

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)

Bagan desain lapis tambah untuk kriteria lendutan maksimum (Gambar 2. 12) adalah berdasarkan lendutan yang diukur dengan *Benkelman Beam*. Jika data lendutan diperoleh dari FWD maka data yang diperoleh harus dikonversi ke data lendutan *Benkelman Beam* dengan mengalikan nilai yang diperoleh dengan faktor penyesuaian seperti yang terdapat dalam tabel 2. 23.

Tabel 2. 23 Faktor Penyesuaian Lendutan (D_0) FWD ke BB

Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor	Tebal Aspal Eksisting (mm)	Faktor
0	1,00	160	1,26
20	1,12	180	1,28
40	1,14	200	1,29
60	1,16	220	1,31
80	1,18	240	1,33
100	1,20	260	1,34
120	1,22	280	1,35
140	1,24	300	1,36

(Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan 2024)