

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Definisi dan Klasifikasi Jalan

2.1.1 Definisi Jalan

Berdasarkan UU RI No 38 Tahun 2004 Tentang Jalan mendefinisikan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk 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 kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

2.1.2 Klasifikasi Kelas Jalan

Berdasarkan Dasar-Dasar Perencanaan Geometri (2015), klasifikasi jalan terbagi menjadi empat, yaitu fungsi jalan, status jalan, kelas jalan dan jalan tol. Klasifikasi menurut fungsi jalan yaitu terbagi atas:

1. Jalan Arteri adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan Kolektor merupakan jalan yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan Lingkungan adalah jalan yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri perjalanan dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Klasifikasi menurut status jalan sesuai UU No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, kelas jalan dibedakan sebagai berikut:

1. Jalan nasional terdiri atas: jalan arteri, jalan kolektor yang menghubungkan antar ibukota provinsi, jalan tol dan jalan strategis nasional. Jalan strategis nasional adalah jalan yang melayani kepentingan nasional dan internasional atas dasar kriteria strategis, yaitu mempunyai peranan untuk membina kesatuan dan keutuhan nasional, melayani daerah rawan, merupakan bagian dari jalan lintas regional atau lintas internasional, melayani kepentingan perbatasan antar Negara, melayani asset penting Negara serta dalam rangka pertahanan dan keamanan.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor yang menghubungkan antar ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota atau antar ibukota kabupaten atau kota.

3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan atau antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, ibukota kecamatan dengan desa.
4. Jalan kota adalah jalan umum di dalam kota, dan Jalan desa adalah jalan lingkungan dan jalan local yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan pedesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

Klasifikasi menurut kelas jalan dibagi berdasarkan spesifikasi penyedia prasarana jalan dan penggunaan jalan. Berdasarkan spesifikasi prasarana jalan maka kelas jalan dikelompokkan menjadi:

1. Jalan bebas hambatan adalah jalan umum yang memiliki spesifikasi pengendalian jalan masuk secara berkala, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, dilengkapi dengan median, paling sedikit mempunyai 2 lajur setiap arah, dan lebar lajur paling sedikit 3,5 meter.
2. Jalan raya adalah jalan umum dengan spesifikasi untuk lalulintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas, dilengkapi dengan media, paling sedikit 2 lajur setiap arah, lebar lajur paling sedikit 3.5 meter.
3. Jalan sedang adalah jalan umum yang memiliki spesifikasi untuk lalulintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah, dengan lebar jalur paling sedikit 7 meter.
4. Jalan kecil adalah jalan umum dengan spesifikasi untuk melayani lalulintas setempat, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah, dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 meter (Kementrian Pekerjaan Umum dalam Sukirman, 2015).

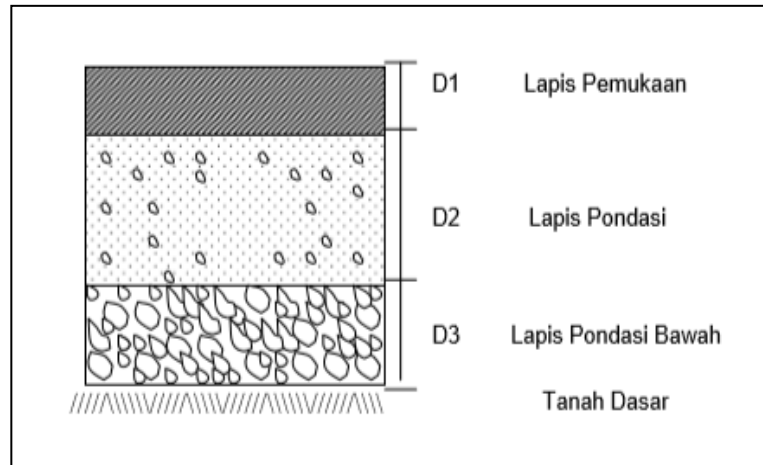
Sedangkan berdasarkan penggunaan jalan maka kelas jalan dikelompokkan menjadi:

1. Jalan kelas I yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar paling besar 2,5 m, panjang paling besar 18 m, tinggi paling besar 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 10 ton.
2. Jalan kelas II yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar paling besar 2,5 m, panjang paling besar 12 m, tinggi paling besar 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
3. Jalan kelas III yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar paling besar 2,1 m, panjang paling besar 9 m, tinggi paling besar 3,5 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
4. Jalan kelas khusus yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar paling besar 2,5 m, panjang paling besar 18 m, tinggi paling besar 4,2 m, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol.

2.2 Jenis Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan seperti pada **Gambar 2.1**. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan kelapisan di bawahnya.



Gambar 2.1 Komponen Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2002)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis, semakin kebawah memiliki daya dukung tanah yang jelek. menunjukkan lapis perkerasan lentur, yaitu:

- a. Lapis permukaan (*surface course*)
- b. Lapis pondasi (*base course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- d. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

2.2.1 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai:

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama pelayanan;
- b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem;

- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan; dan
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Namun demikian, akibat kontak langsung dengan roda kendaraan dan cuaca, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut dengan lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi. Dengan demikian lapis permukaan dapat dibedakan menjadi :

1. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
2. Lapis permukaan antar (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan diatas lapis pondasi.

2.2.2 Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar. Lapis pondasi berfungsi sebagai :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah
- c. Bantalan atau perletakkan lapis permukaan.

Material yang sering digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis aspal sebagai pengikat.

2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai CBR sama atau lebih besar dari 20%.
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- e. Lapis filter untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

2.2.4 Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar merupakan hal yang sangat penting dari konstruksi jalan, yaitu untuk mendukung lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, lapisan permukaan, atau yang mendukung perkerasan. Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapisan perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Mempunyai persyaratan sesuai fungsinya yaitu, berkenaan dengan kepadatan dan daya dukung (CBR), untuk menghindari persoalan yang menyangkut tanah dasar diantaranya perubahan bentuk akibat lalu lintas, sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas:

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian
2. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

2.3 Sifat Perkerasan Lentur Jalan

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan antara lain berfungsi sebagai :

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir – butir agregat dan pori – pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Dengan demikian, aspal haruslah memiliki daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang




















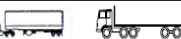


baik seperti daya tahan (durability), adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap temperatur dan kekerasan aspal (Falderika, 2018)

2.4 Beban Lalu Lintas

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

2.4.1 Jenis Kendaraan

Sistem klasifikasi kendaraan dinyatakan dalam Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) seperti pada **Gambar 2.2**. Beban ganda kendaraan penumpang dan kendaraan ringan sampai sedang cukup kecil sehingga tidak berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada perkerasan. Hanya kendaraan niaga dengan jumlah roda enam atau lebih yang perlu diperhitungkan dalam analisis.

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

Gambar 2.2 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2004)

2.4.2 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data-data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka **Tabel 2.1** dapat digunakan (2015-2035).

Tabel 2.1 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

Kriteria Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) dapat menggunakan **Persamaan 2.1**.

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,001 i} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

2.4.3 Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 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: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

2.4.4 Perkiaan Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan. Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada *Tabel 2.3* dapat digunakan untuk menghitung ESA. *Tabel 2.3*

menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012-2013.

2.4.5 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan dengan menggunakan **Persamaan 2.2**. Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga.

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

ESA_{TH-1} = kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle*) pada tahun pertama;

LHR_{JK} = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari);

VDF_{JK} = faktor ekuivalen beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga *Tabel 2.3*;

DD = faktor distribusi arah;

DL = faktor distribusi lajur (**Tabel 2.2**);

$CESAL$ = kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana; dan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Tabel 2.3 Nilai VDF Masing-Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban actual		Normal		Beban actual		Normal		Beban actual		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	13,3	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: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

2.5 Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Manual Perkerasan Jalan 2017

2.5.1 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini:

Tabel 2.4 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, undepass, jembatan, terowongan.	
	Cemen 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

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2010

2.5.2 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Pada **Tabel 2.5** juga dilengkapi dengan bagan desain dan tingkat kesulitan pekerjaan. Sehingga tidak semua kontraktor dapat melaksanakan seluruh jenis struktur perkerasan.

Tabel 2.5 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagian 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 pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-

Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-
<p>Catatan:</p> <p>Tingkat kesulitan:</p> <p>1 - kontraktor kecil – medium;</p> <p>2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;</p> <p>3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus–kontraktor spesialis Burtu/ Burda.</p>						

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

2.5.3 Zona Iklim

Dalam desain perkerasan, iklim mempengaruhi:

1. Temperatur dan nilai modulus lapisan beraspal.
2. Kadar air tanah dasar dan lapisan perkerasan berbutir.

Rentang temperatur perkerasan (*Weighted Mean Pavement Temperature, WMPAT*) dan pengaruh temperatur terhadap modulus campuran aspal. Pengaruh kelembaban perkerasan terhadap proses pemilihan modulus fondasi atau tanah dasar. Zona iklim dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Zona Iklim Indonesia

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

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017



Gambar 2.3 Zona iklim Indonesia

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

2.5.4 Bagan Desain

Bagan desain yang digunakan untuk tipe perkerasan lentur yang menggunakan Aspal dengan lapis pondasi berbutir seperti pada **Tabel 2.7** dan untuk perkerasan lentur dengan HRS.

Tabel 2.7 Bagan 3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS¹

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA ₅)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq \text{FF2} < 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi macadam	HRS
Struktur Perkerasan	Tebal Lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B dengan kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ³	150	125

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

2.6 Metode AASHTO 1993

Perencanaan tebal perkerasan lentur jalan baru pada metode AASHTO 1993 sama dengan metode AASHTO 1986. Rumus utama pada metode AASHTO 1993 dalam mencari tebal perkerasan lentur jalan adalah seperti pada **Rumus 2.3** (Papagiannakis A.T dan Masad E.A, 2007) dan untuk mencari tebal perkerasan dapat digunakan **Rumus 2.4**.

$$\text{Log } W_{18} = Z_R * S_0 + 9,36 * \log (SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{(4,2-1,5)^{1094}}}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 * \log M_R) -$$

8,07 (Rumus 2.3)

$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ (Rumus 2.4)

dengan:

W_{18} = ESAL yang diperkirakan;

Z_R = simpangan baku normal;

S_0 = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,4-0,5;

SN = *Structural Number*, angka struktural relatif perkerasan, inci;

ΔPSI = perbedaan *serviceability index* di awal dan di akhir umur rencana;

M_R = modulus resilient tanah dasar (psi);

a_1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan;

a_2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi;

a_3 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah;

D_1 = tebal lapis permukaan, inci;

D_2 = tebal lapis pondasi, inci;

D_3 = tebal lapis pondasi bawah, inci; dan

$m_{2,3}$ = koefisien drainase untuk lapis fondasi dan fondasi bawah;

SN yang diperoleh menggunakan **Rumus 2.4** harus sama dengan asumsi yang di ambil ketika menentukan angka Ekuivalen (E). Jika SN yang diperoleh tidak sama, maka penentuan angka ekivalen harus diulang kembali. SN adalah angka yang

menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian pewujud kinerja perkerasan jalan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan tebal perkerasan jalan dengan menggunakan Metode AASHTO 1993 adalah sebagai berikut:

1. Repetisi Beban Lalu Lintas;
2. Angka Ekuivalen (E);
3. Faktor Distribusi Lajur (D_L) dan Faktor Distribusi Arah (D_A);
4. Faktor Umur Rencana (N);
5. Reliabilitas (R);
6. Koefisien Drainase (m);
7. Modulus Resilient (M_R);
8. Indeks Permukaan Awal (IP_0) dan Indeks Permukaan Akhir (IP_1); dan
9. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

2.6.1 Distribusi Sumbu Beban Kendaraan

Beban lalu lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Pemahaman komprehensif tentang beban kendaraan yang merupakan beban dinamis pada pekerjaan jalan, sangat mempengaruhi hasil perencanaan tebal perkerasan jalan dan kekokohan struktur perkerasan jalan selama masa pelayanan. **Gambar 2.4** memperlihatkan distribusi beban ^{kendaraan}. Besarnya beban lalulintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti:





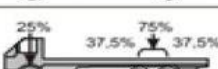

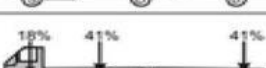

1. konfigurasi sumbu dan roda kendaraan;
2. beban sumbu dan roda kendaraan;

3. tekanan ban;
4. volume lalu lintas;
5. repetisi sumbu;
6. distribusi arus lalu lintas pada perkerasan jalan; dan
7. kecepatan kendaraan.

2.6.2 Repetisi Beban Lalu Lintas Sesuai AASHTO 1993

Beban lalu lintas dilimpahkan pada perkerasan jalan melalui kontak antara roda dan muka jalan. Oleh karena itu, beban lalulintas bervariasi sesuai dengan berat kendaraan, konfigurasi sumbu, distribusi ke masing-masing sumbu kendaraan dan ukuran roda kendaraan. Kerusakan yang ditimbulkan oleh masing-masing beban lalulintas dipengaruhi oleh mutu struktur perkerasan yang berkurang berkelanjutan selama masa pelayanan. Repetisi beban selama umur rencana (W_{18}) dapat ditentukan berdasarkan **Rumus 2.5**.

$$W_{18} = \sum LHR_i \times D_A \times D_L \times 365 \times N \dots\dots\dots(\mathbf{Rumus\ 2.5})$$

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Berat Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2,0	
1.2 Bus	3	6	9	 <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;"> <p>⊙ Roda Tunggal Pada Ujung Sumbu</p> <p>⊚ Roda Ganda Pada Ujung Sumbu</p> </div>
1.2L Truck	2,3	6	8,3	
1.2H Truck	4,2	14	18,2	
1.22 Truck	5	20	25	
1.2+2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2+2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2+22 Trailer	10	32	42	

Gambar 2.4 Distribusi Beban Kendaraan

(Sumber: Sukirman, 2010)

2.6.3 Faktor Distribusi Arah (D_A) dan Faktor Distribusi Lajur (D_L)

Nilai Faktor Distribusi Arah (D_A) dapat diperoleh dalam rentang antara 0,3-0,7.

Faktor Distribusi Lajur (D_L) kendaraan pada lajur rencana berdasarkan jumlah lajur perkerasan jalan seperti pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Jalur Per Arah	% Beban Gandar Stabil Dalam Lajur Rencana
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Sumber: AASHTO, 1993

2.6.4 Angka Ekuivalen (E)

Angka Ekuivalen (E) menunjukkan jumlah lintasan sumbu standar sumbu tunggal roda ganda dengan beban 9.000 kg yang mengakibatkan kerusakan yang sama pada struktur perkerasan jalan jika dilintasi oleh jenis dan beban sumbu tertentu atau jenis dan beban kendaraan tertentu. Untuk menentukan nilai ekuivalen E dapat ditentukan berdasarkan **Tabel 2.9** sampai **Tabel 2.11**. Angka ekuivalen, dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya:

1. Konfigurasi dan beban sumbu;
2. Nilai struktural perkerasan jalan yang dinyatakan dengan *Structural Number* (SN); dan
3. *Terminal serviceability index* (P_t).

2.6.5 Faktor Umur Rencana (N)

Faktor umur rencana adalah angka yang digunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana. Jika tidak ada pertumbuhan

lalu lintas maka N sama dengan umur rencana. Perhitungan umur rencana dapat menggunakan **Rumus 2.6** atau **Tabel 2.12** seperti dibawah ini.

$$N = [(1 + i)^{UR} - 1] / i \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.6})$$

dengan:

- N = faktor umur rencana;
 UR = umur rencana, tahun; dan
 i = pertumbuhan lalu lintas per tahun (%/tahun)

Tabel 2.9 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tunggal IPt = 2,5

Beban Sumbu		Angka Struktural (SN)					
Kips	Ton	1	2	3	4	5	6
2	0,9	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	1,8	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002
6	2,7	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
8	3,6	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
10	4,5	0,08	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08
12	5,4	0,17	0,20	0,18	0,21	0,19	0,18
14	6,4	0,33	0,36	0,35	0,39	0,36	0,34
16	7,3	0,59	0,61	0,61	0,65	0,62	0,61
18	8,2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9,1	1,61	1,57	1,55	1,47	1,51	1,55
22	10,0	2,48	2,38	2,28	2,09	2,18	2,30
24	10,9	3,69	3,49	3,23	2,89	3,03	3,27
26	11,8	5,33	4,99	4,42	3,91	4,09	4,48

28	12,7	7,49	6,98	5,92	5,21	5,39	5,98
30	13,6	10,30	9,50	7,90	6,80	6,97	7,80
32	14,5	13,90	12,80	10,50	8,80	8,90	10,00
34	15,4	18,40	16,90	13,70	11,30	11,20	12,50
36	16,3	24,00	22,00	17,70	14,40	13,90	15,50
38	17,2	30,90	28,30	22,60	18,10	17,20	19,00
40	18,1	39,30	35,90	28,50	22,50	21,10	23,00
42	19,0	49,30	45,00	35,60	27,80	25,60	27,70
44	19,9	61,30	55,90	44,00	34,00	31,00	33,10
46	20,8	75,50	68,80	54,00	41,40	37,20	39,30
48	21,7	92,20	83,90	65,70	50,10	44,50	46,50
50	22,6	112,00	102,00	79,00	60,00	53,00	55,00

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.10 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tandem IPT = 2,5

Beban Sumbu		Angka Struktural (SN)					
Kips	Ton	1	2	3	4	5	6
2	0,9	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001
4	1,8	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
6	2,7	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
8	3,6	0,004	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
10	4,5	0,008	0,013	0,011	0,009	0,007	0,006
12	5,4	0,015	0,024	0,023	0,018	0,014	0,013
14	6,4	0,026	0,041	0,042	0,033	0,027	0,024
16	7,3	0,044	0,065	0,070	0,057	0,047	0,043

18	8,2	0,070	0,097	0,109	0,092	0,077	0,070
20	9,1	0,107	0,141	0,162	0,141	0,121	0,110
22	10,0	0,160	0,198	0,229	0,207	0,180	0,166
24	10,9	0,231	0,273	0,315	0,292	0,260	0,242
26	11,8	0,327	0,370	0,420	0,410	0,364	0,342
28	12,7	0,451	0,493	0,548	0,534	0,495	0,470
30	14,6	0,611	0,648	0,703	0,695	0,658	0,633
32	14,5	0,813	0,843	0,889	0,887	0,857	0,834
34	15,4	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	16,3	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17,2	1,76	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73
40	18,1	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	19,1	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	20	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	21	4,18	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	22	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49
50	23	6,12	5,76	5,03	4,64	4,86	5,28
52	24	7,33	6,87	5,93	5,38	5,63	6,17
54	24	8,72	8,14	6,95	6,22	6,47	7,15
56	25	10,30	9,60	8,10	7,20	7,40	8,20
58	26	12,10	11,30	9,40	8,20	8,40	9,40
60	27	14,20	13,10	10,90	9,40	9,60	10,70
62	28	16,50	15,30	12,60	10,70	10,80	12,10
64	29	19,10	17,60	14,50	12,00	12,20	13,70
66	30	22,10	20,30	16,60	13,80	13,70	15,40

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.11 Nilai Angka Ekuivalen Untuk Sumbu Tridem IPT = 2,5

Beban Sumbu		Angka Struktural (SN)					
Kips	Ton	1	2	3	4	5	6
2	0,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	1,8	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
6	2,7	0,0006	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003
8	3,6	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
10	4,5	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
12	5,4	0,005	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003
14	6,7	0,008	0,012	0,010	0,008	0,004	0,006
16	7,3	0,012	0,019	0,018	0,013	0,011	0,010
18	8,2	0,018	0,029	0,028	0,021	0,017	0,016
20	9,1	0,027	0,042	0,042	0,032	0,027	0,024
22	10	0,038	0,058	0,06	0,048	0,04	0,036
24	10,9	0,053	0,078	0,084	0,068	0,057	0,051
26	11,8	0,072	0,103	0,114	0,095	0,080	0,072
28	12,7	0,098	0,133	0,151	0,128	0,109	0,99
30	13,6	0,129	0,169	0,195	0,170	0,145	0,133
32	14,5	0,169	0,213	0,247	0,22	0,191	0,175
34	15,4	0,219	0,266	0,308	0,281	0,246	0,228
36	16,3	0,279	0,329	0,379	0,352	0,313	0,292
38	17,2	0,352	0,403	0,461	0,436	0,393	0,368
40	18,1	0,439	0,491	0,554	0,533	0,487	0,459

42	19,1	0,543	0,598	0,661	0,644	0,597	0,567
44	20	0,666	0,714	0,781	0,769	0,723	0,692
46	21	0,811	0,854	0,918	0,911	0,868	0,838
48	22	0,979	1,015	1,072	1,069	1,033	1,005
50	23	1,17	1,20	1,24	1,25	1,22	1,20
52	24	1,40	1,41	1,44	1,44	1,43	1,41
54	24	1,66	0,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	25	1,95	1,93	1,90	1,90	1,91	1,93
58	26	2,29	2,25	2,17	2,16	2,20	2,24
60	27	2,67	2,60	2,48	2,44	2,51	2,58
62	28	3,69	3,00	2,82	2,76	2,85	2,95
64	29	3,57	3,44	3,19	3,10	3,22	3,36
66	30	4,11	3,94	3,61	3,47	3,62	3,81

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.12 Faktor Umur Rencana

Umur Rencana Tahun	Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas i (%)							
	0	2	4	5	6	7	8	10
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	2,00	2,02	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,10
3	3,00	3,06	3,12	3,15	3,18	3,21	3,25	3,31
4	4,00	4,12	4,25	4,31	4,37	4,44	4,51	4,64
5	5,00	5,20	5,42	5,53	5,64	5,75	5,87	6,11
6	6,00	6,31	6,63	6,80	6,98	7,15	7,34	7,72
7	7,00	7,43	7,90	8,14	8,39	8,65	8,92	9,49
8	8,00	8,58	9,21	9,55	9,90	10,26	10,64	11,44

9	9,00	9,75	10,58	11,03	11,49	11,98	12,49	13,58
10	10,00	10,95	12,01	12,58	13,18	13,82	14,49	15,94
11	11,00	12,17	13,49	14,21	14,97	15,78	16,65	18,53
12	12,00	13,41	15,03	15,92	16,87	17,89	18,98	21,38
13	13,00	14,68	16,63	17,71	18,88	20,14	21,50	24,52
14	14,00	15,97	18,29	19,60	21,02	22,55	24,21	27,97
15	15,00	17,29	20,02	21,58	23,28	25,13	27,15	31,77
16	16,00	18,64	21,82	23,66	25,67	27,89	30,32	35,95
17	17,00	20,01	23,70	25,84	28,21	30,84	33,75	40,54
18	18,00	21,41	25,65	28,13	30,91	34,00	37,45	45,60
19	19,00	22,84	27,67	30,54	33,76	37,38	41,45	51,16
20	20,00	24,30	29,78	33,07	36,79	41,00	57,76	57,27

Sumber: AASHTO, 1993

2.6.6 Reliabilitas (R)

Pada ASSHTO 1993 diperkenalkan parameter baru yaitu reliabilitas. Reliabilitas (R) adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability*.

Dalam AASHTO 1993, nilai reliabilitas (R) dapat diketahui berdasarkan fungsi jalan seperti pada **Tabel 2.13**. **Tabel 2.14** menunjukkan nilai Z_R dan F_R untuk S_0 antara 0,4-0,5. Reliabilitas 50% menunjukkan kondisi dalam hal $Z_R=0$ dan faktor reliabilitas desain sama dengan 1. Ini berarti ESAL yang digunakan untuk menghitung SN sama dengan perkiraan selama umur rencana.

Tabel 2.13 Nilai Reabilitas Sesuai Fungsi Jalan

Fungsi Jalan	Rekomendasi tingkat reabilitas	
	Urban	Rural
Bebas hambatan	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.14 Faktor Reliabilitas, Z_R Dan F_R

Reliabilitas, R, %	Standard Normal Deviate (Z_R)	F_R untuk S_0 = 0,4	F_R untuk S_0 = 0,45	F_R untuk S_0 = 0,5
50	0,000	1,00	1,00	1,00
60	-0,253	1,26	1,30	1,34
70	-0,524	1,62	1,72	1,83
80	-0,841	2,17	2,39	2,63
90	-1.282	3,26	3,77	4,38
95	-1.645	4,55	5,50	6,65
96	-1.751	5,02	6,14	7,51
97	-1.881	5,65	7,02	8,72
98	-2.054	6,63	8,40	10,64
99	-2.327	8,53	11,15	14,57

99,9	-3.090	17,22	24,58	35,08
99,99	-3.750	31,62	48,70	74,99

Sumber: AASHTO 1993

2.6.7 Koefisien Drainase (m)

Kemampuan struktur perkerasan jalan mengalirkan air merupakan hal penting dalam perencanaan tebal perkerasan jalan. Air masuk ke struktur perkerasan jalan melalui banyak cara antara lain retak pada muka jalan, sambungan, infiltrasi perkerasan, akibat kapilaritas atau mata air setempat. Air yang terperangkap dalam struktur perkerasan jalan dapat menjadi penyebab diantaranya:

1. berkurangnya daya dukung lapisan dengan material tanpa pengikat;
2. berkurangnya daya dukung tanah dasar;
3. naiknya butiran halus sebagai dampak dari efek pompa ke dalam struktur perkerasan jalan; dan
4. lepasnya ikatan aspal dengan agregat sebagai awal terjadinya lubang.

Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan. **Tabel 2.15** memperlihatkan kelompok kualitas drainase berdasarkan AASHTO 1993. Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m) seperti pada **Tabel 2.16**.

2.6.8 Modulus Resilient (M_R)

Modulus resilient adalah perbandingan antara nilai *deviator stress* dan deformasi yang dapat kembali lagi (*recoverable deformation*). Nilai M_R dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kadar air, derajat kejenuhan, kepadatan, temperatur, jumlah butir halus, dan gradasi. Pengujian di laboratorium dapat menggunakan alat triaxial dengan beton berulang (*cyclic triaxial test*), *Universal Material Testing Apparatus* (UMATTA), atau analisis hasil pengujian *non-destructive test* dengan menggunakan alat *falling weight deflectometer* (FWD). M_R untuk tanah

dasar dapat pula diperoleh melalui korelasi dengan nilai CBR seperti pada **Rumus 2.7** dan **Rumus 2.8**.

$$M_R = 1500 (\text{CBR}), M_R \text{ dalam psi} \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.7})$$

$$M_R = 2555 (\text{CBR})^{0.64}, M_R \text{ dalam psi} \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.8})$$

Nilai M_R untuk tanah dasar tanah galian diperoleh berdasarkan koreksi dengan hasil klasifikasi tanah. Benda uji untuk menentukan klasifikasi tanah diperoleh melalui lubang bor pada elevasi tanah dasar rencana. **Tabel 2.17** menunjukkan nilai koreksi M_R dengan klasifikasi AASHTO.

2.6.9 Indeks Permukaan Awal (IP_0) dan Indeks Permukaan Akhir (IP_t)

Tebal perkerasan yang dibutuhkan dipengaruhi oleh nilai kinerja struktur perkerasan. Diharapkan pada saat jalan dibuka untuk melayani arus lalu lintas selama umur rencana, dan kondisi kinerja perkerasan diakhiri umur rencana. Indeks Permukaan Awal (IP_0) dapat ditentukan berdasarkan **Tabel 2.18** khusus untuk lapis permukaan laston, lasbutag, dan lapen. Indeks Permukaan Akhir (IP_t) dapat ditentukan berdasarkan **Tabel 2.19**, tetapi tidak mencantumkan LER.

Tabel 2.15 Kelompok Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan

Jelek Sekali	air tdk mengalir
--------------	------------------

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.16 Koefisien Drainase (m)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Sedang	1,25 - 1,15	1,12 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Jelek	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber: AASHTO, 1993

Tabel 2.17 Koreksi Nilai M_R dengan klasifikasi AASHTO dan CBR

Klasifikasi	Rentang CBR (%)	Rentang M_R (ksi)	M_R Rencana (ksi)
A-7-6	1 - 5	2,5 - 7	4
A-7-5	2 - 8	4 - 9,5	6
A-6	5 - 15	7 - 14	9
A-5	8 - 16	9 - 15	11
A-4	10 - 20	12 - 18	14
A-3	15 - 35	14 - 25	18
A-2-7	10 - 20	12 - 17	14
A-2-6	10 - 25	12 - 20	15
A-2-5	15 - 30	14 - 22	17

A-2-4	20 – 40	17 – 28	21
A-1-b	35 – 60	25 – 35	29
A-1-a	60 – 80	30 – 42	30

Sumber: Sukirman, 2018

Tabel 2.18 Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis Permukaan	IP ₀	Roughness* (IRI, m/km)
Laston	≥ 4	≤ 1
	3,9 - 3,5	> 1
Labutag	3,9 - 3,5	≤ 2
	3,4 - 3,0	> 2
Lapen	3,4 - 3,0	≤ 3
	2,9 - 2,5	> 3
* Alat Pengukur ketidakrataan yang digunakan dapat berupa roughometer NAASRA, Bump Integrator, dll		

Sumber: AASHTO 1993

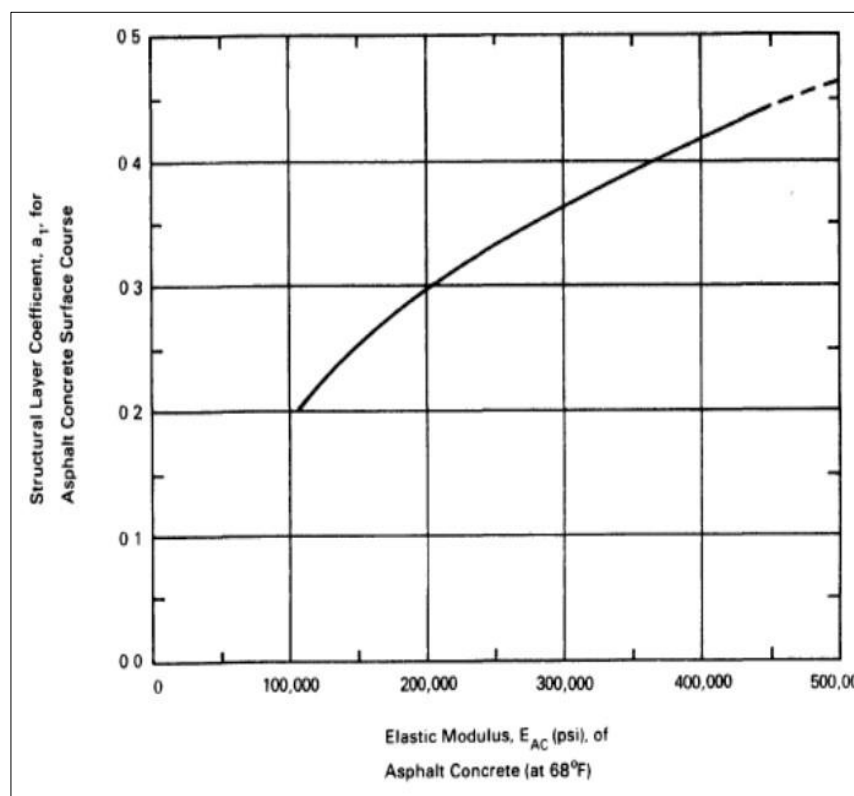
Tabel 2.19 Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP_t)

Fungsi Jalan				
Lokal		Kolektor	Arteri	Tol
1,0 - 1,5		1,5	1,5 - 2,0	-
1,5		1,5 - 2,0	2	-
1,5 - 2,0		2	2,0 - 2,5	-
-		2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber: AASTHO 1993

2.6.10 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif (a) adalah angka penyetaraan berbagai jenis lapis perkerasan yang dipengaruhi oleh mutu dari jenis lapisan yang dipilih. Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan (a_1) ditentukan dengan menggunakan **Gambar 2.5** yang berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi) beton aspal.



Gambar 2.5 Koefisien Kekuatan Relatif a_1 untuk Beton Aspal

(Sumber: AASHTO, 1993)

Koefisien kekuatan relatif (a_2) untuk lapis pondasi dapat ditentukan dengan menggunakan **Rumus 2.9** atau **Gambar 2.6** dan koefisien kekuatan relatif (a_3) untuk

lapis pondasi bawah dapat ditentukan dengan menggunakan **Rumus 2.10** atau **Gambar 2.7**.

$$a_2 = 0,249 (\log E_{BS}) - 0,977 \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.9})$$

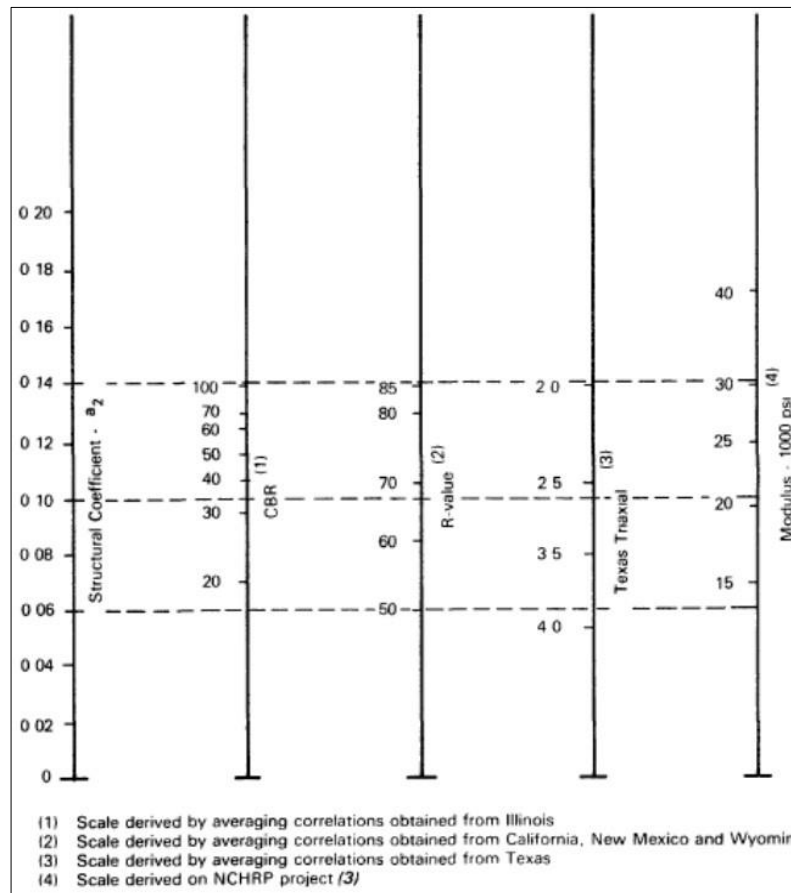
$$a_3 = 0,227 (\log E_{BS}) - 0,839 \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.10})$$

Dengan:

a_2 : koefisien relatif lapis pondasi berbutir;

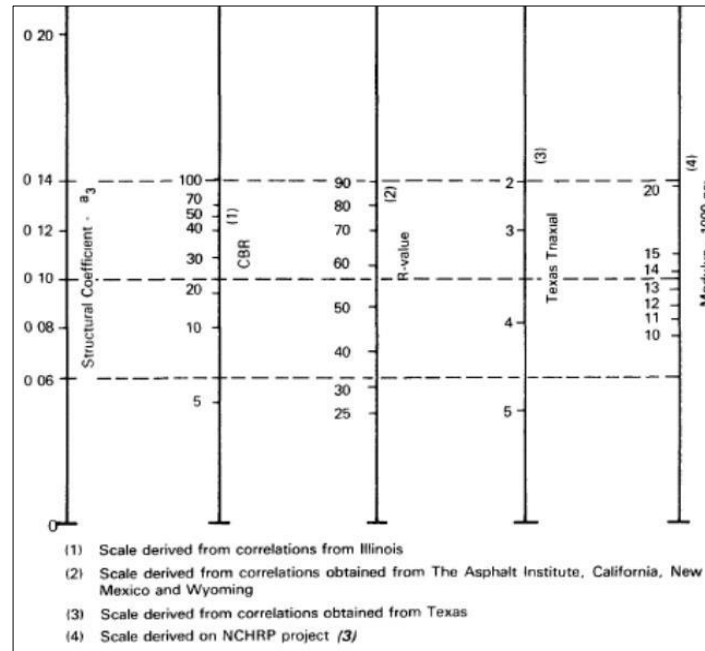
a_3 : koefisien relatif lapis pondasi bawah berbutir; dan

E_{BS} : modulus elastisitas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah



Gambar 2.6 Keofisien Kekuatan Relatif a_2 Lapis Pondasi

(Sumber: AASHTO, 1993)

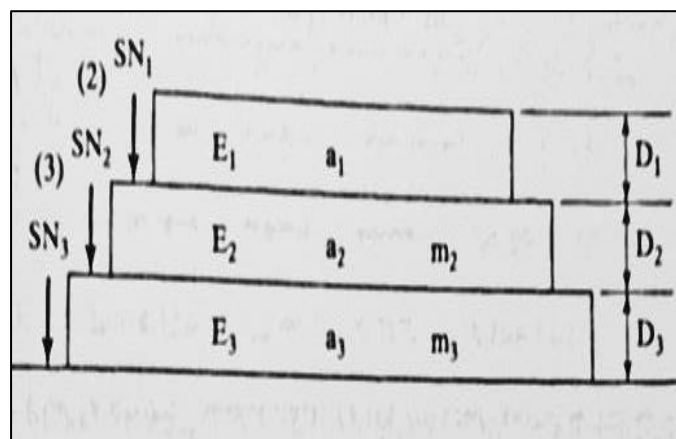


Gambar 2.7 Keofisien Kekuatan Relatif a_3 Lapis Pondasi Bawah

(Sumber: AASHTO, 1993)

2.7 Tebal Minimum Setiap Lapisan

Tebal minimum setiap lapis perkerasan ditentukan berdasarkan mutu daya dukung tanah lapis bawahnya seperti pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Ketentuan Perencanaan Menurut AASHTO 1993

Sumber: AASHTO 1993

Tebal minimum lapis permukaan dari beton aspal dan lapis pondasi batu pecah ditentukan berdasarkan nilai ESAL seperti pada **Tabel 2.20**.

Tabel 2.20 Tebal Minimum Lapis Permukaan dan Lapis pondasi

ESAL	Tebal Minimum Lapis (inci)	
	Beton Aspal	pondasi Batu Pecah
< 50.000	1,0	4,0
50.001 - 150.000	2,0	4,0
150.001 - 500.00	2,5	4,0
500.001 - 2.000.000	3,0	6,0
2.000.001 - 7.000.000	3,5	6,0
> 7.000.000	4,0	6,0

Sumber: AASHTO, 1993