

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi dan klasifikasi jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang sengaja dirancang untuk meliputi semua bagian jalan termasuk material pelengkap yang dipergunakan lalu lintas transportasi yang berada di atas permukaan tanah dan air, kecuali rel, dan jalan raya. Jalan juga dapat didefinisikan sebagai suatu jalur yang mempunyai fungsi sebagai penghubung dari suatu daerah ke daerah lain sebagai sarana dan prasarana transportasi yang sangat berperan penting di bidang transportasi di era modern sekarang ini guna mempermudah atau menjangkau daerah-daerah terpencil sekalipun.

2.1.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Wewenang

Berdasarkan UU Jalan RI No 38 Tahun 2004, jalan dapat dibuat sesuai dengan fungsi, peran dan wewenangnya masing-masing seperti berikut:

1. Jalan Nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam suatu sistem jaringan jalan yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2. Jalan Propinsi merupakan jaringan jalan utama yang menghubungkan ibu kotaprovisi dengan ibu kota kabupaten/kota, atau antara ibu kota kabupaten/kota dengan jalan strategis provinsi.
3. Jalan Kabupaten merupakan jalan lokal dalam jaringan jalan utama bukan milik jalan nasional dan jalan provinsi yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, antar ibu kota kecamatan, ibu kota 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 antara pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar

persil, serta menghubungkan antara pusat permukiman yang berada didalam kota.

5. Jalan Desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan permukiman dalam desa dan jalan lingkungan.

2.1.2 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang melayani lalu lintas utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi, dan jumlah jalan penerimaan praktis terbatas.
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang melayani lalu lintas kolektor distributor dengan karakteristik konduksi sedang, kecepatan sedang, dan jumlah jalan yang masuk dibatasi
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang digunakan untuk lalu lintas jarak pendek, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang digunakan untuk lalu lintas dengan ciri perjalanan jarak pendek, dan kecepatan rendah.

2.1.3 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Menurut pasal 19 ayat 2 UU No 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan disebutkan bahwa, mengelompokkan jalan menurut kelas jalan terdiri atas:

1. Jalan kelas I yaitu jalan raya dan jalan utama yang dapat dilalui kendaraan dengan ukuran lebar tidak lebih dari 2.500 mm, panjang tidak lebih dari 18.000 mm, tinggi tidak lebih dari 4.200 mm, dan muatan sumbu seberat 10 ton.
2. Jalan kelas II yaitu jalan raya , jalan kolektor, jalan lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan lebar tidak lebih 2.500 mm, panjang tidak lebih 12.000 mm, tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu seberat 8 ton.
3. Jalan kelas IIIA yaitu jalan raya, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak lebih 2.500 mm, panjang tidak lebih 18.000 mm, dan muatan sumbu terberat 8 ton

4. Jalan kelas IIIB yaitu jalan kolektor yang bisa dilewati kendaraan bermotor termasuk dengan muatan ukuran lebar tidak lebih 2.500 mm, panjang tidak lebih 12.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diperbolehkan 8 ton.
5. Jalan kelas IIIC yaitu jalan lokal yang bisa dilewati kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak lebih 2.100 mm, panjang tidak lebih 9.000 mm, dan muatan sumbu terberat yang diperbolehkan lewat yaitu 8 ton.
6. Jalan kelas khusus yaitu jalan arteri yang bisa dilewati kendaraan dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, panjang melebihi 18.000 mm, tinggi 4.200 mm, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

2.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

2.2.1 Definisi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan aspal dan perkerasan beton aspal (*Ashpalt concrete pavement*), serta disebut juga perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), adalah campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali ke posisi semula bersama sama dengan tanah dasar. Konsep dasar dalam perancangan adalah dengan menghamparkan lapisan lapisan permukaan dan lapis pondasi beserta lapisan antarnya, sedemikian hingga regangan pada tanah dasar dapat dikendalikan guna mencegah terjadinya defleksi permanen. Tipe dan tebal dari komponen struktur perkerasan yang diletakkan di atas tanah dasar, harus dipilih sebagai pertimbangan kekuatan dari tanah dasar (Hardiyatmo, 2019, p. 153).

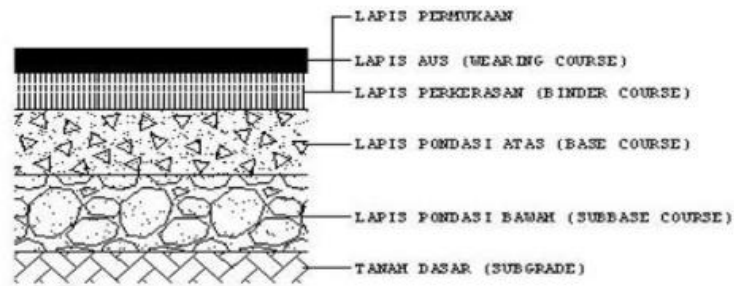
Konstruksi lentur disebut “lentur” karena konstruksi ini memungkinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas. Perkerasan lentur jalan raya telah dirancang untuk bertahan sampai 20 tahun, dengan memperhitungkan pertumbuhan lalu lintas tiap tahun (asumsi pertumbuhan lalu lintas sebesar 2% adalah umum untuk dilakukan). Perkerasan lentur akan mempunyai kinerja yang baik, bila perancangan komponen komponen utama dalam sistem perkerasan

berfungsi dengan baik. Perihal komponen komponen perkerasan jalan oleh Federal high way Administration (FHWA) dalam buku kutipan (Hardiyatmo, 2019, p. 2) yaitu :

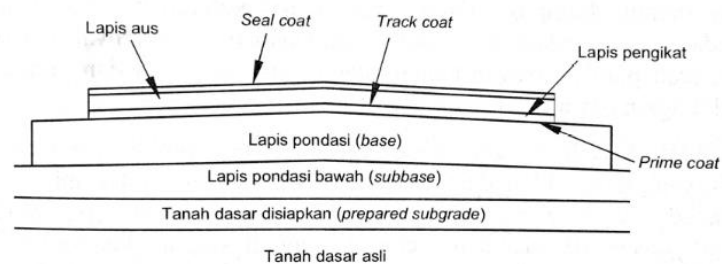
1. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.
2. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan di atasnya.
3. Lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan, dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi lain (erosi dan intrusi butiran halus).
4. Lapis perkerasan terikat atau tersementasi yang memberikan daya dukung yang cukup, dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material yang tak terikat dibawahnya.
5. Lapisan Aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahan, gesek, dan penutup kedap air atau drainase air permukaan.

2.2.2 Syarat Konstruksi Perkerasan

Struktur perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis permukaan biasanya dibagi menjadi lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat (*binder course*) yang diletakkan terpisah. Lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah juga dapat diletakkan dalam bentuk komposit yang terdiri dari material material yang berbeda, yaitu pondasi atas (*upper base*) dan pondasi bawah (*lower base*), atau bagian atas (*upper subbase*) dan pondasi bawah bagian bawah (*lower subbase*). Lapisan ini diletakkan diatas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*) (Hardiyatmo,2019:154). Untuk mengetahui struktur perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar2.2



Gambar 2. 1 Lapis Perkerasan (Sumber Sukirman, 2003 :8)



Gambar 2. 2 Komponen struktur perkerasan lentur (Sumber : Hardiyatmo, 2019 : 155)

1. Lapis Permukaan (*Surface*)

Lapis permukaan (*surface course*) adalah lapisan paling atas dari perkerasan lentur yang terletak di atas lapis pondasi. Lapis pondasi terdiri dari lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat (*binder course*). Agar lapis aus tetap awet, kedap air, rata, dan mempunyai kekesatan, maka lapisan ini harus disusun dari campuran beraspal panas, bergradasi padat. Lapis pengikat adalah lapisan transisi antara lapis pondasi dan lapis aus (Hardiyatmo, 2019:156).

Lapis permukaan aspal dalam perkerasan lentur dapat dibagi menjadi beberapa sub lapisan. Secara tipikal dari atas ke bawah oleh Federal High Way Administration (FHWA) 2006, di kutip dalam buku (Hardiyatmo, 2019:158-159):

- a. *Seal coat* adalah suatu tipe perawatan permukaan yang biasanya digunakan untuk pemeliharaan lapis permukaan. Aspal seal coat yang diletakkan di atas lapis aus adalah lapis tipis aspal dengan tebal

kurang dari $\frac{1}{2}$ in yang digunakan untuk melindungi perkerasan terhadap air, dan memperbaiki tekstur lapis aus.

- b. Lapis Aus (*Wearing course*) adalah lapisan paling atas (jika tanpa seal coat) dari perkerasan. Lapis ini, biasanya berupa beton aspal berhadasi padat. Lapis aus merupakan lapis kedap air, mempunyai tahanan gelincir, tahan terhadap terbentuknya alur dan mempunyai kehalusan.
- c. Lapis pengikat (*binder course*) juga disebut lapis pondasi aspal (*Asphalt base course*) adalah lapisan campuran aspal panas yang diletakkan tepat dibawah lapis aus.

Pelapis aspal cair tipis yang digunakan dalam perkerasan, adalah:

- Tack coat adalah suatu lapisan aspal relative tipis sebagai lapis pengikat antara aspal beton atau perkerasan beton semen Portland (PCC) yang telah ada, pada kecepatan yang telah ditentukan. Tack coat diberikan pada bidang kontak antara lapis aus dan lapisan pengikat.
- *Prime coat* (Pelapis dasar) adalah suatu perawat permukaan yang terdiri dari aspal cair yang dihamparkan/ disemprotkan pada permukaan tanah, kerikil, atau batu pecah. Tujuan dari pemberian prime coat adalah untuk menutup pori-pori-pori tanah yang memungkinkan adanya rembesan air dari tanah dasar, untuk mengikat debu dan material butiran lepas, dan untuk meningkatkan adhesi antara lapis pondasi dan lapis permukaan.

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai (Sukirman, 2010, p. 15) :

- a. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda kendaraan yang mengerem.
- c. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.
- d. Lapis penahan beban vertical dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas yang tinggi selama masa pelayanan.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah lapisan yang di hamparkan di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi terletak di atas lapis pondasi bawah, atau jika lapis pondasi bawah tidak digunakan di atas tanah dasar. Material lapis pondasi terdiri dari agregat, seperti batu pecah, sirtu, terak pecah (*Crushed slag*) atau campuran campuran material tersebut (Hardiyatmo,2019:160).

Dalam sistem lapis perkerasan, lapis pondasi atas memiliki fungsi sebagai berikut (Sukirman, 2010, p. 23):

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

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah. Lapis pondasi bawah adalah untuk membentuk lapisan perkerasan yang relative cukup tebal (dengan maksud penyebaran beban), dengan biaya yang lebih murah (Hardiyatmo,2019:161).

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai (Sukirman, 2010, pp. 26–27):

- a. Efisiensi penggunaan material yang relatife murah, agar lapis diatasnya dapat dikurangi tebalnya.
- b. 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% serta indeks platis (ip) sama atau lebih kecil dari 10%.
- c. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, ssehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutp tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- d. Lapis filler untuk mencegah partikel partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

e. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Merupakan lapisan yang berada di pondasi bawah (*subbase*). Yang berukuran setebal 50-100 cm. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang di datangkan dari tempat lain dan di padatkan atau tanah yang di stabilisasi dengan bahan kimia atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Berdasarkan elvasi muka tanah dimana struktur perkerasan jalan diletakkan. Lapis tanah dasar di bedakan menjadi (Sukirman, 2010, pp. 29–30):

- a. Lapis tanah dasar atau tanah asli, adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi tersebut. Pada umumnya lapis tanah dasar ini hanya di siapkan dengan membersihkan, dan memadatkan lapis atas setebal 30-50 cm, dari muka tanah dimana struktur perkerasan direncanakan diletakkan.
- b. Lapis tanah dasar urug atau tanah timbunan, adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di atas muka tanah asli. Pada pelaksanaan membuat lapis tanah dasar urug perlu diperhatikan tingkat kepadatan yang diharapkan.
- c. Lapis tanah dasar tanah galian, adalah lapis tanah dasar yang lokasinya terletak di bawah muka tanah asli. Dalam kategori ini termasuk penggantian tanah asli setebal 50-100 cm akibat daya dukung tanah asli yang kurang baik.

2.3 Penyebab Kerusakan jalan

Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik alami maupun akibat penggunaan dan perawatan yang kurang tepat. Beberapa penyebab umum kerusakan jalan meliputi (Priana, 2018):

1. **Beban Kendaraan yang Berlebihan:** Kendaraan berat atau kendaraan komersial yang melewati jalan dengan beban yang melebihi batas yang ditetapkan dapat menyebabkan kerusakan struktural. Ini dapat mengakibatkan retak-retak, lubang, atau deformasi pada permukaan jalan.
2. **Perubahan Cuaca:** Cuaca ekstrem seperti hujan deras, beku, dan suhu tinggi dapat merusak perkerasan jalan. Air hujan yang meresap ke dalam perkerasan dan kemudian membeku bisa menyebabkan kerusakan struktural, yang dikenal sebagai kerusakan akibat pembekuan-debekuan.
3. **Kurangnya Perawatan:** Perawatan rutin seperti perbaikan retak-retak kecil, pengisian lubang, dan pemeliharaan yang tepat waktu sangat penting untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Jika perawatan tidak dilakukan, kerusakan kecil bisa berkembang menjadi masalah yang lebih serius.
4. **Ketebalan Perkerasan yang Tidak Cukup:** Ketebalan perkerasan yang tidak memadai untuk volume dan jenis lalu lintas yang melewati jalan dapat menyebabkan kerusakan cepat. Struktur perkerasan yang terlalu tipis tidak dapat menahan tekanan dari beban kendaraan dengan baik.
5. **Sumber Daya Alam:** Beberapa faktor alami seperti gempa bumi, tanah yang lunak atau bergerak, serta tanah yang mengandung air dalam jumlah berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada jalan. Hal ini terutama terjadi di daerah yang rawan bencana alam.
6. **Desain dan Konstruksi yang Kurang Tepat:** Jalan yang dirancang atau dibangun dengan kurang tepat dapat memiliki masalah struktural yang menyebabkan kerusakan lebih awal. Ini bisa mencakup ketebalan perkerasan yang tidak sesuai atau penggunaan bahan yang tidak tepat.
7. **Volume Lalu Lintas yang Tinggi:** Jalan yang menerima volume lalu lintas yang tinggi akan mengalami kerusakan lebih cepat daripada jalan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

Penting untuk memahami penyebab kerusakan jalan dan melakukan perawatan serta perbaikan secara rutin untuk meminimalkan dampak kerusakan tersebut. Perencanaan yang baik, penggunaan bahan berkualitas, dan perawatan yang

tepat waktu dapat membantu memperpanjang umur pakai jalan dan mengurangi biaya pemeliharaan jangka panjang.

2.4 Penilaian Kondisi Kerusakan Menurut Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990 : 12

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 12 nilai kondisi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Nilai Kondisi Kerusakan

Penilaian Kondisi		Alur	
Angka	Nilai	Kedalaman	Angka
26 - 29	9	E> 20 mm	7
22 - 25	8	D. 11 – 20 mm	5
19 - 21	7	C. 6 – 10 mm	3
16 - 18	6	B. 0 – 5 mm'	1
13 - 15	5	A. Tidak Ada	0
10 - 12	4		
7 - 9	3		
4 - 6	2		
0 - 3	1		
		Tambalan dan Lubang	
		Luas	Angka
		D. > 30%	3
		C. 10 – 30%	2
		B. 10 – 20%	1
		A. < 10%	0
Retak-Retak			
Tipe	Angka		
Buaya Acak	5		
Melintang	4		
Memanjang	3		
Tidak Ada	2		
	1		
	0		
Lebar	Angka		
> 2 mm	3		
1 – 2 mm	2		
< 1 mm	1		
0	0		
		Kekasaran Permukaan	
			Angka
		E. Desintegration	4
		D. Pelepasan Butir	3
		C. Rough (Hungry)	2
		B. Fatty	1
		A. Close Texture	0
		Amblas	
			Angka
		D. > 5/100 m	4
		C. 2 – 5/100 m	2
		B. 0 – 2/100 m	1
		A. Tidak Ada	0

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 11

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 11 nilai kelas lalu lintas untuk pekerjaan pemeliharaan dilihat pada Tabel 2.2

LHR dihitung persamaan 2.1

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Tabel 2. 2 Kelas lalu lintas untuk pekerjaan pemeliharaan

Kelas Lalu Lintas	LHR
0	< 20
1	20 - 50
2	50 - 200
3	200 - 500
4	500 – 2.000
5	2.0 – 5.000
6	5.000– 20.000
7	20.000 – 50.000
8	> 50.000

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 11

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 10, sepanjang jalan, survei kondisi permukaan jalan dilakukan dengan berjalan kaki. Saat melakukan survei, pertimbangan berikut harus dilakukan:

- Kekasaran permukaan (Surface Texture)
- Lubang-lubang (Pot Holes)
- Tambalan (Patching)
- Retak-retak (Cracking)
- Alur (Ruting)
- Amblas (Depression)

Penentuan angka dan nilai untuk masing-masing keadaan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dengan menjumlahkan nilai-nilai keseluruhan keadaan maka didapatkan nilai kondisi jalan.

Urutan Prioritas dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$\text{Urutan Prioritas} = 17 - (\text{Kelas LHR} - \text{Nilai Kondisi Jalan}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 10

Kelas LHR didapat dengan melihat tabel kelas lalu lintas untuk pekerjaan pemeliharaan

Kelas LHR = Kelas lalu lintas untuk pekerjaan Pemeliharaan (lihat Tabel 2.2)

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 10

Nilai Kondisi Jalan didapat dengan melihat tabel nilai kondisi jalan

Nilai Kondisi Jalan = Nilai yang diberikan terhadap kondisi jalan (lihat Tabel 2.1)

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 10

Urutan Prioritas dibagi menjadi 3 Menurut Direktorat Jendral Bina Marga No 018/T/BNKTI/1990: 10-16

1. Urutan Prioritas 0-3

Jalan-jalan yang terletak pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam program peningkatan

2. Urutan Prioritas 4-6

Jalan-jalan yang berada pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam program Pemeliharaan Berkala

3. Urutan Prioritas 7

Jalan-jalan yang berada pada urutan prioritas ini dimasukkan ke dalam program Pemeliharaan Rutin

2.5 Metode AASHTO 1993 (*American Assosiation StateHighway and Transportation Official*)

Menurut (Hardiyatmo, 2015), perubahan mendasar untuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan terhadap metode AASHTO 1972 terjadi melalui AASHTO 1986. Perencanaan tebal perkerasan lentur jalan baru pada metode AASHTO 1993 sama dengan metode AASHTO 1986. Perbedaannya hanya

ditambahkan metode untuk perencanaan tebal perkerasan tambahan atau overlay. Perubahan mendasar pada metode AASHTO 1993 terjadi untuk perencanaan tebal perkerasan kaku.

2.5.1 Analisa Beban Lalu Lintas

Data dan parameter analisis lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan meliputi : Jenis kendaraan, volume lalu lintas harian rata-rata (LHR), pertumbuhan lalu lintas tahunan, umur rencana, faktor distribusi arah (DD), faktor distribusi lajur (DL), ESAL selama umur rencana. Lalu-lintas rencana dihitung dengan Persamaan 2.1 :

$$LHR_{\text{akhi}r} = LHR_{\text{awal}} \times (1+i)^n \dots\dots\dots(2.1)$$




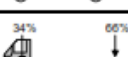

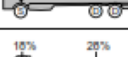
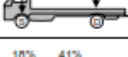
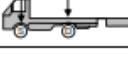
Dimana :

I = pertumbuhan lalu lintas kendaraan

N = Selisih tahun LHR awal dan LHR akhir

2.5.2 Faktor Ekuivalensi Beban Sumbu Kendaraan

Menurut (Sukirman, 2010, p. 109) beban lalu lintas dilimpahkan pada perkerasan jalan melalui kontak antara roda dan muka jalan. Oleh karena itu beban lalu lintas bervariasi sesuai dengan berat kendaraan, konfigurasi sumbu, distribusi ke masing-masing sumbu kendaraan dan ukuran roda kendaraan. Kerusakan yang ditimbulkan oleh masing-masing beban lalu lintas dipengaruhi oleh mutu struktur perkerasan yang berkurang berkelanjutan selama masa pelayanan. Distribusi beban sumbu untuk berbagai jenis kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.3

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban 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="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Ⓞ Moda Tunggal Pada Ujung Sumbu Ⓞ Moda Ganda Pada Ujung Sumbu </div>
1.2L Truk	2,3	6	8,3	 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> L = truk ringan H = truk berat </div>
1.2H Truk	4,2	14	18,2	
1.22 Truk	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. 3 Distribusi Beban Sumbu untuk Berbagai Jenis Kendaraan sumber : Sukirman, 2010 : 40

Angka ekivalen dihitung untuk setiap jenis kendaraan dengan terlebih dahulu dihitung angka ekivalen masing masing sumbu. Persamaan untuk menghitung angka ekivalen sesuai jenis sumbu seperti pada Persamaan 2.2 sampai dengan Persamaan 2.3

$$E_{sumbu\ tunggal} = \left[\frac{Beban\ sumbu\ tunggal\ (kg)}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$E_{sumbu\ ganda} = 0,086 \times \left[\frac{Beban\ sumbu\ ganda(kg)}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 142

Beban lalu lintas sesuai AASHTO 1993 dinyatakan dalam repitisi lintasan sumbu standar selama umur rencana (W18) dengan persamaan 2.4

$$W18 = \sum LHR_i \times E_i \times DA \times DL \times 365 \times N \dots\dots\dots(2.4)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 121

Dimana:

W18 = Repetisi beban lalu lintas selama umur rencana

LHR = Lalu lintas harian rata-rata, kendaraan/hari/2 arah

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan, kendaraan/hari/2 arah

Ei = Angka ekivalen jenis kendaraan i

DA = Faktor distribusi arah, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke masing-masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah data untuk satu arah, maka DA = 1

DL = Faktor distribusi lajur, digunakan untuk menunjukkan distribusi kendaraan ke lajur rencana

365 = Jumlah hari dalam 1 tahun

N = Faktor umur rencana

2.5.3 Faktor Distribusi Arah dan Lajur

Menurut (Sukirman, 2010, p. 174), faktor distribusi arah (DA) pada Tabel 2.3. Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam 2 arah DA berkisar antara 0,3 – 0,7. Untuk perencanaan umumnya DA diambil 0,5 kecuali pada kasus khusus dimana kendaraan berat cenderung menuju satu arah tertentu atau pada kasus dimana diperoleh data volume lalu lintas untuk masing-masing arah. Faktor distribusi lajur (DL) yaitu faktor distribusi ke lajur rencana, nilai DL dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Faktor Distribusi Arah (DA)

Lebar Perkerasan, Lp (m)	Jumlah Lajur	Koefisien Distribusi Arah	
		1 Arah	2 Arah
< 5.50	1	1	1.000
$5.50 \leq Lp < 8.25$	2	0.70	0.500
$8.25 \leq Lp < 11.25$	3	0.50	0.475
$11.25 \leq Lp < 15.00$	4	-	0.450
$15.00 \leq Lp < 18.75$	5	-	0.425
$18.75 \leq Lp < 22.00$	6	-	0.400

Sumber: AASHTO,1993

Tabel 2. 4 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur per arah	Persen Sumbu Standar Dalam Lajur Rencana
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber: AASHTO,1993

2.5.4 Faktor Umur rencana

Menurut (Sukirman, 2010, p. 121), faktor umur rencana adalah angka yang dipergunakan untuk menghitung repetisi lalu lintas selama umur rencana dari awal umur rencana. Jika tidak ada pertumbuhan lalu lintas maka N dengan umur rencana. Dengan demikian repetisi beban lalu lintas sama dengan repetisi pertahun dikalikan dengan lamanya umur rencana. Nilai N dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5

$$N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 122

Dimana: UR = Umur rencana, tahun ; I= pertumbuhan lalu lintas pertahun (%/tahun)

2.5.5 California Bearing Ratio (CBR)

CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan metode Japan RoadAss dengan menggunakan Persamaan 2.6.

$$CBR \text{ Segmen} = \frac{CBR \text{ Rata-rata} - (CBR \text{ max} - CBR \text{ min})}{dRx} \dots\dots\dots (2.6)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 64

Dimana:

CBRsegmen = CBR yang mewakili nilai CBR satu segmen

CBRrata-rata = CBR rata-rata dalam satu segmen

CBRmaks = CBR maksimum dalam satu segmen

CBRmin = CBR minimum dalam satu segmen

R = konstanta seperti pada Tabel 2.5, berdasarkan jumlah data CBR titik pengamatan dalam satu segmen

Tabel 2. 5 Nilai R Untuk Menghitung CBRsegmen

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: Sukirman, 2010: 65

2.5.6 Kemampuan pelayanan (serviceability)

Berdasarkan (AASHTO, 1993, pp. II–10) nilai kemampuan pelayanan awal untuk perkerasan lentur dan kaku dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2. 6 Hubungan Kondisi Jalan dan PSI

Skala PSI	Kategori Kondisi
0-1	Sangat buruk
1-2	Buruk
2-3	Sedang
3-4	Baik
4-5	Sangat baik

Sumber : AASHTO,1993

Nilai pelayanan akhir (pt), untuk kebanyakan fasilitas jalan raya adalah:

Jalan raya utama, $P_t = 2.5$

Jalan raya dengan lalu lintas rendah, $P_t = 2.0$

Jalan raya relatif minor, $P_t = 1.5$

Kehilangan kemampuan pelayanan total (total loss of serviceability)

dinyatakan oleh Persamaan 2.7

$$\Delta PSI = P_0 - p_t \dots\dots\dots(2.7)$$

Sumber: AASHTO, 1993: II-10

2.5.7 Reabilitas (Reability)

Menurut (Sukirman, 2010, p. 126), reabilitas adalah tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur pekerasan yang dinyatakan dengan serviceability. Untuk menentukan nilai reliabilitas pada Tabel 2.7. dan ntuk Devisiasi standar normal pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 7 Reliabilitas

	Reliability: R (%)	
	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: Sukirman, 2010: 130

Tabel 2. 8 Devisiasi Standar Normal

R (%)	ZR	R (%)	ZR
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Sumber: AASHTO, 1993: I-62

2.5.8 Devisiasi Standar Keseluruhan (So)

Menurut (AASHTO, 1993, pp. I-62) devisiasi standar normal merupakan parameter yang digunakan guna memperhitungkan adanya variasi dari input data. AASHTO 1993 menyarankan :

Untuk perkerasan lentur : S0 diantara 0,40 – 0,50

Untuk perkerasan kaku : S0 diantara 0,30 – 0,40

2.5.9 Modulus Resilent

Menurut (Sukirman, 2010, p. 76) kadar air, tingkat kejenuhan, densitas, suhu, jumlah partikel halus, dan gradasi semuanya berdampak pada nilai MR. Alat Uji Bahan Universal (UMATTA), alat triaksial dengan beban berulang (uji triaksial siklik), atau defektometer berat jatuh (FWD) dapat digunakan untuk pengujian laboratorium.

MR dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8

$$MR = 1500 (CBR) MR \text{ dalam psi} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 77

2.5.10 Koefisien Lapisan (*Layer Coefficient*)

Menurut (AASHTO, 1993, pp. II-17) koefisien lapisan menyatakan hubungan empiris antara SN untuk suatu struktur perkerasan dengan tebal lapisan, yang menyatakan kemampuan relatif dari suatu material agar berfungsi sebagai komponen struktural dari perkerasannya. Koefisien lapis dari pondasi granuler tak dirawat (α_2) dapat ditentukan menggunakan persamaan Persamaan 2.9.

$$\alpha_2 = 0,249 (\text{Log}10MR) - 0,997 \dots\dots\dots(2.9)$$

Sumber: AASHTO, 1993: II-20

Untuk lapis pondasi bawah dengan Persamaan 2.10.

$$\alpha_3 = 0,227 (\text{Log}10MR) - 0,839 \dots\dots\dots(2.10)$$

Sumber: AASHTO, 1993: II-22

Koefisien lapisan yang digunakan sebagai komponen struktural dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Koefisien Lapisan (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MT (Kg)	Kt (Kg/cm)	CBR (%)	
0.40	-	-	744	-	-	LASTON
0.35	-	-	590	-	-	
0.32	-	-	454	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	
0.35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0.31	-	-	590	-	-	
0.28	-	-	454	-	-	
0.26	-	-	340	-	-	
0.30	-	-	340	-	-	HRA
0.26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0.25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0.20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0.26	-	454	-	-	
-	0.24	-	340	-	-	
-	0.23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0.19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0.15	-	-	22	-	Stab tanah dg. semen
-	0.13	-	-	18	-	
-	0.15	-	-	22	-	Stab tanah dg. kapur
-	0.13	-	-	18	-	
-	0.14	-	-	-	100	Batu Pecah (kelas A)
-	0.13	-	-	-	80	Batu Pecah (kelas B)
-	0.12	-	-	-	60	Batu Pecah (kelas C)
-	-	0.13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0.12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0.11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0.10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 12

2.5.11 Kualitas Drainase

Menurut Sukirman (2010: 130), untuk perencanaan tebal perkerasan jalan kualitas drainase ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan dan koefisien pengaliran. Berikut kelompok kualitas drainase dapat dilihat pada Tabel 2.10 dan koefisien pengaliran pada Tabel 2.11

Tabel 2. 10 Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak mengalir

Sumber: Sukirman, 2010: 131

Perhitungan persentase hari efektif dalam satu tahun dihitung menggunakan persamaan 2.11.

$$P_{\text{heff}} = \frac{T_{\text{jam}}}{24} \times \frac{T_{\text{hari}}}{365} \times WL \times 100 \dots \dots \dots (2.11)$$

Sumber: Hardiyatmo, 2019: 176

Dimana:

P_{heff} = persentase hari efektif dalam satu tahun (%)

T_{jam} = rata-rata hujan perhari (jam)

T_{hari} = rata-rata hujan pertahun (hari)

WL = (1-C) faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan

= C koefisien pengaliran

Tabel 2. 11 Koefisien Pengaliran C

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu jalan	
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75

Sumber: Hardiyatmo, 2019: 176

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal lapisan perkerasan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m) dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2. 12 Kualitas Drainase

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	1,15 – 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: Sukirman, 2010: 132

2.5.12 Angka Struktural (Structural Number, S_{Neff})

Menurut Sukirman (2010: 133), SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disertakan kemampuannya sebagai bagian pewujud kinerja perkerasan jalan. Angka struktural SN dinyatakan oleh persamaan 2.12.

$$S_{Neff} = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3 \dots\dots\dots (2.12)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 133

Dimana:

SN = angka struktural

a₁ = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan

a₂ = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi

a₃ = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

D₁ = tebal lapis permukaan

D₂ = tebal lapis pondasi

D₃ = tebal lapis pondasi bawah

M_{2,3} = koefisien drainase untuk lapis pondasi dan pondasi bawah

Dasar perencanaan dari metode AASHTO baik AASHTO 1972, AASHTO 1986, maupun metode terbaru saat ini yaitu AASHTO 1993 adalah SN dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\text{Log } (W_{18}) = Z_R S_0 + 9,36 \text{ Log}_{10}(\text{SN}_f+1) - 0,2 + \frac{\log 10 \frac{\Delta \text{psi}}{1094}}{0,4 - \frac{4,2-1,5}{-(\text{SN}+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log 10 MR - 8,07 \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

Nf = Jumlah beban ekivalen (ESAL)

ZR = Devisiasi standar normal

S0 = Devisiasi standar keseluruhan

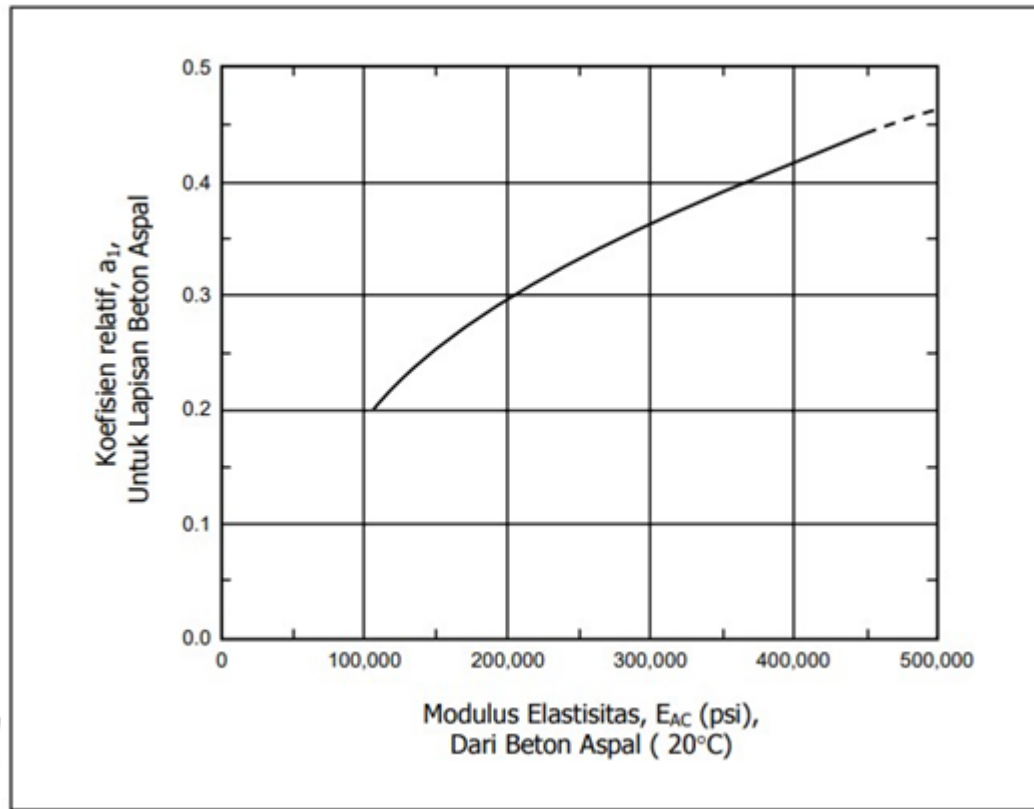
ΔPSI = Kehilangan kemampuan pelayanan

MR = Modulus resilient tanah dasar

SN = Angka struktural

2.5.13 Perancangan Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman, 2010: 135, koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.4 yang berdasarkan nilai modulus elastisitas, EAC (psi) beton aspal.



Gambar 2. 4 Koefisien Kekuatan Relatif a_1 untuk beton aspal sumber :
Sukirman, 2010 : 135

Nilai a_2 dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.14.

$$a_2 = 0,249 (\log EBS) - 0,977 \dots\dots\dots (2.14)$$

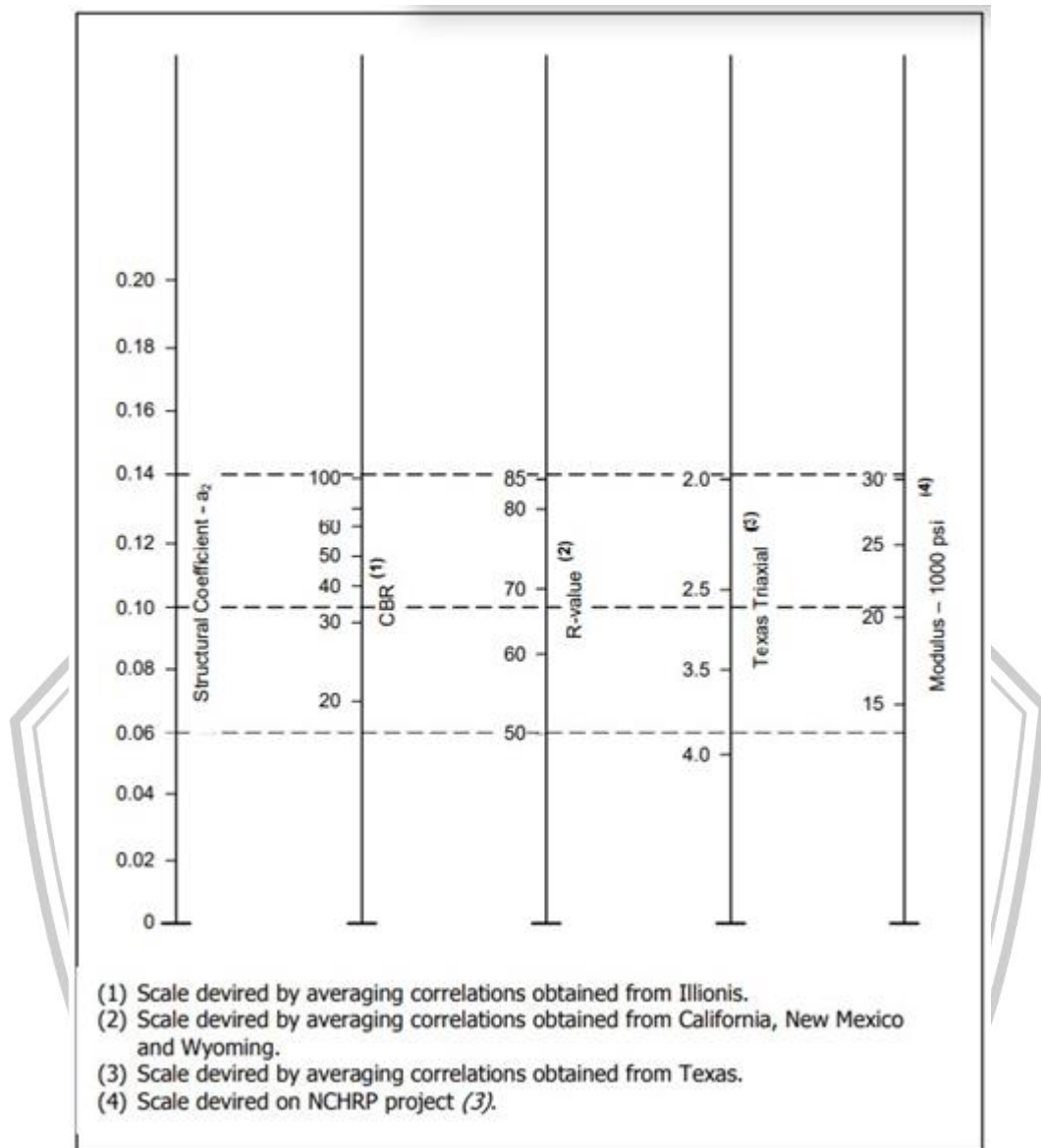
Sumber: Sukirman, 2010: 135

Dengan:

a_2 = Koefisien relatif lapis pondasi berbutir

EBS = Modulus elastistias lapis pondasi, psi

Nilai EBS didapatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Koefisien Kekuatan Relatif a_2 sumber : Sukirman, 2010 : 136

Nilai a_3 dihitung menggunakan Persamaan 2.17.

$$a_3 = 0,227 (\log \text{ ESB}) - 0,839 \dots\dots\dots$$

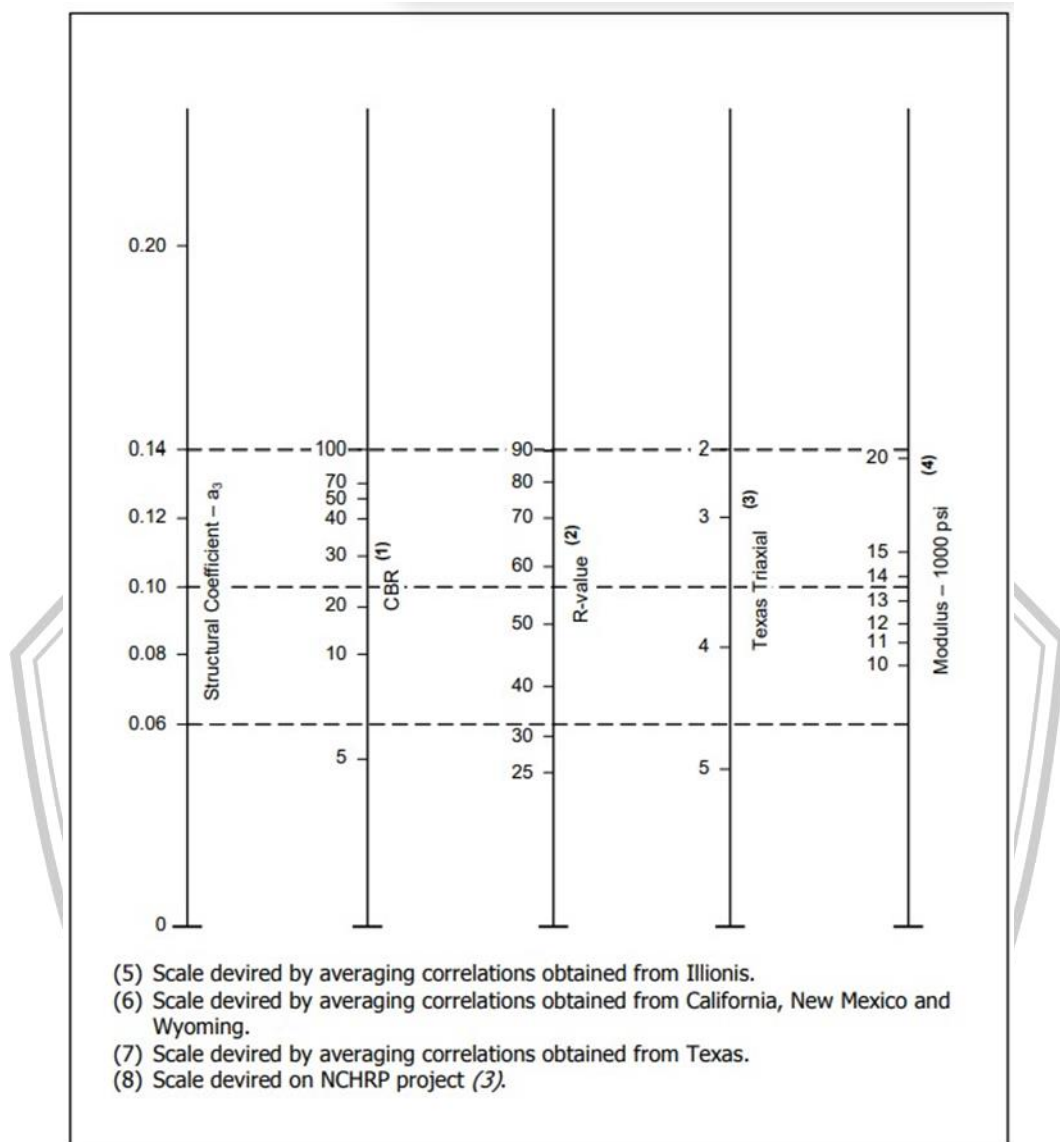
(2.17) Sumber: Sukirman, 2010: 136

Dengan:

a_3 = Koefisien relatif lapis pondasi bawah berbutir

ESB = Modulus elastisitas lapis pondasi bawah, psi.

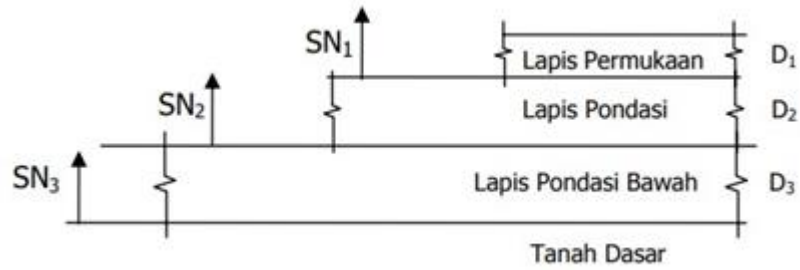
Nilai ESB didapatkan pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Koefisien Relatif a_3 sumber : Sukirman, 2010 : 137

2.5.14 Menentukan Tebal Minimum Setiap Lapisan

Menurut Sukirman, 2010: 138, tebal minimum setiap lapis perkerasan ditentukan berdasarkan mutu daya dukung lapis dibawahnya seperti diilustrasikan oleh Gambar 2.7 digunakan untuk menentukan tebal minimal masing-masing lapisan perkerasan



Gambar 2. 7 Ilustrasi Penentuan Tebal Minimum Setiap Lapisan sumber : Sukirman, 2010 : 138

Menentukan nilai \$D_1\$ menggunakan Persamaan 2.18

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \dots\dots\dots(2.18)$$

Kontrol \$SN_1\$ menggunakan persamaan 2.19

$$SN^*_1 = a_1 \times D_1 \geq SN_1 \dots\dots\dots(2.19)$$

Menentukan nilai \$D_2\$ menggunakan persamaan 2.20

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2.m_2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Kontrol \$SN_2\$ menggunakan persamaan 2.21

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2 \dots\dots\dots(2.21)$$

Menentukan nilai \$D_3\$ menggunakan persamaan 2.22

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3.m_3} \dots\dots\dots(2.22)$$

Kontrol \$SN_3\$ menggunakan persamaan 2.23

$$SN^*_1 + SN^*_2 + SN^*_3 \geq SN_3 \dots\dots\dots(2.23)$$

Sumber : Sukirman,2010 : 138

Nilai-nilai tebal lapisan minimum campuran aspal dan lapis pondasi menurut AASHTO dan Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah (Pt T-01-2001-B) dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2. 13 Nilai Tebal Lapisan Minimum Campuran Aspal dan Lapis Pondasi

ESAL	Tebal Minimum Lapisan (inci)	
	Beton Aspal	Pondasi Batu Pecah
< 50.000	1,0	4,0
50.001 – 150.000	2,0	4,0
150.001 – 500.000	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: Sukirman, 2010: 139

Tebal lapis tambahan yang dibutuhkan didapatkan dengan Persamaan 2.24

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} - \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{ol}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Sumber: AASHTO, 1993: III-104

Dimana:

SN_{ol} = Nomor struktural overlay

A_{ol} = Koefisien struktural

D_{ol} = Ketebalan lapisan yang dibutuhkan (inchi)

SN = Nomor struktural yang ditentukan

2.6 Metode Analisa Komponen 1987

Dalam merencanakan tebal perkerasan jalan, metode acuan yang digunakan adalah metode analisa komponen. Dasar penentuan tebal perkerasan lentur yang dibutuhkan untuk jalan raya adalah perencanaan tebal perkerasan yang akan dijelaskan pada metode ini. (Sukirman, 2010: 1).

2.6.1 Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Menurut (SKBI – 2.3.26. 1987, 1987, p. 7), jalur rencana merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut Tabel 2.14

Tabel 2. 14 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur (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: SKBI-2.3.26.1987: 7

Koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.15

Tabel 2. 15 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

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

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 7

2.6.2 Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Menurut (SKBI – 2.3.26. 1987, 1987, p. 8) angka ekuivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut Tabel 2.16

Tabel 2. 16 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu
1.000	2.205	0,0002	-
2.000	4.409	0,0036	0,0003
3.000	6.614	0,0183	0,0016
4.000	8.818	0,0577	0,0050
5.000	11,023	0,1410	0,0121

Tabel 2. 17 Lanjutan

6.000	13.228	0,2933	0,0251
7.000	15.432	0,5415	0,0466
8.160	17.637	0,9328	0,0794
9.000	19.841	1,4798	0,1273
10.000	22.064	2,2555	0,1940
11.000	24.251	3,3022	0,2840
12.000	26.455	4,6770	0,4022
13.000	28.660	6,4419	0,5540
14.000	30,864	8,6447	0,7452
15.000	33.069	14,7815	1,2712

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

2.6.3 Lalu Lintas Harian Rata-Rata dan Persamaan-Persamaan Lintas Ekuivalen

- a. 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.

LHR dihitung diawal umur rencana dengan menggunakan Persamaan 2.25

$$LHR_n = (1+i)^n \cdot LHR_o \dots\dots\dots (2.25)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 143

Dengan :

LHR_n = lalu lintas harian rata-rata tahun ke-n

LHR_o = lalu lintas harian rata-rata tahun ke-o

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas = 4,8 %

n = tahun ke-n = 10

- b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dihitung dengan Persamaan 2.26

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.26)$$

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

Dengan :

LHR_j = LHR jenis kendaraan j diawal umur rencana, ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.3.

C_j = koefisien distribusi jenis kendaraan j

E_j = angka ekuivalen untuk jenis kendaraan j

- c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dihitung dengan Persamaan 2.27.

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j \times (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots(2.27)$$

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

Catatan:

i = perkembangan lalu lintas

j = jenis kendaraan

- d. Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dihitung dengan Persamaan 2.28.

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP+LEA) \dots\dots\dots(2.28)$$

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

- e. Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dihitung dengan Persamaan 2.29

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots(2.29)$$

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

- f. Faktor Penyesuaian (FP) tersebut ditentukan dengan Persamaan 2.30

$$Fp = UR/10 \dots\dots\dots(2.30)$$

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 8

2.6.4 Penentuan Harga California Bearing Ratio (CBR)

Berdasarkan (SKBI – 2.3.26. 1987, 1987, p. 9), sebagian besar waktu, CBR laboratorium digunakan untuk merencanakan pembangunan jalan baru. Akibatnya, daya dukung tanah dasar hanya digunakan untuk menentukan nilai CBR. Ketika didukung oleh data yang dapat dipercaya, pendekatan lain hanya digunakan. Metode lain adalah sebagai berikut: Nilai-R, Indeks Grup, atau Uji Bantalan Pelat. Nilai segmen CBR ditentukan dengan menggunakan metode grafis atau analitik.

- Perhitungan secara grafis (SKBI – 2.3.26. 1987: 9)

Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan:

- a. Tentukan harga CBR terendah

- b. Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih dari masing-masing nilai CBR
 - c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan presentase dari 100%
 - d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah tadi
 - e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka presentase 90%
- Perhitungan secara analitis atau teoritis (Sukirman, 2010: 64)
Setelah didapatkan data VBR untuk kemudian dicari nilai CBR segmennya. Dapat digunakan Persamaan 2.31.

$$\text{CBR Segmen} = \frac{\text{CBR Rata-rata} - (\text{CBR max} - \text{CBR min})}{R} \dots\dots\dots (2.31)$$

Untuk Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam 1 segmen, nilai R dapat dilihat pada Tabel 2.18

Tabel 2. 18 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

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: Sukirman, 2010: 65

2.6.5 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan California Bearing Ratio CBR

Menurut (SKBI-2.3.26.1987: 9), diagram korelasi digunakan untuk menentukan daya dukung subgrade (DDT). Istilah "harga CBR" dalam konteks ini mengacu pada biaya CBR lapangan atau laboratorium. Sampel tanah dasar dikumpulkan tanpa gangguan menggunakan tabung, direndam, dan nilai CBR diperiksa jika CBR digunakan di lapangan. Pada musim hujan atau kehujanan juga bisa langsung diukur di lapangan. Saat merencanakan overlay, CBR lapangan

biasanya digunakan. Dalam hal dilakukan sesuai dengan Uji Massa Jenis Ringan (SKBI 3.3. Uji Massa Jenis Berat (SKBI 3.3) atau 30.1987/UDC 624.131.43 (02), berdasarkan persyaratan. CBR laboratorium sering digunakan untuk merencanakan pembangunan jalan baru. Sementara itu, mengukur nilai CBR saja harus digunakan untuk menghitung daya dukung tanah dasar. Bila didukung oleh data yang dapat dipercaya, pendekatan lain hanya digunakan. Pendekatan tambahan ini dapat berupa Nilai-R, Indeks Kelompok, atau Uji Bantalan Pelat.

Harga yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan menurut (SKBI – 2.3.26. 1987: 9) adalah :

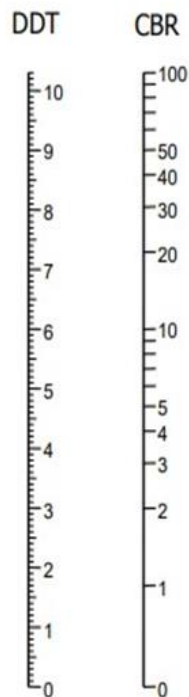
- a. Tentukan harga CBR terendah
- b. Tentukan berapa banyak harga dari masing-masing nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR
- c. Angka jumlah terbanyak dinyatakan sebagai 100%. Jumlah lainnya merupakan persentase dari 100%
- d. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi
- e. Nilai CBR yang mewakili adalah yang didapat dari angka persentase 90%

Persamaan korelasi antara nilai CBR dengan DDT dapat dilihat pada Persamaan 2.32.

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7 \dots\dots\dots(2.32)$$

Sumber: Sukirman, 2010: 147

Grafik Penentuan nilai DDT dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Penentuan nilai DDT sumber :Sukirman, 2010 :147

Catatan: Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT

2.6.6 Faktor Regional (FR)

Berdasarkan (SKBI – 2.3.26. 1987, 1987, p. 10) keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi SKBI.2.3.26, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan 14 drainase dapat dianggap sama. Dalam penentuan tebal perkerasan ini, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) dapat dilihat pada Tabel 2.19

Tabel 2. 19 Faktor Regional (FR)

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

Sumber: SKBI-2.3.26.1987: 10

2.6.7 Indeks Permukaan (IP)

Menurut (SKBI-2.3.26. 1987: 10), nilai kekokohan dan kehalusan permukaan dalam kaitannya dengan tingkat layanan yang diberikan kepada lalu lintas yang lewat dinyatakan dalam IP ini. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya:

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

IP = 1,5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2,0 : Tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap

IP = 2,5 : Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

IP > 2,5 : Menyatakan permukaan jalan cukup stabil dan baik

Tabel indeks permukaan pada awal umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.0 dan untuk tabel indeks permukaan pada akhir rencana dilihat pada Tabel 2.21

Tabel 2. 20 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP0)

Jenis Lapis Perkerasan	IP0	Roughness *) (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
Burda	3,9 – 3,5	< 2000
Burtu	3,4 – 3,0	< 2000
Lapen	3,4 – 3,0	≤ 3000
	2,9 – 2,5	> 3000
Lastasbum	2,9 – 2,5	-

Tabel 2. 21 Lanjutan

Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	≤ 2,4	-
Jalan Kerikil	≤ 2,4	-

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 11

Tabel 2. 22 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekuivalen	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: SKBI – 2.3.26. 1987: 10

*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16ton beban sumbu tunggal.

Catatan: Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT/jalan murah atau darurat maka IP dapat diambil 1,0.

2.6.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Menurut (SKBI-2.3.26. 1987: 11), koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang stabilisasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Koefisien Kekuatan Relatif (a) dapat dilihat pada Tabel 2.23

Tabel 2. 23 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR(%)	
0,40	-	-	744	-	-	
0,35	-	-	590	-	-	Laston
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston Atas
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 12

2.6.9 Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Berdasarkan Sukirman (2010: 152), indeks tebal perkerasan untuk perkerasan lentur didapatkan dengan menarik garis pada grafik nomogram yang sudah tersedia pada SNI 1732-1989-F dalam lampiran, dengan melihat masing-masing nilai yang diambil dari indeks permukaan (I_{pd} an I_{pt}). Dimana nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT), Lintas Ekuivalen Rata-Rata (LER), Faktor Regional (FR) saling berpengaruh. Indeks permukaan yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.33.

$$\Delta ITP = ITP - ITP_{\text{sisia}} \dots \dots \dots (2.33)$$

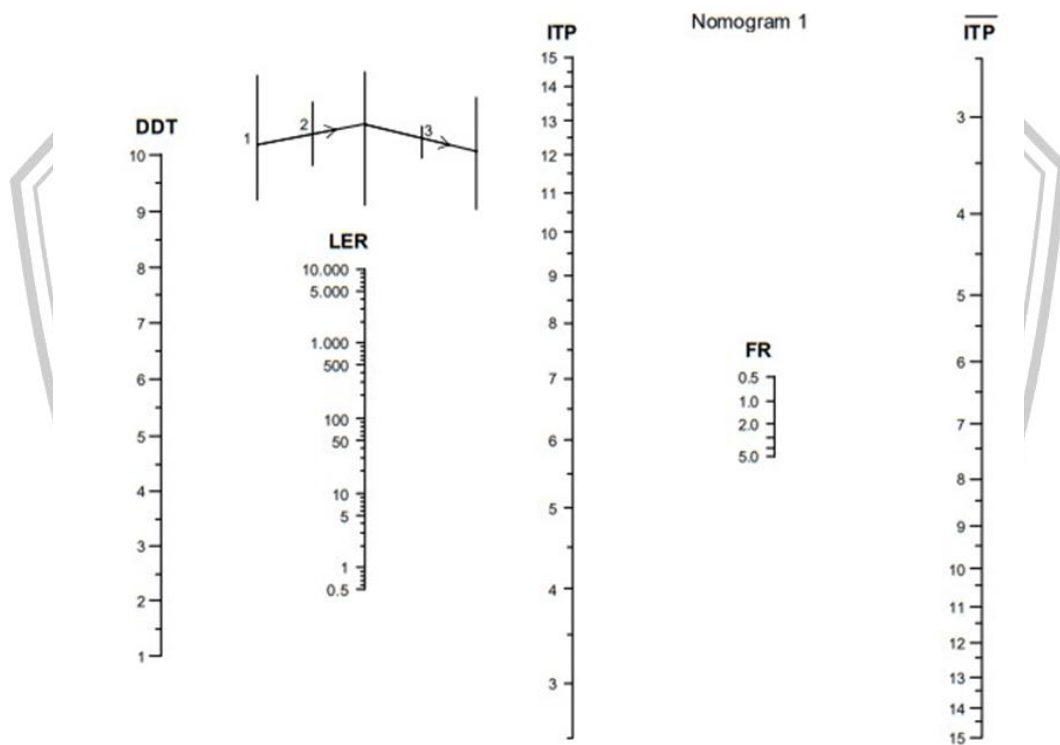
Sumber: Sukirman, 2010: 201

Kebutuhan tebal perkerasan tambahan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.34

$$D \text{ tambah} = \frac{\Delta ITP}{\alpha_1} \dots \dots \dots (2.34)$$

Sumber: Sukirman, 2010:201

Nomogram dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Nomogram sumber : Sukirman, 2010 :153

Langkah-langkah untuk menggunakan nomogram tersebut adalah:

- Nomogram yang disediakan ada 9 (Sembilan) macam, tergantung pada nilai indeks permukaan awal (IPo) dan indeks permukaan akhir (IPt)
- Menentukan titik nilai Daya Dukung Tanah (DDT) yang telah didapat dari korelasi dengan nilai CBR

- c. Menentukan titik nilai LER yang telah didapat dari perhitungan
- d. Kemudian tarik garis lurus dari 2 titik (DDT dan LER) hingga mengenai garis ITP
- e. Tentukan titik nilai FR dari table 2.5 f) Dari titik ITP yang didapat, disambungkan dengan titik FR hingga mengenai garis ITP

2.6.10 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Berdasarkan (SKBI-2.3.26. 1987: 13), batas-batas minimum tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.24 dan lapis pondasi pada Tabel 2.25.

Tabel 2. 24 Batas Tebal Lapisan Perkerasan

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

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 13

Tabel 2. 25 Batas Tebal Lapisan Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 6,70	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, Stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber: SKBI – 2.3.26. 1987: 13

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

2.6.11 Pelapis tambahan

Menurut (SKBI-2.3.16. 1987: 13), untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai dengan kondisi perkerasan jalan :

Tabel 2. 26 Nilai Kondisi Perkerasan Jalan

Keterangan	Nilai Kondisi Perkerasan (%)
1. Lapis Permukaan:	
a. Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada lajur roda	90-100
b. Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada lajur roda, namun masih tetap stabil	70-90
c. Retak sedang, beberapa deformasi pada lajur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50-70
d. Retak banyak, demikian juga deformasi pada lajur roda, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30-50
2. Lapis Pondasi:	
a. Pondasi beton aspal atau penetrasi makadam	
- Umumnya tidak retak	90-100
- Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil	70-90
- Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan	50-70
- Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan	30-50
b. Stabilisasi tanah dengan semen atau kapur:	70-100
Indeks Plastisitas $\leq 10\%$	
c. Pondasi Macadam atau batu pecah	80-100
Indeks Plastisitas $> 6\%$	
3. Lapis pondasi bawah:	
Indeks Plastisitas $\leq 6\%$	90-100
Indeks Plastisitas $> 6\%$	70-90

Sumber: Sukirman, 2010: 202

2.7 Review Peneliti Terdahulu

Tabel 2. 27 Peneliti Terdahulu

No	Judul	Penulis Tahun	Lokasi	Metode	Kesimpulan
1.	PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN JALAN CILEUNGSİ – CIBEET KABUPATEN BOGOR KM 96 STA 96+900 – STA 97+020 DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN	Devi .S, Yudi .S, Salsa .N 2021	Ruas jalan Cileungsi - Cibeeet STA 96+900 sampai dengan STA 97+020, Kabupaten Bogor	Metode MDP 2017	Tebal lapis perkerasan adalah sebagai berikut : AC – WC : 4 cm AC – BC : 6 cm AC Base : 14.5 cm LPA Kelas A : 30 cm
2.	ANALISA KERUSAKAN DAN PERENCANAAN LAPIS TAMBAH (<i>OVERLAY</i>) PERKERASAN LENTUR JALAN PADA RUAS JALAN LINGKAR BARAT KEPANJEN MALANG MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2017 DAN METODE AASHTO 1993 (STA 0+000 – STA 4+300)	Alfian Taufany 2023	Ruas Jalan Lingkār Barat Kepanjēn Malang	METODE BINA MARGA 2017 DAN METODE AASHTO 1993	a. Analisa kerusakan jalan Metode Bina Marga = Umur Prioritas (UP) di angka 3 yaitu peningkatan atau pekerjaan lapis tambah (<i>overlay</i>). b. Metode Bina Marga 2017 = 10 cm. c. AASHTO 1993 = 20 cm. d. Biaya pekerjaan, menurut Metode AASHTO 1993 = Rp 13.304.120.000,- Digunakan Metode AASHTO 1993 karena lebih aman
3.	PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR BERDASARKAN FAKTOR-	Agfa Nugrahina 2022	Ruas Jalan Kapten Pierre Tendean Kecamatan Jombang	Metode Analisa Komponen 1987 dan Metode AASHTO 1993	Susunan Lapisan Perkeasan: <ul style="list-style-type: none"> • Laston • Batu Pecah Kelas A • Sirtu Kelas C

No	Judul	Penulis Tahun	Lokasi	Metode	Kesimpulan
	FAKTOR KERUSAKAN JALAN (STUDI KASUS RUAS JALAN KAPTEN PIERRE TENDEAN KECAMATAN JOMBANG KABUPATEN JOMBANG JAWA TIMUR)		Kabupaten Jombang		Menggunakan Metode Analisa Komponen 1987 dikarenakan lebih kuat dalam segi struktur.
4.	PERENCANAAN ULANG TEBAL PERKERASAN LENTUR MENGGUNAKAN METODE ANALISA KOMPONEN DAN BINA MARGA 2013 PADA PEMBANGUNAN JLS. KONDANGAN MERAK JAWA TIMUR STA (1+025 – 4+150)	Ulya Fathona Nur Azima 2023	Jalan Kondang Merak Jalan Koridor Selatan yang membentang dari provinsi Banten ke provinsi Jawa Timu	METODE ANALISA KOMPONEN DAN BINA MARGA 2013	<p>a. metode Analisis Komponen Bina Marga SKBI 1987</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lapis permukaan (D1) = 25 cm - Lapis Perkerasan AC-WC = 4 cm bahan Laston MS 744 lapis aus - Lapis Perkerasan AC-BC = 21cm bahan Laston. <ol style="list-style-type: none"> 2. Lapis pondasi atas (D2) = 25 cm bahan batu pecah kelas A. 3. Lapis pondasi bawah (D3) = 13 cm bahan sirtu kelas B. <p>b. metode Bina Marga 2013</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lapis permukaan adalah 19,5 cm - Lapis Perkerasan AC-WC = 4cm bahan Laston lapis aus - Lapis Perkerasan AC-BC = 15,5 cm bahan Laston antara . 2. Lapis pondasi atas = 15 cm bahan CTB (Agregat Lapis

No	Judul	Penulis Tahun	Lokasi	Metode	Kesimpulan
					<p>Pondasi semen kelas A) 3. Lapis pondasi bawah = 15 cm bahan agregat kelas A (LPA kelas A) 4. Urugan Pilihan dengan tebal 20 cm</p> <p>c. Berdasarkan Rencana Anggaran Biaya (RAB), tebal dan aman yaitu pada metode Bina Marga 2013 adalah sebesar Rp. 12.335.437.597,62</p>
5.	PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT) MENGGUNAKAN METODE ANALISA KOMPONEN 1987 DAN METODE AASHTO 1993 (STUDI KASUS RUAS JALAN WINONGAN STA 0+00-STA 2+46 KABUPATEN PASURUAN)	Abi Arbangi 2018	Jalan Winongan, Kabupaten Pasuruan	Metode analisa Komponen 1987 dan AASHTO 1993	<p>Susunan Lapisan Perkerasan: – HRA (Hot Rolled Asphalt – Batu Pecah Kelas A – Sirtu Kelas C</p> <p>Lapisan Permukaan Analisa Komponen = 5 cm AASHTO 1993 = 9 cm</p> <p>Penulis menyimpulkan memilih Metode AASHTO 1993 lebih efektif dlm kekuatan struktur</p>