

BAB III

LANDASAN TEORI

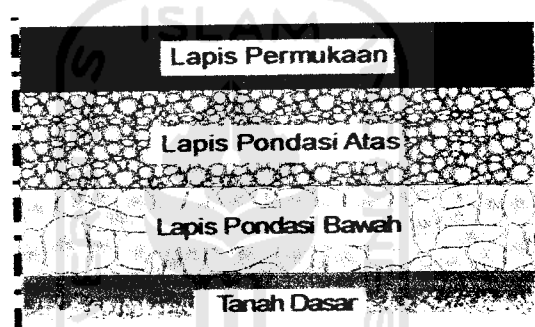
3.1 Umum

Lapis perkerasan pada jalan merupakan suatu kebutuhan yang sangat vital dan sangat penting di jaman sekarang ini, dalam hal ini suatu jalan apabila belum memiliki lapis perkerasan atau masih berupa tanah dasar (*subgrade*), maka jalan tersebut akan dianggap kurang mampu dalam menahan beban berulang (*repeated load*) dari roda-roda kendaraan tanpa mengalami deformasi. Mengingat besarnya volume pekerjaan jalan, maka pada umumnya diinginkan konstruksi yang murah, baik yang berkaitan dengan bahan maupun biaya pelaksanaan, namun masih dapat memenuhi kebutuhan lalu-lintas.

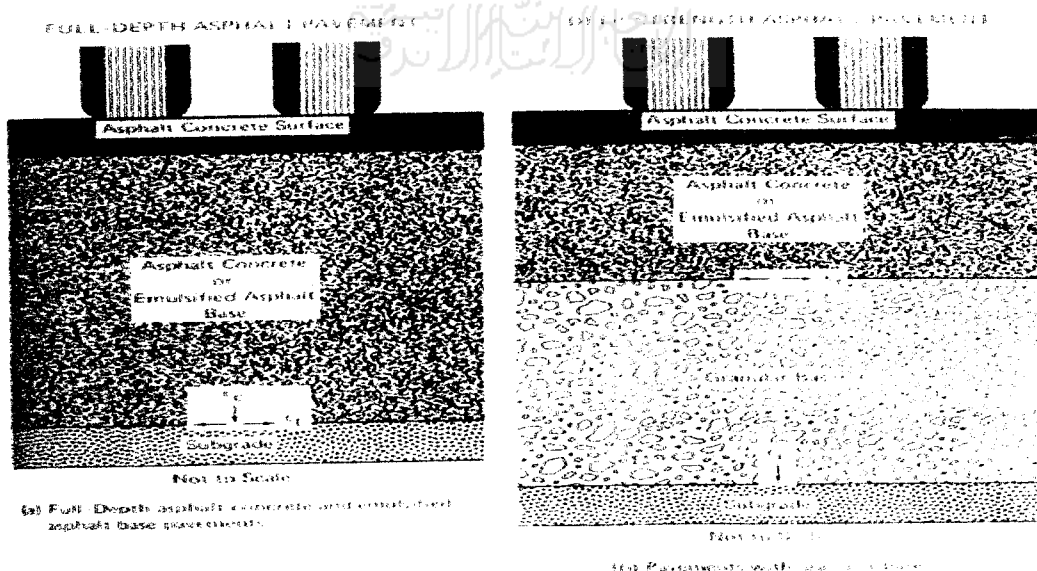
Pada umumnya perkerasan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan semakin ke atas semakin baik. Berdasarkan bahan pengikatnya, struktur lapis keras dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu, lapis keras lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan dengan menggunakan bahan ikat aspal (*bitumen*), lapis keras kaku (*rigid pavement*) merupakan pekerjaan jalan dengan menggunakan semen dengan bahan pengikatnya, lapis keras komposit (*composite pavement*) yaitu lapis keras yang terdiri dari lapis keras lentur yang diikuti lapis keras kaku atau sebaliknya.

3.2 Perkerasan Lentur

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) yang dimaksud dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Bagian perkerasan jalan umumnya terdiri dari lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*), yaitu seperti ditunjukkan pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1 Susunan Lapis Perkerasan (Bina Marga 1987)



Gambar 3.2 Ilustrasi beberapa alternatif lapis perkerasan lentur Asphalt Institute (Asphalt Institute 1991)

Mengingat perkerasan jalan diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*), maka secara keseluruhan mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tidak terlepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi setempat atau dengan tambahan timbunan dari lokasi lain yang telah dipadatkan dengan tingkat kepadatan tertentu, sehingga mempunyai daya dukung yang mampu mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan, walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat.

Banyak metode yang dapat dipergunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar. Di Indonesia daya dukung tanah dasar (DDT) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*), yaitu nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. Nilai daya dukung tanah dasar (DDT) pada proses perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen sesuai dengan SKBI-2.3.26.1987 dapat diperoleh dengan menggunakan rumus konversi nilai CBR tanah dasar.

3.3 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapisan keras yang letaknya paling atas dari struktur perkerasan jalan. Fungsi lapis permukaan adalah untuk memberikan keselamatan dan kenyamanan bagi para pengendara kendaraan. Lapis permukaan terdiri dari:

- a. Lapis struktural, yaitu lapis yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh lapis perkerasan untuk diteruskan ke lapis di bawahnya, yaitu berupa gaya vertikal maupun gaya horizontal.
- b. Lapis non struktural, yaitu berupa lapis yang kedap air untuk mencegah masuknya air ke dalam lapis keras yang ada di bawahnya, sebagai *skid resistance* atau menyediakan koefisien gesek yang cukup pada permukaan sehingga tidak licin, menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan, serta sebagai lapis aus yang dapat diganti dengan lapisan yang baru.

3.4 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian perletakan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah atau dengan tanah jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai perletakan lapis permukaan
- b. Sebagai bagian perkerasan yang memikul beban roda
- c. Lapis peresapan bagi lapis pondasi.

3.5 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar.

Fungsi lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut (Bina Marga, 1987):

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

3.6 Tanah Dasar (*Subgrade*)

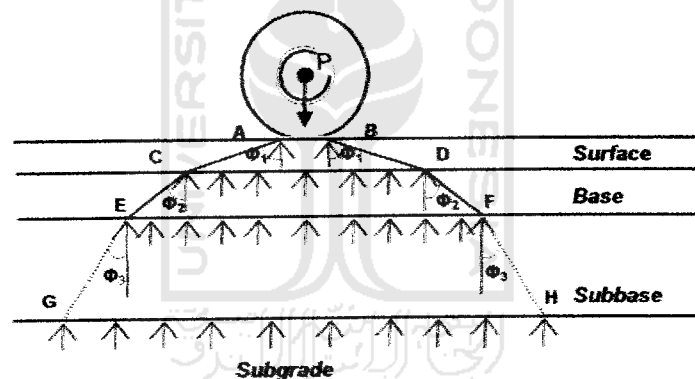
Tanah dasar merupakan permukaan tanah sebelum dilaksanakannya perkerasan. Permukaan tanah ini dapat berasal dari tanah asli, tanah galian dan tanah timbunan yang dipadatkan. Pada perkerasan jalan untuk kekuatan dan keawetan konstruksinya sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut (Bina Marga 1987):

- a) Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu-lintas.
- b) Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c) Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d) Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas dari macam tanah tertentu.

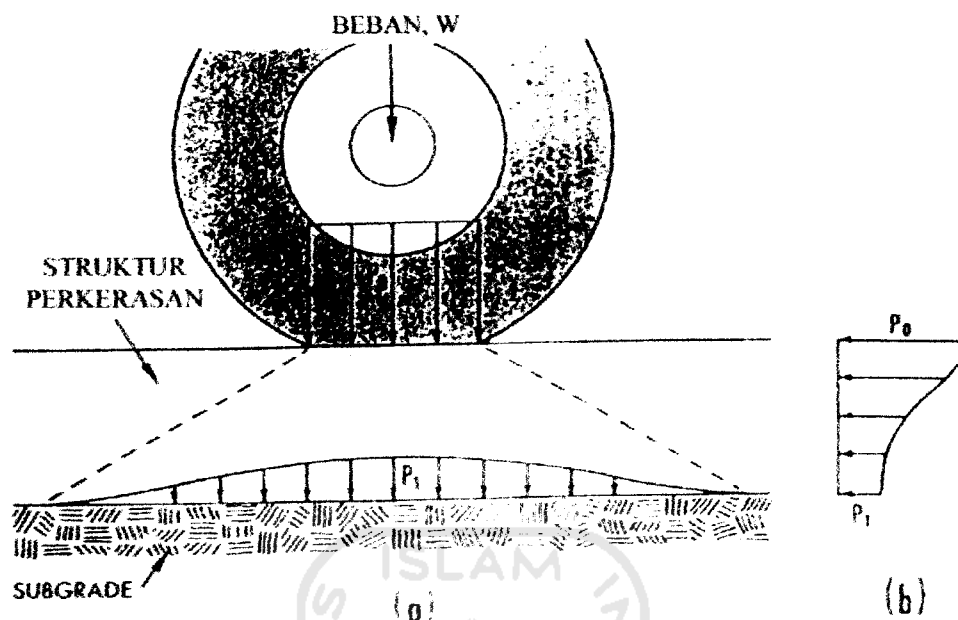
- e) Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

3.7 Penyebaran Beban pada Masing-masing Lapis Perkerasan

Untuk memperkirakan tegangan yang terjadi pada masing-masing lapisan yaitu pada lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan *subgrade* yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang melintas pada suatu ruas jalan dapat ditunjukkan pada gambar 3.3 dan gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.3 Penyebaran Beban Roda Menurut Bina Marga
(Bina Marga 1987)



Gambar 3.4 Distribusi tegangan di bawah beban roda menurut Asphalt Institute (Asphalt Institute 1991)

Dari gambar penyebaran beban pada masing-masing lapisan perkerasan di atas diketahui bahwa beban yang diterima lapisan yang paling atas yaitu *surface course* akan diteruskan ke lapisan yang ada di bawahnya sampai dengan pada lapisan yang berada di lapisan yang paling bawah yaitu *subgrade*, dengan demikian akan berpengaruh pada tegangan yang terjadi pada masing-masing lapisan.

Tegangan yang terjadi pada *surface* merupakan yang terbesar dibandingkan dengan lapisan-lapisan yang lain, semakin ke bawah maka tegangan akan semakin mengecil dengan semakin besarnya luasan yang menerima beban, dengan kata lain pada *subgrade* tegangan yang terjadi jauh lebih kecil daripada yang terjadi pada *surface*. Besarnya tegangan yang terjadi pada *surface* akan mengakibatkan lapisan pada *surface* mengalami keausan atau kerusakan lebih

mengakibatkan lapisan pada *surface* mengalami keausan atau kerusakan lebih cepat dari lapisan yang ada di bawahnya, oleh karena itu *surface* didesain untuk lebih mudah diperbaiki atau diganti dengan yang baru.

Perencanaan perkerasan pada masing-masing lapisan dibuat kekuatan dan umur rencana yang berbeda-beda, mutu lapis perkerasan mulai dari *surface* sampai dengan *subgrade* semakin baik, dengan mutu yang paling baik terletak pada *subgrade*. *Subgrade* direncanakan dengan mutu yang paling baik dan umur rencana yang paling lama, hal ini dikarenakan biaya untuk perbaikan maupun penggantian lapisan yang berada di bawah lebih mahal daripada biaya perbaikan maupun penggantian lapis di atasnya.

Dari perbedaan yang diterima tiap lapis dan tegangan yang terjadi dengan kondisi lalu-lintas yang ada sekarang sampai dengan 10 tahun yang akan datang akan diketahui kondisi kekuatan tiap-tiap lapis pada jangka waktu tersebut untuk menerima beban tanpa adanya perbaikan pada lapis permukaan sampai dengan lapis tanah dasar.

3.8 Parameter Perencanaan Perkerasan Jalan

Dalam menentukan dan merencanakan suatu perkerasan lentur harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut ini.

3.8.1 Lalu-lintas

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul, berarti dari arus lalu-lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya lalu-lintas dapat diperoleh dari:

1. Analisa lalu-lintas saat ini, sehingga diperoleh data mengenai:
 - a. Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan
 - b. Jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya
 - c. Konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan
 - d. Beban masing-masing sumbu kendaraan
2. Perkiraan faktor pertumbuhan lalu-lintas selama umur rencana, antara lain berdasarkan atas analisis ekonomi dan sosial daerah tersebut.

3.8.1.1. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan sumbu tunggal seberat 8,16 ton untuk Bina Marga dan 80 kN untuk Asphalt Institute, yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama jika kendaraan tersebut melintas 1 kali. Misalnya diketahui $E_{\text{truk}} = 1,2$, ini berarti 1 kali lintasan kendaraan truk menyebabkan penurunan indeks permukaan yang sama dengan 1,2 kali lintasan sumbu standar.

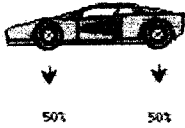
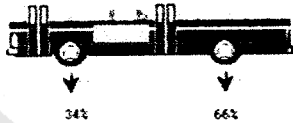
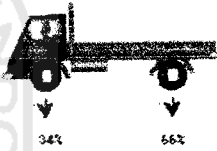
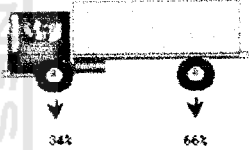
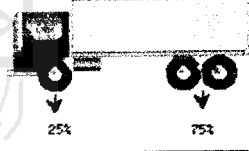
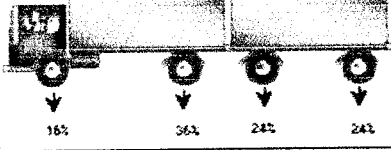
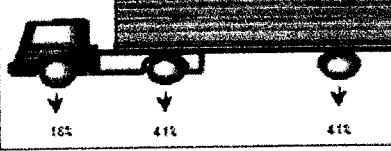
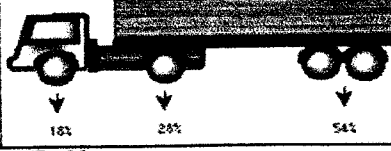
Bina Marga dan Asphalt Institute memberikan patokan jenis kendaraan seperti ditunjukkan pada tabel 3.1, dan tabel 3.2. Pada tabel 3.1 terdapat konfigurasi beban sumbu kendaraan dan angka ekuivalen beban sumbu standar (E/EAL/ESAL) yang diberikan Bina Marga dalam Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan dengan Alat Benkelman Beam No. 01/MN/B/1983. Konfigurasi roda dan as kendaraan umumnya diberikan dalam bentuk simbol. Misalnya simbol 1.2, menyatakan kendaraan tersebut terdiri dari 2 as (depan dan belakang). As

depan terdiri dari as tunggal roda tunggal, sedangkan as belakang terdiri dari as tunggal roda ganda.

Tabel 3.1 berlaku untuk semua jenis dan besarnya muatan kendaraan, peninjauan berdasarkan kendaraan kosong atau bermuatan. Jika dianggap bermuatan, maka muatan dianggap maksimum (penuh). Misalnya truk 1.2H pada waktu kosong dianggap bermuatan dengan berat total 4,2 ton. Sedangkan jika bermuatan, dianggap maksimum dengan berat total 18,2 ton. Jika truk tersebut bermuatan separuh, dianggap bermuatan maksimum, sedangkan jika bermuatan melebihi **tabel 3.1**, maka akan terjadi salah perhitungan. Kenyataan dilapangan akan jauh melebihi estimasi sesuai tabel 3.1 tersebut. Hal ini umumnya terjadi di Indonesia.



**Tabel 3.1. Komposisi Roda Dan Unit Ekuivalen 8.16 ton
Beban As Tunggal (UE 18 KSAL)**

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1 1 MP	1.5	0.5	2	0.0001	0.0004	
1 2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	
1 2L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	
1 2H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	
1 22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	
1 2+2 2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	
1 2-2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	
1 2-22 Trailer	10	32	42	0.0327	10.183	

Sumber: Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkleman
Beam, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina
Marga No 01/MN/B/1983.

www.itso.or.id

Pada Asphalt Institute tipe kendaraan yang diperhitungkan untuk menentukan angka ekivalen sumbu kendaraan (*Equivalent Single Axle Load*) adalah jenis kendaraan kendaraan berat atau kendaraan yang memiliki berat lebih dari 5 ton saja. Dalam hal ini Asphalt Institute telah menetapkan distribusi setiap jenis kendaraan truk dan faktor truk pada kelas jalan yang berbeda untuk kondisi jalan di negara Amerika Serikat, yaitu seperti ditunjukkan dalam **tabel 3.2** dan **tabel 3.3**.

Distribusi truk dan Faktor Truk yang ditunjukkan dalam tabel-tabel tersebut tidak bisa digunakan di perencanaan jalan negara kita, dikarenakan kondisi cuaca serta model dan perilaku kendaraan yang berbeda. Dengan demikian perhitungan metode Asphalt Institute untuk direalisasikan di Indonesia, pedoman yang digunakan untuk pendistribusian dan faktor ekivalensi beban dari setiap jenis kendaraan tetap menggunakan standar yang dikeluarkan oleh Bina Marga, yaitu **tabel 3.1**(hal 27).

Asphalt Institute juga telah menentukan persentase jumlah kendaraan berat (truk) atau koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana yang terdapat pada **tabel 3.4**, yang untuk realisasinya di Indonesia atau dalam penelitian ini juga tidak bisa digunakan.

Tabel 3.2 Distribusi *Truck* pada kelas jalan yang berbeda – Amerika Serikat

Truck Class	Persen Truk												
	Rural System						Urban System						
	Inter State	Other Principal	Minor Arterial	Major	Collectors Minor	Range	Inter State	Other Freeways	Other Principal	Minor Arterial	Collectors	Range	
Single unit truck	43	60	71	73	80	43-80	52	66	67	84	86	52-86	
2 sumbu, 4 roda	8	10	11	10	10	8-11	12	12	15	9	11	9-15	
2 sumbu, 6 roda	2	3	4	4	2	2-4	2	4	3	2	<1	<1-4	
3 sumbu / lebih	53	73	86	87	92	53-92	66	82	85	95	97	66-97	
Total single unit													
Multiple unit truck	5	3	3	2	2	2-5	5	5	3	2	1	1-5	
4 sumbu / kurang	41	23	11	10	6	6-41	28	13	12	3	2	2-28	
5 sumbu	1	1	<1	1	<1	<1-1	1	<1	<1	<1	<1	<1-1	
6 sumbu / lebih	47	27	14	13	8	8-47	34	18	15	5	3	3-34	
Total multiple													
Semua tipe truk	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100		

Sumber: Asphalt Institute, 1991

Tabel 3.3 Distribusi *Truck Faktor (TF)* untuk kelas jalan dan kendaraan yang berbeda – Amerika Serikat

Tipe Kendaraan	Truck Factors												
	Rural System						Urban System						
	Inter State	Other Principal	Minor Arterial	Major	Collectors Minor	Range	Inter State	Other Freeways	Other Principal	Minor Arterial	Collectors	Range	
Single unit truck													
2 sumbu, 4 roda	0.003	0.003	0.003	0.017	0.003	0.003-0.017	0.002	0.015	0.002	0.006	--	0.006-0.015	
2 sumbu, 6 roda	0.21	0.25	0.28	0.41	0.19	0.19-0.41	0.17	0.13	0.24	0.23	0.13	0.13-0.24	
3 sumbu / lebih	0.61	0.86	1.06	1.26	0.45	0.45-1.26	0.61	0.74	1.02	0.76	0.72	0.61-1.02	
Total single unit	0.06	0.08	0.08	0.12	0.03	0.03-0.12	0.05	0.06	0.09	0.04	0.16	0.04-0.16	
Multiple unit truck													
4 sumbu / kurang	0.62	0.92	0.62	0.37	0.91	0.37-0.91	0.98	0.48	0.71	0.46	0.40	0.40-0.98	
5 sumbu	1.09	1.25	1.05	1.67	1.11	1.05-1.67	1.07	1.17	0.97	0.77	0.63	0.63-1.17	
6 sumbu / lebih	1.23	1.54	1.04	2.21	1.35	1.04-2.21	1.05	1.19	0.90	0.64	--	0.64-1.19	
Total multiple	1.04	1.21	0.97	1.52	1.08	0.97-1.52	1.05	0.96	0.91	0.67	0.53	0.53-1.05	
Semua tipe truk	0.52	0.38	0.21	0.30	0.12	0.12-0.52	0.39	0.23	0.21	0.07	0.24	0.07-0.39	

Sumber: Asphalt Institute, 1991

Tabel 3.4 Persentase total lalu-lintas truk dalam lajur rencana menurut Asphalt Institute

Jumlah lajur lalu-lintas (dua arah)	Persentase truk dalam lajur rencana
2	50
4	45 (35-48)
> 6	40 (25-48)

Sumber: Asphalt Institute, 1991

3.8.1.2. Volume Lalu-lintas

Pengumpulan data volume lalu-lintas dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan menggunakan alat perhitungan lalu-lintas yang dipasang secara permanen maupun alat perhitungan *portable* mekanik pada tempat atau pos-pos rutin pemeriksaan lalu-lintas yang ada di sekitar lokasi, namun jika tidak terdapat pos-pos rutin di sekitar lokasi atau untuk pengecekan data, maka perhitungan volume lalu-lintas dapat dilakukan secara manual pada tempat-tempat yang dianggap perlu, perhitungan volume lalu-lintas secara manual dilakukan dengan mempertimbangkan faktor musim, hari, dan bulan, sehingga dapat diperoleh volume lalu-lintas tahun yang dikehendaki.

1. Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR)

Merupakan lalu-lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah dengan median. LHR dapat diukur dalam 6 bulan, satu bulan, satu minggu, atau dua hari. Nilai LHR dapat dihitung dengan persamaan 3.1 (Bina Marga 1987) berikut:

$$\text{LHR} = \frac{\sum \text{kendaraan pergolongan selama hari pengamatan}}{\sum \text{hari pengamatan}} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan:

LHR : lalu-lintas rata-rata per hari dalam periode kurang dari 1 tahun
(kend/hari)

2. Lalu-lintas Rencana

Lalu-lintas rencana dinyatakan dalam jumlah kumulatif dari satuan 8,16 ton beban as tunggal yang dikorelasikan dari lalu-lintas harian rata-rata pada lajur rencana dengan menggunakan faktor ekivalen untuk masing-masing jenis kendaraan, serta tingkat pertumbuhan lalu-lintas tahunan.

Tingkat pertumbuhan lalu-lintas tahunan (R) ditentukan berdasarkan persamaan 3.2 (Bina Marga 1983) berikut:

$$R = \left\{ \left(\frac{a}{b} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right\} \cdot 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan:

- R : Tingkat pertumbuhan lalu-lintas (%)
- b : volume lalu-lintas tahun ke-n (kend/hr)
- a : volume lalu-lintas pada tahun a (kend/hr)
- n : jumlah tahun

Asphalt Institute memperkirakan pertumbuhan lalu-lintas normal di Amerika Serikat berkisar antara 3% sampai 5% per tahunnya. Akan tetapi dengan

banyaknya perkembangan lalu-lintas maka pertumbuhan lalu-lintas berkisar antara 4% sampai dengan 9% untuk jalan rural, dan 8% sampai 10% untuk jalan perkotaan. Pertumbuhan lalu-lintas tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3 (Asphalt Institute 1991) atau dengan menggunakan tabel 3.5 berikut:

$$GF = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan:

GF : Faktor Pertumbuhan

i : Tingkat Pertumbuhan Lalu-lintas (%), nilai $r > 0$, apabila nilai $r = 0$
maka nilai $GF = n$ (Umur Rencana)

UR : Umur Rencana

Tabel 3.5 Faktor Pertumbuhan (*Growth Factor*) Asphalt Institute 1991

Umur Rencana, Tahun (n)	Tingkat Pertumbuhan Rata-rata, Persen (R)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.68	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Sumber: Asphalt Institute, 1991, *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1)-1991*, Lesington, USA, 1993.

3.8.1.3. Lintas Ekuivalen

Menurut Bina Marga jumlah repetisi beban dari sumbu tunggal sebesar 8,16 ton yang akan menggunakan jalan tersebut dinyatakan dalam lintasan sumbu standar atau lintas ekuivalen, dimana Lintas Ekuivalen tersebut dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

1. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)
2. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)
3. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)
4. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Asphalt Institute merekomendasikan prosedur analisis lalu-lintas dengan memperhitungkan angka ekuivalen 80 kN (18.000 lb) beban roda as tunggal (*single axle load*) untuk digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan. Besarnya nilai estimasi EAL ini dipengaruhi oleh:

- a. *Truck Factor*, merupakan penerapan angka ekuivalen 80 kN (18.000 lb) beban roda as tunggal (*single axle load*) yang diberikan oleh satu alur kendaraan.
- b. *Load Equivalency Factor*, merupakan penerapan angka ekuivalen 80 kN (18.000 lb) beban roda as tunggal (*single axle load*) yang diberikan oleh satu alur as roda.
- c. *Number of Vehicle* yang merupakan jumlah kendaraan.

Dengan demikian EAL dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan dalam masing-masing kelas dengan faktor truk seperti terdapat dalam persamaan 3.4 (Asphalt Institute 1991) berikut:

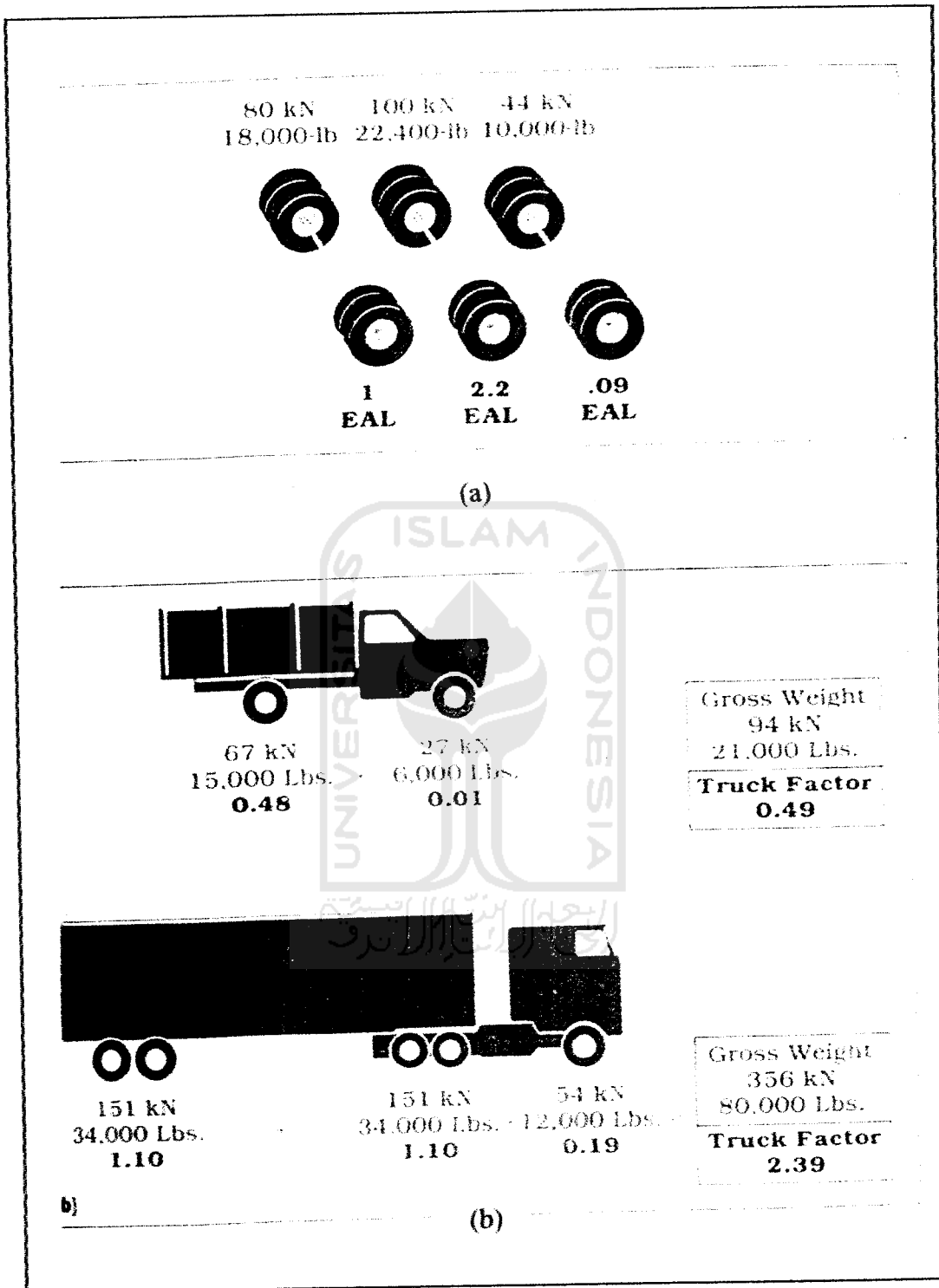
$$EAL = \sum (\text{jml kendaraan untuk masing - masing kelas} \times \text{Faktor truk}) \dots\dots\dots (3.4)$$

Truck Factor (TF) diperoleh dari faktor ekuivalensi beban pada tabel 3.6 berikut, sedangkan gambar 3.5a menunjukkan contoh nilai EAL untuk berbagai berat sumbu, dan gambar 3.5b mengilustrasikan perhitungan *Truck Factor* untuk truk as tunggal.

Tabel 3.6 Faktor Ekuivalensi Beban Menurut Asphalt Institute

Beban sumbu		Faktor Kerusakan (<i>Damage Factor</i>)		
kN	lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda	Tiga Sumbu
4.45	1.000	0.00002		
8.9	2.000	0.00018		
17.8	4.000	0.00209	0.0003	
26.7	6.000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8.000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10.000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12.000	0.189	0.014	0.003
62.3	14.000	0.360	0.027	0.006
71.2	16.000	0.623	0.047	0.011
80.0	18.000	1.000	0.077	0.017
89.0	20.000	1.51	0.121	0.027
97.9	22.000	2.18	0.180	0.040
106.8	24.000	3.03	0.260	0.057
115.6	26.000	4.09	0.364	0.080
124.5	28.000	5.39	0.495	0.109
133.4	30.000	6.97	0.658	0.145
142.3	32.000	8.88	0.857	0.191
151.2	34.000	11.18	1.095	0.246
160.1	36.000	13.93	1.38	0.313
169.0	38.000	17.20	1.70	0.393
178.0	40.000	21.08	2.08	0.487
187.0	42.000	25.64	2.51	0.597
195.7	44.000	31.00	3.00	0.723
204.5	46.000	37.24	3.55	0.868
213.5	48.000	44.50	4.17	1.033
222.4	50.000	52.88	4.86	1.22
231.3	52.000		5.63	1.43
240.2	54.000		6.47	1.66
249.0	56.000		7.41	1.91
258.0	58.000		8.45	2.20
267.0	60.000		9.59	2.51
275.8	62.000		10.84	2.85
284.5	64.000		12.22	3.22
293.5	66.000		13.73	3.62
302.5	68.000		15.38	4.05
311.5	70.000		17.19	4.52
320.0	72.000		19.16	5.03
329.0	74.000		21.32	5.57
338.0	76.000		23.66	6.15
347.0	78.000		26.22	6.78
356.0	80.000		29.0	7.45
364.7	82.000		32.0	8.2
373.6	84.000		35.3	8.9
382.5	86.000		38.8	9.8
391.4	88.000		42.6	10.6
400.3	90.000		46.8	11.6

Sumber: Asphalt Institute, 1991



Gambar 3.5 Ilustrasi Penentuan Faktor Ekivalensi Beban Metode Asphalt Institute (Asphalt Institute 1991).

Cara perhitungan untuk mencari *Truck Factor* (TF) seperti ditunjukkan pada gambar 3.5 tersebut, merupakan metode perhitungan yang dikondisikan pada keadaan di Amerika Serikat, yaitu mengenai model dan perilaku kendaraannya, serta kondisi cuaca dan jalannya. Sesuai perencanaan jalan yang dilakukan adalah di Indonesia, yaitu memiliki kondisi yang berbeda dengan di Amerika Serikat, maka digunakan perhitungan metode Asphalt Institute pada persamaan 3.5 (Asphalt Institute 1970) berikut, dengan pendistribusian sumbu masing-masing jenis kendaraan yang telah disesuaikan kondisi jalan dan kendaraan di negara kita, yaitu pada tabel 3.1(hal 27), dan diplotkan dalam tabel 3.6 untuk mendapatkan angka ekivalen (E) setiap jenis kendaraan.

$$TF = (\text{LHR pada tahun awal}) \times (\% \text{ truk lajur rencana}) \times (\% \text{ truk seluruh lajur})$$

Istilah yang digunakan persamaan di atas, pada metode Bina Marga dikenal dengan:

$$TF = LEP \times C \times \left(\frac{KB_j}{\text{Total Kendaraan}} \right) \dots\dots\dots (3.5)$$

yaitu,

TF : *Truck Factor*

LEP : Lintas Ekivalen Permulaan

C : Koefisien distribusi kendaraan terhadap jumlah lajur

KB_j : Jumlah Kendaraan Berat jenis j

Catatan: total kendaraan adalah kendaraan yang beroda > 4.

3.8.2 Sifat Tanah Dasar

Subgrade atau lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang paling atas, dimana akan diletakan lapisan dengan material yang lebih baik. Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan.

Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, salah satunya adalah dengan menggunakan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pada metode Analisa Komponen daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan mempergunakan pemeriksaan CBR. Sedangkan Asphalt Institute menggunakan *Resilient Modulus* (M_r) sebagai parameter daya dukung tanah dasarnya.

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dalam arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah, dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian sebaiknya panjang jalan tersebut dibagi atas segmen-segmen jalan, dimana setiap segmen mempunyai daya dukung yang hampir sama. Jadi segmen jalan adalah bagian dari panjang jalan yang mempunyai daya dukung tanah, sifat tanah dan keadaan lingkungan yang relatif sama.

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan dipergunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut.

Langkah-langkah penentuan CBR segmen menurut Bina Marga adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan nilai CBR yang terendah
- b. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR terkecil sampai yang terbesar.
- c. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- d. Dibuat grafik hubungan antara nilai CBR dan persentase jumlah tadi.
- e. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%

3.8.3 Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan dimana lokasi jalan tersebut berada mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar antara lain:

1. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
2. Pelapukan bahan material.
3. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan.

Faktor utama yang mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan ialah air yang berasal dari hujan dan pengaruh perubahan temperatur akibat perubahan cuaca. Besar kecilnya intensitas hujan akan sangat mempengaruhi tingkat keawetan konstruksi perkerasan jalan, air hujan akan masuk ke badan jalan dan masuk ke lapisan tanah dasar melalui bahu jalan. Hal ini akan mengakibatkan ikatan antar

butir agregat dan aspal lepas dan perubahan kadar air mempengaruhi sifat daya dukung tanah dasar.

Perubahan temperatur di berbagai belahan bumi mengalami perubahan yang berbeda-beda. Perubahan temperatur di Indonesia dapat terjadi karena perubahan musim dari musim penghujan ke musim kemarau atau karena pergantian siang dan malam, tetapi perubahan yang terjadi tidak sebesar di daerah dengan 4 (empat) musim.

3.8.4 Sifat Material Lapisan Perkerasan

Perencanaan tebal lapisan perkerasan ditentukan juga dari jenis lapisan perkerasan. Hal ini ditentukan dari tersedianya material di lokasi dan mutu material tersebut.

3.8.5 Bentuk Geometrik Lapisan Perkerasan

Bentuk geometrik lapisan perkerasan jalan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran air meninggalkan lapisan perkerasan jalan, sehingga lapisan perkerasan tidak akan mudah mengalami kerusakan. Bentuk geometrik ini meliputi kemiringan memanjang dan melintang jalan, alinyemen horizontal dan vertikal.

3.9 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Ada banyak cara dalam menentukan tebal perkerasan, dan hampir setiap negara mempunyai cara tersendiri. Di Indonesia metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur adalah metode Bina Marga yang bersumber dari metode AASHTO 1972 dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi jalan di Indonesia.

3.9.1 Metode Analisa Komponen (Bina Marga, SKBI-2.3.26.1987)

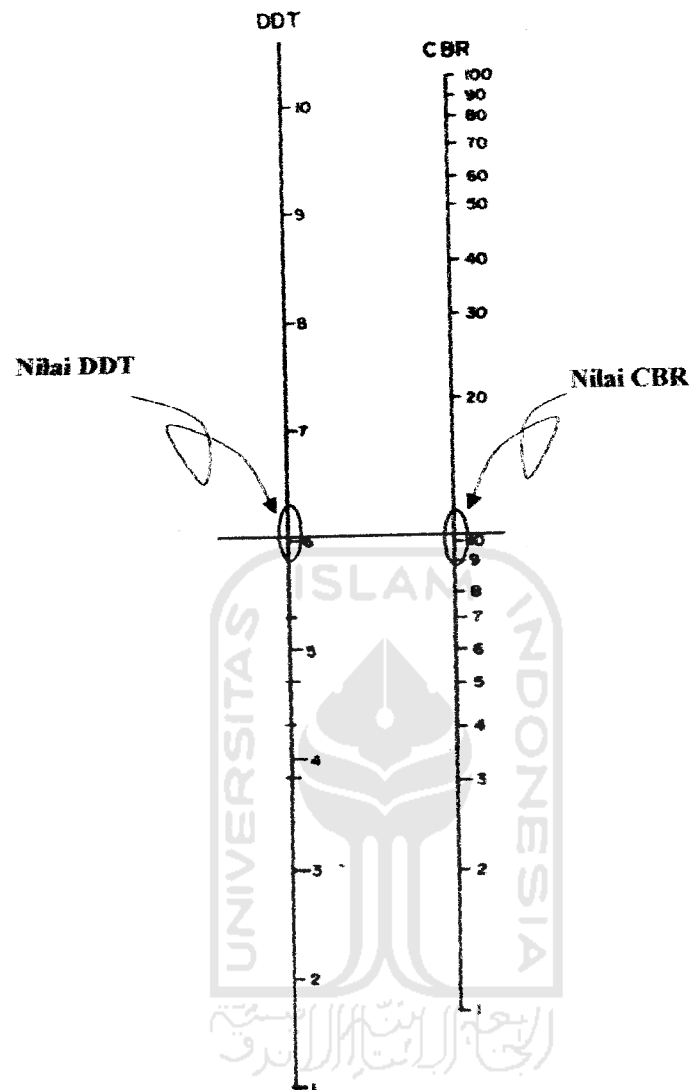
Langkah-langkah perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode analisa komponen Bina Marga adalah :

1. Menentukan nilai daya dukung tanah dasar dengan menggunakan pemeriksaan CBR langsung di lapangan.
2. Dengan memperhatikan nilai CBR yang diperoleh, keadaan lingkungan, jenis dan kondisi tanah dasar di sepanjang jalan, kemudian dapat ditentukan nilai CBR segmen rencana dengan menggunakan cara penentuan pada halaman 40.
3. Menentukan nilai daya dukung tanah dasar (DDT) dengan mempergunakan pemeriksaan CBR. Nilai DDT diperoleh dari konversi nilai CBR tanah dasar dengan menggunakan **persamaan 3.6** (Bina Marga 1987) berikut, atau dengan menggunakan grafik korelasi antara nilai CBR dan DDT yang dikeluarkan oleh Bina Marga seperti ditunjukkan pada **gambar 3.6** berikut :

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

DDT = nilai daya dukung tanah dasar ; CBR = nilai CBR tanah dasar



Gambar 3.6 Grafik Korelasi DDT dan CBR (Bina Marga, 1987)

Penggunaan grafik di atas adalah dengan menghubungkan nilai CBR dengan garis mendatar kesebelah kiri, sehingga diperoleh nilai DDT.

4. Menentukan tingkat pertumbuhan tahunan (R), berdasar pada persamaan 3.2 (hal 32) dari jalan yang hendak direncanakan. Pada perencanaan jalan baru umumnya menggunakan umur rencana 20 tahun.

5. Menentukan tingkat pertumbuhan rata-rata lalu-lintas tahunan (i %), yaitu merupakan nilai rata-rata dari tingkat pertumbuhan (R %) lalu-lintas tahunan sebelum jalan dibuka.
6. Menentukan faktor regional (FR). Faktor regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Hal-hal yang mempengaruhi nilai FR antara lain :
 - a. persentase kendaraan berat,
 - b. kondisi iklim dan curah hujan setempat,
 - c. kondisi persimpangan yang ramai,
 - d. keadaan medan,
 - e. kondisi drainase yang ada,
 - f. pertimbangan teknis lainnya.

Bina Marga memberikan angka faktor regional bervariasi seperti ditunjukkan dalam tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Faktor Regional

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

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR di tambah dengan 0,5
 Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

Sumber: Bina Marga, 1987

7. Menentukan Lintas Ekuivalen

Lintas ekuivalen yang diperhitungkan hanya untuk lajur tersibuk atau lajur dengan volume tertinggi.

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut dibuka atau pada awal umur rencana disebut Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang diperoleh dari persamaan 3.7 (Bina Marga, 1987) berikut:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \cdot C_j \cdot E_j \cdot (1+i)^{n'} \dots\dots\dots (3.7)$$

dengan:

- j : Jenis kendaraan
- n : Tahun pengamatan
- n' : Jumlah tahun dari perencanaan jalan sampai jalan dibuka
- LHR_j : Lalu-lintas Harian Rata-rata untuk satu jenis kendaraan
- C_j : Koefisien distribusi kendaraan
- E_j : Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan
- i : Tingkat pertumbuhan rata-rata lalu-lintas tahunan sampai jalan dibuka

Nilai C ditentukan berdasarkan pada tabel 3.8 dan tabel 3.9 berikut:

Tabel 3.8 Pedoman penentuan jumlah lajur

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

Sumber: Bina Marga, 1987



Tabel 3.9 Koefisien distribusi pada lajur rencana (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur		0,30		0,45
5 lajur		0,25		0,425
6 lajur		0,20		0,40

* berat total < 5 ton, misalnya sedan, pick up

** berat total > 5 ton, misalnya bus, truk, traktor dan lain-lain.

Sumber: Bina Marga, 1987

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

Besarnya lintas ekuivalen pada saat jalan tersebut membutuhkan perbaikan struktural disebut Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang diperoleh dari persamaan 3.8 (Bina Marga, 1987) berikut:

$$LEA = LEP (1 + i)^{UR} \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan :

LEP = Lintas Ekuivalen Permulaan.

UR = Umur rencana jalan tersebut.

i = Tingkat pertumbuhan rerata

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

Lintas Ekuivalen Tengah diperoleh dengan persamaan 3.9 (Bina Marga, 1987) berikut:

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots\dots\dots (3.9)$$

d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

Besarnya lintas ekuivalen yang akan melintasi jalan tersebut selama masa pelayanan, dari saat dibuka sampai akhir umur rencana disebut Lintas Ekuivalen Rencana, yang diperoleh dari persamaan 3.10 (Bina Marga, 1987) berikut:

$$LER = LET \times \frac{UR}{10} \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan :

LET= Lintas Ekuivalen Tengah ; UR = Umur rencana jalan tersebut.

8. Menentukan Indeks Permukaan (IP)

a. Indeks Permukaan Awal (IP_o) yang ditentukan sesuai dengan jenis lapis permukaan yang akan dipakai dimana penentuannya ditentukan dengan mempergunakan tabel 3.10 berikut:

Tabel 3.10 Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IP_o)

Jenis Lapis Permukaan	IP _o	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
	3.4 – 3.0	> 2000
Burtu	3.4 – 3.0	≤ 3000
	2.9 – 2.5	> 3000
Lapen	2.9 – 2.5	≤ 3000
	2.9 – 2.5	> 3000
Latasbum	2.9 – 2.5	
Buras	2.9 – 2.5	
Latasir	2.9 – 2.5	
Jalan Tanah	≤ 2.4	
Jalan Kerikil	≤ 2.4	

Sumber : Bina Marga, 1987

- b. Indeks Permukaan Akhir (IPt) ditentukan berdasarkan besarnya nilai LER dan klasifikasi jalan tersebut seperti yang ditunjukkan dalam tabel 3.11 berikut:

Tabel 3.11 Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP_t)

LER	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 : Bina Marga, 1987

7. Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) masing-masing lapisan dengan memplotkan parameter-parameter dari hasil perhitungan langkah-langkah sebelumnya untuk masing-masing lapisan pada grafik nomogram Penentuan Indeks Tebal Perkerasan yang dikeluarkan oleh AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) 1972, dengan nomogram penentuan ITP tersebut untuk selengkapnya terdapat pada halaman lampiran.

Sesuai dengan grafik nomogram tersebut parameter-parameter yang dibutuhkan adalah nilai DDT (Daya Dukung Tanah), nilai LER (Lalu-lintas Ekuivalen Rencana), nilai FR (Faktor Regional), nilai IPt (Indeks Permukaan Akhir), dan nilai IPo (Indeks Permukaan Awal).

8. Menentukan koefisien kekuatan relatif berdasarkan jenis lapis perkerasan yang dipilih, yaitu terdapat pada tabel 3.12 berikut :

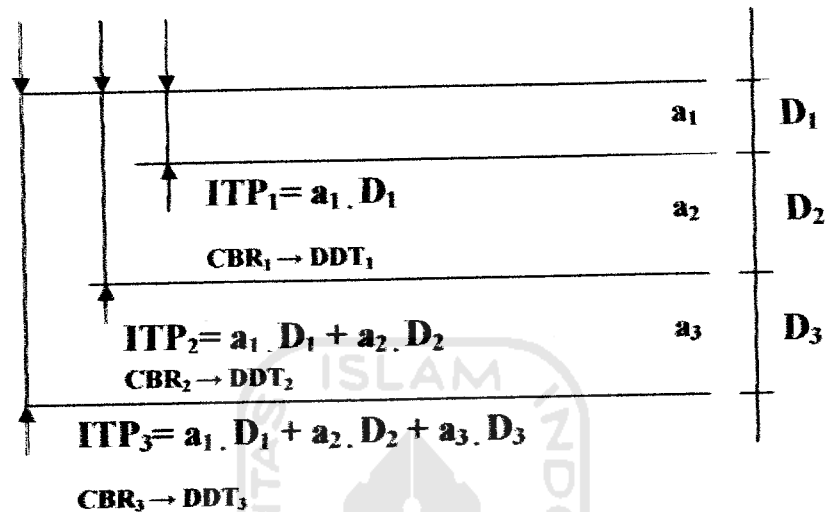
Tabel 3.12 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan	
a_1	a_2	a_3	MS (kg)	Kt (kg/cm^2)	CBR (%)		
0,40			744			LASTON	
0,35			590				
0,32			454				
0,30			340				
0,35			744				
0,31			590				
0,28			454				Asbuton
0,26			340				Hot Rolled Asphalt
0,30			340				Aspal Macadam
0,26			340				LAPEN (Mekanis)
0,25							LAPEN (Manual)
0,20							
	0,28		590				LASTON ATAS
	0,26		454				
	0,24		340				
	0,23					LAPEN (Mekanis)	
	0,19					LAPEN (Manual)	
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan semen	
	0,13			18			
	0,15			22		Stabilitas tanah dengan kapur	
	0,13			18			
	0,14				100	Pondasi macadam (basah)	
	0,12				60	Pondasi macadam (kering)	
	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	

Catatan: Kuat tekan stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7, kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke-21.

Sumber: Bina Marga, 1987

9. Menentukan masing-masing tebal lapis perkerasan dengan dibantu ilustrasi pada gambar 3.7 berikut, dan persamaan-persamaan yang ditunjukkan didalamnya.



Gambar 3.7 Ilustrasi Perhitungan Tebal Perkerasan Tiap Lapisan Metode Analisa Komponen (Bina Marga, 1987)

$$ITP_{(1)} = a_1 \cdot D_1 \dots\dots\dots (3.11)$$

$$ITP_{(2)} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \dots\dots\dots (3.12)$$

$$ITP_{(3)} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan (Tabel 3.12).

D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

Angka 1, 2, dan 3 merupakan indeks untuk masing-masing lapisan, yaitu lapisan permukaan, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi bawah. Perhitungan pada masing-masing lapisan didasarkan pada nilai CBR dan DDT dari lapisan yang berada di bawahnya, yaitu sebagai lapisan penopang atau penyangga.

Perkiraan tebal masing-masing lapis perkerasan disesuaikan pada ketebalan minimum yang telah ditentukan oleh Bina Marga seperti yang ditunjukkan dalam tabel 3.13 dan tabel 3.14 berikut ini.

Tabel 3.13 Tebal minimum lapisan permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan Material
< 3,00	5	Lapisan 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: Bina Marga, 1987

Tabel 3.14 Tebal minimum lapisan pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan Material
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	LASTON ATAS
7,49 – 9,99	20*	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	LASTON ATAS
10,00 – 12,24	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS.
>> 12,15	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS.

- Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk fondasi bawah digunakan menjadi butir kasar.
- Untuk setiap nilai ITP bila digunakan untuk pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

Sumber: Bina Marga, 1987

3.9.2 Metode Asphalt Institute

Metode Desain Ketebalan (MS-1) dari Asphalt Institute menerapkan teori lapis elastis pada desain perkerasan. Metode ini jauh berbeda dari metode AASHTO karena lebih mengandalkan hukum-hukum mekanika untuk memperkirakan tegangan dan regangan kritis dari pada hubungan empiris antara kekuatan tanah dan kondisi lalu-lintas pada tebal perkerasan.

Dalam metode ini, material di setiap lapisan ditandai dengan modulus elastisitas dan Poisson rasio. Lalu-lintas dinyatakan dengan adanya suatu muatan gandar tunggal 80 kN (18.000 lb) yang diberikan pada perkerasan berupa dua set roda gandar. Metode ini dapat dipakai untuk mendesain perkerasan aspal yang tersusun dari permukaan beton aspal dan pondasi, permukaan aspal emulsi dan pondasi, dan permukaan beton aspal dengan pondasi dan atau pondasi bawah yang tak diawetkan. Untuk aspal penuh (*full depth asphalt*), perkerasan dianggap sebagai suatu sistem tiga lapis, sementara untuk sistem dengan *aggregate* yang tak diawetkan digunakan anggapan sistem tiga atau empat lapis.

Parameter yang digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur jalan dengan metode ini adalah:

1. Lalu-lintas. Seluruh lalu-lintas dikonversikan menjadi pembebanan muatan gandar tunggal ekivalen 80 kN (18.000 lb), yang dihitung dengan menggunakan persamaan 3.4 (hal 35) dan persamaan 3.5 (hal 38).

2. Data tanah/pondasi (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) dalam perencanaan perkerasan digunakan untuk menentukan nilai parameter modulus reaksi tanah (M_r). Modulus Reaksi Tanah (M_r) menggunakan rumus atau formula dengan berdasar ketentuan CBR tanah dasar, yaitu pada **persamaan 3.14** (Asphalt Institute, 1991) berikut:

$$M_r = 10,3 \times \text{CBR} \dots\dots\dots (3.14)$$

dengan,

$$M_r = \text{Modulus Reaksi Tanah (MPa)}.$$

3. Faktor lingkungan

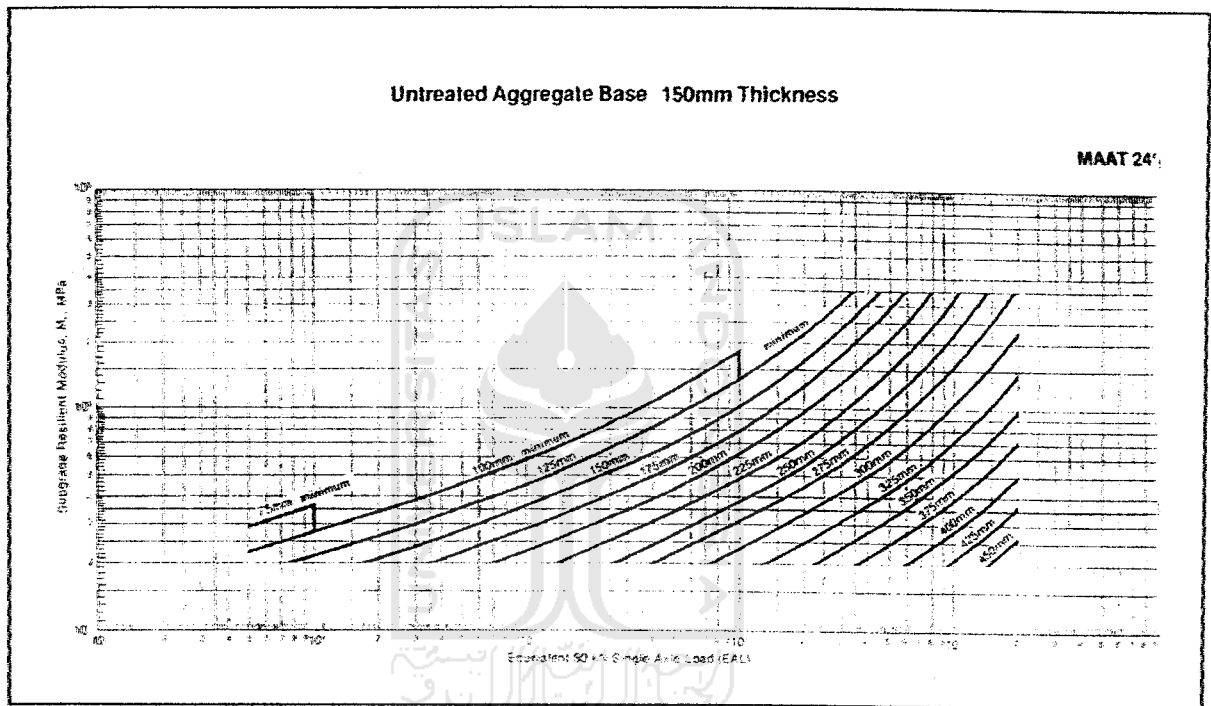
Lingkungan yang berbeda diwakili oleh temperaturnya, yaitu temperatur udara tahunan rata-rata (*mean-annual air temperatur = MAAT*) yang dihitung dengan **persamaan 3.15** (Asphalt Institute, 1991) berikut:

$$MAAT = \frac{\sum (\text{suhu udara bulanan rata - rata})}{12} \dots\dots\dots (3.15)$$

4. Penentuan tebal perkerasan.

Penentuan tebal perkerasan lentur menurut metode Asphalt Institute didasarkan pada penggunaan grafik-grafik nomogram, yang selengkapnya terdapat pada halaman lampiran. Salah satu contoh grafik untuk penentuan tebal perkerasan lentur menurut metode Asphalt Institute ditunjukkan pada **gambar 3.8**. Grafik nomogram dipilih dengan menyesuaikan metode desain perkerasan dan jenis material yang akan digunakan (bagian atas grafik), serta

suhu rata-rata tahunan pada daerah jalan yang akan dibuat (bagian kanan atas grafik). Setelah jenis grafik nomogram ditentukan maka dapat diplotkan hasil perhitungan dari nilai EAL (*Equivalent Single Axle Load*) dan nilai M_r (*Resilient Modulus*)nya, untuk mendapatkan ketebalan lapisan permukaan pada perencanaan perkerasan jalan.



Gambar 3.8 Contoh grafik desain tebal perkerasan Asphalt Institute 1991

(Asphalt Institute, 1991)

Pada tabel 3.15 dan tabel 3.16 dapat ditunjukkan standar yang ditentukan untuk ketebalan minimum lapisan permukaan pada perkerasan lentur menurut Asphalt Institute, sesuai dengan material dan kondisi lalu-lintas yang ada.

Tipe material desain perkerasan menurut metode ini adalah sebagai berikut:

- a. Beton aspal penuh (*full depth asphalt*)
- b. Campuran aspal emulsi

- c. Permukaan beton aspal di atas fondasi atas dan fondasi bawah dari batu pecah yang tak diawetkan (*untreated aggregate*).

Untuk material *untreated aggregate* Asphalt Institute telah menetapkan berdasar standar kekuatannya seperti terdapat pada tabel 3.17.

Tabel 3.15 Ketebalan minimum aspal beton di atas aspal emulsi

EAL	Ketebalan minimum	
	mm	in
10^4	50	2
10^5	50	2
10^6	75	3
10^7	100	4
$> 10^7$	130	5

Sumber: Asphalt Institute, 1991

Tabel 3.16 Ketebalan minimum aspal beton di atas *untreated aggregate base*

EAL	Kondisi lalu-lintas	Ketebalan minimum aspal beton
$< 10^4$	Kendaraan ringan	75 mm
$10^4 - 10^6$	Lalu-lintas truk sedang	100 mm
$> 10^6$	Lalu-lintas truk berat	> 125 mm

Sumber: Asphalt Institute, 1991

Tabel 3.17 Penggolongan *Untreated Aggregate Base* dan *Subbase Quality*

Test	Penggolongan Berdasarkan Test	
	<i>Subbase (Low quality)</i>	<i>Base (High quality)</i>
CBR, minimum	20	80
atau		
Resistance (R) -value, minimum	55	78
<i>Liquid Limit</i> , maksimum	25	25
<i>Plasticity Index</i> , maksimum	6	NP
<i>Sand Equivalent</i> , minimum	25	35
<i>Passing No. 200 sieve</i> , maksimum	12	7

Sumber: Asphalt Institute, 1991