BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan pengetahuan penulis, penelitian menggunakan judul "Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode Analisa Komponen, Metode Asphalt Institute dan Program Kenpave", belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Namun terdapat penelitian lainnya dengan judul "Penggunaan Metode Asphalt Institute dan Metode Analisa Komponen untuk Perbandingan Suatu Nilai Rancang Tebal Lapis Perkerasan Lentur Jalan Raya", yang diteliti oleh Elianora (1999). Dalam penelitian ini didapat tebal lapis menggunakan metode Analisa Komponen lebih tebal dibandingkan dengan metode Asphalt Institute. Serta penelitian yang berjudul "Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 dan Metode *Aashto* 1993 Menggunakan Program Kenpave", yang diteliti oleh Doni Ikrar Dinata (2017). Dalam penelitian ini didapat tebal lapis perkerasan jalan menggunakan kedua metode tidak mampu mnerima beban lalu-lintas rencana.

2.1.1 Tinjauan Umum

Kekuatan konstruksi sebuah perkerasan jalan sangat ditentukan dari besarnya nilai daya dukung tanah dimana konstruksi itu diletakkan. Semakin baik nilai daya dukung tanah maka semakin baik pula ketahanan (kekokohan/kestabilan) dari konstruksi tersebut. Sering kali terjadi bahwa pada konstruksi jalan khususnya pada perkerasan lentur terjadi kegagalan (kerusakan) sementara masa pemakaian jalan masih dalam umur rencana. Kondisi ini bermakna bahwa beban lalu lintas yang bekerja pada jalan tersebut tidak didukung oleh kekuatan tanah dasarnya, lebih besar beban yang bekerja dari daya dukung tanahnya (Akbar dan Wesli, 2014).

Umur rencana yang sudah direncanakan pada kenyataannya tidak sesuai dengan yang terjadi di lapangan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pertumbuhan lalu-lintas melampaui batas, kodisi tanah dasar yang

buruk, material yang tidak sesuai, serta pelaksanaan yang tidak sesuai (Putri, 2016).

2.1.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur (*flexibel pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan material campuran beraspal sebagai lapisan permukaan serta material berbutir atau batu besar sebagai lapis di bawahnya (Pt T-01-2002-B).

Struktur perkerasan lentur umumnya terdiri dari lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Berikut ini penjelasan dari tiap-tiap lapis struktur perkerasan lentur.

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan struktur perkerasan lentur terdiri dari atas campuran mineral agregat dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan atas dan biasanya terletak di atas lapis pondasi menurut (Pt T-01-2002-B). Fungsi lapis permukaan antara lain :

1) Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda.
2) Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi jalan dari kerusakan akibat cuaca.
3) Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapisan permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda.

b. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung di atas tanah dasar. Fungsi lapis pondasi yakni :

1) Sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan beban roda.
2) Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Bermacam-macam bahan alam/setempat (CBR > 50%, Pl < 4%) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah yang distabilisasi dengan semen, aspal, pozzolan, atau kapur.

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi atau pun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain :

1) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi).
3) Mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
4) Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan konstruksi bejalan lancar.

Lapis pondasi bawah diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat (terutama pada saat pelaksanaan konstruksi) atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Bermacam-macam jenis tanah setempat (CBR ≥ 20%, Pl ≤ 10%) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen *portland*, dalam beberapa hal sangat dianjurkan agar diperoleh bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

d. Tanah dasar

Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik apabila perancangan dilakukan dengan baik. Tanah dasar merupakan tumpuan yang menerima beban dari lapis perkerasan di atasnya (Chasanah, 2015). Persoalan tanah dasar yang sering ditemui antara lain :

1) Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu-lintas.
2) Sifat pengembangan dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3) Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi.
4) Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas untuk jenis tanah tertentu.
5) Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan konstruksi.

2.1.4. Perancangan Volume Lalu-lintas

Perancangan tebal perkerasan jalan membutuhkan beberapa data lalu-lintas dengan rentang waktu tertentu. Data tersebut dapat diperoleh dengan melaksanakan survey secara langsung dengan cara mencatat kendaran yang lewat serta menentukan jenis kendaraan berdasarkan golongannya. Serta dibutuhkan juga data estimasi volume lalu-lintas ketika jalan dibuka pertama kalinya. Data lalu-lintas yang dibutuhkan untuk perancangan tebal perkerasan yakni :

a. Data daya dukung tanah.
b. Data jenis kendaraan.
c. Volume lalu-lintas harian.
d. Pertmbuhan lalu-lintas tahunan.
e. Umur rencana.
f. Faktor distribusi arah.
g. Faktor distribusi lajur.
h. *Equivalent Singel Axle Load* (ESAL).

2.1.4. Klasifikasi Jalan dan Kendaraan

Klasifikasi jalan yakni penggolongan suatu jenis jalan berdasarkan fungsi jalan, kelas jalan, medan jalan, dan wewenang pembinaan jalan.

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan.

Klasifikasi jalan menurut fungsi dibagi menjadi jalan arteri, kolektor dan lokal dalam Peraturan Bina Marga No. 038/TBM/1997 sebagai berikut.

1) Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2) Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumoul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3) Jalan lokal adalah jalan yang melayani agkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

Menurut Peraturan Bina Marga No. 038/TBM/1997. Klasifikasi jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu-lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan (Peraturan Bina Marga No. 038/TBM/1997)

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

c. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Menurut Peraturan Bina Marga No. 038/TBM/1997. Klasifikasi jalan menurut medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan (Peraturan Bina Marga No. 038/TBM/1997)

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

d. Klasifikasi Jalan Menurut Status Jalan

Jalan menurut statusnya berdasarkan UU No 38 Tahun 2004 yakni jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.

1) Jalan nasional yakni jalan arteri dan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antara ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
2) Jalan provinsi yakni jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
3) Jalan kabupaten yakni jalan lokal dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan loal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jarinagn jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4) Jalan kota yakni jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada dalam kota.
5) Jalan desa yakni jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.1.5. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Perkerasan Jalan

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja struktur perkerasan adalah kelembaban, temperatur, cuaca, dan drainase (Hardiyatmo, 2015).

a. Pengaruh Kelembaban

Air dapat masuk ke dalam struktur perkerasan melalui retakan, sambungan, dan bagian samping jalan. Air yang masuk lewat retakan atau bahu akan membasahi tanah dasar dan mengurangi kekuatannya, terutama bila tanah dasar berupa tanah lempung. Pengurangan kekuatan ini mengakibatkan perkerasan cepat rusak.

b. Pengaruh Temperatur

Temperatur berpengaruh besar pada kinerja perkerasan yang permukaannya ditutup dengan aspal. Aspal menjadi kaku dan getas pada temperatur rendah, dan menjadi lunak atau lembek pada suhu tinggi. Deformasi permanen dapat terjadi pada permukaan aspal akibat suhu yang terlalu tinggi.

c. Pengaruh Cuaca

Pemilihan kondisi cuaca yang tepat diperlukan terutama untuk pekerjaan pemeliharaan perkerasan. Sebagai contoh, pengisian retakan akan berhasil baik bila dilakukan pada musim dingin dan panas. Tambalan bekerja dengan baik bila perkerasan dalam kondisi hangat dan panas.

d. Pengaruh Drainase

Drainase jalan yang baik harus mampu menghindarkan masalah-masalah kerusakan jalan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan beban lalu lintas.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Metode Analisa Komponen

Metode Analisa Komponen 1987 merupakan terjemahan dari Metode AASHTO 1972 revisi 1981. Namun penerjemahan ini tidak hanya semata diterjemahkan. Ada beberapa perubahan yang dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi alam di Indonesia. Parameter perancangan sebagai berikut:

a. Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C)

Jalur rencana ialah salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang digunakan untuk menampung lalu lintas terbesar. Berdasarkan SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02), jumlah jalur ditentukan berdasarkan lebar perkerasan menurut Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jajur (n)
L < 5,50 m	1 jalur
5,50 m ≤ L < 8,25 m	2 jalur
8,25 m ≤ L < 11,25 m	3 jalur
11,25 m ≤ L < 15,00 m	4 jalur
15,00 m ≤ L < 18,75 m	5 jalur
18,75 m ≤ L < 22,00 m	6 jalur

Untuk nilai koefisien distribusi kendaraan (C) untuk jenis kendaraan ringan dan berat yang lewat melalui jalur rencana ditentukan berdasarkan Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Koefisien Distribusi Kendaraan, C (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

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

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

**) Berat total > 5 ton, misalnya bus, truk, traktor, semi trailler, trailler.

b. Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Angka Ekivalen (E) masing-masing golongan beban sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus dan atau Tabel 2.5.

1) Sumbu tunggal

$$E = \left[\frac{Beban\ satu\ sumbu\ dalam\ kg}{8160}\right]^4 \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

2) Sumbu ganda

$$E = 0{,}086 \times \left[\frac{Beban\ satu\ sumbu\ dalam\ kg}{8160}\right]^4 \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

3) Sumbu triple

$$E = 0{,}053 \times \left[\frac{Beban\ satu\ sumbu\ dalam\ kg}{8160}\right]^4 \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

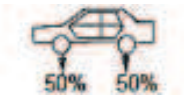
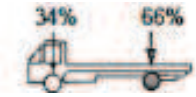
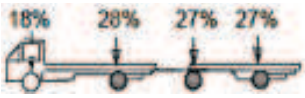
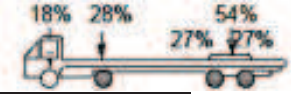
Tabel 2.5 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

Beban Sumbu		Angka Ekivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1.2712

c. Konfigurasi Sumbu Beban Kendaraan

Konfigurasi sumbu beban kendaraan menurut Bina Marga dapat di paparkan sesuai Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Konfigurasi Sumbu Beban Kendaraan (Manual Perkerasan Jalan dengan alat Bankelman beam No.01/MN/BM/83)

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BERAT MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	○ RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU ● RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	50264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	27416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	39083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	61179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

d. Fungsi Jalan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, fungsi jalan di Indonesia dapat dibedakan menjadi beberapa macam sebagai berikut.

1) Jalan Arteri, adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah, serta menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder.
2) Jalan Kolektor, adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah, atau antara pusat kegiatan wilayah dengan dengan pusat kegiatan lokal, serta menghubungkan antar kawasan sekunder kedua.
3) Jalan Lokal, adalah jalan yang menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, serta antar pusat kegiatan lingkungan. Dan menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan.
4) Jalan Lingkungan, adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasaan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasaan pedesaan. Serta menghubungkan antar persil dalam kawasan perkotaan.

e. Umur Rencana

Menurut Wignall (1999) dalam Oetomo (2013) umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah yang dihitung dalam tahun terhitung mulai dari saat jalan dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan jalan yang bersifat struktural (diperlukan lapis ulang / *overlay* lapisan perkerjaan). Selama umur rencana tersebut, pemeliharaan perkerasan jalan tetap perlu dan harus terus dilakukan, seperti pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana perkerasan lentur jalan baru umumnya ditetapkan 20 tahun atau mungkin cukup hanya 10 tahun sedangkan untuk peningkatan jalan umur rencana 10 tahun.

f. Nilai Pertumbuhan Lalu Lintas

Menurut Sukirman (1999) faktor pertumbuhan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang memakai jalan bertambah dari tahun ke tahun. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas adalah perkembangan daerah, bertambahnya kesejahteraan masyarakat, naiknya kemampuan membeli kendaraan, dls. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen/tahun.

g. Lalu lintas Harian Rata-Rata dan Rumus Lintas Ekivalen

Dalam SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73 (02) Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median. Lalu lintas harian rata-rata (LHR) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$LHR_{awal\ UR} = LHR_0 \times (1+i)^{UR}$ ..... (2.4)

Dimana :

I = Nilai pertumbuhan lalu lintas.

UR = Umur rencana.

LHR_0 = Lalu lintas harian rata-rata sebelum perkerasan jalan dikerjakan.

Untuk menghitung nilai LHR akhir dapat ditentukan dengan rumus :

$LHR_{akhir\ UR} = LHR_{awal\ UR} \times (1+i)^{UR}$ ..... (2.5)

Dimana :

I = Nilai pertumbuhan lalu lintas.

UR = Umur rencana.

Lintas ekivalen permulaan (LEP) dapat dihitung dengan rumus :

$LEP = LHR_{awal\ UR\ j} \times C_j \times E_j$ ..... (2.6)

Dimana :

C = Koefisien Distribusi Kendaraan.

E = Angka ekivalen kendaraan.

J = Jenis kendaraan.

Lintas ekivalen akhir (LEA) dapat dihitung dengan rumus :

$LEA = LHR_{akhir\ UR\ j} \times C_j \times E_j$ ..... (2.7)

Dimana :

C = Koefisien Distribusi Kendaraan.

E = Angka ekivalen kendaraan.

J = Jenis kendaraan.

Lintas ekivalen tengah dihitung menggunakan rumus :

LET $= \frac{LEP+LEA}{2}$ ..... (2.8)

Lintas ekivalen rencana (LER) dapat dihitung dengan rumus :

LER = LET x FP ..... (2.9)

Dimana :

FP = Faktor Penyesuaian

FP $= \frac{UR}{10}$ ..... (2.10)

Dimana :

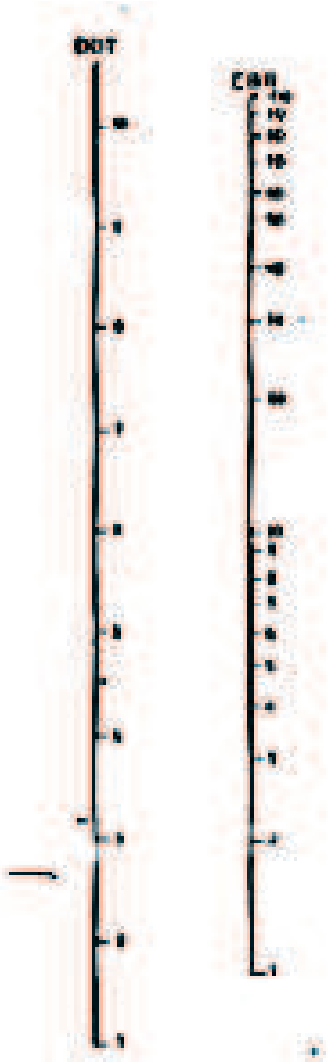
UR = Umur Rencana

h. Daya Dukung Tanah Dasar dan CBR

Menurut sukirman (1999) *subgrade* atau lapis tanah dasar merupakan lapis tanah yang paling atas, diatas dimana diletakan lapisan dengan material yang lebih baik. Sifat tanah dasar ini mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhannya.

Daya dukung tanah dasar atau DDT ditetapkan berdasarkan grafik korelasi (Gambar 2.1). Data yang mewakili dari jumlah data CBR yang dilaporkan ditentukan sebagai berikut :

1) Ditentukan nilai CBR terendah.
2) Ditentukan berapa banyak nilai CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai CBR.
3) Angka jumlah terbanyak dinyatakn sebagai CBR 100%. Jumlah lainnya merupakan presentase dari 100%.
4) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan presentase CBR yang sama atau lebih besar.
5) Nilai CBR yang mewakili didapat dari angka 90%.



Gambar 2.1 Nomogran Korelasi Antara CBR dan DDT (SKBI – 2.3.26. 1987 UDC : 625. 73 (02))

i. Fakror Regional (FR)

Faktor regional menurut SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02)) yaitu keadaan lapangan mencangkup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta presentase kendaraan dengan berat 13 ton, dan keadaan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencangkup curah hujan rata-rata per tahun.

Mengingat persaratan penggunaan disesuaikan dengan peraturan pelaksanaan pembangunan jalan raya edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama.

Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk trase (kelandaian dan tikungan), presentase kendaraan berat yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kendaraan Berat} = \frac{Berat\ kendaraan\ berat\ (ton)}{Berat\ kendaraan\ total\ (ton)} \times 100\% \quad .... \quad (2.11)$$

Tabel 2.7 Faktor Regional (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

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

j. Indeks Permukaan

Indeks Permukaan adalah nilai yang menyatakan nilai / kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

IP = 1,0 : adalah menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat memnganggu lalu lintas.

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

IP – 2,0 : adalah tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih mantap.

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

Dalam penentuan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana (IPt), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER), menurut Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana, (IPt) (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

LER - Lintas Ekivalen Rencana *	Klasifikasi			
	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

*LER dalam satuan angka ekivalen 8,6 ton beban sumbu tunggal.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (karatan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana menurut Tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana, (IPo) (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

Jenis Permukaan	IPo	*Roughness* (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 - 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 3,0	> 2000
HRA	3,9 - 3,5	≤ 2000
	3,4 - 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
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	≤ 2,4	
JALAN KRIKIL	≤ 2,4	

k. Koefisien Kekuatan Relatif

Menurut SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02) koefisien kekuatan relatif adalah masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai *Marshall Test*

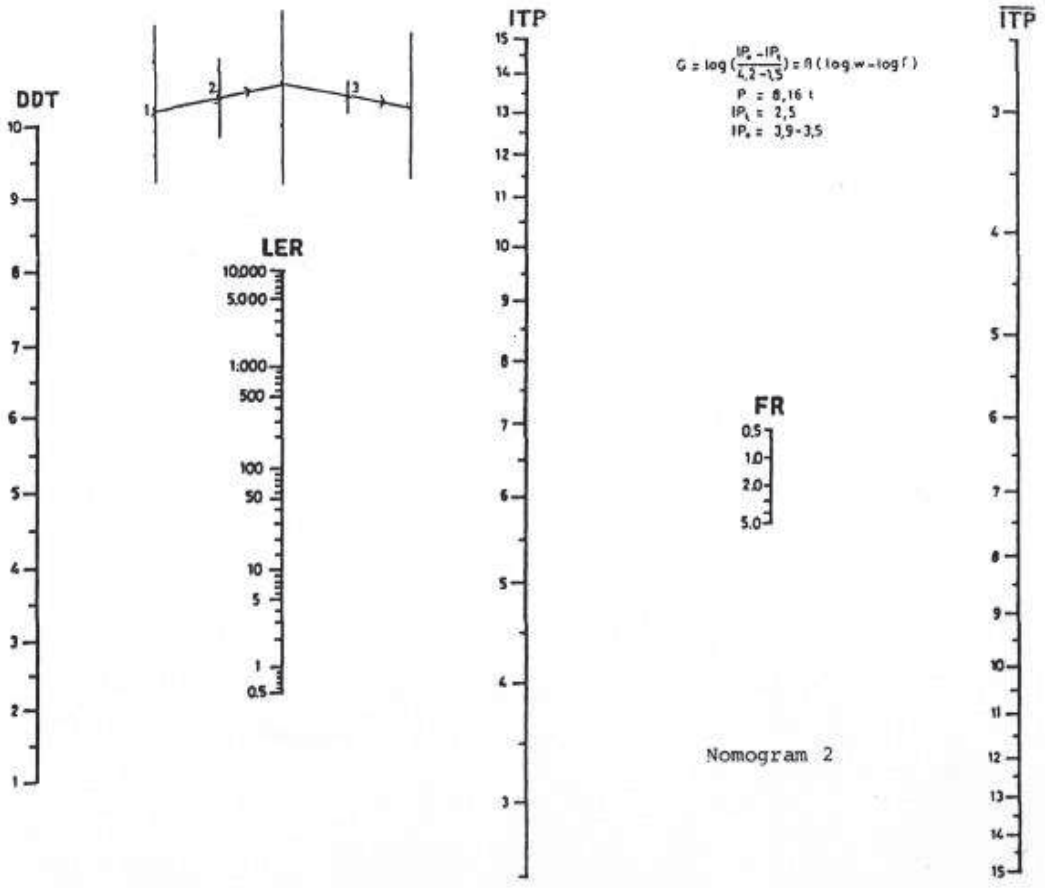
(untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilitas dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefesien kekuatan relatif jenis bahan perkerasan dapat dijelaskan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Koefisien Kekuatan Relaif, (a) (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (Kg/Cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Makadam
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 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 (kelasA)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelasB)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelasC)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

l. Indeks Tebal Perkerasan

Setelah menghitung dan mendapatkan nilai-nilai DDT, LER rencana, dan FR kemudian memplotkan nilai-nilai tersebut dan menghubungkan dengan garis yang nantinya akan didapat nilai ITP pada nomogram yang telah ditentukan. Adapun contoh nomogram sebagai berikut.



Gambar 2.2 Nomogram Korelasi Antara DDT, LER, FR, dan ITP (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

m. Menghitung Tebal Perkerasan

Berikut ini rumus perhitungan tebal perkerasan :

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3 \quad \text{.....} \quad (2.12)$$

a = Koefisien Kekuatan Relatif (Tabel 2.10)

D = Tebal tiap lapis perkerasan

ITP = Didapat dari nomogram (Gambar 2.2)

n. Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Perkerasan

Untuk perencanaan tiap lapis tebal perkerasan telah ditentukan nilai tebal minimumnya. Untuk tebal minimum lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

ITP	Tebal Minimum (cm)	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	10	Laston

Kemudian untuk tebal lapis pondasi memiliki batas minimum seperti Tabel 2.12 di bawah ini.

Tabel 2.12 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi (SKBI-2.3.26. 1987 UDC : 625.73 (02))

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur.
3,00 - 7,49	20*	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur.
	10	Laston
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston atas
10 - 12,14	20	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam, Lapen, Laston atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam, Lapen, Laston atas

*) Batas 20 cm dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

2.2.2. Metode *Asphalt Institute*

Metode *Asphalt Institute* merupakan salah satu metode empirik dalam perencanaan tebal perkerasan jalan sama seperti metode analisa komponen. Pada dasarnya metode ini menggunakan grafik yang dikeluarkan oleh Asphalt Institute dari Amerika. Perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya mengacu dengan menggunakan metode *Asphalt Institute* yang mengacu pada *Manual Series* No. 1 (MS-1) – 1999. Asphalt Institute mengasumsi bahwa perkerasan sebagai sebuah sistem multi layer yang elastis. Dua kondisi khusus yang yang dipertimbangkan dalam analisis perkerasan adalah tegangan dan regangan (*Manual Series Asphalt Institute*, 1999). Parameter perencanaan tebal perkerasan lentur Metode *Asphalt Institute* yaitu.

a. Lalu lintas

Dalam metode asphalt institute, volume lalu-lintas yang digunakan yakni volume lalu-lintas kendaraan berat. Beban sumbu tunggal yang diperhitungkan dalam metode ini yakni 80 kN atau 8,16 ton.

(1) Volume Lalu-lintas

Metode asphalt institute menghitung lalu-lintas tahunan dengan persamaan 2.13.

LHRt = LHR x 365 ..... (2.13)

Dimana,

LHR = LHR 2018

365 = Jumlah hari dalam satu tahun

Kemudian menentukan volume lalu-lintas rencana menggunakan persamaan 2.14.

VLR = LHRt x C x GF ..... (2.14)

Dengan,

LHRt = Lalu-lintas tahunan, Persamaan 2.13

C = Koefisien Distribusi Kendaraan, Tabel 2.4

GF = *Growth Factor,* Persamaam 2.15

Dalam metode *asphalt institute* memperkirakan pertumbuhan lalu-lintas berkisar antara 4% -9% untuk jalan rural, dan 8% - 10% untuk jalan perkotaan. Pertumbuhan lalu lintas (GF) dapat dihitung menggunakan rumus 2.15 atau menggunakan Tabel 2.13 berikut.

$$GF = \frac{(1+I)^{UR}-1}{I} \quad \text{.....} \quad (2.15)$$

Dengan,

I : Tingkat Pertumbuhan Lalu lintas (%)

UR : Umur Rencana

Tabel 2.13 Faktor Pertumbuhan (GF) (*Asphalt Institute, Thicknes Design Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1), 1999*)

Umur Rencana , Tahun (n)	Tingkat Pertumbuhan Rata-rata, % (i/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	8.65	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	19.60	21.02	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	40.54
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	33.07	36.79	41.00	45.76	57.27
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

(2) Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Dalam metode *Asphalt Institute* jenis kendaraan yang diperhitungkan sebagai penentu angka ekivalen sumbu kendaraan (*Equivalen Single Axle Load*) ESAL. Jenis kendaraan berat atau kendaraan yang memiliki berat lebih dari 5 ton saja. *Asphalt Institute* telah menentukan pedoman distribusi beban setiap jenis kendaraan dan pada kondisi tertentu sesuai dengan kelas jalan di Amerika Serikat. Pedoman tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.15 dan 2.17.

Tabel 2.14 Presentase Total Lalu-lintas dalam Lajur Rencana Menurut *Asphalt Institute*

Jumlah Lajur Lalu-lintas (dua arah)	Presentase truk dalam lajur rencana
3	50
4	45 (35-48)
> 6	40 (25-48)

Namun pedoman tersebut tidak dapat digunakan di Indonesia dikarenakan kondisi cuaca serta serta jenis dan perilaku kendaraan yang berbeda. Maka dari itu untuk mengimplementasikan Metode *Asphalt Institute* di Indonesia, pedoman yang digunakan menggunakan pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga, yaitu Tabel 2.6.

(3) Menentukan EAL Rencana

Asphalt Institute menyarankan prosedur analisis lalu lintas dengan memperhitungkan angka ekivalen sebesar 80 kN (18.000 lb) beban as tunggal untuk digunakan dalam perencenaan tebal perkerasan. Besar nilai EAL ini dipengaruhi oleh

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

Tabel 2.15 Distribusi Truk pada Kelas Jalan Yang Berbeda – Amerika *(Asphalt Institute, 1999)*

Truck Class	Persen Truck											
	Rural System						Urban System					
	Inter State	Other Principal	Minor Arterial	Collectors Major	Collectors Minor	Range	Inter State	Other Freeway	Other Principal	Minor Arterial	Collectors	Range
Single Unit Truck												
2 sumbu, 4 roda	43	60	71	73	80	43-80	52	66	67	84	86	52-86
2 sumbu, 6 roda	8	10	11	10	10	8-11	12	12	15	9	11	9-15
3 sumbu / lebih	2	3	4	4	2	2-4	2	4	3	2	<1	<1-4
Total single unit	53	73	86	87	92	53-92	66	82	85	95	97	66-97
Multiple unit truck												
4 sumbu / kurang	5	3	3	2	2	2-5	5	5	3	2	1	1-5
5 sumbu	41	23	11	10	6	6-41	28	13	12	3	2	2-28
6 sumbu / lebih	1	1	< 1	1	< 1	<!-1	1	<1	< 1	<1	<1	<1-1
Total multiple	47	27	14	13	8	8-17	34	18	15	5	3	3-34
Semua tipe truck	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	

Tabel 2.16 Distribusi *Truck Factor* (TF) pada Kelas Jalan dan kendaraan yang Berbeda – Amerika *(Asphalt Institute, 1999)*

Tipe Kendaraan	Truck Factor											
	Rural System						Urban System					
	Inter State	Other Principal	Minor Arterial	Collectors Major	Collectors Minor	Range	Inter State	Other Freeway	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	0.23	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	0.6	0.48-0.98
5 sumbu	1.09	1.28	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	1.33	1.04-2.21	1.05	1.19	0.9	0.64	-	0.64-1.19
Total multiple	1.04	1.21	0.97	1.32	1.08	0.07-1.52	1.05	0.96	0.91	0.67	0.53	0.53-1.05

Dengan demikian ESAL dalam *asphalt institute* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

EAL = ∑(LHRt x *Truck Factor* x GF) ..... (2.16)

Truck Factor (TF) dapat diperoleh dari faktor ekivalensi beban pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Faktor Ekivalensi Beban Asphalt Institute (*Asphalt Institute, Thicknes Design Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1), 1999*)

Beban Sumbu		*Load Equivalency Factors*		
Kn	Lb	SumbuTunggal	Sumbu Ganda	Tiga Sumbu
4.45	1000	0.00002		
8.9	2000	0.00018		
17.8	4000	0.00209	0.0003	
26.7	6000	0.01045	0.001	0.0003
35.6	8000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12000	0.189	0.014	0.003
62.3	14000	0.36	0.027	0.006
71.2	16000	0.623	0.047	0.011
80.1	18000	1	0.077	0.017
89	20000	1.51	0.121	0.027
97.9	22000	2.18	0.18	0.04
106.8	24000	3.03	0.26	0.057
115.7	26000	4.09	0.364	0.08
124.6	28000	5.39	0.495	0.109
133.5	30000	6.97	0.658	0.145
142.4	32000	8.88	0.857	0.191
151.3	34000	11.18	1.095	0.246
160.2	36000	13.93	1.38	0.313
169.1	38000	17.2	1.7	0.393
178	40000	21.08	2.08	0.487
186.9	42000	25.64	2.51	0.597
195.8	44000	31	3	0.723
204.7	46000	37.24	3.55	0.868
213.6	48000	44.5	4.17	1.003
222.5	50000	52.88	4.86	1.22
231.4	52000		5.63	1.43
240.3	54000		6.47	1.66
249.2	56000		7.41	1.91
258.1	58000		8.45	2.2
267	60000		9.59	2.51
275.9	62000		10.84	2.85

Tabel 2.17 Lanjutan

Beban Sumbu		*Load Equivalency Factors*		
Kn	Lb	SumbuTunggal	Sumbu Ganda	Tiga Sumbu
284.8	64000		12.22	3.22
293.7	66000		13.73	2.62
302.6	68000		15.38	4.05
311.5	70000		17.19	4.52
320	72000		19.16	5.03
329	74000		21.32	5.57
338	76000		23.66	6.15
347	78000		26.22	6.78
356	80000		29	7.45
364.7	82000		32	8.2
373.6	84000		35.3	8.9
382.5	86000		38.8	9.8
391.4	88000		42.6	10.6
400.3	90000		46.8	11.6

Cara penentuan *Truck Factor* (TF) dengan cara menjumlah *Load Equivalent Factor* tiap jenis kendaraan namun perlu adanya penyesuaian pada metode di atas dengan menggunakan Persamaan 2.17 dengan pendistribusian sumbu masing-masing kendaraan yang disesuaikan dengan kondisi jalan di Indonesia pada Tabel 2.6 untuk mendapat (TF) tiap kendaraan.

TF = ∑*Load Equivalency Factor*

Persamaan diatas bila diimplementasikan pada Metode Bina Marga menjadi persamaan berikut.

$$TF = X1 + X2 \quad \text{.....} \quad (2.17)$$

Dengan,

TF = *Truck Factor*

X1 = Faktor Beban Ekivalen Sumbu Depan

X2 = Faktor Beban Ekivalen Sumbu Belakang

b. Tanah Dasar

Pada Metode *Asphalt Institute* parameter yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah yakni menggunakan *Resilient Modulus* (M_R). Untuk menentukan nilai Mr digunakan rumus sebagai berikut.

$M_R = 10.3 \times CBR$ ..... (2.18)

Dengan,

M_R = Modulus Reaksi Tanah (Mpa)

c. Kondisi Lingkungan

Metode Asphalt Institute meprioritaskan temperatur sebagai wakil dari parameter kondisi lingkungan di Amerika, temperatur yang digunakan yakni teperatur tahunan rata-rata (*Mean Anual Air Temperature*, MAAT) yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$MAAT = \frac{\sum(Suhu\ bulanan\ rata-rata)}{12} \quad \text{.....} \quad (2.19)$$

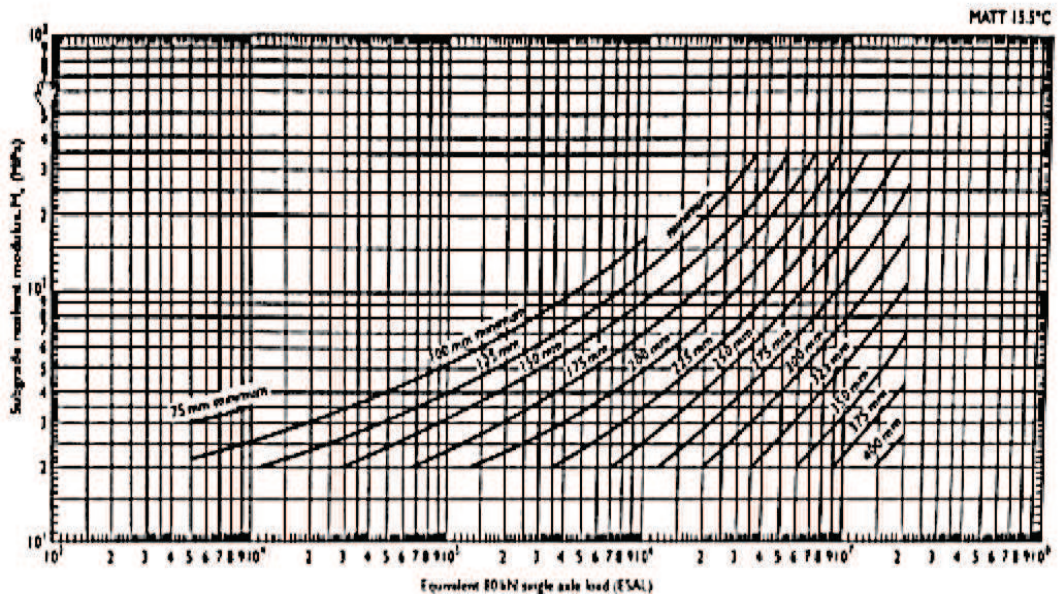
d. Penentuan Tebal Perkerasan

Setelah mendapatkan parameter yang dibutuhkan untuk menentukan tebal perkerasan seperti ESAL (*Eqivalent Single Axle Load*) dan nilai M_R (*Resilient Modulus*), nilai dari parameter diplotkan pada nomogram yang telah disediakan oleh *asphalt institute* berdasarkan material, kondisi lalu-lintas, dan MAAT yang telah di rencanakan. Kemudian di plotkan pada nomogram yang telah disediakan seperti pada Gambar 2.3.

Tipe desain perkerasan menurut asphalt institute sebagai berikut.

1) Beton Aspal Penuh (*full depth asphalt*)
2) Campuran aspal emulsi, Tabel 2.18.
3) Permukaan beton aspal di atas pondasi atas dan bawah dari batu pecah yang tidak diawetkan (*untreated aggregate*), Tabel 2.19.

   Untuk material *untreted aggregate asphalt institute* ditentukan seperti pada Tabel 2.20.



Gambar 2.3 Contoh Nomogram Desain Tebal Perkerasan (*Asphalt Institute,* 1999)

Tabel 2.18 Tebal minimum aspal beton di atas aspal emulsi (*Asphalt Institute, Thicknes Design Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1))*

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

Tabel 2.19 Tebal Minimum Aspal Beton Di Atas *Untreated Aggregate Base* (*Asphalt Institute, Thicknes Design Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1))*

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

Tabel 2.20 Panggolongan *Untreated Aggregate Base Dan Subbase Quality (Asphalt Institute, Thicknes Design Asphalt Pavement for Highway and Streets, Manual Series No. 1 (MS-1))*

Test	Penggolongan berdasarkan *test*	
	Subbase (*low quality*)	*Base* (*High quality*)
CBR Minimum	20	80
Atau		
Resistance (R) - *value* minimum	55	78
Liquid Limit, maksium	25	25
Plasticity Index, maksimum	6	NP
Sand Equivalent, minimum	25	35
Passing No, 200 *sieve*, maksimum	12	7

2.2.3. Program Kenpave

Program Kenpave merupakan *software* desain perancangan perkerasan yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang. P .E. Professor Emeritus of Civil Engineering Univercity of Kentucky. *Software* ini dapat dijalankan dengan Microsoft Windows. Kenpave mengkombinasi program Kenlayer untuk *flexible pavement* dan Kenslab untuk *rigid pavement* (Muniandy, 2013).

Program Kenpave merupakan program yang menganalisa tebal perkerasan jalan dari tanah dasar hingga lapis permukaan. Untuk *input* data pada Program Kenpave membutuhkan data karakteristik dan material perkerasan jalan, seperti modulus elastisitas, *poisson ratio*, beban roda, tekanan roda, dan tebal perkerasan (Dinata, 2017).

Software ini terbagi menjadi empat program, dapat diketahui pada Tabel 2.21. Program Kenlayer hanya dapat digunakan pada perkerasan lentur. Sebelum me*running* Program Kenlayer, terlebih dahulu meng*input* data pada Program Layerinp (Huang, 2004).

Tabel 2.21 Program Analisis Program Kenpave Menurut Jenis Perkerasan

NO	Program analisis perkerasan lentur	Program analisis perkerasan kaku
1.	Layerinp	Slabinp
2.	Kenlayer	Kenslab

Gambar 2.4 Tampilan awal Program Kenpave

a. Menu-menu pada Program Kenpave

1) *Data Path*

Data Path merupakan direktori penyimpanan data. Pada umumnya nama direktori adalah C:\KENPAVE\ sebagai nama pada saaat proses instalisasi. Jika ingin membuat direktori baru sebagai tempat penyimpanan data *file* yang dibuat, dapat mengetikan nama direktori (mis C:\XYZ\) di kotak jalur data.

2) *Filename*

Menu *file name* ini akan menampilkan *file* baru dari Layernip dan Slabsinp. Nama *file* akan ditampilkan pada kotak yang akan digunakan

dalam *file* lain yang dihasilkan selama pelaksanaan Kenlayer atau Kenslabs.

3) *Help*

Menu *help* adalah menu bantuan yang diberikan oleh program untuk menjelaskan parameter dan penggunaan program yang terdapat pada setiap layar menu. Menu ini sangat membantu pengguna dalam penggunaan program.

4) Editor

Menu editor digunakan untuk memerikasa, mengedit dan mencetak data *file*.

5) Layerinp dan Slabsinp

Kedua menu ini digunakan untuk membuat data *file* sebelum Kenlayer atau Kenslabs dapat dijalankan.

6) Kenlayer dan Kenslabs

Kedua menu ini merupakan program inti dalam analisis perkerasan dan dapat dijalankan setelah semua data *file* telah diisikan. Program ini akan membaca dan melakukan perhitungan.

7) Lgraph atau Sgraph

Menu ini digunakan untuk grafik rencana penampang perkerasan dengan beberapa informasi tentang *input* dan *output*.

8) *Contour*

Menu ini berguna untuk plot kontur tekanan atau momen dalam arah x atau y. Menu ini digunakan untuk perkerasan kaku.

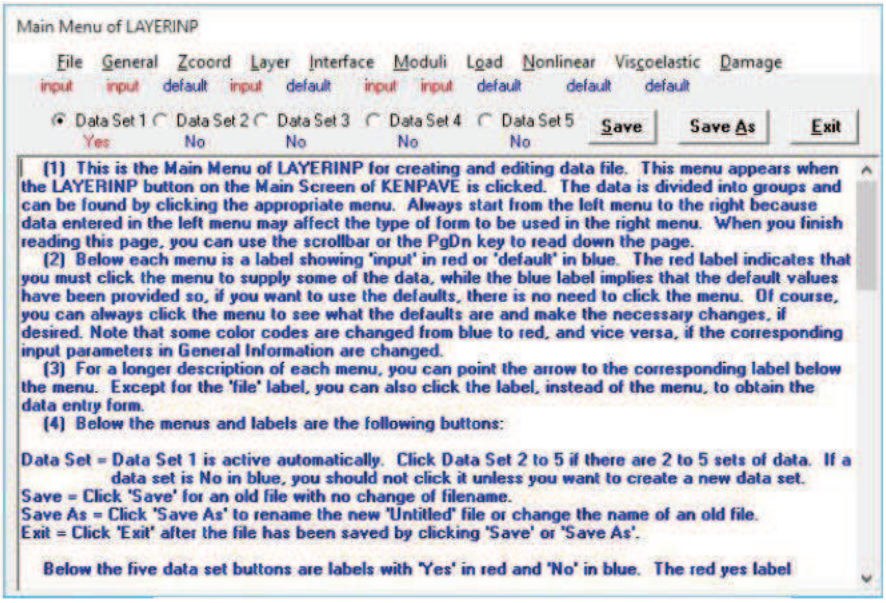
b. Program Layerinp

Program ini hanya dapat diterapkan pada jenis perkerasan lentur. Dasar dari Program Kenlayer adalah teori sistem lapis banyak. Teori ini adalah metode mekanistik dalam perencanaan perkerasan lentur.

Program Layerinp dimulai dengan mengisi beberapa data *file* pada masing-masing menu. Berikut ini pemaparan mengenai menu-menu tersebut.

1) *File*

Menu ini digunakan untuk memulai *file* (*new*) untuk *file* baru dan (*old*) untuk *file* yang telah ada.



Gambar 2.5 Tampilan Layar Program Layerinp

2) *General*

Dalam menu *general* ada beberapa menu yang harus di*input* yaitu:

a) *Title* : Memasukan nama dengan 68 karakter atau kurang.

b) MATL : Untuk menentukan material (1) jika lapisan merupakan linier elastik, (2) jika lapisan merupakan non linier elastik, (3) jika lapisan merupakan viskoelastik, (4) jika lapisan merupakan capuran dari ketiga lapisan diatas.

c) NDAMA : Memilih analisa kerusakan. (0) apabila tidak ada kerusakan analisis, (1) terdapat kerusakan analisis dan ada hasil *print out*, (2) terdapat kerusakan analisis dan ada hasil *print out* yang lebih detail.

d) DEL : Nilai akurasi hasil analisa, *Default* akurasi 0,001.

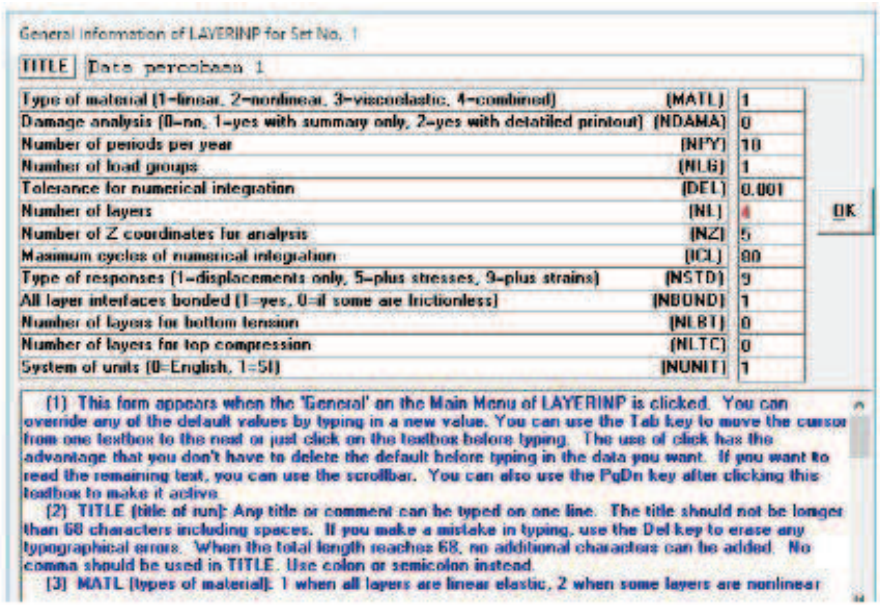
e) NL : Jumlah *layer*. Maksimal 19 layer.

f) NZ : Letak koordinat arah Z yang akan dianalisis. Jika NDAMA = 1 atau 2, maka NZ = 0 karena program akan menganalisa di koordinat yang mengalami kerusakan.

g) NSTD : (1) Untuk *vertical displacement*, (5) untuk *vertical displacement* dan nilai tegangan, (9) untuk *vertical displacement,* nilai tegangan dan nilai regangan.

h) NBOND : (1) Jika atar semua lapisan saling terikat, (2) jika tiap antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.

i) NUNIT : Satuan yang digunakan. (0) Satuan English), (1) Satuan SI.



Gambar 2.6 Tampilan Layar *General*

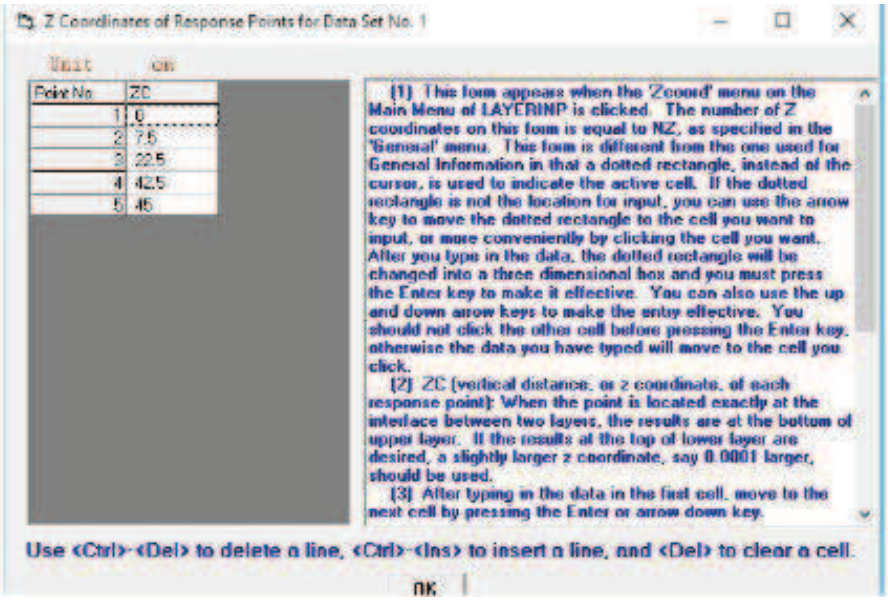
Tabel 2.22 Satuan English dan SI

Satuan	English	SI
Panjang	Inch	Cm
Tekanan	Psi	Kpa
Modulus	Psi	Kpa

3) *Zcoord*

Zcoord adalah menu untuk menganaisa lapis perkerasan pada koordinat Z. Jumlah poin yang ada sama dengan jumlah NZ pada menu

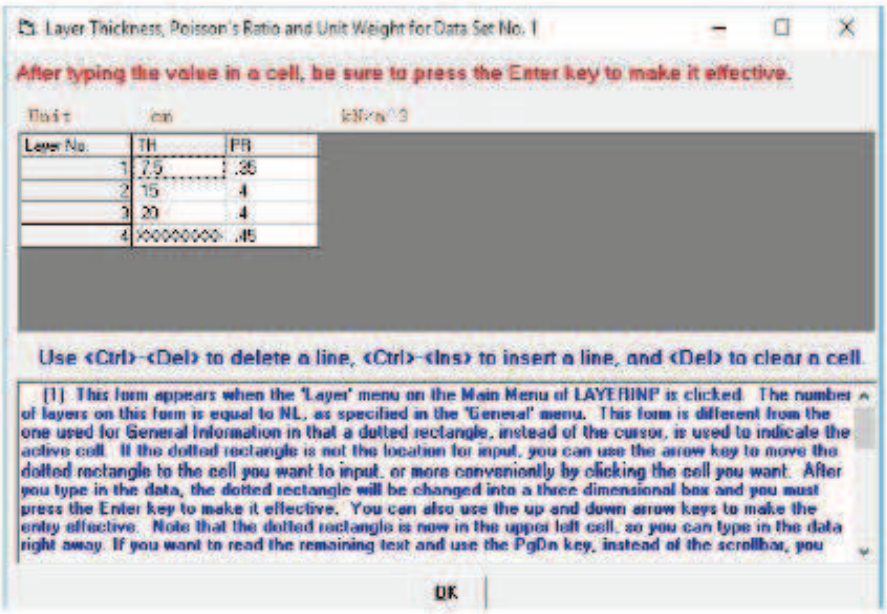
general. ZC adalah jarak vertikal atau jarak dalam arah Z yang akan dianalisis.



Gambar 2.7 Tampilan Layar *Zcoord*

4) *Layer*

Layer adalah menu yang digunakan untuk memasukan data jumlah lapisan perkerasan. TH yakni tebal tiap lapisan. PR yakni *Poisson's Ratio* tiap lapisan.



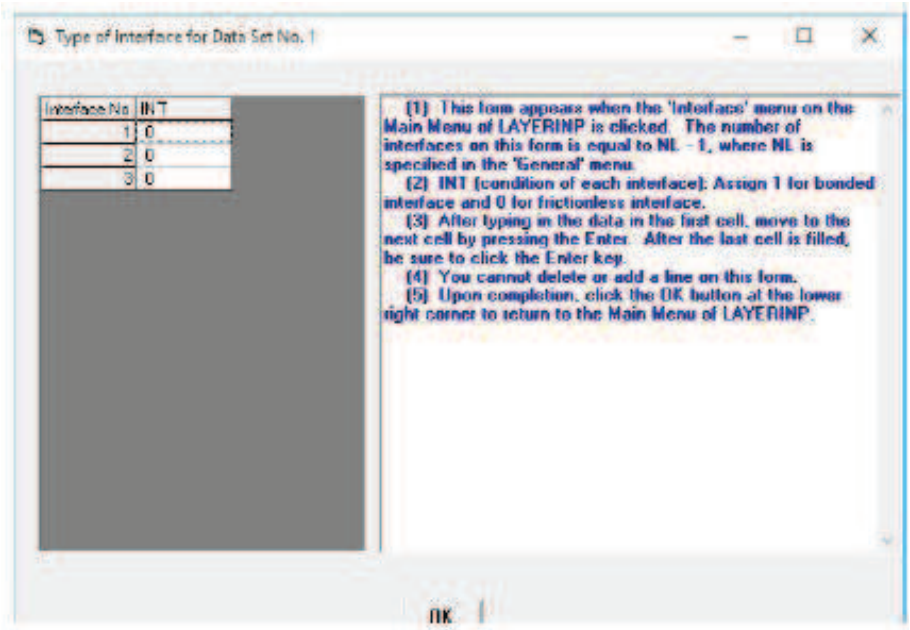
Gambar 2.8 Tampilan Layar *Layer*

Tabel 2.23 Nilai *Poisson's Ratio* (Huang, 2004)

Material	Nilai μ	μ tipikal
Hot mix Asphalt	0,3-0,4	0,35
Portland cement concrete	0,15-0,20	0,15
Untreated granular material	0,30-0,40	0,35
Cement-treated granular material	0,10-0,20	0,15
Cement-treated fine-grained material	0,15-0,35	0,25
Lime-stabilized material	0,10-0,25	0,20
Lime-flyash mixture	0,10-0,15	0,15
Loose sand/silty sand	0,20-0,40	0,3
Dense sand	0,30-0,45	0,35
Fine-Grained soil	0,30-0,50	0,4
Saturated soft clay	0,4	0,45

5) *Interface*

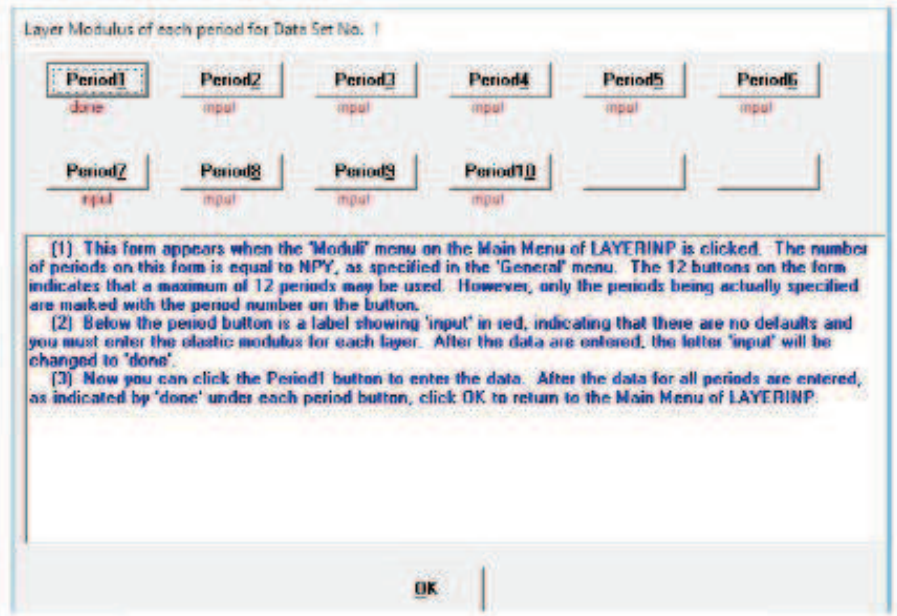
Menu *interface* ini berhubungan dengan NBOND yang ada pada menu *general*. Apabila NBOND = 1 maka menu *interface* akan *default* dan tidak dapat dibuka. Jika NBOND = 2 maka menu *interface* akan keluar seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.10 Tampilan Layar *Interface*

6) *Modulli*

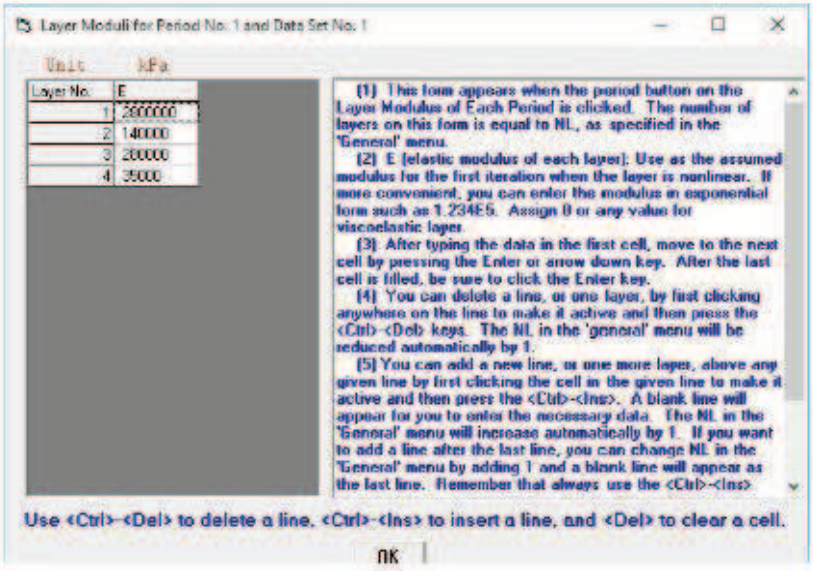
Jumlah periode dalam menu ini sama dengan jumlah NPY dalam menu *general*. Maksimal periode dalam menu ini 12. E yakni modulus elastisitas tiap lapisan.



Gambar 2.11 Tampilan Layar *Modulli*

Tabel 2.24 Tabel Modulus Elastisitas (Huang, 2004)

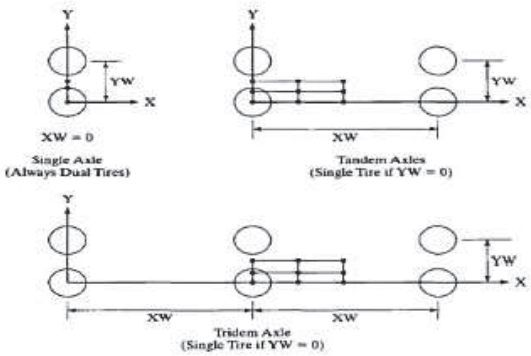
Material	Modulus Elastisitas	
	Psi	kPa
Cement Treated Granular Base	1000000-2000000	7000000-14000000
Cement Aggregate Mixture	500000-10000000	3500000-70000000
Asphalt Treated Base	70000-450000	490000-3000000
Asphalt Concrete	20000-2000000	140000-14000000
Bituminous Stabilized Materials	40000-300000	280000-2100000
Unbound Granular Materials	15000-45000	105000-31000
Fine Grained or Natural Subgrade	3000-40000	21000-28000



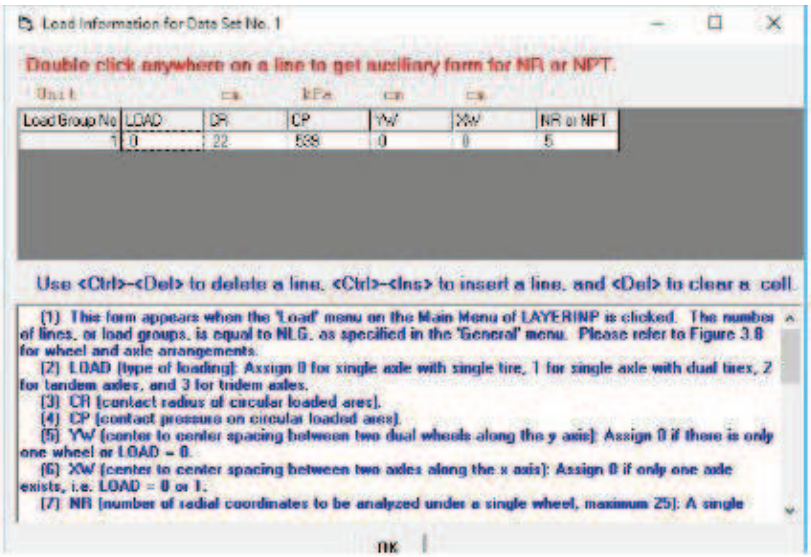
Gambar 2.12 Tampilan Layar *Modulli for Period*

7) *Load*

Jumlah unit pada menu ini sama dengan jumlah NPY dalam menu *general*. Untuk kolom *load* (0) untuk sumbu roda tunggal, (1) untuk sumbu tunggal roda ganda, (2) untuk sumbu tandem, (3) untuk sumbu triple. Kolom CR ialah radius kontak pembebanan. Kolom CP adalah nilai beban yakni 550 Kpa (Samad, 2011). Kolom YW dan XW merupakan jarak antar roda arah y dan arah x. Jika kolom load = 0, maka kolom YW dan XW = 0. NR yakni roda di satu sisi (jalur roda luar) yang perlu dipertimbangkan dan setiap ban diasumsikan memiliki area kontak melingkar (Samad, 2011). Jarak ban diasumsikan dengan jarak yang khas antara ban ganda 35 cm. NPT ialah jumlah titik koordinat x dan y yang dianalisis berdasarkan pada beberapa roda.



Gambar 2.13 Koordinat x dan y (Huang, 2004)



Gambar 2.14 Tampilan Layar *Load*

c. Data Masukan Program Kenpave

Data yang dimasukan dalam Program Kenpave yakni data struktur perkerasan. Data tersebut diantaranya : *modulus elastisitas, poisson' ratio*, tebal lapisan perkerasan, dan kondisi beban.

d. Data Keluaran Program Kenpave

Setelah data yang dimasukan telah diproses. Akan menghasilkan beberapa data *output* diantaranya : *vertical deflection, vertical stress, major principal strain, minor principal strain*, dan *horizontal strain.*

2.2.4 Analisis Kerusakan Perkerasan

Analisis kerusakan perkerasan yang akan dibahas adalah retak lelah (*fatigue cracking*) dan retak lelah (*rutting*). Jenis kerusakan retak lelah (*fatigue cracking*) diakibatkan oleh regangan horizontal yang bekerja pada lapisan beraspal sebagai akibat beban lalu-lintas yang berulang melebihi batas regangan yang dapat diterima (Suryana, 2015). Kemudian jenis kerusakan *rutting* disebabkan oleh permanen deformasi pada setiap lapis perkerasan karena beban lalu-lintas (Abed, 2012).

Gambar 2.15 Kerusakan *Fatigue Cracking* (Walubita, 2000)

Gambar 2.16 Kerusakan *Rutting* (Walubita, 2000)

Sebuah perkerasan lentur dimodelkan sebagai struktur multilayer elastis. *Stress* dan *strain* di lokasi-lokasi kritis (Gambar 2.17) dihitung menggunakan model elastis berlapis linier. Regangan horizontal (Ɛt), di bagian bawah lapisan aspal dan regangan vertikal (Ɛc), di bagian atas *subgrade,* secara konvensional dianggap sebagai parameter kritis untuk desain perkerasan untuk membatasi retak dan *rutting* di lapisan aspal dan lapisan non-aspal (IRC,2012).

Dalam analisis beban pada perkerasan jalan menghasilkan dua regangan yang diyakini peting dalam perencanaan. Yakni, regangan tarik horizontal (Ɛt) pada bagian bawah lapis aspal, serta regangan tekan vertikal (Ɛc) pada bagian permukaan lapis s*ubgrade* (Behiry,2012).

a. Model Retak lelah (*Fatigue cracking*) *Asphalt Institute*

$$Nf = 0{,}0796 \times (\varepsilon t)^{-3{,}291} \times (E)^{-0{,}854} \quad \text{.....} \quad (2.20)$$

Dengan,

Nf = Jumlah repetisi beban

Ɛt = Tegangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

E = Modulus elastisitas lapis beraspal

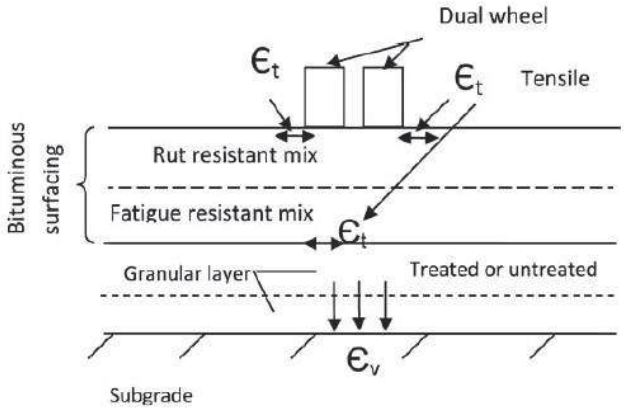
b. Model *rutting Asphalt Institute*

Nd = $1{,}365 \times 10^{-9} \times (\varepsilon c)^{-4{,}477}$ ..... (2.21)

Dengan,

Nd = Repetisi beban

Ɛc = Regangan tekan pada bagian permukaan *subgrade*



Gambar 2.17 Regangan Pada Tiap Lapis Perkerasan (IRC,2012)

2.1.4. Evaluasi Perkerasan Jalan

Setelah didapatkan nilai Nf dan Nd, kemudian dibandingkan dengan nilai Nr (Repetisi Beban Rencana) masing-masing metode. Metode Analisa Komponen menentukan besar nilai repetisi rencana dengan persamaan sebagai berikut (Bina Marga, 2005):

CESA = $\sum$ m x 365 x E x C x N ..... (2.22)

Dengan,

m = Jumlah Masing-masing Jenis Kendaraan, Tabel 4.1.

365 = Jumlah Hari dalam Satu Tahun.

E = Ekivalen Beban Sumbu, Tabel 4.4.

C = Koefisien Distribusi Kendaraan, Tabel 2.4.

N = Faktor hubungan umur rencana dengan perkembangan lalu-lintas.

$$N = \frac{1}{2}\left[1+(1+r)^n + 2(1+r)\,\frac{(1+r)^{n-1}-1}{r}\right] \quad \text{.....} \quad (2.23)$$

Dengan,

n = Umur Rencana.

r = Pertumbuhan Lalu-lintas.