

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* merupakan jenis perkerasan yang banyak digunakan pada konstruksi jalan pada saat ini, karena diyakini banyak memiliki kelebihan dibandingkan perkerasan lentur (Apriyatno, 2017). Oleh sebab itu, perancangan yang baik sangatlah penting dalam menunjang keberhasilan dari suatu jalan agar dapat menerima beban lalu-lintas yang direncanakan (Nurahmi dan Kartika, 2012)

Perhitungan tebal perkerasan jalan yang sering digunakan dalam perancangan adalah Metode Bina Marga dan AASHTO (Wesli dan Akbar, 2014). Selain itu, terdapat pula metode perancangan tebal perkerasan yang berasal dari Negara Australia. Metode itu adalah Metode Austroads. Metode Austroads "*Guide To Pavement Technology*" merupakan metode yang awalnya diterbitkan oleh *National Association of Australia State Road Authorities* yang dikembangkan dari Negara Australia dan New Zealand guna memberikan standar dalam perancangan tebal perkerasan jalan (Urbeaz dan Erskine, 2011).

Dalam perancangan tebal perkerasan jalan, faktor penyebab kerusakan jalan haruslah diperhatikan dengan seksama. Arus lalu-lintas merupakan salah satu faktor penyebab beberapa kerusakan pada jalan. Meningkatnya lalu-lintas akan menyebabkan repetisi beban semakin besar yang akan berpengaruh terhadap tebal perkerasan yang direncanakan. Perlunya evaluasi terhadap kondisi jalan secara periodik akan memudahkan pemilihan jenis pemeliharaan yang tepat (Putra et al., 2013). Nilai CBR juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap umur suatu konstruksi perkerasan dan tebal lapisan pada struktur jalan (Akbar et al., 2015).

Di Indonesia pembangunan jalan raya telah memiliki peraturan serta pedoman dalam perancangan tebal perkerasan yang merupakan hasil modifikasi dan penyesuaian dari negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris dan Australia yang kemudian dikembangkan dan disempurnakan oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Direktorat Jendral Bina Marga selaku pihak yang berwenang dalam

mengeluarkan peraturan guna memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan dalam berlalu-lintas (Aris et al., 2015).

Kemudian Program *Kenpave* dipilih untuk menganalisis kerusakan pada jalan. Analisis kerusakan yang dipilih adalah retak lelah (*fatigue cracking*) dan retak alur (*rutting*) berdasarkan *output* dari program *Kenpave* yaitu regangan tarik horizontal dan regangan tekan vertikal (Usman et al., 2017).

Program *Kenpave* merupakan suatu program yang menganalisis tebal perkerasan jalan dari tanah dasar sampai lapis permukaan jalan. Program ini dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. *Professor Emiretus* dari *Civil Engineering University of Kentucky*. Data yang diperlukan untuk menginput ke dalam Program *Kenpeve* berupa data karakteristik dan material perkerasan jalan, seperti *poisson ratio*, modulus elastisitas, tekanan ban, beban roda dan koordinat dimana tegangan regangan terjadi (Dinata et al., 2017).

## 2.2. Dasar Teori

Tanah asli yang berasal dari alam akan mengalami deformasi besar dari beban berulang terhadap roda dari lalu lintas kendaraan, sehingga dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi dan mampu menahan beban roda kendaraan. Struktur ini disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan akan melindungi tanah-dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan agar tidak mengalami tegangan dan regangan berlebih yang ditimbulkan oleh beban lalu-lintas. Struktur perkerasan terletak di atas tanah-dasar yang memisahkan antara ban dengan tanah dasar serta perkerasan harus memberikan permukaan yang rata dengan kekesatan tertentu, dengan umur pelayanan yang panjang dan pemeliharaan yang seminimal mungkin.

Perancangan perkerasan jalan terkait erat dengan permasalahan tanah, karena hampir seluruh jenis perkerasan dibangun di atas tanah atau batuan. Komponen-komponen pembentuk sistem perkerasan termasuk agregat untuk lapis permukaan, lapis pondasi granular, lapis pondasi bawah granular, tanah-dasar (distabilisasi mekanis atau kimia), agregat dan geosintetik dalam sistem drainase, agregat granular gradasi tertentu dan geosintetik yang digunakan sebagai pemisah dan lapisan filter serta pondasi timbunan jalan. Komponen-komponen pembentuk

sistem perkerasan yang terdiri dari material alam seperti tanah dan batuan harus memerlukan perancangan yang baik, seiring mereduksi kemampuan pelayanan atau menimbulkan kegagalan prematur dari sistem perkerasan (Hardiyatmo, 2015).

### **2.2.1. Definisi Dan Klasifikasi Jalan**

Menurut Pemerintah Republik Indonesia (2009) tentang lalu lintas dan angkutan jalan, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan untuk lalu lintas, yang berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Jalan memiliki klasifikasi fungsional berdasarkan peraturan perundangan UU No 22 Tahun 2009, yaitu:

#### **a. Jalan Arteri**

Jalan arteri adalah jalan umum yang berfungsi untuk melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk yang dibatasi secara efisien.

##### **1) Jalan arteri primer**

Jalan arteri primer merupakan jalan penghubung secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Sistem jaringan arteri primer terdiri dari rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

##### **2) Jalan arteri sekunder**

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri jarak perjalan yang jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi secara efisien, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat kota. Di daerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol.

## b. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan umum yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri jarak perjalan yang sedang, kecepatan rata-rata sedang dengan jumlah jalan masuk dibatasi.

### 1) Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kota-kota antara pusat kegiatan wilayah dan pusat kegiatan lokal dan atau kawasan-kawasan berskala kecil dan atau pengumpan regional dan pelabuhan pengumpan lokal.

### 2) Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota.

## c. Jalan Lokal

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

### 1) Jalan lokal primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya dengan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan.

### 2) Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder pertama dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

### 2.2.2. Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan campuran antara bahan pengikat dengan agregat yang diperuntukkan untuk melayani beban lalu-lintas. Agregat yang dipakai antara lain batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja.

Konstruksi jalan dapat dibedakan berdasarkan bahan pengikat, yaitu:

#### a. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar (Pradani et al., 2016). Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan, yaitu:

##### 1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah bagian dari lapisan perkerasan jalan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai berikut:

- a) Lapis permukaan sebagai penahan beban.
- b) Lapis kedap air sebagai pelindung badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- c) Lapis aus (*Wearing Course*) bahan untuk lapisan permukaan umumnya adalah sama dengan bahan yang digunakan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Untuk menjadikan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan tahan lama, maka lapisan ini memerlukan bahan berupa aspal.

##### 2) Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas merupakan lapisan dalam perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan ini memiliki fungsi sebagai berikut:

- a) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- b) Bantalan terhadap lapis permukaan.
- c) Bagian perkerasan yang menahan beban kendaraan yang berada di atas. Terdiri dari bahan-bahan yang cukup kuat agar dapat menahan beban-beban yang bekerja.

### 3) Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi atas dengan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah, sebagai berikut:

- a) Efisiensi dari penggunaan bahan material.
- b) Meresap air atau sebagai lapisan peresapan, agar air tidak mengumpul di pondasi yang akan menyebabkan kerusakan pada struktur jalan.
- c) Merupakan lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan dengan lancar.

### 4) Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan setebal antara 50 – 100 cm. Lapisan ini merupakan tanah asli yang dipadatkan, tanah galian atau tanah timbunan. Kuat dan awetnya sebuah konstruksi jalan tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

## b. Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* merupakan perkerasan yang terbuat dari bahan pengikat berupat *sement portland* dengan batuan. *Sement portland* digunakan pada lapisan permukaan yang dicampurkan dengan batuan. Campuran tersebut dikenal dengan sebutan slab beton. Perkerasan ini terdiri dari plat beton yang sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa dipakai atau tidak) di atas tanah dasar. Plat beton terkadang disebut lapis pondasi, apabila di atas permukaan plat beton diberi aspal. Penggunaan aspal di atas permukaan plat beton diperuntukkan agar memberikan kenyamanan dalam berkendara.

Pada konstruksi perkerasan kaku, plat beton harus memiliki mutu beton tinggi, karena sebagai konstruksi utama yang menopang beban lalu lintas. Sedangkan lapis pondasi bawah (*subbase* berupa *cement treated subbase* maupun *granular subbase*) berfungsi sebagai konstruksi pendukung atau sebagai pelengkap.

Komponen-komponen perkerasan kaku atau *rigid pavement* adalah sebagai berikut:

1) Lapisan perkerasan beton

Lapisan perkerasan beton ini berada dibagian pertama yang langsung bersentuhan dan menerima beban dari kendaraan yang ada di atas. Pada lapisan ini biasanya digunakan beton mutu tinggi.

2) *Bound breaker*

*Bound breaker* merupakan plastik tipis yang diletakkan di atas *subbase* yang bertujuan agar tidak terjadi *bounding* (kelekatan) atau *friction* (gesekan) antara lapis pondasi bawah dengan plat beton.

3) Lapis pondasi atas (*Base course*)

Lapis pondasi atas atau *base course* adalah lapisan yang berada di bawah lapis permukaan pada perkerasan jalan. Lapis pondasi atas berfungsi memberikan distribusi beban tambahan, resistensi drainase dan membantu mencegah gerakan tanah dasar yang disebabkan oleh tekanan dari atas atau beban lalu lintas. Adapun bahan material yang biasa digunakan, yaitu :

- a) Agregat kasar yang merupakan lapisan sederhana dari agregat.
- b) Agregat stabil (tanah) merupakan tanah yang dipadatkan hingga mendapatkan atau memperoleh kestabilan tertentu. Kekuatan berkisar antara 20-25% dari kekuatan lapis pertama.
- c) *Lean concrete* atau lantai kerja merupakan lapisan yang terbuat dari pasta *semen portland*. *Lean concrete* ini lebih kuat dari pada agregat stabil yang memiliki kekuatan berkisar 25-50% dari kekuatan lapis permukaan.

4) Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Lapis pondasi bawah atau *subbase course* merupakan lapisan yang termasuk dalam bagian dari struktur perkerasan yang terletak antara *base course* dan tanah dasar. Fungsi dari *subbase course*, yaitu :

- a) Mencegah atau meminimalisir terjadinya penurunan atau amblas pada jalan.
- b) Menambah kekuatan pada tanah dasar, meskipun biasanya lapisan ini tidak diperhitungkan dalam memikul beban lalu lintas (bersifat non-struktural).
- c) Mencegah terjadinya *pumping* (pemompaan). *Pumping* adalah peristiwa masuknya air hujan dari permukaan plat beton melalui retakan/celah sambungan pada plat beton tersebut dan akan menerus ke tanah dasar.

Masuknya air akan menyebabkan lendutan plat beton akibat beban lalu lintas yang terlalu berat dan berdampak pada terbawanya butiran halus material tanah dasar keluar.

### **2.2.3. Perancangan Perkerasan Lentur**

Perancangan perkerasan pada umumnya merupakan perhitungan tebal masing-masing struktur bagian atau lapisan agar perkerasan dapat bekerja dengan baik sesuai umur yang telah direncanakan. Pada dasarnya, perhitungan atau perancangan perkerasan sangat berbeda dengan perancangan pada bangunan. Pada bangunan, perancangan dilihat dari segi kondisi keruntuhan, pada waktu segera, atau setelah periode waktu tertentu yang beranggapan kondisi bahan dianggap relatif sama dengan kondisi awal. Sedangkan dalam perancangan perkerasan dilihat dari segi penurunan kualitas bahan sejalan dengan waktu yang telah direncanakan. Penurunan perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh kualitas material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan.

Menurut Hardiyatmo (2015), perkerasan lentur dapat mempunyai kekakuan yang sama dengan perkerasan kaku, jika komponen perkerasan yang di stabilisasi atau dengan menebalkan perkerasan lentur itu sendiri. Perancangan tebal perkerasan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

#### **a. Pendekatan empirik**

Pendekatan ini didasarkan pada hubungan perencanaan tebal dari perkerasan dengan kinerja layanan dari perkerasan jalan. Pendekatan ini diperoleh dari penggunaan data uji beban skala penuh, ketika perkerasan yang berada dalam masa pelayanan.

#### **b. Pendekatan mekanistik-empirik**

Pendekatan ini didasarkan hubungan empirik dari keruntuhan perkerasan yang terkait dengan sifat-sifat material, beban-beban yang bekerja dan tegangan termal. Perhitungan perkerasan dengan cara ini dilakukan dengan menggunakan grafik-grafik dan tabel-tabel. Pembuatan grafik tersebut didasarkan pada hasil analisis tegangan dengan defleksi yang dihitung dengan metode elemen hingga.



Ada beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dalam perancangan perkerasan, yaitu (Ullidz dalam Hardiyatmo, 2015) :

- a. Daya dukung yang ada pada struktur perkerasan.
- b. Kualitas layanan berupa kenyamanan berkendara.
- c. Umur dan waktu perkerasan jalan dapat melayani sebelum mengalami kerusakan.
- d. Pemeliharaan atau rehabilitasi perkerasan jalan.
- e. Biaya untuk pemeliharaan jaringan jalan.

#### 2.2.4. Metode Analisa Komponen

Metode Analisa komponen adalah metode dari hasil modifikasi metode AASHTO 1972 revisi 1981 yang disesuaikan dengan kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapisan perkerasan di Indonesia. Penentuan tebal perkerasan ini hanya berlaku dengan menggunakan material berbutir seperti granular material, batu pecah, dll.

Dalam Metode Analisa komponen, terdapat parameter yang digunakan dalam perencanaan tebal setiap lapis perkerasan lentur. Parameter-parameter yang digunakan, yaitu:

- a. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987), Salah satu jalur yang menampung lalu lintas tersebut, apabila memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur rencana berdasarkan lebar perkerasan dapat ditentukan dari tabel di bawah ini:

Tabel 2.1 Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 Jalur
$5,50 \text{ m} \leq L \leq 8,25 \text{ m}$	2 Jalur
$8,25 \text{ m} \leq L \leq 11,25 \text{ m}$	3 Jalur

Tabel 2.1 Lanjutan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$11,25 \text{ m} \leq L \leq 15,00 \text{ m}$	4 Jalur
$15,00 \text{ m} \leq L \leq 18,75 \text{ m}$	5 Jalur
$18,75 \text{ m} \leq L \leq 22,00 \text{ m}$	6 Jalur

Sedangkan untuk koefisien kendaraan (C) kendaraan ringan dan berat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

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

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

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

#### b. Umur Rencana

Menurut Alamsyah (2001) dalam Wesli dan Akbar (2014) bahwa umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan perbaikan yang bersifat struktural.

#### c. Nilai Pertumbuhan Lalu-Lintas

Nilai pertumbuhan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui atau menggunakan jalan yang bertambah dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah

kendaraan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti bertambahnya kesejahteraan masyarakat dalam perkembangan suatu daerah, meningkatnya kemampuan beli kendaraan dan lain sebagainya. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam bentuk persen/tahun (Sukirman, 1999).

d. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Setiap kendaraan memiliki angka ekuivalen (E) berdasarkan golongan sumbu kendaraan yang ditentukan menurut rumus dan atau tabel berikut ini.

Tabel 2.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

1) Sumbu Tunggal

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

2) Sumbu Ganda

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

3) Sumbu Triple

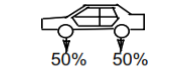
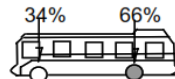
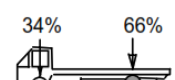
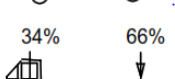
$$E = 0,053 \times \left[ \frac{\text{Beban satu sumbu dalam kg}}{8160} \right]^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

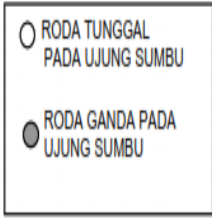
e. Konfigurasi Sumbu Beban Kendaraan

Kendaraan memiliki klasifikasi yang berbeda sesuai jenis kendaraan menurut golongan-golongan tertentu. Kendaraan dari berbagai variasi tipe kendaraan seperti sedan, bus, truk dan *trailer* harus diestimasi lebih dahulu untuk perancangan. Untuk mempermudah perhitungan perencanaan tebal perkerasan berdasarkan saran oleh *Asphalt Institute*, tipe-tipe kendaraan perlu diklasifikasikan dalam tipe-tipe truk.

Adapun konfigurasi sumbu beban kendaraan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.4 Konfigurasi Beban Sumbu Kendaraan  
(Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
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	5,0264	



Tabel 2.4 Lanjutan

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,2,2 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

## f. Fungsi Jalan

Di Indonesia jalan dapat dibedakan berdasarkan fungsi, yaitu:

## 1) Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan yang memiliki fungsi untuk melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan dekat, jumlah jalan yang masuk tidak dibatasi, dan kendaraan yang lewat mempunyai kecepatan yang rendah.

## 2) Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang memiliki fungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagian dengan ciri-ciri jumlah jalan masuk yang dibatasi, perjalanan sedang dan kecepatan rata-rata kendaraan sedang.

## 3) Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan yang memiliki fungsi melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, jumlah jalan yang masuk dibatasi secara berdaya guna dan kecepatan rata-rata dari kendaraan sangat tinggi.

## 4) Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan yang memiliki fungsi melayani angkutan atau lalu lintas bebas hambatan dengan ciri-ciri yaitu perjalan jarak jauh, jumlah jalan masuk

sangat dibatasi, dan kecepatan rata-rata dari kendaraan sangat tinggi. Para pemakai jalan tol akan dikenakan biaya saat menggunakan jalan tol sesuai jenis dari kendaraannya.

g. Lalu-lintas Harian Rata-rata dan Rumus Lintas Ekuivalen

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur dari rencana yang dihitung untuk dua arah pada jalan raya yang memiliki median atau masing-masing arah pada jalan dengan median. LHR dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{LHR awal UR} = \text{LHRo} \times (1 + i)^{UR} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$i$  = Nilai pertumbuhan lalu lintas.

$UR$  = Umur rencana.

$\text{LHRo}$  = Lalu lintas harian rata-rata sebelum perkerasan dikerjakan.

Untuk menghitung LHR akhir dapat dicari dengan rumus berikut:

$$\text{LHR akhir UR} = \text{LHRawalUR} \times (1 + i)^{UR} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

$i$  = Nilai pertumbuhan lalu lintas.

$UR$  = Umur rencana.

Lintas ekuivalen permulaan (LEP) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{LEP} = \text{LHRawalUR} \times C \times E \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

$C$  = Koefisien kendaraan

$E$  = Angka ekuivalen kendaraan

Lintas ekuivalen akhir (LEA) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{LEA} = \text{LHRakhirUR} \times C \times E \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

$C$  = Koefisien kendaraan

$E$  = Angka ekuivalen kendaraan

Lintas ekivalen tengah (LET) dapat dihitung dengan rumus:

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

Lintas ekivalen rencana (LER) dapat dihitung menggunakan rumus

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{FP} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

FP = Faktor Penyesuaian

$$\text{FP} = \frac{\text{UR}}{1} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

UR = Umur Rencana

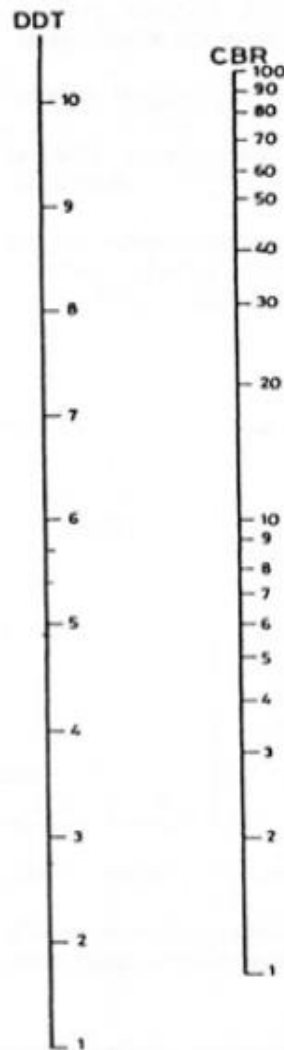
#### h. Daya Dukung Tanah Dasar dan CBR

Tanah dasar memiliki fungsi untuk menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang berada di atasnya, oleh karena itu tanah dasar harus memiliki kapasitas daya dukung yang optimal agar mampu menerima gaya akibat beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan (Akbar et al., 2015).

Salah satu faktor utama dalam kekuatan sebuah konstruksi perkerasan jalan adalah pondasi bawah (*subbase*). Semakin baik tingkat kepadatan dan semakin besar nilai daya dukung dari lapisan *subbase*, maka akan semakin baik pula ketahanan dari konstruksi tersebut.

*California Bearing Ratio* (CBR) merupakan sebuah metode untuk menentukan suatu besarnya nilai daya dukung tanah dalam menahan atau mendukung beban dari kendaraan yang ada di atasnya. Untuk pengambilan sampel dalam pengujian daya dukung tanah atau CBR, yaitu harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. CBR sebagai segmentasi tanah dasar memiliki peranan penting dalam perencanaan tebal perkerasan jalan (Aris et al., 2015).

Apabila CBR yang digunakan CBR lapangan, maka pengambilan contoh atau sampel untuk tanah dasar menggunakan tabung (*undisturb*), kemudian direndam dan diperiksa CBR-nya. Sedangkan untuk CBR laboratorium, biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru.



Gambar 2.1 Nomogram koreksi antara CBR dan DDT

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

i. Faktor Regional

Faktor regional adalah keadaan suatu daerah atau lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentasi kendaraan dengan berat sekitar 13 ton dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun yang akan mempengaruhi atau sebagai faktor lingkungan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan. Perhitungan persentase kendaraan berat dapat diketahui menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kendaraan Berat} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan Berat}}{\text{Jumlah Total Kendaraan}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.11)$$



Tabel 2.5 Faktor Regional (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Curah Hujan	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(<6 %)		(<6-10 %)		(>10 %)	
	% Kendaraan		% Kendaraan		% Kendaraan	
	Berat		Berat		Berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
<b>Iklm I</b>						
< 900 mm/tahun	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
<b>Iklm II</b>						
≥ 900 Mm/tahun	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

## j. Indek Permukaan

Indeks permukaan adalah suatu nilai yang menyatakan kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan untuk lalu-lintas pada pengujung umur rencana. Adapun penjelasan terhadap nilai IPt dengan artinya dijelaskan sebagai berikut:

IPt = 1,0: Menyatakan bahwa di permukaan jalan dalam keadaan rusak berat, sehingga sangat mengganggu kenyamanan berkendara dan lalu lintas kendaraan.

IPt = 1,5: Menyatakan bahwa tingkat dari pelayanan terendah yang masih mungkin digunakan (jalan tidak putus).

IPt = 2,0: Menyatakan tingkat pelayanan yang masih rendah namun jalan masih layak digunakan.

IPt = 2,5: Menyatakan bahwa permukaan masih baik dan cukup stabil.

Penentuan nilai indeks permukaan (IP) pada akhir dari umur rencana, harus mempertimbangkan faktor-fakto klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lalu-lintas ekivalen rencana (LER). Nilai IP dapat ditentukan berdasarkan tabel di bawah ini:

Tabel 2.6 Indeks Permukaan Akhir Umum Rencana (IPt)  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

LER = Lintas Ekvivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 – 100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
10 – 1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
> 10000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

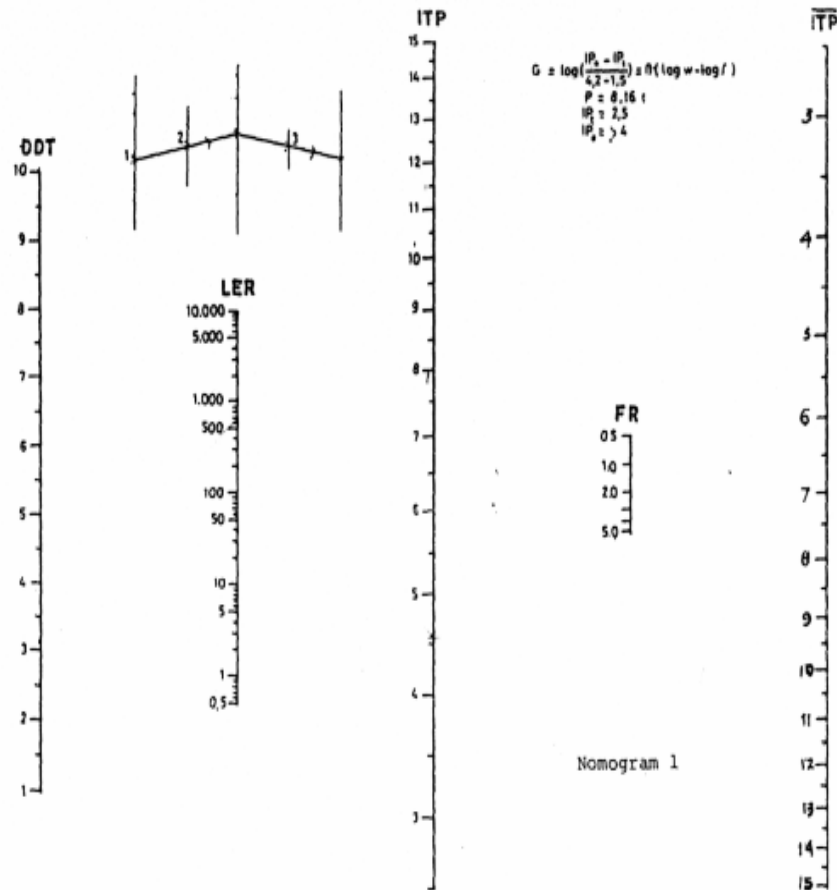
Penentuan indeks permukaan awal pada umur rencana (IPo) harus memperhatikan jenis dari lapisan permukaan jalan (kerataan atau kehalusan serta kekokohan) pada umur rencana. Penentuan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut ini:

Tabel 2.7 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness*) (mm/km)
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$> 1000$
Lasbutag	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
Burda	3,9 – 3,5	$< 2000$
Burtu	3,4 – 3,0	$< 2000$
Lapen	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	2,9 – 2,5	
Lastasbum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	-
Jalan Pasir	$\leq 2,4$	-

### k. Indeks Tebal Perkerasan

Setelah didapatkan nilai-nilai DDT, LER rencana dan FR, selanjutnya adalah memplotkan data atau nilai dan dihubungkan kedalam nomogram korelasi antara DDT, LER, FR dan ITP. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (1987), terdapat 9 nomogram yang akan menunjukkan nilai ITP yang ingin dicari.



Gambar 2.2 Nomogram korelasi antara DDT, LER, FR, dan ITP

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

### 1. Koefisien Kekuatan Relatif

Bahan dan kegunaan lapis permukaan, pondasi dan pondasi bawah pada perkerasan jalan memiliki koefisien kekuatan relatif masing-masing. Koefisien ini dapat ditentukan sesuai nilai *Marshall Test* (bahan aspal), kuat tekan (bahan lapis pondasi bawah). Nilai koefisien kekuatan relatif tiap jenis bahan yang digunakan untuk perkerasan dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini:

Tabel 2.8 Koefisien Kekuatan Relatif (a)  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	
0,31	-	-	590	-	-	Lasbutag
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	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

### m. Menghitung Tebal Perkerasan

Perhitungan perencanaan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relatif masing-masing lapisan perkerasan jangka panjang. Penentuan tebal perkerasan dinyatakan oleh ITP (Indeks Tebal Perkerasan) dengan rumus:

$$\text{ITP} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm)

Angka 1, 2 dan 3: Masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

### n. Batas-batas Minimum Tebal Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu mempertimbangkan keefektifan dari segi biaya, pelaksanaan kontruksi dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan hasil perencanaan yang tidak praktis (Pradani, 2016). Untuk menentukan tebal lapis permukaan ( $D_1$ ), dapat dilihat berdasarkan Tabel 2.9 yang merupakan hubungan antara nilai ITP dengan bahan yang digunakan pada lapis permukaan.

Tabel 2.9 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Permukaan  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis Pelindung: Buras, Burtu, Burda Lapen / Aspal
3,00 – 6,70	5	Macadam, HRA, Lasbutag, Laston Lapen / Aspal
6,71 – 7,49	7,5	Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,75	Lasbutag, Laston
$\geq 10$	10	Laston

Selanjutnya, untuk menentukan tebal lapis pondasi (D2), dapat menggunakan Tabel 2.10 yang merupakan hubungan antara nilai ITP dengan bahan yang digunakan pada lapis pondasi.

Tabel 2.10 Batas-Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi  
(Departemen Pekerjaan Umum, 1987)

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
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilitas taah dengan stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam, Lapen, Laston atas

Untuk setiap ITP pada tebal lapis pondasi bawah, tebal minimum yang digunakan adalah 10 cm.

### 2.2.5. Metode Austroads



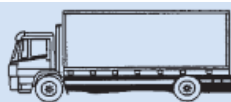


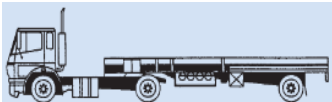
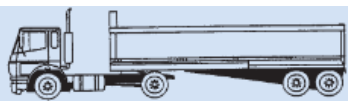
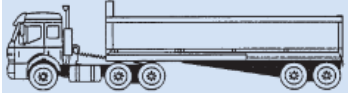

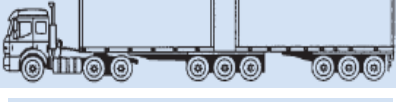


Metode Austroads merupakan metode yang memiliki tujuan yaitu mendesain sebuah perkerasan jalan yang ekonomis dan memberikan layanan yang baik dalam mengantisipasi lalu-lintas. *Input* data yang dibutuhkan dalam mendesain tebal perkerasan (*design chart*) adalah sebagai berikut.

#### a. *Design Traffic*

Perkerasan jalan memiliki lebar jalan berdasarkan fungsi dan klasifikasi dari jalan tersebut. Pelaksanaan pekerjaan jalan harus berdasarkan peraturan yang telah ada, agar perkerasan jalan dapat melayani kendaraan dengan aman dan

nyaman sesuai kecepatan yang telah direncanakan. Terdapat penggolongan kendaraan menurut metode Austroads yang dijelaskan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2.11 Penggolongan Kendaraan Metode Austroads (Austroads, 2004)

Nama Kendaraan	Kelas	Keterangan
Short Vehicle	Kelas 1	
Short Vehicle Towing	Kelas 2	
Two Axle Truck	Kelas 3	
Three Axle Truck	Kelas 4	
Four Axle Truck	Kelas 5	
Three Axle Articulated Vehicle	Kelas 6	
Four Axle Articulated Vehicle	Kelas 7	
Five Axle Articulated Vehicle	Kelas 8	
Six Axle Articulated Vehicle	Kelas 9	
B Double	Kelas 10	
Double Road Train	Kelas 11	
Triple Road Train	Kelas 12	

Ada beberapa komponen yang diperlukan dalam mendesain lalu-lintas menggunakan Metode Austroads:

### 1) Periode Desain

Pemilihan periode desain oleh desainer perkerasan merupakan rentan waktu yang dipertimbangkan dengan benar dan tepat yang berfungsi tanpa adanya perbaikan atau rekonstruksi yang cukup besar. Beberapa periode desain berdasarkan anjuran dari metode Austroads, yaitu:

- a) Perkerasan Lentur = 20 – 40 Tahun
- b) Perkerasan Kaku = 30 – 40 Tahun

### 2) Definisi Kelas Jalan

Jalan terbagi dalam beberapa kelas sesuai fungsi dari jalan tersebut.

Tabel 2.12 *Definition of Road Classes* (Austroads, 1987)

Kelas Jalan	Definisi	Ket
1	Merupakan jalan utama yang menghubungkan wilayah utama ( <i>major regional</i> ) yang ada di Australia, termasuk menghubungkan antara kota-kota besar ( <i>capital cities</i> ).	Rural Areas
2	Merupakan jalan yang memiliki fungsi utama menghubungkan antara kota besar ( <i>capital city</i> ) dengan negara yang bersebelah dan kota besarnya, antara kota besar dengan kota utama ( <i>key town</i> ) dan antar kota utama.	
3	Merupakan jalan yang memiliki fungsi utama menghubungkan antara daerah atau pusat-pusat kota penting ( <i>important centres</i> ) dengan jalan kelas 1 dan kelas 2 dan atau kota utama, antar pusat-pusat kota penting, dan daerah arteri dalam kota pada daerah rural.	
4	Merupakan jalan yang menyediakan akses ke perbatasan kota ( <i>abutting property</i> ).	
5	Merupakan jalan yang hanya bisa digunakan untuk satu kegiatan atau fungsi dan tidak difungsikan untuk kelas jalan 1, 2, 3 atau 4.	



Tabel 2.12 Lanjutan

Kelas Jalan	Definisi	Ket
6	Merupakan jalan yang fungsi utamanya untuk menghubungkan pada lalu lintas padat.	Urban Areas
7	Merupakan jalan yang memiliki fungsi utama sebagai jalan pelengkap untuk jalan kelas 6 dalam pergerakan lalu lintas atau mendistribusikan ke sistem jalan setempat.	
8	Merupakan jalan yang fungsi utamanya untuk memberikan akses ke perbatasan suatu daerah.	
9	Merupakan jalan yang hanya berfungsi untuk satu kegiatan dan tidak difungsikan untuk kelas jalan 6, 7 atau 8.	

### 3) Pertumbuhan Lalu Lintas

Dalam periode desain, memperhitungkan pertumbuhan lalu-lintas geometrik jalan dibutuhkan untuk mengetahui jumlah lalu-lintas total *traffic* pada tahun pertama dengan faktor pertumbuhan yang telah ditentukan oleh Austroads. Nilai faktor pertumbuhan yang dianjurkan berdasarkan Austroads sebagai berikut:

Tabel 2.13 *Comulative Growth Factor (GF)* (Austroads, 2004)

Desain Periode	<i>Growth Rate (%)</i>					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

4) Jumlah ESA (*Equivalent Standart Axles*)

Parameter desain yang dibutuhkan dalam mendesain lalu-lintas, yaitu jumlah ESA (*equivalent Standart Axles*). Untuk mendapatkan nilai ESA, terlebih dahulu menentukan nilai rata-rata tahunan ESA's dan Ne. Nilai Ne dapat ditentukan dengan rumus :

$$N_e = AADT \times F \times C \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

AADC = *Annual Average Daily Traffic*

F = Faktor hubungan nilai ESA's per jumlah kendaraan Komersil sesuai kelas jalan dan daerah setempat.

C = Persen kendaraan komersial.

Tabel 2.14 Nilai Faktor F (Austroads, 1987)

Kelas Fungsi Jalan	Daerah					
	New South Wales	Vic toria	Queens land	Western Australia	Tasmania	Northern Teritory
1	1,8	1,9	1,5	1,5	1,1	1,9
2	2,1	1,2	1,1	2,2	1,4	-
3	1,9	1,2	1,2	1,6	0,6	2,5
6	1,9	1,0	1,1	1,5	0,9	-
7	2,7	0,9	0,9	1,2	0,7	-

Tabel 2.15 Temperatur Perkerasan Rata-rata Tahunan (Austroads, 2004)

Kota	<i>Weighted Mean Annual Pavement Temperatur</i> WMAPT (C°)
Alice Springs	33
Barrow Creek	37
Daly Waters	40
Darwin	41
Katherine	40
Tennants Creek	39

Tabel 2.16 Temperatur Perkerasan Rata-rata Tahunan Daerah Jawa Tengah  
(Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2005)

No.	Kota	TP Rata <sup>2</sup> (°C)
1	Babadan	24,4
2	Kledung (Keb.Bibit Purnomosari)	25,2
3	Kudus (Colo Kudus, Diperta Kab.Kudus)	30,8
4	Magelang (DPU Pengairan Seneng)	32,3
5	Semarang Klimat, Jl.Siliwangi 291	32,4
6	Wonosobo (Wadaslintang, Kec.Wadas lintang)	34,3
7	Proy. Rest. Candi Borobududr	34,4
8	Banyumas (Bojongsari, Kec.Kebong Baru)	34,6
9	Jepara (Beji, Kec.Bangsri)	35,0
10	Kedu (Sempor, Proyek Serba Guna Kedu Selatan)	35,1
11	Ungaran (SPMA Ungaran)	35,2
12	Srimardono	35,3
13	Sendang Harjo	35,5
14	Purbalingga (Karang Kemiri, Kec.Kemangkon)	35,7
15	Purwodadi (Ngambak Kapung, Kec.Kedung Jati)	35,7
16	Cilacap (Mateo Cilacap)	35,8
17	Surakarta (Lanud Adi Sumarno)	35,8
18	Brebes (Kersana. KB.Bibit Kersn)	36,4
19	Tegal, Jl.Pancasila 2	36,5
20	Pekalongan (Balai Benih Gamer)	36,6
21	Semarang	36,6
22	Meteo Maritim Semarang	36,8

Tabel 2.16 Lanjutan

No.	Kota	TP Rata <sup>2</sup> (°C)
23	Pati (TC.Rendole Pati)	36,8
24	Bandara Ahmad Yani	37,0
25	Wonocolo	40,4

Rumus menentukan nilai ESAs, yaitu:

$$ESA's = N_E \times 365 \times GF \dots\dots\dots(2.14)$$

Nilai GF diperoleh dari Tabel 2.10

b. Perancangan Desain Perkerasan Lentur Baru dengan Prosedur Mekanis Desain Grafis

Aplikasi utama dalam panduan ini yaitu menyediakan dasar untuk mengembangkan desain grafis pada keadaan tertentu. Pada prosedur ini, ketebalan perkerasan jalan dapat dicari atau diketahui dengan mencocokkan grafis desain yang sesuai. Parameter *input* yang dibutuhkan dalam prosedur desain grafis, yaitu:

1) Periode desain

Pembebanan lalu lintas dinyatakan dengan istilah jumlah *Equivalent Standart Axles* (ESA).

2) Distribusi Beban Lalu Lintas

Anggapan distribusi beban lalu lintas sudah digunakan.

3) Karakteristik Material

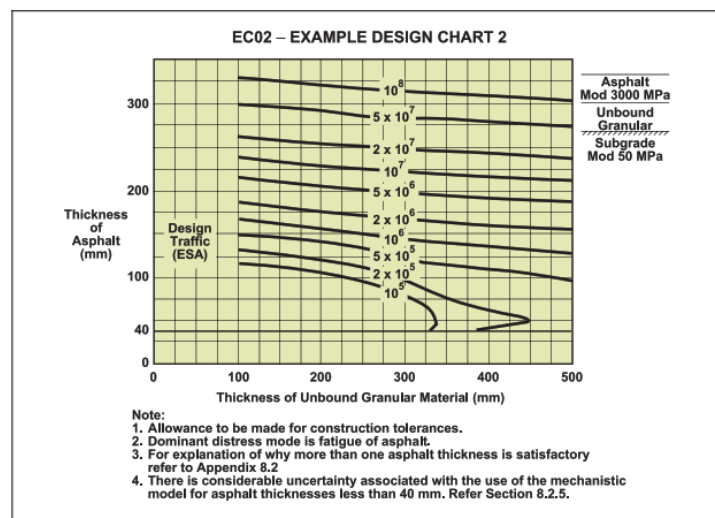
Pada lapisan aspal, aspal yang memiliki nilai modulus 3000 MPa diadopsi untuk keseluruhan kategori grafis yang ada dalam perencanaan.

4) Ringkasan Parameter *Input*

Desain grafis ini telah dikembangkan berdasarkan prosedur mekanistik. Sebelum menggunakan desain grafis, desainer harus menjamin bahwa mereka sudah memperkirakan rencana desain yang akan digunakan. Untuk grafik desain dapat ditampilkan pada gambar dibawah berikut:

Tabel 2.17 Daftar Jenis Perkerasan yang Termasuk dalam Contoh Grafik Desain. (Austroads,2004)

Kategori 1		Thickness (mm)	Subgrade modulus (MPa)	Chart number	
Asphalt – 3000 MPa modulus	varying		30	EC01	
Granular	varying		50	EC02	
Subgrade			70	EC03	
Kategori 2		Thickness (mm)	Asphalt modulus (MPa)	Chart number	
Asphalt – range of moduli	varying		1000	EC04	
Subgrade			3000	EC05	
			5000	EC06	
Kategori 3		Thickness (mm)	Subgrade modulus (MPa)	Pre-cracking Chart No.	Pre & Post cracking Chart No.
Asphalt – 3000 MPa modulus	varying		30	EC07	EC08*
Cemented material – 2000 MPa modulus	varying		50	EC09	EC10*
Subgrade			70	EC11	EC12*
Kategori 4		Thickness (mm)	Subgrade modulus (MPa)	Pre-cracking Chart No.	Pre & Post cracking Chart No.
Asphalt – 3000 MPa modulus	varying		30	EC13	EC14*
Cemented material – 5000 MPa modulus	varying		50	EC15	EC16*
Subgrade			70	EC17	EC18*
Kategori 5		Thickness (mm)	Subgrade modulus (MPa)	Pre-cracking Chart No.	Pre & Post cracking Chart No.
Asphalt – 3000 MPa modulus	varying		30	EC19	EC20*
Granular	100		50	EC21	EC22*
Cemented material – 5000 MPa modulus	varying		70	EC23	EC24*
Subgrade					



Gambar 2.3 Contoh Design Chart

### 2.2.6. Program *Kenpave*

Program *Kenpave* merupakan software desain perencanaan perkerasan jalan yang dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. *Profesor Emeritus of Civil Engineering University of Kentucky*. Bahasa yang digunakan dalam software ini berupa bahasa pemrograman *Visual Basic*.

Software ini terbagi dalam empat program, yaitu *Layerinp* dan *Kenlayer* yang digunakan untuk analisis perkerasan lentur yang berdasarkan pada teori sistem lapis banyak, sedangkan *Slabinp* dan *Ken slab* merupakan program analisis untuk perkerasan kaku yang berdasarkan metode elemen hingga.

#### a. Menu-menu pada Program *Kenpave*

##### 1) Data *Path*

Data *path* merupakan tempat penyimpanan data. Nama umum yang digunakan pada direktori adalah *default* C:\KENPAVE\ yang merupakan nama yang terdaftar pada saat proses instalasi. Apabila ingin membuat direktori baru untuk penyimpanan data *file* yang dibuat dengan mengetik nama direktori (mis C:\Contoh\) di kotak jalur data. Setelah *Layerinp* atau *slabsinp* diklik, direktori baru akan dibuat dan muncul sebagai item pertama dalam kotak data *path*. Untuk membuat file data, juga bisa dibuat dengan cara mengetik nama direktori. Semua file data yang ada pada direktori tersebut dalam bentuk *extension*. DAT akan ditampilkan dalam menu *Filename* yang berada di sebelah kanan.

##### 2) *Filename*

Menu *Filename* akan menampilkan sebuah file baru yang berasal dari program *Layerinp* atau *Slabsinp*. File akan dibuat secara otomatis muncul pada menu *Filename*. Semua *file* data harus memiliki ekstensi DAT. Nama *file* akan ditampilkan dalam kotak yang juga akan digunakan dalam *file* lain yang dihasilkan selama pelaksanaan *Kenlayer* dan *Ken slabs*.

##### 3) *Help*

Disetiap layer menu memiliki menu *Help*, yaitu merupakan bantuan yang menjelaskan parameter input dan penggunaan yang tepat dari program.

Beberapa memiliki fitur bantuan menu atau tombol yang harus diklik jika ingin membacanya.

4) *Editor*

Menu *editor* digunakan untuk memeriksa, mengedit dan cetak data *file*. Untuk pengguna pemula dengan pengaturan *file* data, menggunakan *Layerinp* atau *Slabinp* sebagai *editor* sangat dianjurkan. Apabila semua analisis yang diinginkan telah selesai, klik tombol *Exit* untuk menutup *Kenpave*.

5) *Layerinp* dan *Slapsinp*

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

6) *Kenlayer* dan *Kenslabs*

*Kenlayer* dan *Kenslabs* merupakan program utama yang digunakan untuk menganalisis perkerasan dan hanya dapat digunakan setelah *file* data telah diisi. Program ini akan membaca *file* data yang telah diisi.

7) *Lgraph* dan *Sgraph*

Merupakan menu untuk menampilkan grafik rencana dan penampang perkerasan dengan beberapa informasi tentang *input* dan *output*.

8) *Contour*

Menu ini berfungsi untuk plot kontur tekanan atau momen dalam arah x atau y. Plot contour adalah untuk perkerasan kaku.

b. Program *Kenlayer*

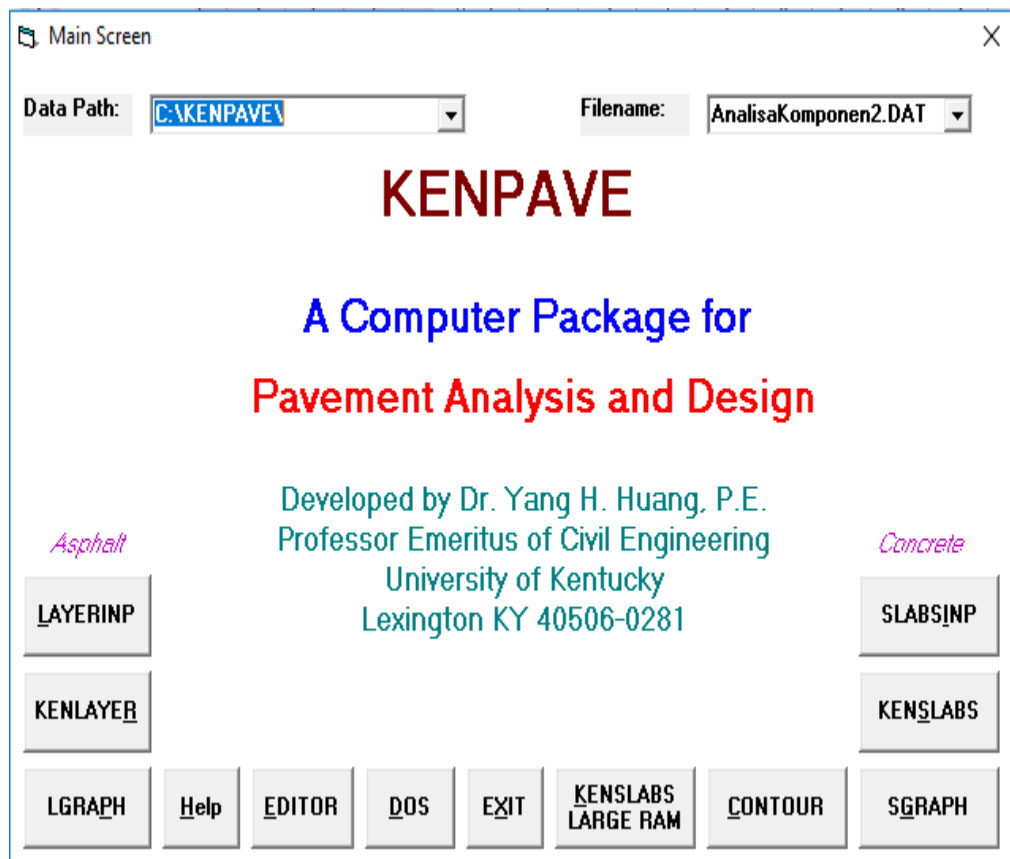
Program *Kenlayer* merupakan program yang hanya digunakan untuk jenis perkerasan lentur, sedangkan *Kenslabs* digunakan hanya untuk jenis perkerasan kaku. Program *Kenlayer* sendiri berfungsi untuk menentukan rasio kerusakan menggunakan model tekanan (*distress models*).

Model tekanan atau *distress models* dalam *Kenlayer* adalah retak dan deformasi. Model tekanan ini dapat digunakan untuk memprediksi umur perkerasan baru dengan mengasumsi konfigurasi perkerasan. Apabila reliabilitas atau kemampuan untuk *distress* tertentu lebih kecil dari tingkat minimum yang dibutuhkan, konfigurasi perkerasan yang diasumsi harus diubah.

Dasar dari program *Kenlayer* ini adalah teori sistem lapis banyak. Teori ini merupakan metode mekasinistik dalam perencanaan perkerasan lentur. *Kenlayer*

dapat digunakan pada perilaku tiap lapis yang berbeda, setiap lapis *linear*, lapis *non linear* atau *viskoelastis*. Program ini dapat mengenali empat jenis sumbu roda, yaitu sumbu tunggal roda tunggal, sumbu tunggal roda ganda, sumbu tandem dan sumbu triple.

Program *Kenlayer* dimulai dengan menginput data dari menu *Layerinp* pada program *Kenpave*. *Layerinp* memiliki 11 menu. Setiap menu akan diisi oleh data yang ada. Ada beberapa menu pada *Layerinp*, yaitu:



Gambar 2.4 Tampilan layar *Layerinp*

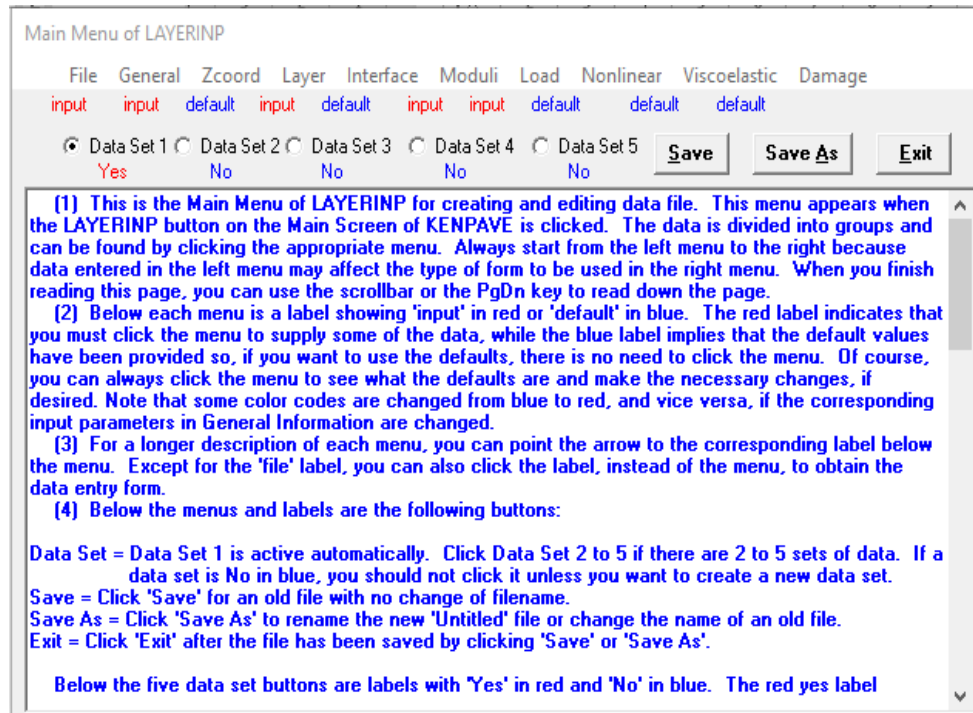
1) *File*

Menu ini berfungsi untuk memulai file yang baru (*New*) dan membuka file yang sudah ada (*old*).

2) *General*

Menu *General* merupakan menu untuk memasukkan data-data umum suatu perkerasan jalan.





Gambar 2.5 Tampilan layar *General*

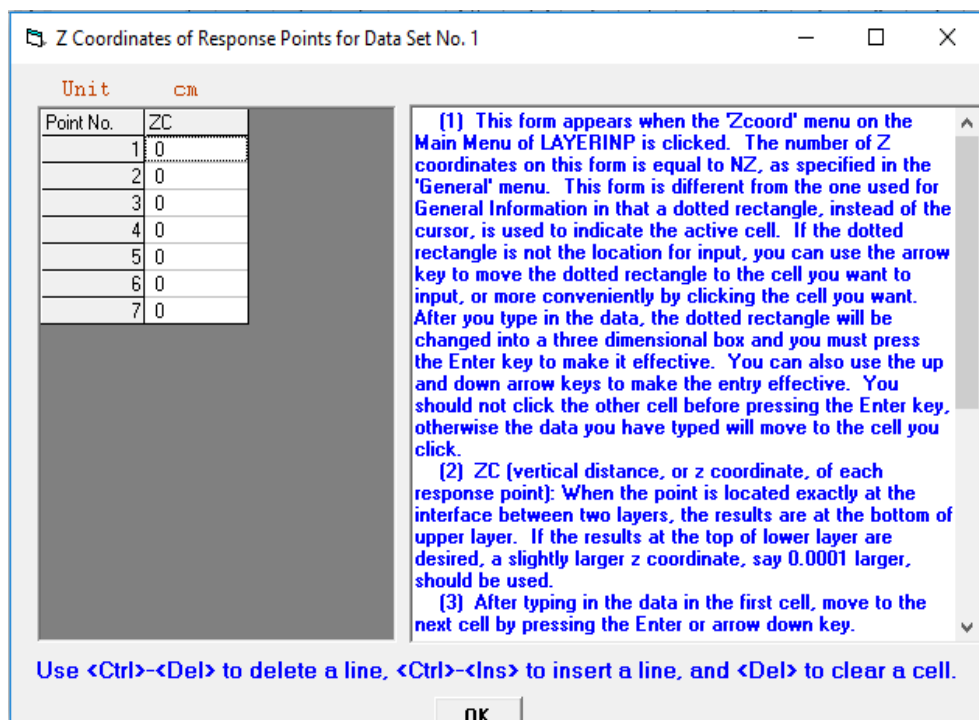
Menu *general* memiliki beberapa menu untuk menginput data :

- a) *Title* : Memasukkan Judul dari analisis
- b) *MATL* : Memilih tipe dari material. (1) jika lapisan merupakan lapisan linear elastis, (2) jika lapisan merupakan non linear elastis, (3) jika lapisan merupakan viskoelastis, (4) jika lapisan merupakan campuran dari ketiga lapisan diatas.
- c) *NDAMA* : Memilih Analisis kerusakan, (0) jika ada kerusakan analisis, (1) terdapat kerusakan analisis dan ada hasil *printout* yang detail.
- d) *DEL* : Nilai akurasi hasil analisis. Standar akurasi 0,001.
- e) *NL* : Jumlah layer atau lapis. Maksimal 19 Lapisan.
- f) *NZ* : Letak koordinat arah Z yang akan dianalisis jika  $NDAMA=1$  atau  $2$ , maka  $NZ=0$ , karena program akan menganalisis di koordinat yang mengalami analisis kerusakan.

- g) NSTD : (1) Untuk vertikal *displacement*, (5) untuk vertikal *displacement* dan nilai tegangan, (9) untuk vertikal *displacement*, nilai tegangan dan nilai regangan.
- h) NBOND : (1) Jika antar semua lapisan saling melekat, (2) jika antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.
- i) NUNIT : Satuan yang digunakan. (0) satuan English, (1) satuan SI

### 3) *Zcoord*

*Zcoord* merupakan menu yang berfungsi untuk menganalisis lapisan perkerasan pada koordianat Z. Jumlah poin yang terdapat dalam menu ini sama dengan jumlah NZ pada menu *General*. ZC adalah jarak vertikal atau jarak dalam arah Z yang akan dianalisis oleh program.



Gambar 2.6 Tampilan *Zcoord*

### 4) *Layer*

*Layer* merupakan menu yang berfungsi untuk menginput jumlah lapisan perkerasan. TH adalah tebal tiap layer atau lapis. PR adalah *Poisson' Ratio* tiap layer. *Poisson's ratio* merupakan angka perbandingan antara regangan horizontal dan regangan vertikal yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial.

Tabel 2.18 Nilai *Poisson's Ratio* (Huang H. Yang, 2004)

Material	Nilai $\mu$	$\mu$ Tipikal
Hot Mix Asphalt	0,30-0,40	0,35
Portland Cement Granular	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	0,30
Dense Sand	0,30-0,45	0,35
Fine-grained Soil	0,30-0,50	0,40
Saturated Soft Clay	0,40-0,50	0,45

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit                      cm                      kN/m<sup>3</sup>

Layer No.	TH	PR
1	0	0
2	0	0
3	XXXXXXXXXX	0

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

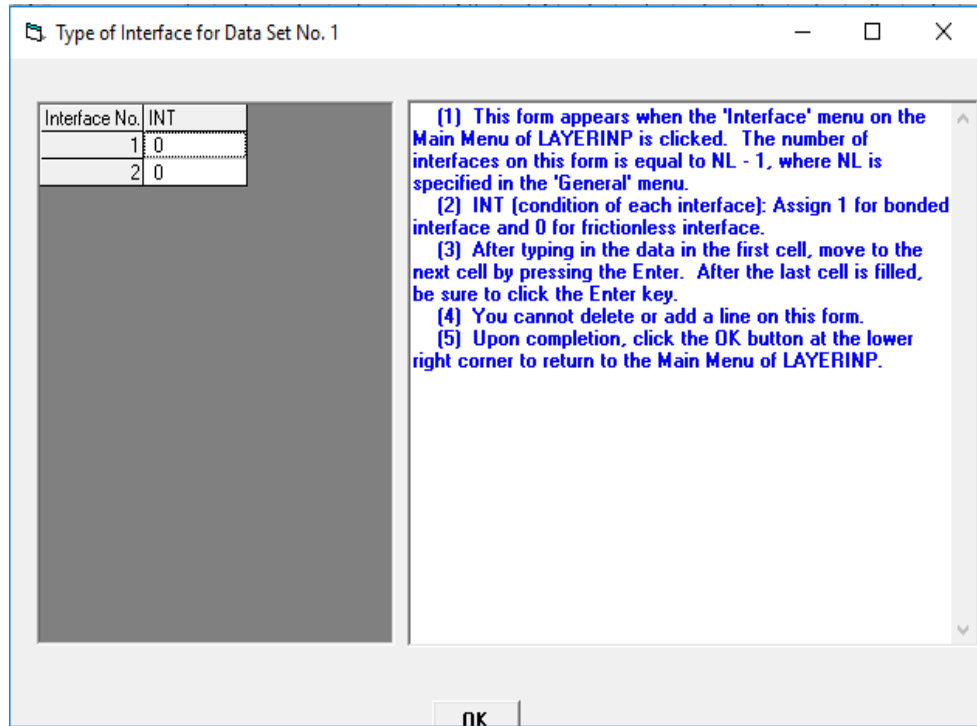
[1] This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

Gambar 2.7 Tampilan *Layer*

### 5) *Interface*

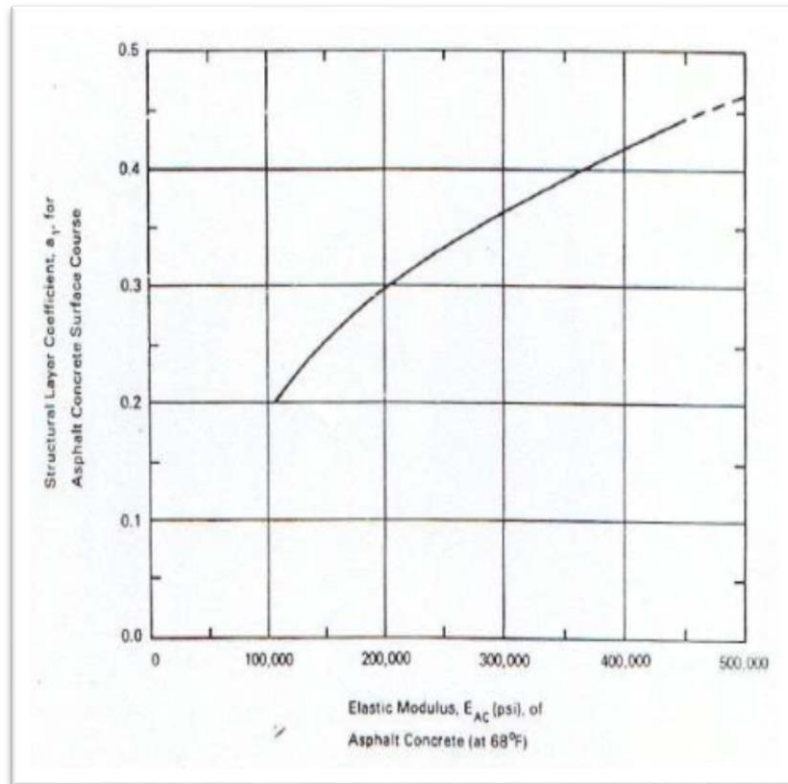
*Interface* merupakan menu yang berkaitan dengan NBIND yang terdapat dalam menu *general*. Apabila NBOND=1, maka menu *interface* akan *default* dan tidak dapat dibuka. Jika NBOND=2, maka menu *interface* akan keluar seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



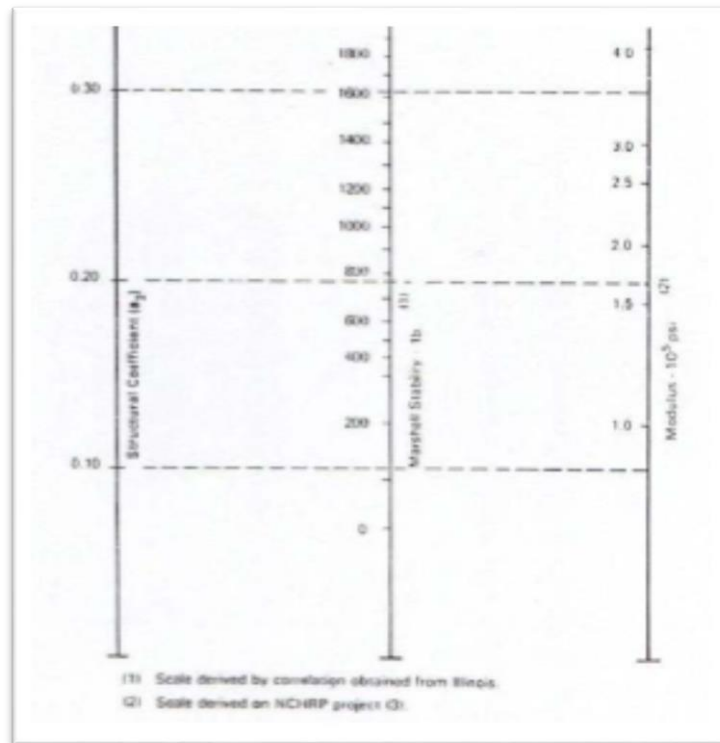
Gambar 2.8 Tampilan Layar *Interface*

### 6) *Moduli*

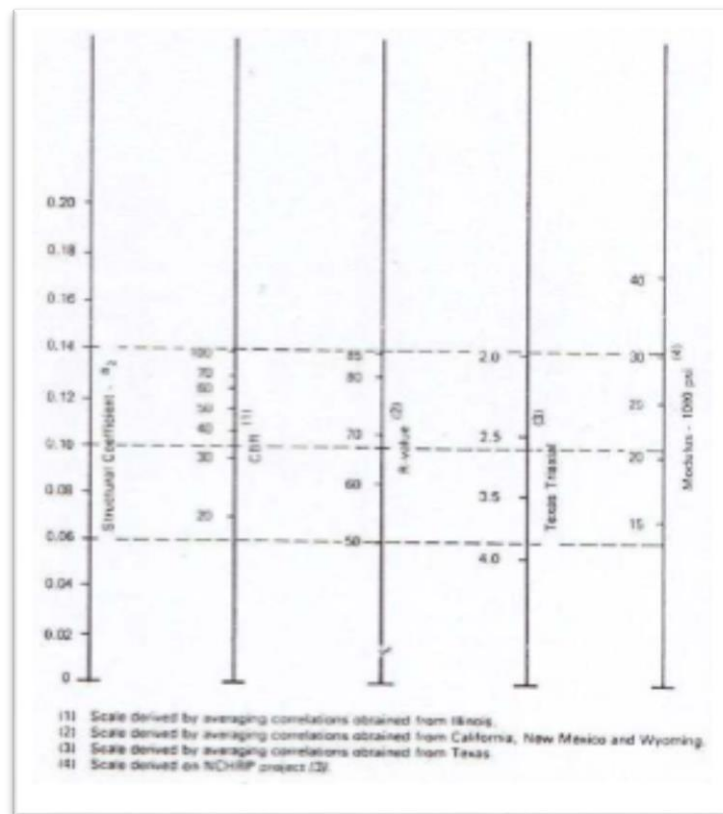
Dalam menu ini, jumlah periode sama dengan jumlah NPY dalam menu *general*. Maksimal periode dalam menu ini adalah 12. E adalah modulus elastisitas tiap layer. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Hampir semua bahan dapat kembali seperti bentuk aslinya atau elastis setelah diregangkan atau ditekan. Modulus elastis suatu bahan atau benda mempunyai batas regangan dan tegangan elastisitasnya. Batas elastisitas merupakan ukuran dari seberapa baiknya suatu bahan kembali ke ukuran dan bentuk aslinya. Nilai modulus elastisitas untuk beberapa jenis bahan dapat dicari dari gambar berikut ini berdasarkan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002).



Gambar 2.9 Modulus Elastisitas Aspal Beton a1



Gambar 2.10 Modulus Elastisitas Pondasi Beraspal a1



Gambar 2.11 Modulus Elastisitas Granular a2

Layer Modulus of each period for Data Set No. 1

Period1

input

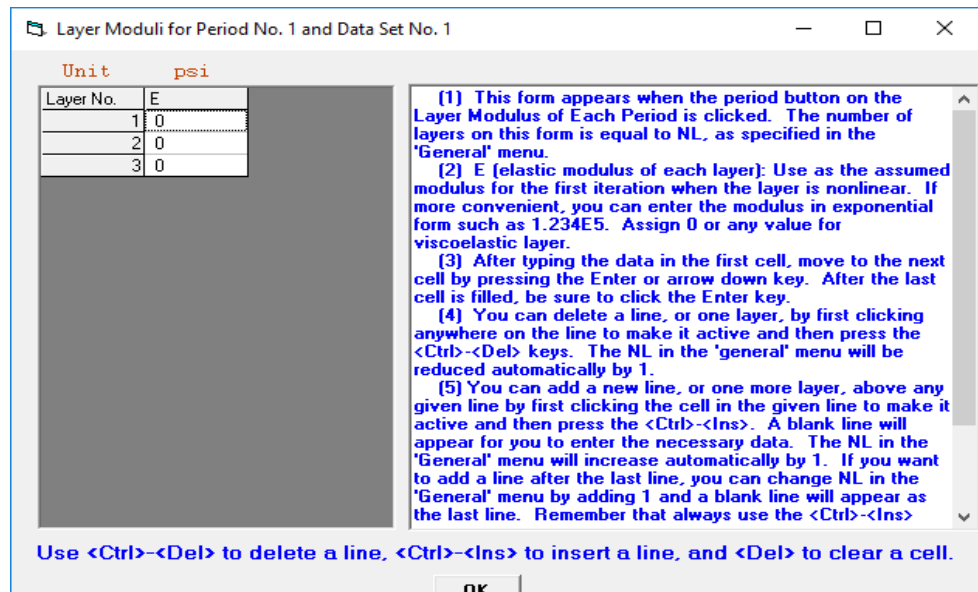
(1) This form appears when the 'Moduli' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of periods on this form is equal to NPY, as specified in the 'General' menu. The 12 buttons on the form indicates that a maximum of 12 periods may be used. However, only the periods being actually specified are marked with the period number on the button.

(2) Below the period button is a label showing 'input' in red, indicating that there are no defaults and you must enter the elastic modulus for each layer. After the data are entered, the letter 'input' will be changed to 'done'.

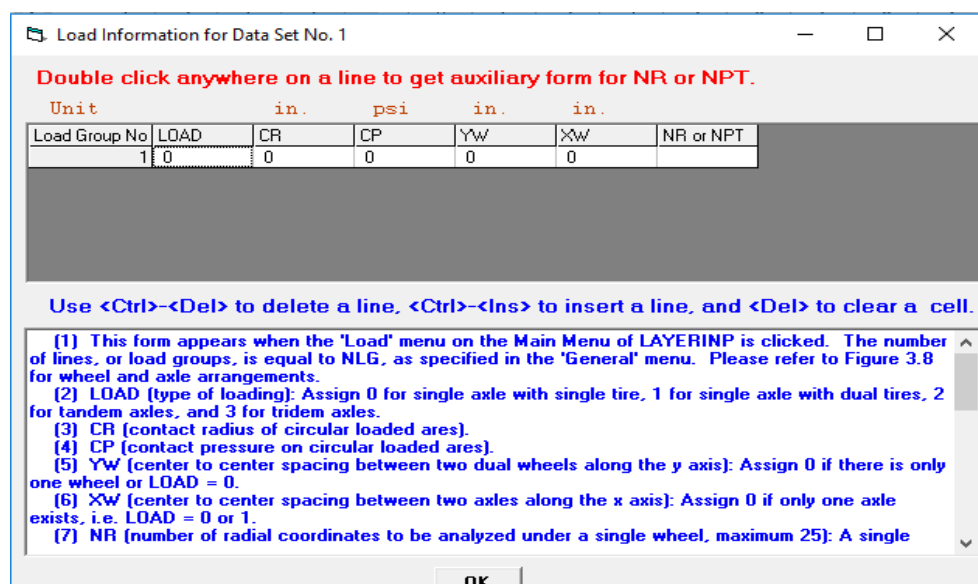
(3) Now you can click the Period1 button to enter the data. After the data for all periods are entered, as indicated by 'done' under each period button, click OK to return to the Main Menu of LAYERINP.

OK

Gambar 2.12 Tampilan Moduli

Gambar 2.13 Tampilan *Moduli for Period*7) *Load*

Dalam menu ini, jumlah unit sama dengan jumlah NPY dalam menu *general*. Pada kolom *load* (0) untuk sumbu tunggal roda tunggal, (1) untuk sumbu tunggal roda ganda, (2) untuk sumbu tandem, (3) untuk sumbu triple. Kolom CR merupakan radius kontak dari pembebanan. Kolom CP adalah nilai beban. Kolom YW dan XW merupakan jarak antar roda arah y dan arah x. Jika kolom *load* = 0, maka kolom YW dan XW = 0. NR merupakan jumlah koordinat radial yang dianalisis berdasarkan pada satu roda. NPT merupakan jumlah titik koordinat x dan y yang dianalisis berdasarkan pada beberapa roda.

Gambar 2.14 Tampilan *Load*

c. Data Masukan (*Input Program Kenpave*)

Data yang diperlukan untuk *input* ke Program *Kenpave* adalah data struktur perkerasan yang berkaitan dengan perencanaan tebal perkerasan metode mekanistik teori sistem lapis banyak. Data tersebut seperti modulus elastisitas, *poisson ratio*, tebal lapis perkerasan dan kondisi beban.

d. Data Keluaran (*Output Program Kenpave*)

Program *Kenpave* akan mengeluarkan hasil analisis dari data yang telah dimasukkan berupa tegangan, regangan dan lendutan. Ada sembilan keluaran atau *output* dari program ini, yaitu: *vertical deflection*, *vertical stress*, *major principal stress*, *minor principal stress*, *intermediate principal stress*, *vertical strain*, *major principal strain*, *minor principal strain* dan *horizontal principal strain*.

### 2.2.7. Analisis Kerusakan Jalan

Analisis kerusakan yang akan dibahas adalah jenis kerusakan *fatigue cracking*. Retak lelah atau *fatigue cracking* merupakan kerusakan yang dapat dilihat berdasarkan nilai regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan aspal yang diakibatkan oleh beban pada permukaan perkerasan, sedangkan jenis kerusakan *rutting* yang dapat dilihat berdasarkan nilai regangan tekan vertikal di bagian permukaan lapis tanah dasar atau di bawah lapis pondasi bawah (Behiry, 2012).

a. Faktor Ekvivalen Beban, beban sumbu standar dan beban sumbu standar kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Comulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu-lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan dengan rumus berikut:

$$CESA = \Sigma m \times 365 \times E \times C \times N \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$N = \frac{1}{2} \left[ 1 + (1+r)^n + 2(1+r) \frac{(1+r)^{n-1} - 1}{r} \right] \quad \dots\dots\dots (2.16)$$



Dimana:

$m$  = Jumlah masing-masing kendaraan, Tabel 4.1.

365 = Jumlah hari dalam satu tahun.

$E$  = Ekuivalen beban sumbu, Tabel 4.4.

$C$  = Koefisien distribusi kendaraan, Tabel 2.2.

CESA = Komulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.

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

$n$  = Umur rencana.

$r$  = Pertumbuhan lalu-lintas

#### b. Retak Lelah (*Fatigue Cracking*)

Retak lelah merupakan kerusakan yang meliputi bentuk perkembangan dari retak di bawah beban berulang dan kegagalan ini ditemukan saat permukaan perkerasan mengalami retakan dengan persentase yang tinggi.

Pembebanan ulang yang terjadi terus menerus akan mengakibatkan material menjadi lelah dan dapat menimbulkan *cracking* walaupun tegangan yang terjadi masih di bawah batas *ultimate*-nya. Untuk material perkerasan, beban berulang berasal dari lintasan beban sumbu (as) kendaraan yang terjadi secara terus menerus dengan intensitas yang berbeda-beda, berantung pada jenis kendaraan dan terjadi secara acak.

##### 1) Model retak lelah (*The Asphalt Institute*)

Untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah permukaan, maka rumus retak fatik perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

$$N_f = 0,0796 \times (\epsilon t)^{-3,291} \times (EAC)^{-0,85} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

$N_f$  = Nilai repetisi beban retak lelah

$\epsilon$  = Nilai regangan tarik horizontal di bawah lapis permukaan

$EAC$  = Modulus elastis lapis permukaan

c. Retak Alur (*Rutting*)

Retak alur merupakan kerusakan yang terjadi pada permukaan perkerasan sebagai akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapis beraspal, lapis pondasi dan lapis tanah dasar. Retak alur ini merupakan kriteria kedua yang digunakan dalam Metode Analisis Mekanistik, untuk menyatakan keruntuhan struktural perkerasan akibat beban berulang. Nilai *rutting* maksimum yang harus dibatasi agar tidak membahayakan pengendara saat melalui lokasi *rutting* tersebut, terutama pada saat kendaraan dalam kecepatan tinggi.

Deformasi permanen dapat diketahui pada setiap lapisan dari struktur perkerasan yang akan membuat retak alur lebih sulit untuk diprediksi dibandingkan retak leleh. Ukuran-ukuran kegagalan yang dimaksudkan untuk alur, dapat ditunjukkan pada suatu struktur dari perkerasan yang lemah. Pada umumnya dinyatakan dengan istilah regangan vertikal ( $\epsilon_y$ ) yang berada pada lokasi di permukaan lapisan tanah dasar.

1) Model retak alur (*The Asphalt Institute*)

Untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah, maka rumusnya sebagai berikut:

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-4,477} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

$N_d$  = Nilai repetisi beban retak alur

$\epsilon_c$  = Regangan tekan vertikal pada bagian atas lapisan tanah dasar