

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Tebal Perkerasan Lentur

Dinata (2017) melakukan penelitian mengenai Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987 dan Metode AASHTO 1993 dengan Program *Kanpave*. Hasil analisis yang didapat dari penelitian ini adalah tebal perkerasan didapatkan hasil yang lebih tebal pada metode AASHTO dibandingkan dengan metode Analisa Komponen dari Bina Marga 1987 dikarenakan pada metode AASHTO memiliki pertimbangan seperti faktor *reliability*, tingkat kelayanan, simpangan baku dan faktor drainase. Hasil evaluasi *Kanpave* menunjukkan jumlah repetisi beban dengan beban lalu lintas lebih besar dari jumlah repetisi beban rencana, sehingga jalan kemungkinan akan mengalami retak dan alur sebelum umur rencana. Untuk perbedaan dengan penelitian ini yaitu pada metode yang digunakan dalam menghitung tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga yang telah direvisi ke 2013 dan menggunakan metode *Asphalt Institute*.

Simanjuntak dan Muis (2014) melakukan penelitian tentang Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Lentur Manual Desain Perkerasan Jalan No 22.2/KPTS/Db/2012 dengan menggunakan Program *Kanpave*. Hasil analisis yang didapat dari penelitian ini adalah dari hasil evaluasi untuk perkerasan tipe A didapat jumlah repetisi beban yang lebih kecil dari repetisi beban rencana dan untuk tipe B didapat repetisi beban yang lebih besar dari repetisi beban rencana. Untuk perbedaannya dari penelitian ini adalah pada perencanaan tebal perkerasan dengan metode Bina Marga 2013 dan metode *Asphalt Institute*, pada penelitian Simanjuntak dan Muis (2014) program *Kanpave* hanya digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan tidak untuk mengevaluasi jalan.

Romauli dkk (2016) melakukan penelitian tentang Analisis Perhitungan Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) pada Perkerasan Lentur dengan Menggunakan

Manual Desain Perkerasan Jalan 2013. Dari hasil penelitian ini didapatkan perbedaan pada nilai *Cummulative Equivalent Single Axle (CESA)* pada tiga metode yang digunakan, hal ini dikarenakan perbedaan cara perhitungan angka ekivalen terhadap beban as standar dan penetapan nilai *Vehicle Damage Factor (VDF)*. Sedangkan untuk nilai tebal perkerasan yang didapat metode Bina Marga 2011 memiliki tebal perkerasan paling tebal, dikarenakan faktor koreksi tebal perkerasan berdasarkan temperatur perkerasan rata-rata tahunan cukup besar dibandingkan dengan metode lainnya. Perbedaan dengan penelitian ini adalah digunakannya metode pembanding selain metode Bina Marga yaitu metode *Asphalt Institute* untuk menganalisis tebal perkerasan dan digunakan program *Kenpave* untuk mengevaluasi hasil tebal perkerasan.

Putri (2014) melakukan penelitian tentang Prediksi Nilai Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Mekanistik Empirik dengan *Software Kenpave*. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa berdasarkan metode AASHTO 2006 umur rencana pada jalan Arteri Selatan akan mengalami kerusakan *alligator cracking* dan *rutting* yang melebihi batas toleransi sebelum tahun ke-7 dari umur rencana awal 10 tahun. Untuk perbedaannya dengan penelitian ini adalah pada penelitian Putri (2014) tidak mengevaluasi tebal perkerasan jalan yang direncanakan sedangkan pada penelitian ini digunakan program *Kenpave* untuk mengevaluasi hasil tebal perkerasan.

Aris dkk (2015) melakukan penelitian mengenai Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Beberapa Metode Bina Marga. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil perbedanaan hasil nilai *Cummulative Equivalent Single Axle (CESA)* pada setiap metode, metode Bina Marga 2013 memiliki nilai paling besar dikarenakan perbedaan perhitungan dalam menentukan angka ekivalen terhadap beban as standar. Untuk hasil nilai tebal perkerasan, metode Bina Marga 2013 memiliki angka tebal perkerasan paling besar dikarenakan faktor nilai *Cummulative Equivalent Single Axle (CESA)* sangat mempengaruhi penentuan hasil tebal perkerasan. Perbedaan dengan penelitian ini adalah digunakan metode *Asphalt Institute* sebagai metode pembanding untuk menganalisis nilai tebal perkerasan, sedangkan untuk mengevaluasi hasil nilai tebal perkerasan digunakan program *Kenpave*.

Fadlan dan Muis (2013) melakukan penelitian tentang Evaluasi Perencanaan Tebal Perkerasan Metode Bina Marga Pt T-01-2002-B dengan Program *Kanpave* dari penelitian tersebut didapatkan bahwa tebal perkerasan yang direncanakan menggunakan struktur empat lapis didapatkan repetisi beban yang lebih kecil dari repetisi beban rencana dan untuk struktur dua lapis menghasilkan repetisi beban yang lebih besar, sedangkan untuk perbedaan dengan penelitian ini adalah pada metode yang digunakan dalam menghitung tebal perkerasan menggunakan metode bina marga yang telah direvisi ke 2013 dan menggunakan metode *Asphalt Institute*.

2.1.2. Tinjauan Umum

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapis tanah dasar (*sub grade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Setiap susunan lapisan perkerasan menerima gaya yang berbeda – beda, semakin ke bawah gaya yang diterima semakin kecil (Sukirman, 1999).

Tujuan dari pembuatan struktur perkerasan jalan adalah untuk mengurangi tegangan akibat beban roda sehingga mencapai nilai yang dapat diterima oleh tanah tersebut. Kendaraan pada posisi diam di atas struktur akan mengakibatkan tegangan statis pada perkerasan. Ketika kendaraan bergerak akan timbul tegangan dinamis akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena ketidakrataan perkerasan, beban angin dan sebagainya (Wignall, 2004).

Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis bahan pengikat. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan terbagi menjadi 3 yaitu:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasannya menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pada umumnya kerusakan yang terjadi akibat repetisi beban yang berlebihan, sehingga mengakibatkan lendutan pada jalur atau *rutting*.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikatnya. Plat beton dengan

tulangan diletakkan di atas tanah dasar. Pada umumnya kerusakan akibat repetisi beban adalah timbul retak pada permukaan jalan.

3. Perkerasan komposit (*composit pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau sebaliknya.

2.1.3. Perencanaan Perkerasan Jalan

Untuk membuat suatu membuat suatu perkerasan jalan yang memenuhi syarat untuk kelas jalan tertentu sebelumnya dibutuhkan data-data untuk perencanaan perkerasan jalan. Data yang dibutuhkan yaitu :

1. Data Lalu Lintas dan Pembebanan

Data ini merupakan data utama yang dimasukan dalam perencanaan, data yang harus dipertimbangkan meliputi data kecepatan kendaraan, beban roda, area kontak roda dan jumlah pengulangan beban. Data kondisi lalu lintas meliputi :

- a) Berat kendaraan yang akan melewati atau menggunakan jalan.
- b) Jumlah lajur dan arah yang direncanakan pada jalan tersebut.
- c) Jumlah kendaraan yang melewati jalan yang direncanakan dan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang.
- d) Perkembangan lalu lintas selama waktu tertentu, misalnya 5-20 tahun mendatang.

2. Data Material

Data material merupakan hal yang penting karena menentukan respon struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas seperti tegangan, regangan dan penurunan setelah menerima beban lalu lintas. Dalam perencanaan perkerasan lentur digunakan input data penting seperti nilai modulus elastisitas dan *poisson ratio* tiap lapisan.

Material yang digunakan dalam perencanaan perkerasan harus sudah diuji sesuai dengan standar yang digunakan, hal ini dikarenakan kualitas material akan sangat berpengaruh dalam ketahanan suatu perkerasan jalan.

3. Data CBR

Nilai CBR juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap umur suatu konstruksi perkerasan dan tebal lapisan pada struktur jalan (Akbar dkk., 2015). Data CBR merupakan data perbandingan dari tahanan geser tanah terhadap kekuatan standar material.

4. Data ketentuan lain meliputi :

- a) Umur rencana jalan yang direncanakan atau diperkirakan dalam jangka waktu tertentu misalnya 10-20 tahun yang akan datang. Selama waktu yang direncanakan tersebut, jalan diharapkan mampu menahan beban lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Dalam menentukan umur rencana sangat ditentukan oleh biaya pembangunan dan kegunaan jalan tersebut.
- b) Faktor lingkungan seperti suhu dan cuaca di wilayah jalan yang akan direncanakan.
- c) Keadaan topografi di wilayah jalan yang direncanakan
- d) *Reliability*, yaitu tingkat pelayanan sisi pandang untuk pengguna jalan sesuai dengan umur rencana jalan.
- e) *Serviceability*, pelayanan sistem perkerasan jalan yang dirasakan bagi pengguna jalan. Hasil dari data *serviceability* menjadi tingkat pelayanan fungsional perkerasan jalan.

5. Kriteria Kegagalan Perkerasan

Kerusakan pada perkerasan lentur timbul dari deformasi akibat beban lalu lintas dan biasanya diikuti dengan retakan. Perkerasan lentur dikehendaki hanya akan mengalami deformasi permanen sebesar 20-30 mm setelah berumur 20 tahun (Dinata, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa akibat tegangan dan regangan yang bekerja, tanah diisyaratkan harus masih berperilaku sebagai bahan yang elastis. Oleh sebab itu, modulus elastisitas lebih penting dibandingkan dengan kuat geser tanah karena kuat geser tanah bukan merupakan faktor yang secara langsung mendefinisikan kinerja tanah dasar.

2.1.4. Metode Perencanaan Perkerasan

Dinata (2017), menyatakan kekuatan menjadi fokus utama dalam perencanaan perkerasan jalan dengan menggunakan metode *serviceability* (indeks kualitas pelayanan perkerasan) yang dikembangkan berdasarkan percobaan *test track*. Teknologi desain struktur perkerasan mengalami banyak kemajuan. Kemajuan dalam memodelkan bahan dan struktur ditunjang dengan kemajuan teknologi komputer, maka untuk desain analisis struktur dalam perkerasan jalan mulai digunakan yaitu tegangan, regangan dan lendutan. Dalam teknik perkerasan telah ditemukan beberapa metode dalam perencanaan perkerasan jalan. Secara umum ada 3 metode dalam perencanaan perkerasan, yaitu:

1. Metode Empiris

Metode empiris adalah perencanaan berdasarkan pengalaman dan percobaan yang sudah ada. Pengamatan digunakan untuk membuktikan antara input data yang dimasukkan dan hasil dari proses, contohnya perencanaan perkerasan dan performanya. Pendekatan secara empiris sering digunakan sebagai jalan keluar ketika untuk menetapkan atau mendefinisikan secara teori hubungan yang tepat akibat sebuah kejadian. Terdapat banyak metode yang digunakan di berbagai negara seperti *AASHTO* Amerika Serikat, *Road Note* Inggris, *NAASRA* Australia. Metode empiris pertama yang digunakan di Indonesia yaitu metode Bina Marga tahun 1987

2. Metode Mekanistik

Suatu metode yang mengembangkan kaidah teori dari karakter material perkerasan, beserta perhitungan respon struktur perkerasan terhadap beban kendaraan. Metode ini bisa memprediksi jenis kerusakan jalan. Metode mekanistik empiris mengasumsikan perkerasan jalan menjadi struktur *multi-layer (elastic) structure* untuk perkerasan lentur. Akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya secara beban statis merata, sehingga menimbulkan tegangan (*stress*) regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*) pada struktur tersebut.

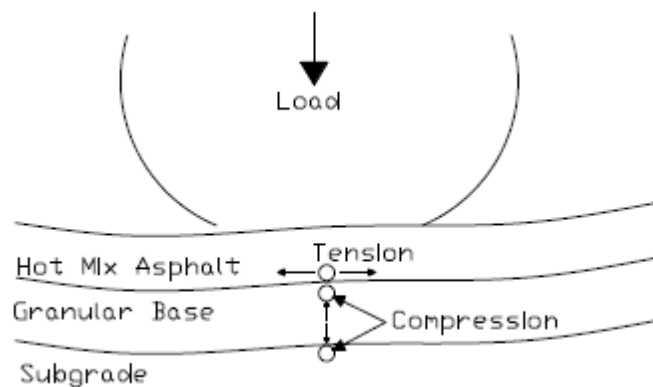
Pada metode ini memiliki kelemahan yaitu dalam penentuan karakteristik bahan struktur perkerasan lentur memerlukan benda uji yang mahal. Dalam perhitungan metode mekanistik umumnya berdasarkan metode sistem lapis banyak. Konsep ini memiliki asumsi bahwa setiap lapis perkerasan memiliki

sifat homogen, isotropis dan linear elastik yang artinya akan kembali ke bentuk aslinya ketika bebannya berpindah.

3. Metode Mekanistik-Empiris

Metode ini didasarkan pada mekanika bahan yang berhubungan dengan data-data seperti respon perkerasan seperti tegangan dan regangan serta beban roda. Beban yang bekerja pada sistem perkerasan lentur akan direspon oleh perkerasan yang melibatkan mampatan tegangan (*compressive stress*), regangan tensil (*tensile strain*) dan lendutan (*deflection*). Penggunaan regangan tekan vertikal untuk mengontrol deformasi permanen didasari bahwa pada regangan plastis sama dengan regangan elastis pada bahan perkerasan. Oleh sebab itu dengan membatasi regangan plastis pada tanah dasar maka regangan elastis di atas tanah dasar dapat dikendalikan, maka besarnya dari deformasi permanen pada permukaan juga dapat dikendalikan.

Kerkhoven dan Dormon dalam (Huang, 2004), merekomendasikan penggunaan regangan vertikal di tanah dasar sebagai kriteria kegagalan dalam mengurangi deformasi permanen. Penggunaan dalam regangan tarik horizontal di bawah lapisan aspal dengan tujuan meminimalkan kelelahan retak seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Desain Pertama Perkeran Mekanistik Empiris

(Huang, 2004)

Contoh dari pendekatan mekanistik empiris adalah program *Kenpave* dan *Kenlayer*. *Kenlayer* menggunakan desain *multi-layered system* dimana setiap lapis dari perkerasan memiliki sifat, bahan dan tebal masing-masing. Data yang

harus dimasukkan adalah sifat karakteristik dari perkerasan yaitu tebal lapis perkerasan, modulus elastisitas dan *poisson ratio*.

2.1.5. Kerusakan Perkerasan Lentur

Pertimbangan penting dalam mendesain perkerasan adalah mengetahui perkiraan kerusakan yang akan terjadi. Dalam metode mekanistik empiris, setiap kriteria kegagalan harus dikembangkan secara terpisah untuk menangani setiap tekanan tertentu. Evaluasi kerusakan perkerasan merupakan bagian penting dari *pavement management system* dimana strategi yang paling efektif untuk pemeliharaan dan rehabilitasi dapat dikembangkan (Huang, 2004).

Kerusakan dalam perkerasan lentur yang biasanya terjadi adalah :

1. Deformasi Permanen

Deformasi merupakan kerusakan penting dalam perencanaan perkerasan jalan yang merupakan perubahan permukaan jalan dari profil aslinya (sesudah pembangunan), karena mempengaruhi kualitas kenyamanan lalu lintas (kekasaran, genangan air yang mengurangi kekesatan permukaan) dan dapat mencerminkan kerusakan struktur perkerasan (Hardiyatmo, 2015).

Kerusakan deformasi permanen biasanya diakibatkan oleh berikut :

- a) Pengaruh kondisi lingkungan seperti tanah pada fondasi kurang bagus seperti mudah mengembang.
- b) Beban lalu lintas yang berlebihan.
- c) Pemadatan pada saat pembangunan lapis perkerasan jalan tidak mengikuti standar.

Perbaikan jalan akibat deformasi permanen dapat dilakukan dengan mengganti area yang rusak akibat deformasi kemudian digali pada tanah dasarnya dan dilakukan penambalan pada area tersebut.

2. Retak (*Crack*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2007), retak merupakan suatu gejala kerusakan permukaan perkerasan sehingga akan menyebabkan air pada permukaan perkerasan masuk ke lapisan di bawahnya dan merupakan

salah satu faktor yang parah dari suatu kerusakan. Retak terjadi akibat tegangan yang terjadi pada lapisan aspal melebihi tegangan tarik maksimum yang ditahan oleh perkerasan jalan tersebut.

Contohnya adalah retak lelah (*fatigue cracking*), retak yang diakibatkan oleh tegangan tarik yang terjadi secara terus menerus akibat beban yang diberikan. Retak secara bertahap akan merambat menuju atas lapisan kemudian saling berhubungan. Jenis kerusakan seperti ini menyebabkan hilangnya integritas struktur pada sistem perkerasan jalan. Oleh sebab itu perkerasan harus direncanakan setiap lapisannya dengan material yang kuat.

3. Alur (*Rutting*)

Alur merupakan deformasi permukaan perkerasan yang berbentuk turunnya perkerasan secara memanjang pada jalur roda kendaraan yang biasanya diakibatkan oleh :

- a) Lemahnya tanah dasar pada perkerasan jalan atau pelemahan tanah akibat infiltrasi air tanah.
- b) Kurangnya pemadatan pada lapis permukaan dan pondasi, sehingga akibat beban kendaraan yang diterima, lapisan pondasi akan memadat lagi.
- c) Kualitas dalam pencampuran material perkerasan masih rendah.

Banyak faktor yang mempengaruhi *rutting* seperti kondisi iklim, volume lalu lintas kecepatan dan jenis gandar (Zou dkk., 2017). Cara mengatasi kerusakan akibat alur adalah pembangunan kembali perkerasan secara penuh mungkin akan dilakukan, termasuk ditambahkan drainase, jika air menjadi faktor penyebab utama.

4. Kerusakan Pinggir Perkerasan

Kerusakan pada pinggir perkerasan adalah retak yang terjadi sepanjang pertemuan antara permukaan perkerasan aspal dan bahu jalan, terlebih lagi bila bahu jalan tidak ditutup. Kerusakan ini terjadi secara lokal dan bisa memanjang di sepanjang jalan.

5. Kerusakan Tekstur Permukaan

Kerusakan pada tekstur permukaan terjadi akibat kehilangan material perkerasan secara terus menerus dari lapisan permukaan kearah bawah. Lapisan perkerasan akan pecah menjadi butiran kecil, akibat dari

sinar matahari, butiran yang lepas dapat terjadi di atas seluruh lapisan permukaan. Kerusakan ini menunjukkan adanya penurunan kualitas pada perkerasan jalan, kerusakan ini akan mengganggu tingkat kenyamanan bagi pengguna jalan.

6. Tambalan (*Patch*)

Tambalan (*patch*) adalah penutupan pada bagian perkerasan yang mengalami perbaikan. Kerusakan pada tambalan akan mempengaruhi kenyamanan pengendara (kegagalan fungsional). Kerusakan tambalan menimbulkan disintegrasi antara tambalan dan permukaan perkerasan asli, Kerusakan pada tambalan terjadi karena permukaannya yang menonjol atau ambles terhadap permukaan perkerasan.

7. Lubang (*Potholes*)

Kerusakan jalan berupa lubang terjadi ketika retakan dibiarkan tanpa perbaikan, sehingga air meresap dan membuat rapuhnya setiap lapisan pada perkerasan. Lubang yang awalnya berbentuk kecil bisa berkembang menjadi lebih besar dan dapat membahayakan pengguna jalan. Kerusakan akibat lubang pada jalan bisa diperbaiki dengan membersihkan lubang pada jalan terlebih dahulu dari air serta material-material yang lepas. Setelah itu bongkar lapisan permukaan dan pondasi sedalam mungkin agar bisa mencapai lapisan yang paling kokoh. Barulah kemudian tambahkan lapisan pengikat atau *tack coat*. Selanjutnya isi dengan campuran aspal selanjutnya padatkan lapisan campuran aspal tersebut dan haluskan permukaannya sehingga sama rata dengan permukaan jalan lainnya. Lubang pada jalan aspal yang ditambal tanpa dibersihkan atau dibongkar terlebih dahulu hanya akan menghasilkan tambalan yang rapuh. Akibatnya lubang kembali terjadi hanya beberapa saat setelah penambalan dilakukan.

8. Kegemukan (*Bleeding*)

Pada temperatur tinggi aspal akan menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda hal ini disebabkan penggunaan kadar aspal terlalu tinggi pada campuran, pemakaian terlalu banyak aspal pada pengerjaan *prime coat* / *teak coat* dapat diatasi dengan menaburkan agregat panas dan kemudian

dipadatkan atau juga bisa dengan pengangkatan lapis aspal dan diberi lapisan penutup.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Bahan perkerasan lentur umumnya terdiri dari 3 lapisan meliputi lapisan permukaan, lapis pondasi, lapis pondasi bawah dan lapis pondasi bawah yang terletak di atas tanah dasar (*subgrade*).

Sifat penyebaran gaya yang diterima pada setiap lapisan perkerasan berbeda karena semakin ke bawah akan semakin kecil. Setiap lapisan permukaan harus mampu menahan gaya vertikal dan getaran yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Jadi kapasitas dukung perkerasan lentur bergantung pada karakteristik distribusi beban dari sistem lapisan pembentuknya.

Oleh karena itu terdapat syarat-syarat dalam perencanaan setiap lapis pada perkerasan jalan yaitu :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapisan perkerasan jalan yang letaknya paling atas dan berfungsi memberikan kenyamanan dengan permukaan yang halus dan rata. Syarat dalam pembuatan lapis permukaan yaitu meliputi :

- a) Memiliki stabilitas tinggi dan ketahanan dalam menahan beban roda selama umur rencana.
- b) Mencegah masuknya air ke dalam struktur perkerasan di bawahnya yang mengakibatkan kerusakan penurunan pada lapis perkerasan.
- c) Lapisan dapat menyebarkan beban roda ke bawah sehingga dapat diterima oleh lapis perkerasan yang mempunyai daya dukung yang kurang.
- d) Sebagai lapis aus (*wearing course*) atau lapisan yang langsung menerima gesakan akibat rem kendaraan sehingga menjadi aus.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas merupakan lapisan yang terletak antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah serta memiliki fungsi sebagai berikut:

- a) Sebagai bantalan dasar terhadap lapis permukaan.
- b) Menyebarkan tekanan ke bawah akibat beban kendaraan agar lapisan pada tanah dasar tidak mengalami tekanan yang berlebihan.
- c) Sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.

Dalam pembuatan lapis pondasi atas harus menggunakan material yang cukup kuat seperti batu pecah dan kerikil pecah yang mampu menahan beban lalu lintas yang berulang. Material yang digunakan umumnya memiliki nilai CBR minimum 50 % dan indeks plastisitas (IP) ≤ 4 % .

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan yang diletakkan di antara lapis pondasi atas dan lapisan tanah dasar, berfungsi sebagai berikut :

- a) Merupakan lapisan pelindung lapis tanah dasar dari pengaruh cuaca.
- b) Bagian dari konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban ke tanah dasar.
- c) Untuk mencegah material tanah dasar naik ke lapis pondasi atas
- d) Sebagai pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda alat berat pada saat awal pengerjaan.

Lapis pondasi bawah memiliki material pilihan sesuai kriteria perencanaan perkerasan jalan yaitu material yang digunakan umumnya memiliki nilai CBR minimum 20 % dan indeks plastisitas (PI) ≤ 10 % . Lapisan pondasi bawah umumnya memiliki perkerasan yang tebal karena berfungsi dalam penyebaran beban ke tanah dasar, tetapi dengan biaya yang murah perencanaan lapis pondasi bawah akan sangat bervariasi selama rancangan awal tetap terpenuhi.

4. Lapisan Tanah Dasar (*sub grade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan pada konstruksi perkerasan jalan yang terletak paling bawah. Kemampuan tanah dasar dalam mendukung beban sebesar $0,5-1,5 \text{ kg/cm}^2$, oleh karena itu dibutuhkan konstruksi perkerasan jalan yang dapat menyebarkan beban roda secara merata sehingga tegangan dapat diterima oleh lapisan tanah dasar. Lapisan tanah dasar pada dasarnya merupakan tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya kurang baik atau merupakan tanah yang didatangkan dari tempat lain.

Masalah-masalah yang dihadapi dalam tanah dasar merupakan masalah umum yang sering terjadi selama proses pengerjaan. Menurut Sukirman (1999), masalah yang sering terjadi pada pengerjaan tanah dasar sebagai berikut :

- a) Perubahan bentuk tetap, yaitu perubahan bentuk pada jalan yang diakibatkan oleh beban berulang lalu lintas.
- b) Sifat mengembang dan menyusut pada tanah, perubahan ini terjadi akibat perubahan kadar air yang didukung tanah tersebut.
- c) Penurunan pada tanah dasar akibat tanah dasar tidak dipadatkan sesuai standar sehingga memiliki daya dukung yang tidak optimal

Untuk memperkecil terjadinya masalah pada tanah dasar maka, sebelum melakukan pengerjaan lapisan perkerasan lainnya, tanah dasar harus dalam kondisi yang stabil dan memiliki kadar air yang konstan sesuai dengan umur perencanaan. Hal ini dapat dikerjakan dengan pemadatan tanah sesuai standar sehingga dapat mencapai kestabilan dan tidak mengalami penurunan akibat beban lalu lintas. Material tanah dasar sangat sangat mempengaruhi dari daya dukung tanah dasar, oleh sebab itu harus diperhatikan hal-hal seperti klasifikasi tanah, nilai CBR, kadar air, sifat butiran dan plastisitas tanah.

2.2.2. Klasifikasi Jalan dan Klasifikasi Kendaraan

Klasifikasi jalan merupakan standar operasi yang dibutuhkan dan digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan karena berkaitan dengan kemampuan jalan dalam menerima beban kendaraan yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat

(MST). Berdasarkan peraturan geometrik jalan raya yang dikeluarkan oleh Bina Marga jalan dibagi dalam kelas-kelas sesuai dengan fungsinya.

1. Menurut fungsinya jalan dibagi menjadi 3 bagian yaitu :
 - a) Jalan Arteri adalah sebuah jalan perkotaan yang memiliki kapasitas tinggi dan mengirimkan lalu lintas dari jalan kolektor menuju jalan bebas dan jalan ekspres serta melayani angkutan utama dengan kecepatan rata-rata tinggi.
 - b) Jalan Kolektor adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani angkutan pengumpul dengan perjalanan sedang serta kecepatan rata-rata sedang.
 - c) Jalan Lokal adalah jalan yang menghubungkan dan melayani angkutan setempat dengan perjalanan pendek dan kecepatan rata-rata rendah.
2. Menurut kelasnya jalan :
 - a) Klasifikasi jalan menurut kelas serta ketentuannya dengan klasifikasi berdasarkan fungsi jalan dapat dilihat di Tabel 2.2

Tabel 2.1 Klasifikasi berdasarkan Kelas Jalan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004)

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

Klasifikasi kendaraan dikelompokkan menjadi 8 kategori menurut Bina Marga antara lain :

1. Golongan 1
Sepeda Motor dengan 2 atau 3 roda (Sesuai klasifikasi Bina Marga).
2. Golongan 2
Jeep, Sedan dan *Station Wagon* (Sesuai klasifikasi Bina Marga).
3. Golongan 3
Minibus, Oplet, *Pick-up* (Sesuai klasifikasi Bina Marga).
4. Golongan 4

Pick-up, Mikro truk dan Mobil Hantaran.

5. Golongan 5a

Kendaraan dengan tempat duduk 16-26 buah seperti kopaja, metromini dengan bagian belakang sumbu tunggal roda ganda (STRG) dengan panjang maksimal 9m.

6. Golongan 5b

Kendaraan penumpang umum dengan jumlah tempat duduk 30-56 buah seperti bus kota, bus antar kota dengan bagian belakang sumbu tunggal roda ganda (STRG).

7. Golongan 6a

Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 5 ton (MST 5, STRG) pada sumbu as belakang 4 roda dan as depan 2 roda seperti truk ringan.

8. Golongan 6b

Kendaraan barang dengan muatan sumbu terberat 8-10 ton (MST 8-10, STRG) pada sumbu as belakang 4 roda dan as depan 2 roda seperti truk sedang.

9. Golongan 7a

Kendaraan barang dengan 3 sumbu yang letaknya STRT (Sumbu Tunggal Roda Tunggal) dan SGRG (Sumbu Ganda Roda Ganda).

10. Golongan 7b

Kendaraan truk sedang yang diberi tambahan bak truk di bagian belakang yang sering disebut truk gandengan.

11. Golongan 7c

Kendaraan yang terdiri dari kepala truk dengan 2-3 sumbu yang dihubungkan dengan rangka bak pada roda belakang dengan 2-3 sumbu.

12. Golongan 8

Kendaraan tak bermotor atau kendaraan dengan tenaga hewan atau manusia seperti kereta kuda, becak dan sepeda. Dalam hal ini kendaraan tidak bermotor dianggap sebagai hambatan samping bukan sebagai unsur dalam lalu lintas.

2.2.3. Metode Manual Desain Perkerasan 2013

Metode Manual Desain Perkerasan 2013 merupakan metode yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Metode ini memberikan pendekatan perencanaan dan desain untuk merencanakan

tebal lapis tambah (*overlay*) pada struktur perkerasan jalan serta menanggulangi empat tantangan terhadap aset jalan yaitu beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi curah hujan tinggi dan tanah lunak (Romauli dkk., 2016).

Langkah-langkah dalam merencanakan struktur perkerasan lentur menggunakan metode Manual Desain Perkerasan 2013 adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan Umur Rencana (UR), menurut metode Manual Desain Perkerasan 2013 umur rencana merupakan jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan baru tersebut dibuka sampai jalan tersebut dianggap harus mengalami perbaikan. Dalam menentukan umur rencana sesuai metode Manual Desain Perkerasan 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Umur Rencana Perkerasan (Bina Marga, 2013)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
	Lapis aspal dan lapis berbutir pada jalan	20
Perkerasan Lentur	Semua lapisan perkerasan yang tidak diijinkan ditinggikan akibat pelapisan ulang seperti jalan perkotaan, terowongan, underpas, jembatan	40
Perkerasan Kaku	Lapis pondasi, lapis pondasi bawah, lapis pondasi semen	

- b. Menghitung analisis volume lalu lintas untuk menentukan lalu lintas harian rata-rata (LHRT). Dalam mendapatkan data volume lalu lintas diperoleh dari :
 - 1) Survey lalu lintas dengan durasi 1x24 jam. Dalam melaksanakan survey mengacu pada pedoman survey pencacahan lalu lintas dengan cara Manual Pd T-19-2004-B
 - 2) Data hasil survey sebelumnya
 - 3) Pada jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan data nilai perkiraan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Nilai Perkiraan Lalu Lintas pada Jalan Lalu Lintas Rendah (Bina Marga, 2013)

Deskripsi Jalan	LHRT 2 Arah	Kendaraan Berat (%) dari lalu lintas)	Umur Rencana (Th)	Pertumb uhan lalu lintas (%)	Faktor Pertumbuhan Lalu lintas	Kelompok Sumbu/Ke ndaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA (Overl oaded)	Lalu lintas Desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan Lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Jalan lokal daerah industri	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^8$
Jalan Kolektor	500	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^8

- c. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas yang berdasar pada data historis yang valid, jika data tidak ada maka dapat menggunakan Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perkiraan Pertumbuhan Lalu Lintas (Bina Marga, 2013)

	2011-2020	>2020-2030
Arteri dan Perkotaan (%)	5	4
Rural (%)	3,5	2,5

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat menggunakan rumus :

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

Dimana :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Pertumbuhan tahunan (%)

UR = Umur Rencana (Tahun)

- d. Menentukan kapasitas lajur dan faktor distribusi, dalam mendesain kapasitas lajur tidak boleh melebihi kapasitas lajur tersebut selama umur rencana. Mengacu pada Peraturan Menteri PU No.19/PRT/M/2011 tentang Peraturan Teknis Jalan, nilai faktor distribusi lajur dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Faktor Distribusi Lajur (Bina Marga, 2013)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga pada Jalur Rencana (% terhadap kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

- e. Menentukan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*). VDF merupakan perkiraan faktor pada ekuivalen beban. Beban lalu lintas dapat diperoleh dari :

1. Studi jembatan timbang yang dilakukan pada jalan yang direncanakan.
2. Data WIM Regional yang dikeluarkan Bina Marga.
3. Untuk ketentuan cara pengumpulan beban lalu lintas dapat melihat Tabel 2.6.
4. Nilai VDF dan klasifikasi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.6 Ketentuan Cara Pengumpulan Beban Lalu Lintas (Bina Marga, 2013)

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Lalu Lintas
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 4
Jalan Sedang	1 atau 2 atau 3 atau 4
Jalan Kecil	1 atau 2 atau 3 atau 3

Tabel 2.7 Nilai VDF Standar dan Klasifikasi Kendaraan (Bina Marga, 2013)

No.	Kelas	Jenis	Sumbu	VDF	VDF
				Pangkat 4	Pangkat 5
1	1	Sepeda Motor	1.1	0,00	0,00
2	2.3.4	Sedan/Angkot/Pickup/Station Wagon	1.1	0,00	0,00
3	5.a	Bus Kecil	1.2	0,30	0,20
4	5.b	Bus Besar	1.2	1,00	1,00
5	6,1	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	1.1	0,30	0,20
6	6,2	Truck 2 Sumbu Ringan	1.2	0,80	0,80
7	7,1	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	1.2	0,70	0,70
8	7,2	Truk 2 Sumbu Sedang	1.2	1,60	1,70
9	8,1	Truk 2 Sumbu Berat	1.2	0,90	0,80
10	8,2	Truk 2 Sumbu Berat	1.2	7,30	11,20
11	9,1	Truk 3 Sumbu Ringan	1.22	7,60	11,20
12	9,2	Truk 3 Sumbu Sedang	1.22	28,10	64,40
13	9,3	Truk 3 Sumbu Berat	1.1.2	28,90	62,20
14	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer Penarik 2 Sumbu	1.2-2.2	36,90	90,40
15	11	Truk 4 Sumbu-Trailer	12-2.2	13,60	24,00
16	12	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.2-22	19,00	33,20
17	13	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.2-222	30,30	69,70
18	14	Truk 6 Sumbu-Trailer	1.22-222	41,60	93,70

- f. Menghitung *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) yaitu jumlah komulatif beban sumbu lalu lintas rencana pada jalur rencana selama umur rencana yang diperoleh dengan rumus :

$$ESA = (\sum LHRT_{\text{jenis kendaraan}} \times VDF) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

ESA = Lintas sumbu standar ekivalen untuk 1 hari

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata untuk jenis kendaraan tertentu

CESA = Komulatif beban standar ekivalen selama umur rencana

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

D_L = Distribusi Lajur

- g. Menghitung *Traffic Multiplier* (TM), untuk perkerasan lentur dinyatakan dalam ekivalen sumbu standar sebesar 80 kN. *Traffic Multiplier* (TM) lapisan aspal untuk kondisi pembebanan berlebih di Indonesia berkisar 1,8-2. Nilai CESA (pangkat 4) harus dikalikan nilai *Traffic Multiplier* (TM) agar mendapatkan CESA₅ pada perkerasan lentur. Kerusakan secara umum,

- h. Menghitung CESA₅

$$CESA = TM \times CESA_4 \dots\dots\dots (2.4)$$

- i. Menentukan daya dukung tanah dasar, nilai CBR tanah dasar umumnya memiliki nilai 4-6 % di Indonesia. Penentuan segmen seragam,

$$CBR \text{ Karakteristik} = CBR \text{ rata-rata} - 1,3 \times \text{standar deviasi} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$CBR \text{ Ekivalen} = \{ \sum h CBR^{0,333} \} / \sum h \}^3 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

h = Tinggi lapisan

Untuk perkiraan nilai desain CBR tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai perkiraan desain CBR tanah dasar (Bina Marga, 2013)

		LHRT <2000			LHRT >2000		
Zona Iklim dan Posisi	Zona iklim II,III dan IV galian(terdapat di lampiran), dan timbunan dengan FSL<1000 mm diatas muka tanah asli	Galian di Zona iklim I semua timbunan dengan FSL > 1000mm diatas tanah asli kecuali konstruksi kotak		Zona iklim II,II dan IV galian dan timbunan kotak dan timbunan dengan FSL < 1000 mm diatas tanah asli	Galian di Zona iklim I semua timbunan dengan FSL > 1000mm diatas tanah asli kecuali konstruksi kotak		
Posisi Muka air tanah rencana	Dibawah standar desain minimum	Standar desain minimum	>1200 mm dibawah formasi	Dibawah standar desain minimum	Standar desain minimum		
Jenis Tanah	PI	CBR perkiraan (%)					
Lempung gemuk	50 -70	2	2	2	2	2	2
Lempung lanauan	40	2.5	2.7	3	2.5	2.6	3
	30	3	3.3	4	3.5	3.6	4
Lempung pasiran	20	4	4.3	5	4.5	4.8	5.5
	10	3	3.5	4.5	4.5	5	6
Lanau		1	1.3	2	1	1.3	2

- j. Menentukan struktur pondasi pada jalan. Untuk desain solusi pondasi jalan minimum dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Desain Solusi Jalan Minimum (Bina Marga, 2013)

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau Tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				<2	2 - 4	>4
				Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)		
>6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilitas kapur atau timbunan pilihan(pemadat an berlapis ≤200mm tebal lapis)	Tidak perlu peningkatan		
5	SG5			100		
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2,5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell >5%)		AE		400	500	600
< 2.5 (DCP insitu)	SG1 aluvial jenuh Tipikal	B	Lapis penompang capping	1000	1100	1200
	CBR awal ≤ 1,5 % dibawah permukaan keras		Atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850

Tabel 2.9 Desain Solusi Jalan Minimum (Lanjutan) (Bina Marga, 2013)

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau Tanah dasar 100% MDD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				<2	2 - 4	>4
				Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)		
Perkerasan lentur alluvial kering		C1	Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR ≥ 5 dalam 3 lapis	400	500	600
Perkerasan kaku pada tanah alluvial kepadatan rendah kering		C2	Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR ≥ 5 dengan tebal per lapis <300mm	1000	1100	1200
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan DBST		D	Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500

- k. Menentukan jenis pemilihan struktur perkerasan dengan chart desain sesuai pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Pemilihan Jenis Perkerasan (Bina Marga, 2013)

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 Tahun (Juta) (Pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0,1-0,5	1-4	4-10	10-30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah	4A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA dengan CTB (pangkat5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)				2		
AC tebal ≥ 100 m dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC tipis atau HRS diatas lapis berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau kerikil alam	Tabel 2.9	3	3			
Lapis pondasi tanah semen (<i>Soil Cement</i>)	Tabel 2.10	1	1			
Perkerasan tanpa tutup	Tabel 2.11	3				

1. Untuk pemilihan struktur perkerasan lentur dapat menggunakan Tabel 2.11

Tabel 2.11 Chart Desain Lapis Perkeras Lentur (Bina Marga, 2013)

STRUKTUR PERKERASAN									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
	Lihat Desain 5 & 6				Lihat Bagan Desain 4 untuk Opsi Lebih Murah				
Pengulangan sumbu desain 20 th korelasi di lajur desain (pangkat 5) (10^6 CESA_5)	<0,5	0,5-2	2-4	4-30	30-50	50-100	100-200	200-500	
Jenis Permukaan Berpengikat	HRS, SS atau Penmac		HRS (6)		Acc atau Acf		Acc		
Jenis Lapis Pondasi Atas dan Lapis Pondasi Bawah	Lapis Pondasi Berbutir A			<i>Cement Treated Base (CTB)</i>					
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
	HRS WC	30	30	30					
	HRS Base	35	35	35					
Lapis Beraspal	AC WC				40	40	40	50	50
	AC BC				135	155	185	220	280
CTB atau LPA Kelas A	CTB				150	150	150	150	150
	LPA Kelas A	150	250	250	150	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10 %		150	125	125					

m. Sedangkan untuk perkerasan lentur alternatif dapat menggunakan Tabel 2.12

Tabel 2.12 Chart Desain Lapis Perkerasan Lentur Alternatif (Bina Marga, 2013)

	Struktur Perkerasan			
	FF1	FF2	FF3	FF4
	ESA ₅ (juta) untuk UR 20 th dilajur desain			
	0.8	1	2	5
	TEBAL LAPIS PERKERASAN			
AC WC	50	40	40	40
AC BC Lapis 1	0	60	60	60
AC BC Lapis 2/AC base	0	0	80	60
AC BC Lapis 3/AC base	0	0	0	75
LPA Kelas A lapis 1	150	150	150	150
LPA Kelas A lapis 2/ LPA Kelas B	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA kelas Batau kerikil alam atau lapis distabilitas dengan CBR > 10%	150	150	0	0

n. Untuk desain perkerasan lentur – aspal dengan lapis pondasi berbutir dapat menggunakan Tabel 2.13

Tabel 2.13 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir (Bina Marga, 2013)

	Struktur Perkerasan								
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
	Solusi yang dipilih				Lihat catatan 3			Lihat catatan 3	
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5)(10^6 CESA ⁵)	1- 2	2- 4	4- 7	7 -10	10 - 20	20 - 30	30-50	50-100	100-200
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300

- o. Untuk karekteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan chart desain dapat dilihat pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 Karekteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan chart desain (Bina Marga, 2013)

Ketebalan lapisan atas bahan berpengikat	Modulus bahan lapis atas berpengikat (MPa)		
	90 (HRS WC/HRS BC)	1100 (AC WC)	1200 (AC BC)
40 mm	350	350	350
75 mm	350	350	350
100 mm	350	345	345

Tabel 2.14 Karakteristik modulus bahan berbutir lepas yang digunakan untuk pengembangan chart desain (Bina Marga, 2013)

(Lanjutan)

Ketebelan lapisan atas bahan berpengikat	Modulus bahan lapis atas berpengikat (MPa)		
	90 (HRS WC/HRS BC)	1100 (AC WC)	1200 (AC BC)
125 mm	320	310	310
150 mm	280	280	275
175 mm	250	245	240
200 mm	220	210	205
225 mm	180	175	170
≥ 250 mm	150	150	150

- p. Pada parameter kelelahan (*fatigue*) K yang digunakan untuk pengembangan chart desain dan analisis mekanistik dapat menggunakan Tabel 2.15

Tabel 2.15 Parameter kelelahan (*fatigue*) K yang digunakan untuk pengembangan chart desain dan analisis mekanis (Bina Marga, 2013)

Bahan lapisan aspal	Volume aspal (Vb) (%)	Parameter K ¹ untuk kondisi iklim Indonesia
HRS WC	16,4	0,009427
HRS BC	14,8	0,008217
AC WC	12,2	0,006370
AC BC	11,5	0,005880

$$^1K = (6981(0.856Vb + 1.08)/E)^{0.36}$$

2.2.4. Metode Asphalt Institute 1991

Metode Asphalt Institute merupakan metode yang menerapkan teori lapis elastis pada perkerasan. Metode ini lebih berfokus pada hukum mekanika untuk memprediksi regangan dan tegangan kritis dari hubungan kekuatan tanah dengan

kondisi lalu lintas pada tebal perkerasan. Lalu lintas dinyatakan dengan muatan gandar tunggal 18 kN (18.000 lb) yang diterima pada perkerasan berupa dua set roda gandar.

Pada metode ini material setiap lapisan pada perkerasan ditandai dengan modulus elastisitas dan *poisson ratio*. Metode ini lebih mengandalkan hukum mekanika untuk memperkirakan tegangan dan regangan kritis dari pada hubungan empiris antara kekuatan tanah dan kondisi lalu lintas. Untuk perencanaan menggunakan metode *Asphalt Institute* parameter yang digunakan yaitu :

a. Lalu Lintas

Pada metode ini seluruh lalu lintas dikonversi menjadi pembebanan muatan gandar tunggal ekivalen 80 kN (18.000 lb). Untuk perhitungan lalu lintas terdapat beberapa parameter yaitu

1) Volume Lalu Lintas

Metode *Asphalt Institute* memperkirakan pertumbuhan lalu lintas sebesar 4-10% pada jalan rural dan 8-10% pada jalan perkotaan. Perhitungan pada pertumbuhan lalu lintas (GF) dapat menggunakan persamaan 2.8 atau dengan Tabel 2.16

$$GF = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.7)$$

Tabel 2.16 Faktor Pertumbuhan (GF) (*Asphalt Institute*, 1991)

Umur Rencana, Tahun (n)	No Growth	Tingkat Pertumbuhan Rata-rata, % (i/r)						
		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) Menentukan Nilai Beban Sumbu Ekuivalen

Pada metode *Asphalt Institute* jenis kendaraan yang diperhitungkan sebagai penentu dalam mendapatkan angka ekuivalen sumbu rencana (Equivalent Single Axle Load) pada kendaraan berat yang memiliki berat lebih dari 5 ton. Dalam metode *Asphalt Institute* telah diberikan pedoman

tentang distribusi beban pada jenis kendaraan dalam kondisi tertentu. Dapat dilihat pada Tabel 2.18 dan 2.19

Untuk data presentase total lalu lintas dalam lajur rencana pada metode *Asphalt Institute* dapat dilihat pada Tabel 2.17

Tabel 2.17 Presentase total lalu lintas dalam lajur rencana pada metode *Asphalt Institute* (*Asphalt Institute*, 1991)

Jumlah lajur lalu lintas 2 arah	Presentase truk dalam lajur rencana
3	50
4	45 (35-48)
>6	40 (25-48)

Untuk pedoman yang digunakan dalam metode *Asphalt Institute* tidak dapat diaplikasikan di Indonesia karena kondisi cuaca serta jenis dan perilaku kendaraan yang berbeda, maka untuk menggunakan metode *Asphalt Institute* di Indonesia, pedoman yang digunakan mengacu pada pedoman Bina Marga yaitu pada Tabel 2.20.

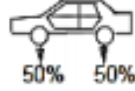

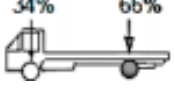
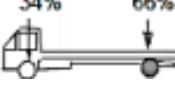


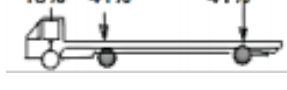
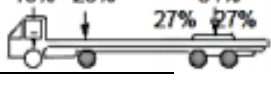
Tabel 2.18 Distribusi truk pada Kelas Jalan Berbeda (*Asphalt Institute*, 1991)

<i>Truck Class</i>	<i>Persen Truck</i>											
	<i>Rural System</i>						<i>Urban System</i>					
	<i>Inter State</i>	<i>Other Principal</i>	<i>Minor Arterial</i>	<i>Collectors</i>		<i>Range</i>	<i>Inter State</i>	<i>Other Freeway</i>	<i>Other Principal</i>	<i>Minor Arterial</i>	<i>Collectors</i>	<i>Range</i>
<i>Single Unit Truck</i>												
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
<i>Total Single Unit</i>	53	73	86	87	92	53-92	66	82	85	95	97	66-97
<i>Multiple Unit Truck</i>												
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	<1-1
<i>Total Multiple</i>	47	27	14	13	8	8-17	34	18	15	5	3	3-34
<i>Semua Tipe Truck</i>	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	

Tabel 2.19 Distribusi *Truck Factor* pada Kelas Jalan dan Kendaraan yang Berbeda (*Asphalt Institute*, 1991)

Tipe Kendaraan	<i>Truck Factor</i>											
	<i>Rural System</i>						<i>Urban System</i>					
	<i>Inter State</i>	<i>Other Principal</i>	<i>Minor Arterial</i>	<i>Collectors</i>		<i>Range</i>	<i>Inter State</i>	<i>Other Freeway</i>	<i>Other Principal</i>	<i>Minor Arterial</i>	<i>Collectors</i>	<i>Range</i>
<i>Single Unit</i>												
<i>Truck</i>												
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
<i>Total Single Unit</i>	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
<i>Multiple Unit</i>												
<i>Truck</i>												
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
<i>Total Multiple</i>	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

Tabel 2.20 Konfigurasi Sumbu Kendaraan (MDP dengan Alat Bengkelman Beam No.1/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	
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	

○ RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU
● RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU

3) Menentukan EAL Renacana

Dalam menentukan nilai EAL sangat dipengaruhi oleh hasil dari beberapa parameter yaitu :

- a) Nilai dari *Truck Factor* (TM), nilai ini merupakan penerapan dari angka ekivalen 80 kN. Beban roda as tunggal yang diberikan oleh 1 alur kendaraan
- b) Faktor Ekivalensi Beban, nilai ini merupakan penerapan dari angka ekivalen 80 kN. Beban roda as tunggal yang diberikan oleh 1 alur as roda
- c) Jumlah Kendaraan

Untuk itu dalam mencari nilai EAL pada metode *Asphalt Institute* dapat menggunakan persamaan 2.9

$$EAL = (\sum LHRT \times Truck Factor \times GF) \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk perhitungan *Truck Factor* dapat menggunakan persamaan 2.10

$$TF = LEP_j \times C \times \frac{KB_j}{Total\ Kendaraan} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

LEP_j = Lintas Ekivalen permulaan dengan perhitungan angka ekivalen yang telah dikonversikan ke beban 80 kN. Dapat dilihat pada Tabel 2.21

C = Distribusi kendaraan berat pada lajur rencana metode Bina Marga, dapat dilihat pada Tabel 2.22

KB_j = Jumlah jenis kendaraan berat yang lebih dari 5 ton dari LHR

Untuk rumus yang dikonversikan ke metode Bina Marga menjadi persamaan 2.10

$$TF = XI + X2 \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

XI = Faktor Beban Ekivalen Sumbu Depan

$X2$ = Faktor Beban Ekivalen Sumbu Belakang

Tabel 2.21 Faktor Ekivalensi Beban (*Asphalt Institute*, 1991)

Beban Sumbu		<i>Load Equivalent Factor</i>		
kN	lb	Sumbu Tunggal	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

Tabel 2.21 Faktor Ekuivalensi Beban (Lanjutan) (*Asphalt Institute*, 1991)

Beban Sumbu		<i>Load Equivalent Factor</i>		
kN	lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda	Tiga Sumbu
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
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

Tabel 2.22 Koefisien Distribusi pada Jalur Rencana (C) (*Bina Marga*, 1987)

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

Tabel 2.22 Koefisien Distribusi pada Jalur Rencana (C) (Lanjutan) (Bina Marga, 1987)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
6		0,20		0,40

*Kendaraan < 5 ton seperti sedan, *pick-up*

**Kendaraan > 5 ton seperti bus, truk

b. Data CBR

Data CBR dalam metode ini digunakan untuk mendapatkan nilai parameter modulus reaksi pada tanah (M_r) yang dihitung menggunakan persamaan 2.10 :

$$M_r = 10,3 \times \text{CBR} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

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

c. Faktor Lingkungan

Lingkungan di daerah perencanaan sangat dipengaruhi oleh temperatur oleh karena itu digunakan rata-rata temperatur tahunan (Mean Annual Air Temperature / MAAT) dengan persamaan 2.11 :

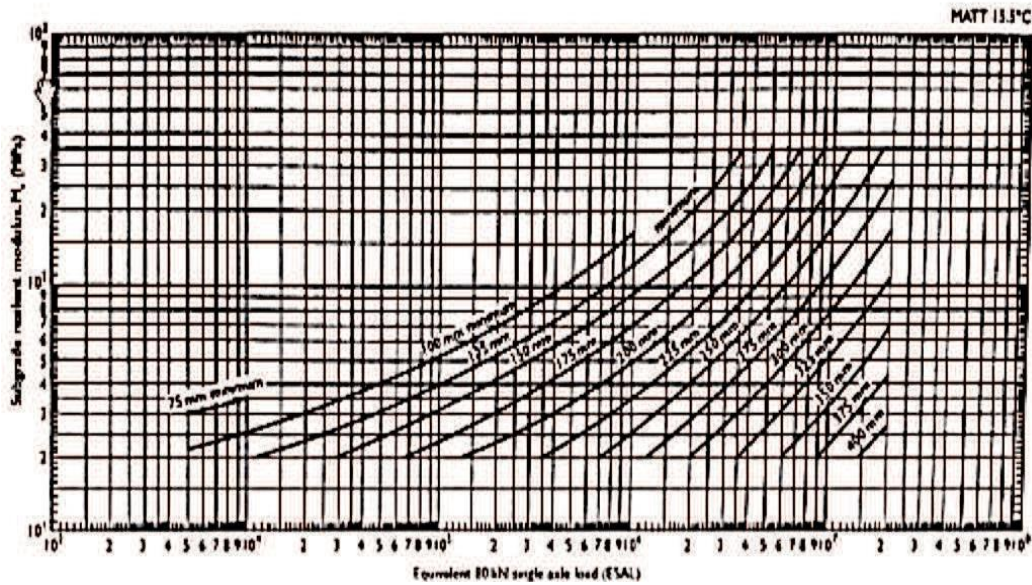
$$\text{MAAT} = \frac{\sum(\text{Suhu bulanan rata-rata})}{12} \dots\dots\dots (2.12)$$

d. Penentuan Tebal Perkerasan

Dalam penentuan tebal perkerasan, metode *Asphalt Institute* menggunakan grafik nomogram yang digunakan untuk mencari nilai seperti ESAL (*Equivalent Single Axel Load*) dan M_r (*Modulus Resilient*) untuk mendapatkan ketebalan lapisan permukaan. Untuk contoh grafik nomogram dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tipe Material yang digunakan pada metode ini adalah :

- 1) Beton aspal penuh (*full depth asphalt*).
- 2) Campuran aspal emulsi.
- 3) Permukaan beton aspal diatas pondasi atas dan bawah dari batu pecah yang tidak diawetkan.



Gambar 2.2 Contoh Grafik Nomogram (*Asphalt Institute, 1991*)

Tabel 2.23 Ketebalan aspal beton diatas aspal emulsi (*Asphalt Institute, 1999*)

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 2.24 Ketebalan minimum aspal beton diatas *untreated aggregate base* (*Asphalt Institute, 1999*)

EAL	Kondisi Lalu Lintas	Ketebalan Minimum
		Aspal Beton
$<10^4$	Kendaraan Ringan	75 mm
10^4-10^6	Lalu Lintas Truk Sedang	100 mm
$>10^6$	Lalu Lintas Truk Berat	>125 mm

Tabel 2.25 Penggolongan *Untreated Aggregate Subbase* dan *Base Quality*
(*Asphalt Institute*, 1991)

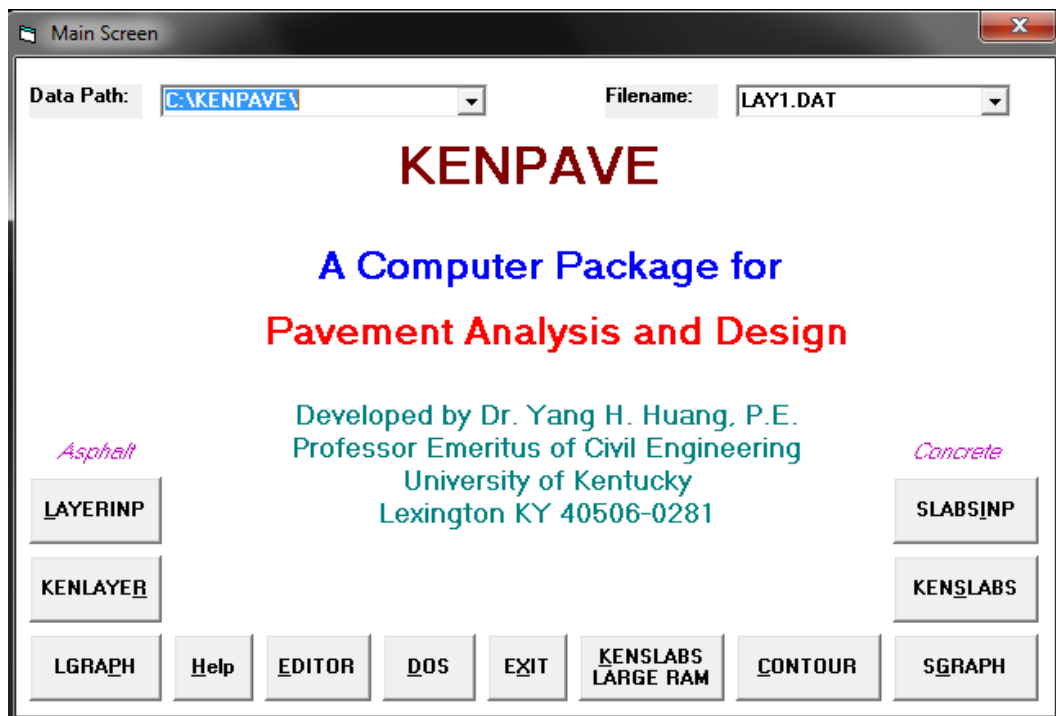
Test	Penggolongan Berdasarkan Test	
	Subbase (<i>low quality</i>)	Base (<i>high quality</i>)
CBR, minimum	20	80
Atau		
<i>Resistence</i> (R) – <i>value</i> , minimum	55	78
<i>Liquid limit</i> , maksimum	25	25
<i>Plasticity</i> , maksimum	6	NP
<i>Sand Equivalent</i> , minimum	25	35
<i>Passing</i> No.200 <i>seive</i> , maksimum	12	7

2.2.5. Program *Kenpave*

Program *Kanpave* merupakan *software* untuk menganalisa tebal perkerasan dari tanah dasar, lapis pondasi hingga lapis permukaan, *software* ini dikembangkan oleh Dr. Yang H Huang, P.E. Professor Emeritus dari *Civil Engineering University of Kentucky*. *Kenpave* mengkombinasikan *Kenslabs* untuk *rigid pavement* dan program *Kenlayer* untuk *flexible pavement* (Muniandy dkk., 2013). 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 dkk., 2017).

Program ini terbagi menjadi menjadi 4 bagian yang terpisah dan ditambah dengan beberapa program untuk grafis. Keempat program tersebut meliputi *Kenlayer*, *Layerinp*, *Slabinp* dan *Kenslab*, untuk program program *Kenlayer* dan *Layerinp* hanya bisa digunakan dalam analisis perkerasan lentur.

Pada program *Kenpave* banyak memiliki menu untuk keperluan desain perkerasan. Menu pada program *kenpave* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut penjelasannya.



Gambar 2.3 Menu Program Kanpave

- a. Data Path

Merupakan tempat penyimpanan data, pada program *Kenpave* pada *Data Path* sudah terisi dengan C:/KENPAVE\ dikarenakan lokasi pada saat penginstalan program.
- b. Filename

Pada menu *filename* akan ditunjukkan *file* baru yang dibuat untuk menganalisa menggunakan *Layerinp* dan *Slabinp*. Pada *filename file* yang dibuat akan otomatis muncul jadi tidak perlu mengisi nama. Semua *file* memiliki ekstensi DAT. Nama *file* yang ditampilkan dalam kotak akan digunakan dalam *file* lain yang dihasilkan pada pelaksanaan *Kenlayer* dan *Kenslab*.
- c. Help

Help merupakan bantuan yang menjelaskan parameter input dan cara penggunaan yang benar pada program. Pada beberapa menu memiliki memiliki menu bantuan yang harus diklik untuk membacanya.

d. Editor

Editor merupakan menu yang dapat digunakan untuk mengedit, memeriksa dan mencetak data *file*. Pada penggunaan *Layerinp* dan *Slabinp* sangat direkomendasikan menggunakan menu *editor*. Setelah analisis yang dikerjakan selesai klik *exit* untuk menutup program *Kenpave*.

e. Layerinp dan Slabinp

Layerinp dan *Slabinp* digunakan untuk membuat *file* data sebelum *Kenlayer* dan *Kenslab*.

f. Kenlayer dan Kenslab

Kenlayer dan *Kenslab* merupakan program yang digunakan untuk analisis perkerasan yang dapat dijalankan setelah data *file* terisi. Program ini akan membaca data *file* dan memulai eksekusi dan hasilnya akan dimunculkan pada layar.

g. LGRAPH atau SGRAPH

Pada menu ini digunakan untuk menampilkan grafik rencana dan penampang perkerasan dengan informasi tentang *input* dan *output*.

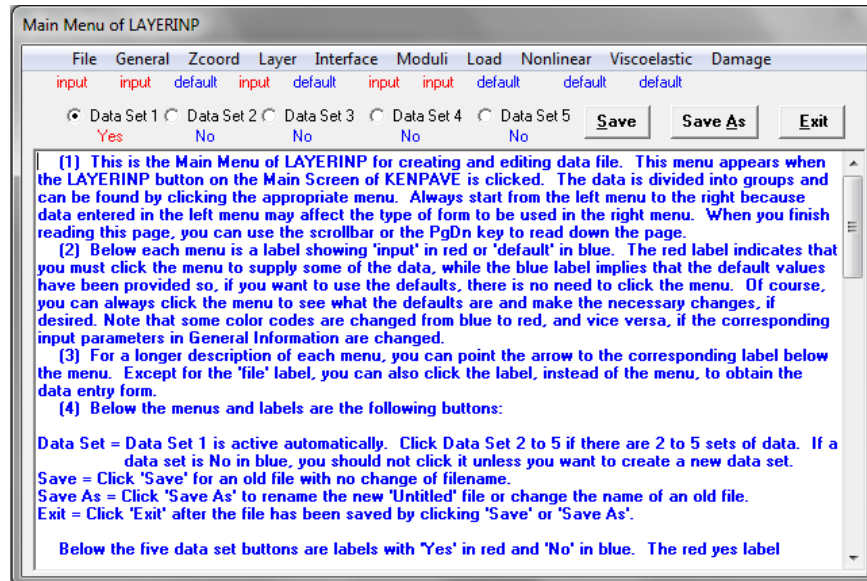
h. Contour

Menu ini digunakan untuk plot *contour* tekanan atau momen dalam arah x dan y, plot *contour* digunakan untuk perkerasan kaku.

2.2.6. Program Kenlayer

Program *Kenlayer* merupakan program yang hanya bisa digunakan dalam perkerasan lentur, program ini digunakan untuk menentukan rasio kerusakan menggunakan model tekanan (*distress model*). Dalam *Kenlayer distress model* merupakan retak dan deformasi. *Distress model* dapat digunakan untuk memprediksi umur perkerasan baru dengan konfigurasi perkerasan. Jika reabilitas untuk *distress* tertentu dari tingkat minimum yang dibutuhkan, konfigurasi perkerasan yang diasumsikan harus diubah (Ernadi, 2017)

Program *Kenlayer* dimulai dengan menginput data dari *Layerinp*. Pada *Layerinp* memiliki 11 seperti pada Gambar 2.4. Menu setiap menu harus diisi dengan data yang dibutuhkan. Berikut ini merupakan penjelasan menu yang terdapat pada *Layerinp*

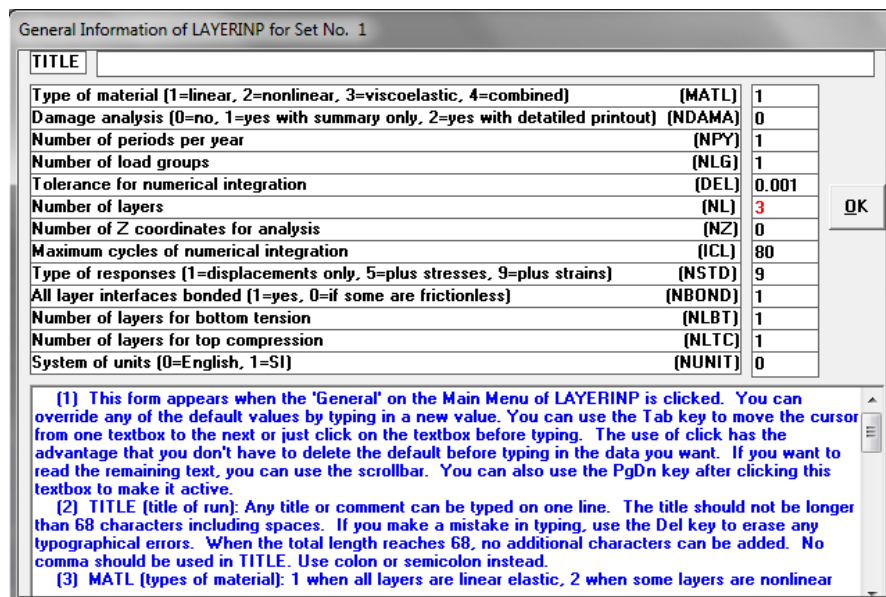
Gambar 2.4 Menu *Layerinp*

a. File

Menu untuk membuat *file* baru (*new*) dan untuk membuka file yang sudah ada (*old*)

b. General

Pada menu *General* terdapat beberapa menu seperti pada Gambar 2.5 dengan keterangan sebagai berikut.

Gambar 2.5 Tampilan *General*

1. Title : Judul dari analisa perkerasan.
2. MATL : Tipe dari material.

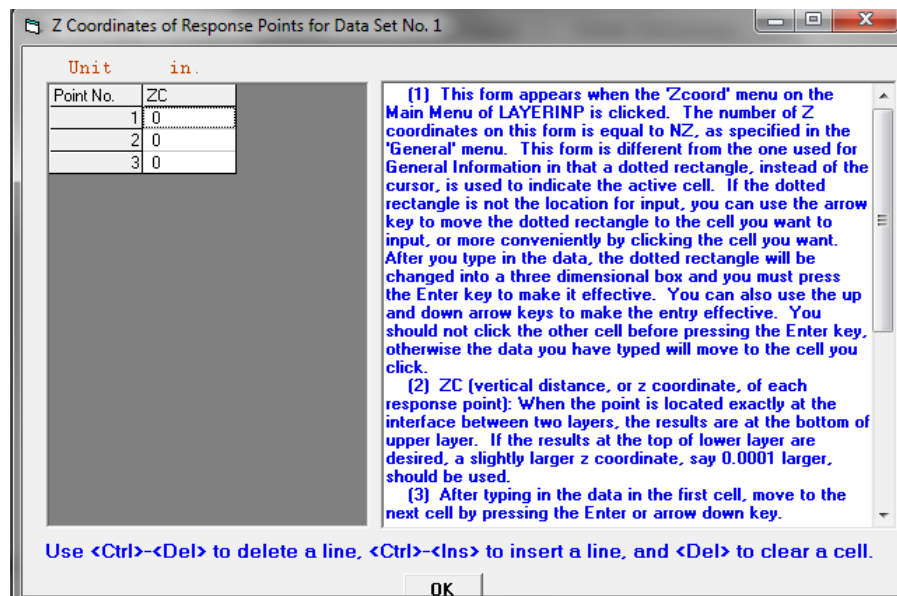
- (1) Jika seluruh material lapisan linier elastis.
 - (2) Material lapisan non linier elastis.
 - (3) Lapisan material viskoelastis.
 - (4) Jika material lapisan kombinasi dari ketiga diatas.
3. NDAMA : Memilih analisa kerusakan.
- (0) Jika tidak ada analisis kerusakan.
 - (1) Terdapat kerusakan dan ada hasil printout.
 - (2) Terdapat kerusakan pada analisis dan hasil printout lebih detail.
4. DEL : Nilai akurasi hasil analisa, standar akurasi 0.001.
5. NL : Jumlah lapisan, maksimal 19 lapisan.
6. NZ : Letak koordinat arah z yang akan dianalisa, jika NDAMA = 1 atau 2, maka NZ = 0 karena program akan menganalisa dikoordinat yang mengalami kerusakan.
7. NSTD : (1) Untuk vertical *displacement*.
(5) Untuk vertical *displacement* dan nilai tegangan.
(9) Untuk vertical *displacement*, nilai tegangan dan regangan.
8. NBIND : (1) Jika antar lapisan saling terikat.
(2) Jika antar lapisan tidak terikat atau gaya geser diabaikan.
9. NUNIT : Satuan yang digunakan.
(0) *English*.
(1) Satuan Internasional

Tabel 2.26 Keterangan Satuan *NUNIT*

Satuan	Satuan English	Satuan International
Panjang	Inch	Cm
Tekanan	Psi	kPa
Modulus	Psi	kPa

c. *Zcoord*

Zcoord merupakan menu yang digunakan untuk menganalisis pada koordinat Z, jumlah poin yang ada pada menu ini sama dengan jumlah poin NZ pada *General*. Untuk menu *Zcoord* dapat dilihat pada Gambar 2.6

Gambar 2.6 Menu *Zcoord*

- 1) Unit : Nomor pada titik sesuai dengan jumlah titik yang dianalisa
- 2) ZC : Jarak dalam arah Z yang akan dianalisa oleh program

d. *Layer*

Layer merupakan jumlah lapisan perkerasan yang digunakan, Untuk menu *layer* dapat dilihat pada Gambar 2.7

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 in. pcf

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

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and 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

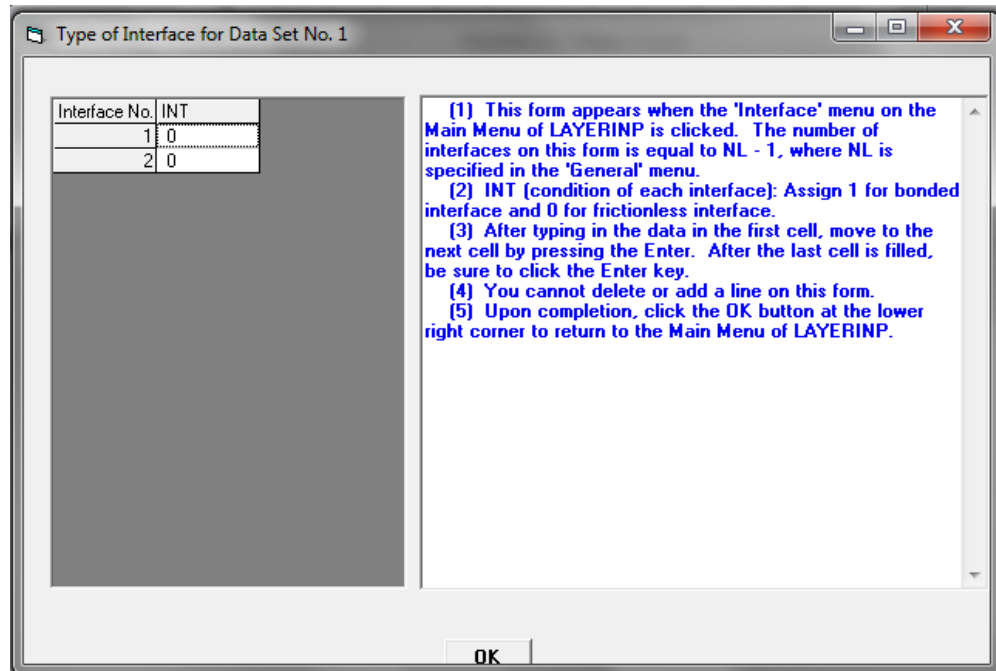
OK

Gambar 2.7 Menu *Layer*

- 1) Unit : Nomor titik sesuai jumlah lapisan
- 2) TH : Tebal tiap lapisan
- 3) PR : *Poisson Ratio* tiap *layer*

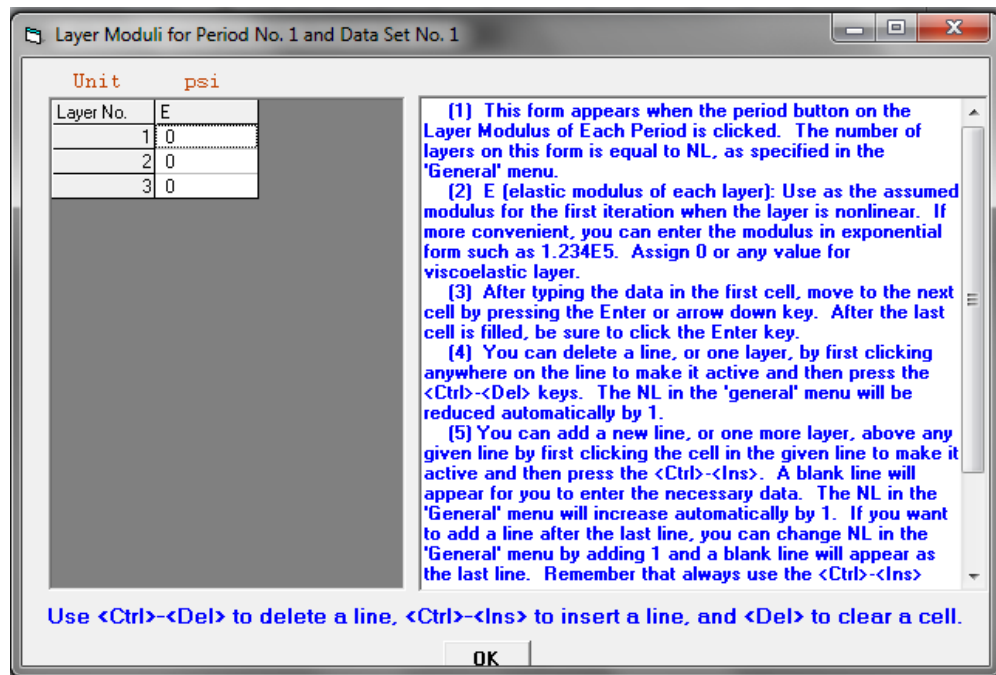
e. *Interface*

Menu pada *Interface* berkaitan dengan NBOND di *General* jika NBOND=1 maka menu *Interface* akan default, jika NBOND=2 maka menu *Interface* akan keluar. Untuk menu *Interface* dapat dilihat pada Gambar 2.8

Gambar 2.8 Menu *Interface*

f. Moduli

Jumlah period pada *moduli* sama dengan jumlah NPY pada *general*. Untuk maksimal period pada *moduli* adalah 12. Untuk menu pada *moduli* dapat dilihat pada Gambar 2.9

Gambar 2.9 Menu *Moduli*

- 1) Unit : Nomor titik sesuai jumlah lapisan
- 2) E : Modulus elastisitas tiap layer

g. Load

Jumlah unit pada menu *Load* sama dengan jumlah NLG pada *General*. Untuk menu *Load* dapat dilihat pada Gambar 2.10

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	in.	psi	in.	in.		
Load Group No	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	0	0	0	0	0	

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

[1] This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.
 [2] LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.
 [3] CR (contact radius of circular loaded ares).
 [4] CP (contact pressure on circular loaded ares).
 [5] YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.
 [6] XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.
 [7] NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

OK

Gambar 2.10 Menu *Load*

- 1) Load : Jika nilai nol untuk sumbu tunggal roda tunggal
 - (1) sumbu tunggal roda ganda,
 - (2) untuk sumbu tandem,
 - (3) untuk sumbu triple
- 2) CR : Radius kontak pembebanan.
- 3) CP : Nilai Beban.
- 4) YW : Jarak antar roda arah y
- 5) XW : Jarak antar roda arah x

Jika Load = 0, maka kolom YW, XW = 0
- 6) NR atau NPT : Jumlah pengulangan beban berdasarkan *Tire Spacing*

h. Parameter lain seperti, *Nonlinear*, *Viscoelastic*, *Damage* dan *Mohr Coulomb* nilainya akan mengikuti dengan otomatis sesuai dengan *input* nilai yang dimasukkan.

2.2.7. Analisa Kerusakan

Analisa kerusakan perkerasan yang akan dibahas adalah retak lelah (*fatigue cracking*) dan alur (*rutting*). Kerusakan pada perkerasan jalan disebabkan oleh beban kendaraan dan faktor cuaca. Pada analisis perhitungan menggunakan metode mekanistik empiris hasil yang didapatkan adalah nilai dari tegangan dan regangan pada perkerasan lentur, nilai tersebut digunakan untuk memprediksi kerusakan yang akan terjadi pada perkerasan lentur.

Dari kedua jenis kerusakan tersebut didapatkan jumlah repetisi beban (Nf) berdasarkan dari nilai regangan tarik horizontal pada bagian atas tanah dasar. Ada beberapa persamaan untuk menghitung repetisi beban, salah satunya yaitu metode *The Asphalt Institute* (Simanjuntak dan Muis, 2014)

1. Retak Letah (*Fatigue Cracking*)

Kelelahan (*fatigue*) adalah konsep menilai campuran beraspal yang didasarkan hubungan tegangan dan regangan dengan umur rencana (Indrayati, 2017). Retak lelah terjadi karena pembebanan secara berulang-ulang oleh beban kendaraan sehingga menyebabkan material pada perkerasan menjadi lelah dan menyebabkan retak meskipun tegangan yang terjadi masih dibawah tegangan *ultimate*

a. Model Retak *The Asphalt Institute*

Persamaan retak lelah pada perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik dibawah lapis permukaan, dapat menggunakan persamaan 2.11

$$N_f = 0.0796 \times (\epsilon_t)^{-3.291} \times (E)^{-0.854} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

Nf = Jumlah repetisi beban (ESAL)

ϵ_t = Regangan tarik bagian bawah lapis permukaan

E = Modulus elastis lapis permukaan (KPa)

2. Alur (*Rutting*)

Alur yang terjadi pada permukaan merupakan akumulasi dari semua deformasi plastis yang terjadi, baik dari lapisan aspal, lapisan pondasi dan

lapisan tanah dasar. Nilai *rutting* maksimum harus ditentukan karena akan membahayakan kendaraan yang lewat pada area *rutting* tersebut.).

Deformasi permanen dapat diketahui pada setiap lapisan struktur, memuat *rutting* lebih sulit diperkirakan dari *fatigue cracking*.

a. Model Alur *The Asphalt Institute*

Persamaan untuk mencari jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tekan di bawah lapis pondasi bawah, dapat menggunakan persamaan 2.12

$$N_d = 1,365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4.477} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

N_d = Jumlah repetisi beban (ESAL)

ϵ_c = Regangan tekan pada bagian bawah lapis pondasi bawah