

## BAB II

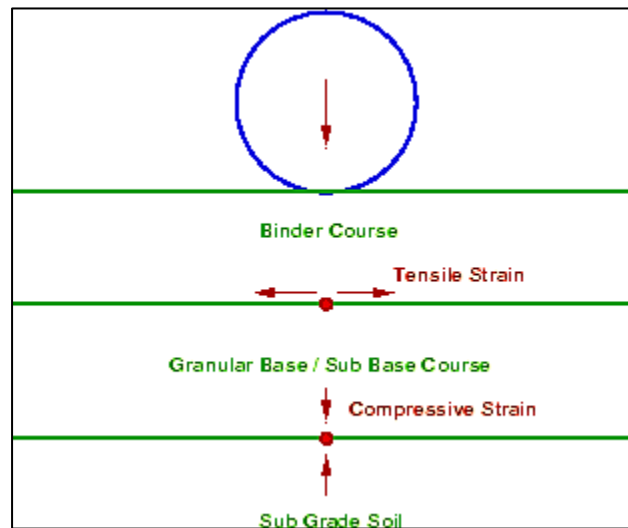
### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Umum

Sebelum tahun 1920-an, desain perkerasan pada dasarnya adalah penentuan ketebalan bahan berlapis yang akan memberikan kekuatan dan perlindungan untuk tanah dasar yang lunak, perkerasan yang dirancang untuk menghindari kegagalan geser tanah dasar. Para Insinyur menggunakan pengalaman berdasarkan keberhasilan dan kegagalan dari proyek sebelumnya, menjadi pengalaman dan mengembangkannya menjadi beberapa metode seperti metode perencanaan perkerasan berdasarkan kekuatan geser tanah dasar (Putri, 2014).

Sejak saat itu, volume lalu lintas telah meningkat dan kriteria desain telah berubah. Sama pentingnya dengan memberikan dukungan tanah dasar, mengevaluasi kinerja perkerasan sama pentingnya yaitu melalui kualitas perjalanan dan tekanan permukaan yang meningkatkan tingkat kerusakan struktur perkerasan.

Kerkhoven dan Dormon (1953) dalam Putri (2014) pertama kali menyarankan penggunaan tekanan vertikal regangan pada permukaan tanah dasar sebagai kriteria kegagalan untuk mengurangi deformasi permanen. Saal dan Pell (1960) dalam Putri (2014) menerapkan penggunaan regangan tarik horizontal pada bagian bawah lapisan aspal untuk meminimalisir terjadinya *fatigue cracking*, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**. Sehingga kedua konsep tersebut pertama kali diperkenalkan di Amerika Serikat oleh Dormon dan Metcalf tahun 1965.



Sumber : <http://nptel.ac.in/courses/105101087/27-Ltexhtml/p20/p.html>

**Gambar 2.1** *Tensile dan Compressive Strains di Flexible Pavements*

Kekuatan menjadi titik fokus dari perencanaan perkerasan. Metode berdasarkan *serviceability* (indeks kualitas pelayanan perkerasan) yang dikembangkan berdasarkan percobaan *test track*. The AASHO Road Test pada tahun 1960-an melakukan sebuah eksperimen yang mana menjadi panduan desain AASHTO. Metode yang dikembangkan dari data uji laboratorium atau percobaan tes jalur di mana kurva model yang dilengkapi dengan data adalah contoh khas metode empiris. Meskipun metode ini mungkin menunjukkan akurasi yang baik, metode empiris hanya berlaku untuk bahan-bahan dan kondisi iklim dimana metode tersebut dikembangkan.

Sementara itu, material baru mulai digunakan dalam struktur perkerasan yang memberikan perlindungan tanah dasar yang baik, tetapi dengan model kegagalan. Kriteria desain baru yang diperlukan untuk memasukkan mekanisme kegagalan tersebut (misalnya, kelelahan retak dan deformasi permanen dalam kasus beton aspal). Metode *Asphalt Institute* dan metode *Shell Petroleum International* adalah contoh prosedur berdasarkan kelelahan retak aspal beton dan mode deformasi kegagalan permanen. Metode ini adalah yang pertama untuk menggunakan mekanika teori linear-elastis untuk menghitung respon struktur, dalam kombinasi dengan model empiris

untuk memprediksi jumlah kegagalan untuk perkerasan lentur.

Menurut Fadhlán (2013), jumlah repetisi beban yang dihasilkan tebal perkerasan yang direncanakan dengan metode empiris Bina Marga sangat dipengaruhi oleh ketebalan setiap lapisan perkerasan, semakin tebal lapisan perkerasan semakin besar jumlah repetisi beban, karena pada metode mekanistik program KENPAVE tebal perkerasan sangat mempengaruhi jumlah repetisi beban.

## **B. Perkerasan Jalan**

Struktur yang menahan beban lalu lintas disebut perkerasan (*pavement*), karena tanah dalam kondisi alam jika menahan beban yang berulang dari beban lalu lintas akan mengalami deformasi yang besar. Sedangkan lapisan permukaan (*surface*) yang diletakkan di atas pekerjaan tanah yaitu lapis pondasi. Jadi, perkerasan jalan berfungsi sebagai pelindung tanah dasar dan lapis pondasi sehingga tidak mengalami tegangan dan regangan berlebihan akibat beban lalu lintas (Hardiyatmo, 2015).

Perkerasan di atas tanah biasanya dibentuk dari beberapa lapisan yang relatif lemah di bagian bawah dan berangsur-angsur lebih kuat di bagian yang lebih atas. Susunan yang demikian ini memungkinkan penggunaan secara lebih ekonomis dari material yang tersedia. Fungsi perkerasan jalan sebagai berikut :

1. Untuk memberikan permukaan rata atau halus bagi pengendara.
2. Untuk mendistribusikan beban kendaraan di atas formasi tanah secara memadai, sehingga melindungi tanah dari tekanan berlebihan.
3. Untuk melindungi formasi tanah dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

Karakteristik perkerasan bergantung tidak hanya pada sifat lalu lintasnya, tapi juga pada sifat-sifat tanah dimana perkerasan dibangun. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan :

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu menggunakan bahan pengikat aspal dan lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban ke

tanah dasar. Kekuatan perkerasan diperoleh dari ketebalan lapisan-lapisan pondasi bawah (*sub base*), pondasi (*base*) dan lapis permukaan (*surface course*).

## 2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu menggunakan bahan pengikat semen (*Portland Cement*). Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah dan perkerasan kaku memikul sebagian besar beban lalu lintas (sebagian beban sudah dipikul oleh plat beton sebelum sampai ke tanah dasar).

## 3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur di mana penyusunannya berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

### **C. Perencanaan Perkerasan Jalan**

Untuk dapat membuat perkerasan jalan yang daya dukungnya memenuhi syarat-syarat untuk sesuatu kelas jalan yang tertentu terlebih dahulu diperlukan data untuk perencanaan perkerasan jalan. Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

#### 1. Data CBR (*California Bearing Ratio*)

Merupakan angka perbandingan dari tahanan geser (kekuatan) tanah terhadap kekuatan suatu standard material.

#### 2. Data Lalu Lintas dan Pembebanan

Merupakan data masukan utama dalam perencanaan, yang harus dipertimbangkan antara lain beban roda, jumlah pengulangan beban, luas area kontak roda dan kecepatan kendaraan. Menurut Purvis (2013) dalam Putri (2014) jumlah pengulangan beban merupakan faktor yang mempunyai dampak paling besar dalam desain perencanaan baik untuk perkerasan lentur maupun kaku diikuti dengan kekuatan tanah dasar, reliabilitas dan umur rencana. Data mengenai kondisi lalu lintas yang meliputi :

- a. Jumlah kendaraan yang diperkirakan akan memakai jalan yang akan dibuat dan dinyatakan dalam satuan Satuan Mobil Penumpang (SMP).
- b. Komposisi serta berat kendaraan-kendaraan yang diperkirakan akan menggunakan jalan.
- c. Perkembangan lalu lintas kendaraan selama jangka waktu tertentu, misalnya 10-20 tahun mendatang.
- d. Jumlah lajur dan arah pada jalan yang akan direncanakan.

### 3. Data Material

Merupakan hal penting dalam metode Mekanistik-Empiris untuk menentukan respon struktur perkerasan dalam melayani beban lalu lintas seperti tegangan, regangan dan penurunan. Input material yang penting dalam perencanaan perkerasan lentur menggunakan metode mekanistik-empiris antara lain nilai modulus elastisitas dan poisson ratio tiap-tiap lapisan.

Data mengenai jenis-jenis serta sifat-sifat bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat perkerasan jalan. Material akan dilakukan pengujian yang sesuai standar acuan yang digunakan, karena kualitas material yang digunakan akan sangat berpengaruh kepada ketahanan atau keawetan dari suatu struktur perkerasan jalan.

### 4. Data mengenai ketentuan-ketentuan lain seperti :

- a. Keadaan medan setempat di daerah-daerah yang akan dilalui oleh jalan yang direncanakan.
- b. Kualitas drainase pada struktur perkerasan jalan, yaitu kualitas drainase saat menyerap atau mengendalikan air.
- c. Umur rencana (*Life Time*) jalan yang sedang direncanakan. Umur rencana jalan itu diperkirakan dapat bertahan untuk jangka waktu tertentu misalnya untuk 10-20 tahun mendatang. Selama jangka waktu tersebut perkerasan jalan diharapkan sanggup melayani perubahan-perubahan pola lalu lintas dengan hanya mengadakan perbaikan-perbaikan yang tidak berarti. Penentuan umur rencana

jalan berhubungan erat dengan biaya pembangunan dan biaya penelitiannya yang besarnya tergantung pada kegunaannya. Jadi singkatnya nilai ekonomi dari suatu jalan sangat perlu diperhatikan.

- d. *Reliability* (R), yaitu tingkat pelayanan pada sisi pandang bagi pengguna jalan dalam hal pelayanan jalan selama umur rencana yang direncanakan.
- e. *Serviceability*, yaitu tingkat pelayanan pada sistem perkerasan yang dirasakan oleh pengguna jalan. Nilai *serviceability* menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan.
- f. Faktor lingkungan yang mempengaruhi perencanaan suatu perkerasan berupa suhu dan cuaca.

#### 5. Kriteria Kegagalan

Merupakan hal penting yang harus ditentukan untuk setiap kerusakan/kegagalan yang mungkin terjadi pada perkerasan. Perkerasan lentur dikehendaki hanya akan mengalami deformasi permanen yang kecil sekitar 20-30 mm, sesudah berumur 20 tahun. Deformasi tanah dasar umumnya diharapkan kurang dari 10 mm pada jumlah lintasan kendaraan kira-kira 100 juta standar beban gandar.

Hal ini menunjukkan bahwa akibat tegangan-tegangan yang bekerja, tanah disyaratkan harus masih berperilaku sebagai bahan elastis. Oleh karena itu, modulus elastis lebih penting dibandingkan dengan kuat geser tanah bukan merupakan suatu faktor yang secara langsung mendefinisikan kinerja tanah dasar. Pengalaman menunjukkan bahwa sekali deformasi permanen yang lebih dari 15 mm, maka kemungkinan terjadi retak akan tinggi (Croney, 1998).

### **D. Analisis Perkerasan**

Pada dasarnya terdapat tiga metode desain Sistem Perkerasan Lentur (SPL), yaitu secara empirik (*empirical*), mekanistik (*mechanistic*) dan gabungan keduanya. Secara umum metode empirik menggunakan persamaan atau dengan tabel dan gambar untuk menilai keadaan SPL. Metode mekanistik biasanya

menggunakan komputer dalam menghitung dan mendesain keadaan SPL. Gabungan dari kedua metode tersebut dinamakan mekanistik empirik (*mechanistic empirical*) yang banyak digunakan untuk penyelenggaraan, pemulihan dan perbaikan SPL (Huang, 1993; Ullidtz, 1987).

Metode untuk perkerasan lentur dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori antara lain : Metode *Empirical*, Metode *Limitting Shear Failure*, Metode *Limitting Deflection*, Metode Regresi berdasarkan pada Performa Perkerasan atau *Road Test* dan Metode *Mechanistic Empirical* (Huang, 2004 dalam Putri, 2014).

### **E. Metode Perencanaan Perkerasan Lentur**

Secara umum ada tiga metode dalam perencanaan perkerasan lentur, yaitu metode empiris, metode mekanistik, dan metode mekanistik empiris.

#### **1. Metode Empiris**

Metode empiris adalah sebuah pendekatan desain empiris adalah desain yang didasarkan pada hasil percobaan atau pengalaman yang sudah ada. Pengamatan digunakan untuk membangun korelasi antara input dan hasil dari proses. Misalnya, desain perkerasan dan performa. Pendekatan empiris sering digunakan sebagai pembantu ketika terlalu sulit untuk mendefinisikan secara teoritis penyebab dan efek hubungan yang tepat dari fenomena.

Metode empiris di Indonesia menggunakan metode Bina Marga yang dikeluarkan pada tahun 1987. Metode Bina Marga ini merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972. Modifikasi ini dilakukan sesuai dengan kondisi alam, lingkungan sifat tanah dan jenis lapis perkerasan.

#### **2. Metode Mekanistik**

Metode mekanistik adalah suatu metoda yang mengembangkan kaidah teoritis dari karakteristik material perkerasan, dilengkapi dengan perhitungan secara eksak terhadap respons struktur perkerasan terhadap beban sumbu kendaraan. Metode mekanistik mengasumsikan

perkerasan jalan menjadi suatu struktur “*multi-layer (elastic) structure*” untuk perkerasan lentur. Akibat beban kendaraan yang bekerja di atasnya, yang dalam hal ini dianggap sebagai beban statis merata, sehingga timbul tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada struktur tersebut. Lokasi tempat bekerjanya tegangan dan regangan maksimum akan menjadi kriteria perancangan tebal struktur perkerasan metoda perancangan tebal perkerasan lentur secara mekanistik.

Pada metode ini memiliki keuntungan yaitu peningkatan reliabilitas dari desain, kemampuan untuk memprediksi jenis kerusakan dan kemungkinan untuk memperkirakan data dari lapangan dan laboratorium yang terbatas. Sedangkan kelemahan desain secara mekanistik adalah penentuan karakteristik struktural bahan perkerasan lentur yang memerlukan benda uji yang relatif mahal. Perhitungan metode mekanistik ini umumnya berdasarkan metode sistem lapis banyak.

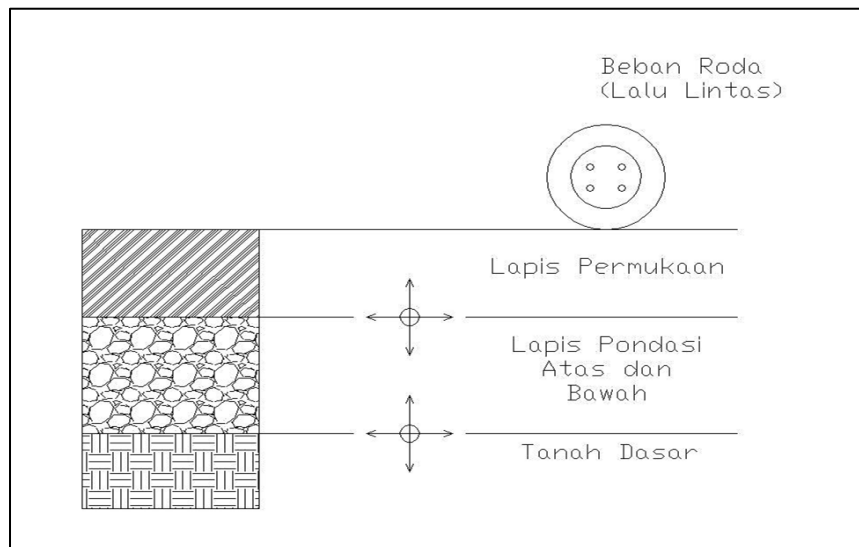
Konsep ini berasumsi bahwa setiap lapis perkerasan memiliki sifat-sifat seperti homogen, isotropis dan linear elastik yang berarti akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban berpindah. Dalam permodelan lapis perkerasan jalan dengan model lapisan elastis ini diperlukan data input untuk mengetahui tegangan dan regangan pada struktur perkerasan dan respon terhadap beban.

### 3. Metode Mekanistik Empiris

Beban lalu lintas yang bekerja pada SPL direspon oleh perkerasan yang melibatkan tegangan tekan (*compressive stress*), regangan horizontal (*tensile strains*) dan lendutan (*deflection*). Performa perkerasan juga melibatkan fungsi pelayanan dan keadaan struktur SPL. Pengetahuan perilaku pergerakan lalu lintas, sentuhan roda, modulus, *Poisson Ratio*, tegangan, regangan, redaman, suhu dan keadaan lingkungan diperlukan untuk menghitung respon dan performa SPL.



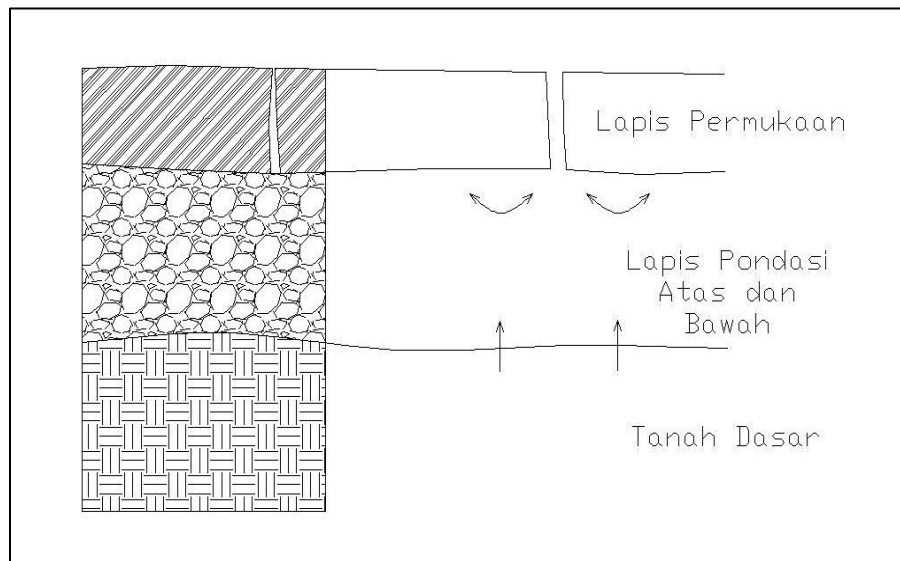
Metode mekanistik empirik untuk desain SPL memerlukan dua tahap perhitungan. Tahap pertama menghitung respon perkerasan yang berupa tegangan, regangan dan lendutan kritis setiap lapisan SPL dengan menggunakan analisis metode mekanistik yang berdasarkan prinsip-prinsip teori elastis. Untuk respon perkerasan dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Sumber : Ulitidtz (1987)

**Gambar 2.2** Respon Sistem Perkerasan Lentur

Tahap kedua **Gambar 2.3** meramal performa keadaan struktur dan fungsi perkerasan di masa depan. Ini adalah fungsi beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan yang ada disekitarnya.



Sumber : Ulitidtz (1987)

**Gambar 2.3** Performa Sistem Perkerasan Lentur

Respon perkerasan dipengaruhi oleh beban lalu lintas dinamik yang bergerak, redaman dan sentuhan roda pada permukaan perkerasan. Bahan perkerasan umumnya anisotropis dan butirannya heterogen yang perilakunya dapat dimodelkan secara *liquid newtonian* dan *solid hookean* (Ullidtz, 1998).

Metode desain mekanistik empiris didasarkan pada mekanika bahan yang berhubungan dengan data yang diperlukan seperti beban roda, respon perkerasan, seperti tegangan dan regangan. Nilai respon digunakan untuk memprediksi tekanan dari tes laboratorium dan data kinerja lapangan. Sangat perlu dilakukan pengamatan pada kinerja perkerasan karena teori saja belum terbukti cukup untuk desain perkerasan secara realistis.