

**METODE TEBAL PENGGANTI UNTUK  
PERHITUNGAN TEBAL PEKERASAN  
JALAN RAYA**

**TUGAS AKHIR**

Disusun dan diajukan untuk memenuhi  
Persyaratan memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Sipil

Oleh :

**HASAN GANI SYAH TAMIN**  
NIM. : 048110027



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2006**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## ABSTRACT

Until this moment there are many method of design that is used to plan thickening of solid state for highway that is developed as analytical, empirical either as analytical empirical. Each of these approach advantages and disadvantages.

In this article we will talk about a method of planning thickening of solid state for highway with an analytical empirical approach, which is substitute thickening method. Calculation will be done as analytical then will be analysed with the empirical formula that is related to force of thickening material and ground soil layer.

This method is a simple method whereas thickening is formed as different material layers transformed into one homogeneous layer. With these transformation calculation of response thickening in the form of stress, strain, and deflection that is used as design parameter into more simple method using Boussinesq formula.

Implementation of two and three layer model for analytical comparison between analytical method and thickening substitute model will show different output. Different percentage is relatively small and it will be accepted for use as a simple practical.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
RINGKASAN .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR NOTASI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I. 1 Latar Belakang Masalah .....	1
I. 2 Maksud dan Tujuan .....	2
I. 3 Permasalahan .....	2
I. 4 Pembatasan Masalah .....	2
I. 5 Metodologi .....	3
BAB II TEORI DASAR DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPE - NGARUHI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN .....	4
II.1 Gambaran Umum Perkerasan .....	4
II.1.2 Faktor-faktor Yang mempengaruhi .....	6
II.1.3 Karakteristik Material Perkerasan .....	6
II.2 Menentukan Nilai Modulus Elastis dan Poisson's Ratio .....	7
II.2.1 Material Tanah dan Unbound Granular .....	8
II.2.2 Konsep Beban Lalulintas .....	10
II.3 Equivalent Single Wheel Load (ESWL) .....	11
II.3.1 Beban Perencanaan .....	12
II.3.2 Prosedur Perencanaan .....	13
BAB III METODE-METODE ANALITIS .....	15
III.1 Konsep Sistem Lapisan .....	15
III.2 Metode-Metode Analitis .....	15
III.3 Perhitungan Respon Perkerasan Dengan Metode Analitis .....	24

BAB	IV	METODE TEBAL PENGGANTI .....	33
IV.1		Transformasi Sistem Lapisan Perkerasan .....	33
IV.2		Perhitungan Respon Dengan Metode Tebal Pengganti .....	37
IV.3		Perbandingan Metode Tebal Pengganti Dengan Metode Analitis ..	43
BAB	V	PERHITUNGAN SESUDAH OVERLAY .....	50
V.1		Aplikasi .....	50
V.2		Model Perkerasan Full Depth Aspalt .....	50
V.3		Perhitungan Lendutan Sebelum dan Sesudah Overlay .....	54
BAB	VI	KESIMPULAN .....	57
		DAFTAR PUSTAKA .....	59
		LAMPIRAN	



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah.

Secara garis besar metode perencanaan perkerasan jalan raya dapat dibagi atas tiga cara pendekatan, yaitu berdasarkan pendekatan rumus analitis, empiris dan analitis. Kebanyakan dari metode-metode yang digunakan saat ini adalah dikembangkan berdasarkan pendekatan secara empiris yaitu berdasarkan pengalaman atau penyelidikan di laboratorium ataupun di lapangan. Penyelidikan ini dilakukan selama bertahun-tahun dengan kondisi lalu lintas dan jenis material perkerasan tertentu sehingga dapat disimpulkan untuk suatu kasus tertentu diperlukan kondisi perkerasan tertentu pula. Perencanaan dengan sistem ini adalah cukup memuaskan selama material dan kondisi lalu lintas tidak berubah dengan kondisi bagaimana rumus-rumus tersebut dikembangkan. Bagaimanapun juga kondisi lalu lintas akan berkembang dan kemungkinan diperkenalkannya jenis-jenis perkerasan yang baru.

Sedangkan perencanaan dengan pendekatan secara analitis dikembangkan berdasarkan teori klasik tentang tegangan dari boussinesq. Prinsip utama dari metode ini adalah memilih jenis material perkerasan dan menentukan tebalnya sehingga dapat mengurangi tegangan (stress), regangan (strain) dan lendutan (deflection) yang dihasilkan beban lalu lintas pada lapisan perkerasan ataupun pada subgrade sehingga tidak melebihi daya dukung dari pada perkerasan tersebut. Penganalisaan parameter-parameter ini pada setiap lapisan untuk suatu perkerasan yang terdiri dari n-lapis adalah sangat kompleks walaupun penggunaan komputer telah diperkenalkan tetap dibutuhkan ketelitian yang sangat tinggi. Dengan demikian diperlukan suatu penyederhanaan dalam perhitungan sehingga didapat suatu metode perhitungan yang mudah dan sederhana.

Dalam tulisan ini akan dibahas suatu metode perencanaan perkerasan jalan raya yang dikembangkan berdasarkan rumus analitis-empiris yang disebut dengan Metode Tebal Pengganti (Method of Equivalent Thickness) yang merupakan suatu metode penyederhanaan.

Angka dalam tanda kurung menyatakan kutipan dari sumber referensi sesuai dengan nomor dalam daftar pustaka.

## **B. Maksud dan Tujuan.**

Maksud dan tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengevaluasi Metode Tebal Pengganti ( MTP ) sebagai metode alternatif dalam merencanakan tebal perkerasan lentur jalan raya, sehingga diperoleh suatu metode yang cukup muda dan sederhana dan dapat dikembangkan sesuai dengan kondisi perencanaan yang dihadapi.

## **C. Pembatasan Masalah.**

Telah diketahui bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan parameter-parameter perencanaan adalah beban lalulintas, karakteristik material dan faktor lingkungan lainnya, maka dalam analisa ini akan diambil model-model perkerasan tertentu, yaitu model dua lapis dan tiga lapis, beban lalulintas standard 8,2 ton gandar tunggal.

## **D. Metodologi.**

Dalam penulisan ini akan dibahas faktor-faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan perkerasan jalan raya, yaitu beban lalulintas, karakteristik material dan subgrade serta teori tentang kondisi keruntuhan. Juga akan dibahas teori-teori dasar perencanaan serta teori-teori yang berkaitan dengan Metode Tebal Pengganti. Juga akan dibahas metode-metode Analitis yang merupakan metode pembandingan. Dengan mengambil suatu model tertentu dalam hal ini model dua lapis dan model

tiga lapis akan dihitung respon perkerasan (stress, strain dan deflection) dengan menggunakan Metode Analitis dan Metode Tebal Pengganti. Hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan dan dinyatakan dalam persentase perbedaan hasil perhitungan. Analisa perhitungan dan perbandingan disajikan secara tabelaris dan grafik. Dari hasil pembahasan teori-teori tersebut akan diperlihatkan bahwa dengan MTP perhitungan tebal perkerasan jalan raya sedemikian mudah dan sederhana. Dari hasil analisa perbandingan akan diketahui sampai sejauh mana perbedaan hasil yang terjadi pada MTP dibandingkan dengan Metode Analitis dalam perhitungan respon perkerasan.



## BAB II

# TEORI DASAR DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN

### II.1. Gambaran Umum Perkerasan.

Perkerasan adalah suatu perkerasan material yang tersusun atas struktur berdasarkan perencanaan yang tertentu yang diletakkan diatas lapisan tanah dasar. Secara umum fungsi dari lapisan perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas dan beratnya sendiri, dan kemudian menyebarkannya kepada lapisan tanah dasar.

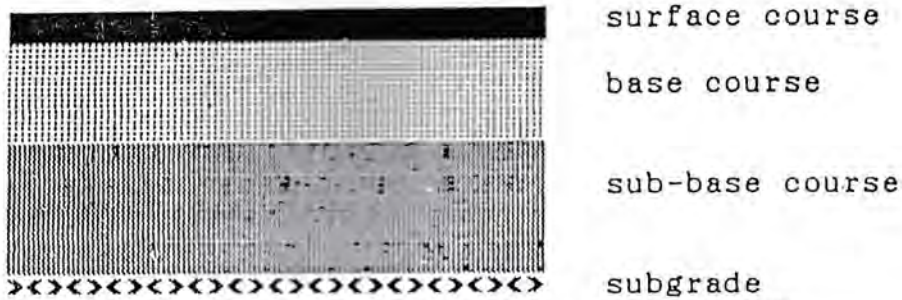
Sampai saat ini dikenal dua jenis perkerasan yang dibedakan berdasarkan jenis strukturnya yaitu :

1. Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).
2. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).

Dalam tulisan ini yang akan dibahas hanya jenis perkerasan lentur.

Perkerasan lentur adalah suatu jenis perkerasan yang akan mengalami pelenturan jika dibebani oleh beban lalu lintas dan sebagian besar akan kembali ke bentuk semula jika sudah tidak dibebani lagi. Struktur perkerasan ini terdiri atas lapisan-lapisan material yang mempunyai kualitas yang semakin tinggi pada lapisan permukaannya.





Gambar II.1 Model perkerasan lentur secara umum (3)

Material yang sering digunakan untuk lapisan surface adalah material beraspal (bituminous), sedangkan untuk lapisan base dan sub-base dapat berupa material berbutir (granular material). Material yang distabilisasi (cemented material) atau material berbutir beraspal (bituminous granular material) (2).

Apabila sebuah beban statis diberikan pada lapisan perkerasan maka beban tersebut akan didistribusikan kepada masing-masing lapisan dibawahnya. Besar beban yang dialami oleh lapisan-lapisan tersebut adalah berkurang untuk setiap penambahan kedalaman. Anggapan yang paling sederhana yang mungkin dilakukan adalah beban didistribusikan berupa tegangan secara merata dengan sudut  $45^\circ$  (4).

Material perkerasan yang mengalami pembebanan akan memberikan respon berupa tegangan (stress), regangan (strain) dan lendutan (deflection) sesuai dengan dasar beban yang diberikan dan karakteristik materialnya. Respon ini dihitung dengan anggapan bahwa perkerasan merupakan struktur yang elastis atau visco elastis yang diletakkan pada pondasi elastis atau visco elastis (1). Metode-metode yang digunakan untuk menghitung respon-respon tersebut selanjutnya akan dibahas pada bab selanjutnya.

Kondisi yang mungkin terjadi pada perkerasan akibat beban dinamis adalah terjadinya keruntuhan (failure) berupa lendutan tetap (permanent deformation) yang timbul selama umur rencana dan kelelahan (fatigue/cracking) akibat beban yang saling memperkuat. Kondisi ini mempengaruhi umur dari perkerasan. Penelitian

tentang kondisi keruntuhan ini telah banyak dilakukan di laboratorium terutama untuk material aspal (2).

### II.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perencanaan Tebal Perkerasan.

Dari teori dasar perkerasan terlihat adanya beberapa faktor yang mempengaruhi perencanaan tebal perkerasan, seperti karakteristik material, besar beban lalu lintas dan tebal lapisan yang erat kaitannya dengan besar respon yang akan diberikan oleh struktur perkerasan serta kondisi keruntuhan yang timbul akibat beban lalu lintas. Masing-masing faktor ini akan dibahas dibawah ini.

### II.1.3. Karakteristik Material Perkerasan.

Untuk dapat menghitung respon-respon dari perkerasan maka perlu untuk mengetahui sifat-sifat mekanisnya yaitu Modulus Elastis (E) dan Poisson's Ratio ( $\mu$ ) dari material-material tersebut. Kedua harga ini merupakan harga karakteristik utama dari material yang bersifat elastis atau visco elastis.

Modulus elastis didefinisikan sebagai suatu konstanta proporsional diantara tegangan dan regangan, sedangkan Poisson's Ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara titik tinjau dan regangan tegak lurus titik tinjau. Nilai modulus elastis dan Poisson's Ratio ditentukan oleh besarnya regangan yaitu berupa deformasi yang terjadi apabila diberikan tegangan pada material tersebut. Material perkerasan adalah merupakan massa yang berpartikel bukan suatu material yang padat, maka deformasi yang terjadi adalah berupa gerakan relatif butiran material dan perubahan bentuk pada masing-masing butiran. Deformasi yang paling dominan terjadi adalah akibat gerakan relatif antara butiran. Oleh sebab itu nilai modulus elastis dan Poisson's Ratio material perkerasan dibawah ini memberikan gambaran pengaruh fakto-faktor tersebut (2). Modulus elastis untuk tanah dngan kadar air sekitar 27-28 % adalah 35 Mpa dan Poisson's Rationya 0,45. Granular material dengan kadar air 12 % dan energi pemadatan sebesar 1590 kg/m<sup>3</sup> akan memberikan nilai masing-masing sebesar 125 Mpa dan 0,3. Sedangkan material

yang beraspal seperti aspal concrete adalah dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan pengujian. Untuk temperatur 20°C dan waktu pembebanan 0,1 detik akan memberikan nilai modulus elastis sebesar 2500 Mpa dan Poisson's Ratio 0,4.

Dari beberapa contoh diatas terlihat bahwa dengan usaha pemadatan dan pemakaian bahan pemikat akan memberikan nilai modulus elastis yang besar dan sebaliknya akan mengurangi nilai Poisson's Ratio. Material yang mempunyai modulus elastis yang besar akan memberikan kekuatan yang besar pula (8).

## II.2. Menentukan Nilai Modulus Elastis dan Poisson's Ratio.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menentukan modulus elastis dan Poisson's Ratio dari material perkerasan. Satu hal yang penting adalah pengukuran diusahakan sesuai dengan kondisi bagaimana material tersebut akan dipergunakan, oleh karena itu metode-metode tersebut telah distandarkan.

Nilai modulus elastis dan Poisson's Ratio dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan tipe material, kepadatan, kadar air, cara pengukuran dan temperatur. Khusus untuk material aspal faktor lama pembebanan dan temperatur adalah sangat berpengaruh. Sedangkan untuk tanah dasar pengaruh kadar air dan kepadatan adalah sangat besar.

Dari pengalaman diketahui bahwa pengukuran nilai modulus elastis adalah sangat sukar terutama untuk material seperti tanah dasar. Huckdom dan Foster telah mengembangkan hubungan antara nilai modulus elastis dan nilai CBR. Secara praktis telah digunakan hubungan seperti (12) :

$$E_m = 10 \text{ CBR} \text{ Mpa} \quad \text{(II.1)}$$

atau

$$E_m = 1500 \text{ CBR} \text{ psi} \quad \text{(II.2)}$$

Berikut ini akan diberikan beberapa rumusan untuk menentukan nilai modulus elastis berbagai jenis material perkerasan (10).

### II.2.1 Material Tanah dan Unbound Granular.

Modulus elastis dari material tanah dasar dan unbound granular dapat diukur secara langsung dari percobaan plate bearing. Khusus untuk tanah dasar nilai modulus elastisnya dapat dihitung dengan rumus II.1. atau II.2. Modulus elastis,  $E_g$ , dari material unbound granular dapat diasumsikan sebagai fungsi dari tabel lapisan,  $h$ , dan modulus elastis dari tanah dasar,  $E_m$ , dengan menggunakan rumus :

$$E_g = 0,2 \times h^{0,45} \times E_m \quad (\text{Mpa}) \quad \text{(II.3)}$$

dimana  $h$  dalam milimeter dan perbandingan antara  $E_g$  dan  $E_m$  adalah sebesar 0,5-1,3.

#### Material Beraspal.

Material beraspal adalah material yang bersifat visco elastis dan responnya terhadap beban adalah tergantung temperatur dan waktu pembebanan. Modulus elastisnya sering dinyatakan dengan “kekakuan (stiffness)” yang menggambarkan hubungan antara kedua faktor tersebut :

$$S_b = 1,57 \times 10^{-7} \times t_w - 0,368 \times e^{-PI} \times (T_{RB} - T)^5 \quad \text{(II.4)}$$

Dimana :

$S_b$  = stiffness aspal, Mpa

$t_w$  = waktu pembebanan, (0,01 – 0,1) detik

PI = Indeks Penetrasi dari aspal

$$= \frac{20 (T_{RB}) + 500 \log(\text{pen } 25) - 1951,55}{(T_{RB}) - 50 \log(\text{pen } 25) + 120,15}$$

$T_{RB}$  = Softening point dari aspal, yaitu temperatur dimana viscositas dari semua aspal sama atau kira-kira suhu pada saat penetrasi mencapai nilai 800 °C

T = Temperatur Derajat Celcius.

Pen25 = Penetrasi pada suhu 25°C.

Stiffness dari material beraspal, seperti aspal concrete yang terdiri dari campuran agregat dengan bahan aspal, adalah merupakan fungsi stiffness dari aspal dan persen volume dari aspal pada campuran. Persamaan II.5. memberikan nilai stiffness untuk campuran aspal yaitu :

$$S_{mix} = S_b \left[ 1 + \left[ \frac{2,5}{n} \right] \left[ \frac{C_v}{1 - C_v} \right] \right]^n \quad (II.5)$$

dimana :  $S_{mix}$  = Stiffness campuran aspal, MPa

$S_b$  = Stiffness aspal, Mpa

$n = 0,83 \log \left[ \frac{4 \times 10^{-5}}{S_b} \right]$

$C_v$  = Persen volume agregat pada campuran aspal.

Pada kebanyakan jenis material perkerasan (kecuali pada material beraspal) pengaruh dari faktor-faktor lingkungan seperti temperatur dan kadar air kurang berpengaruh terhadap nilai Poisson's Ratio ( $\mu$ ). Untuk aspal concrete nilai  $\mu$  akan minimum untuk temperatur rendah dan akan bertambah dengan bertambahnya temperatur.

Tabel II.1 akan memperlihatkan nilai  $\mu$  yang sering digunakan pada analisa perkerasan lentur yang dikeluarkan oleh beberapa badan penelitian jalan raya.

Tabel II.1. Nilai Poisson's ratio untuk berbagai jenis material perkerasan yang Di keluarkan oleh berbagai badan penelitian jalan raya (12).

<b>Material</b>	<b>Original Shell Oil Co.</b>	<b>Revised Shell Oil Co.</b>	<b>The Asphalt Institute</b>	<b>Kentucky Highway</b>
Ac	0,5	0,35	0,4	0,4
Granular Base	0,5	0,35	0,45	0,45
Subgrade	0,5	0,35	0,45	0,45

**II.2.2. Konsep Beban Lalulintas.**

Faktor lain yang mempengaruhi perencanaan tebal perkerasan jalan raya adalah faktor lalulintas yaitu beban yang dipikul oleh perkerasan tersebut. Beban lalulintas dapat berupa beban roda vertikal, beban roda horizontal yaitu gaya traksi dan gaya rem, beban roda torsional dan gaya gripping akibat lapisan berongga udara pada perkerasan. Semua bentuk beban ini diasumsikan merupakan beban merata lingkaran berupa tegangan kontak (contact pressure) sebesar 550-750 kpa. Jari-jari bidang kontak ini dapat dihitung dengan rumus (2).

$$a = \sqrt{\frac{P}{\pi p}} \tag{II.6}$$

dimana P = beban roda tunggal

p = tekan roda

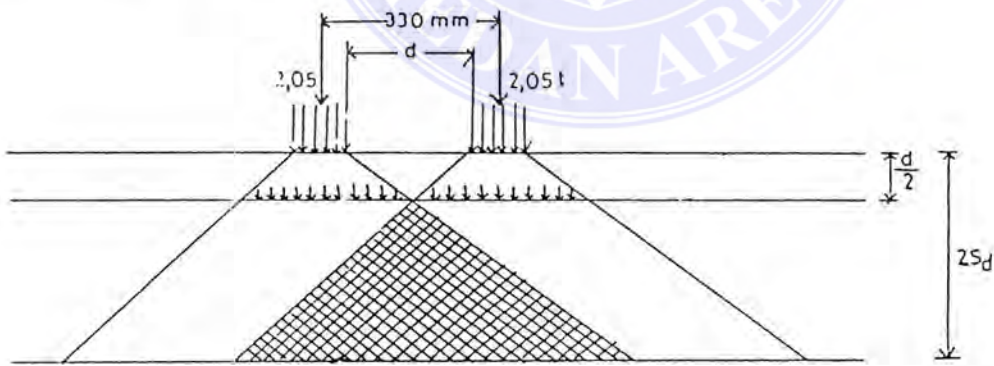
Beban yang dipikul oleh roda adalah setengah dari beban gandar. Beban gandar maksimum sering digunakan sebagai batas maksimum yang diijinkan untuk satu kendaraan dan disebut dengan beban gandar standar. Pada banyak negara termasuk Indonesia beban gandar maksimum adalah 8,2 ton untuk gandar tunggal dan 15,2 ton untuk gandar tandem.

### II.3. Equivalent Single Wheel Load (ESWL).

Untuk kendaraan-kendaraan yang besar seperti bus, truk dan trailer penggunaan roda ganda sering digunakan untuk mengurangi beban yang harus dipikul oleh satu roda. Beban yang dipikul oleh perkerasan dengan roda tunggal dan roda ganda adalah tidak sama. Karena itu perlu untuk mengetahui beban ekivalen dari roda ganda dengan asumsi bahwa respon yang timbul dengan roda ganda adalah sama yang timbul oleh beban ekivalen tersebut (12). Beban ekivalen ini disebut dengan istilah Equivalent Single Wheel Load (ESWL).

Untuk mengetahui ESWL ini dikenal dua prosedur perhitungan, yaitu berdasarkan tegangan maksimum dan lendutan maksimum (12). Perlu diingat bahwa dalam perhitungan ini lapisan perkerasan merupakan sistem satu lapis sehingga rumus Boussinesq dapat digunakan. Dibawah ini akan dibahas perhitungan ESWL berdasarkan tegangan maksimum.

Gambar II.2 mengilustrasikan konsep penentuan ESWL berdasarkan tegangan maksimum. Beban total dari roda ganda  $P_d$  yang dipisahkan oleh jarak  $S_d$  dari pusat ke pusat dan jarak bersih  $d$  dari sisi kedua roda. Untuk kendaraan truk  $S_d$  adalah sekitar 330 mm.



Gambar II.2 Pengaruh roda ganda pada perhitungan tegangan untuk menghitung ESWL (12).

Pada kedalaman kira-kira 2Sd akan terjadi overlap tegangan yang disebabkan oleh masing-masing roda tunggal. Dengan mengambil kedalaman  $h = 30$  inci, maka besar ESWL dapat dihitung dengan rumus (2) :

$$P_s = \frac{Pd}{1 + (Sd / 100)} \tag{II.7}$$

untuk roda ganda gandar tunggal dan

$$P_s = \frac{Pd}{[1 + (Sd / 100)][1 + (St / 100)]} \tag{II.8}$$

untuk roda gandar tandem. Dimana St adalah jarak dari pusat ke pusat roda depan dengan roda belakang dengan gandar tandem (dalam inci).

Untuk kendaraan dengan beban gandar maksimum 8,2 ton dan Sd 330 mm diperoleh besar ESWL sebesar 3,63 ton dan jari-jari bidang kontak 100 mm dan tekanan kontak ekivalen sebesar 1,13 Mpa. Dengan hasil ini respon pada sumbu vertikal diantara dua roda dapat dihitung.

### II.3.1. Beban Perencanaan.

Kendaraan yang melintas diatas perkerasan terdiri dari bermacam-macam jenis yang mempunyai beban gandar yang bervariasi. Dalam perencanaan tebal perkerasan pengaruh dari beban yang berbeda-beda ini dihitung berdasarkan faktor perusak atau Damage Factor (DF) yang ditimbulkannya perlintasan relatif dengan perusakan yang ditimbulkan oleh kendaraan standard pada sistem perkerasan yang sama. Untuk beban Standar 8,2 ton besar Damage Factor ini dapat dihitung berdasarkan hubungan berikut ini :

$$DF = \left[ \frac{w}{8,2} \right]^4 \tag{II.9}$$

untuk gandar tunggal



$$DF = \left[ \frac{w}{15,2} \right]^4 \quad \text{untuk gandar tandem} \quad \text{(II.10)}$$

dimana  $w$  = beban gandar.

Beban lalu lintas yang sesungguhnya dipikul oleh perkerasan adalah beban dinamis yang berulang sesuai dengan pertambahan waktu. Maka beban lalu lintas yang dipergunakan adalah jumlah total beban lalu lintas selama umur perencanaan. Total komulatif beban ini dinyatakan dalam beban standard 8,2 ton atau beban ekivalent 8,2 ton single axle load (ESAL) yang dihitung dengan persamaan (12) :

$$ESAL = \sum_{\substack{\text{trailer} \\ \text{mobilpenum} \\ \text{pang}}} LHR_i * DF_i (1 + i)^{UR} 365 UR \quad \text{(II.11)}$$

dimana :  $LHR_i$  = lalu lintas harian rata-rata untuk masing-masing kendaraan (kendaraan/hari).

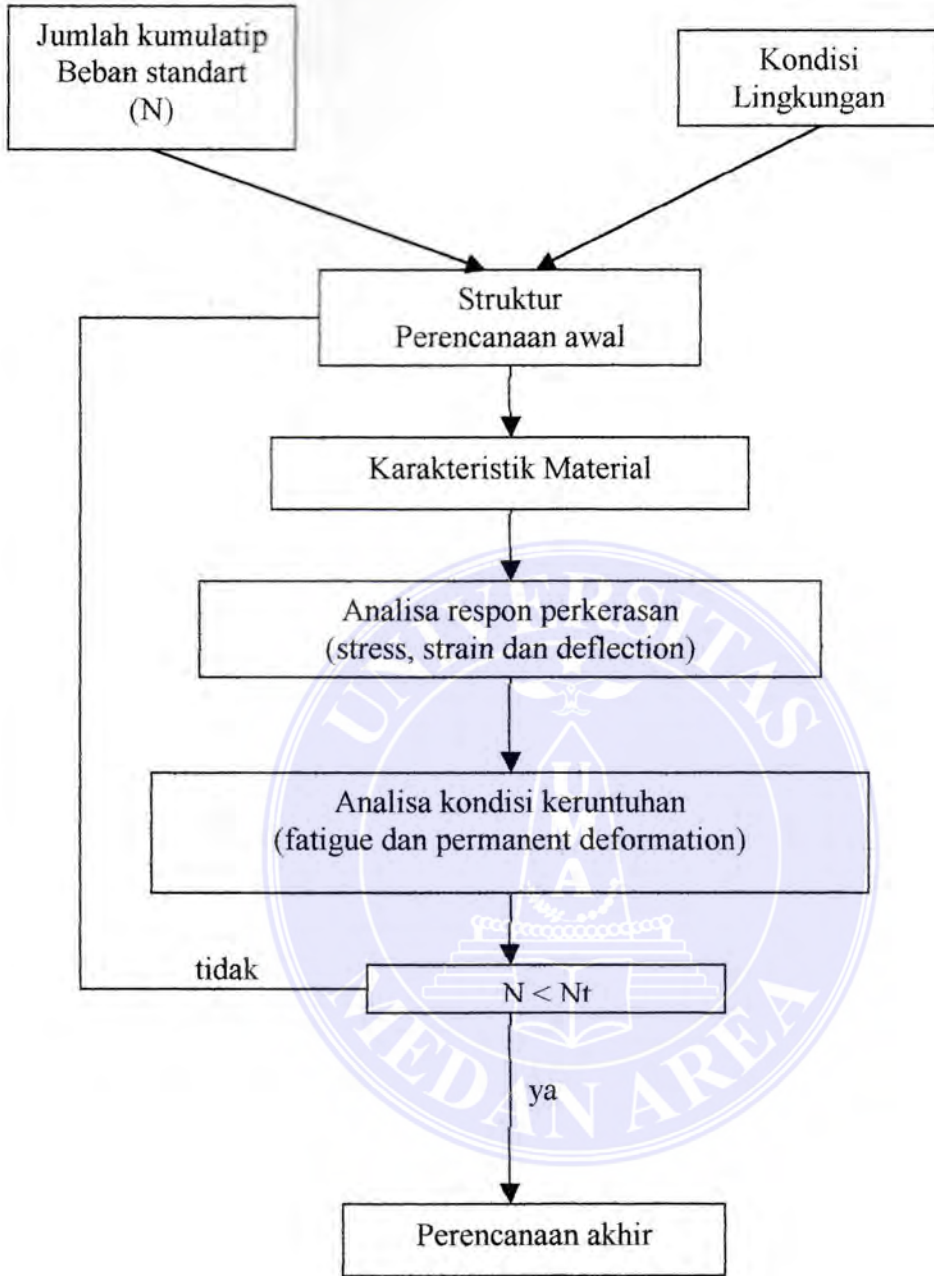
$I$  = faktor pertumbuhan lalu lintas (persen).

$UR$  = umur perencanaan.

$Df_i$  = faktor merusak masing-masing kendaraan.

### II.3.2 Prosedur Perencanaan.

Perhitungan tebal perkerasan jalan raya dengan pendekatan analistis empiris memberikan suatu prosedur perencanaan yang terdiri dari langkah-langkah seperti terlihat pada diagram berikut (1) :



Gambar II.5 Diagram prosedur perencanaan tebal perkerasan secara analitis empiris

## BAB III

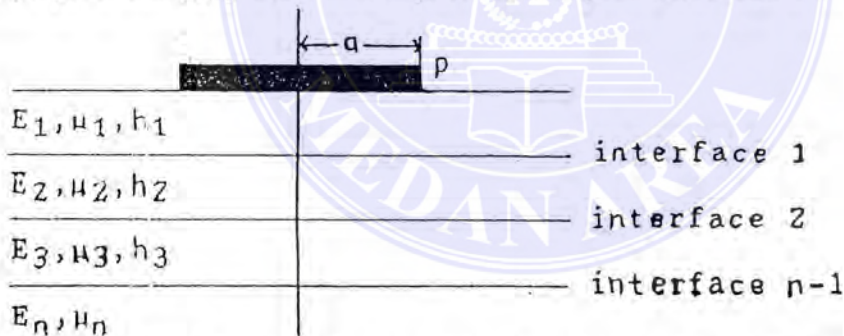
### METODE-METODE ANALITIS

#### III.1. Konsep Sistem Lapisan.

Telah diketahui bahwa perkerasan terdiri atas satu atau lebih, lapisan material yang diletakkan diatas lapisan tanah dasar. Untuk tujuan perhitungan tegangan, regangan dan lendutan maka lapisan perkerasan diasumsikan sedemikian rupa sehingga teori tentang tegangan dapat digunakan.

Dengan konsep sistem lapisan seperti terlihat pada gambar III.1 diasumsikan (12) :

1. Setiap lapisan merupakan medium yang elastis atau visco elastis.
2. Sifat-sifat material setiap lapisan adalah homogen dan isotropis.
3. Setiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu kecuali lapisan terbawah, dan tidak terbatas pada arah horizontal.
4. Gaya geser dianggap tidak timbul pada lapisan permukaan dan intarface.



Gambar III.1 Konsep Sistem Lapisan Perkerasan Lentur (12)

#### III.2. Metode-Metode Analitis.

Teori dasar perhitungan respon perkerasan diturunkan dari persamaan Boussinesq tentang pada medium setengah elastis yang homogen. Tegangan vertikal pada kedalaman tertentu dibawah permukaan tanah dengan beban titik adalah sebesar :

$$\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi z^2} \left[ \frac{1}{1 + \left\{ \frac{r}{z} \right\}^2} \right]^{\frac{3}{2}} \tag{III.1}$$

dimana: Q = beban titik  
 r = jarak dari sumbu beban  
 z = kedalaman

Pada studi tentang perkerasan lentur beban lalu lintas diasumsikan berupa beban merata lingkaran dengan jari-jari a dan besar tegangan p sesuai dengan tekanan dalam roda. Dengan mengintegrasikan persamaan diatas terhadap luasan beban maka diperoleh besar tegangan vertikal pada kedalaman z :

$$\sigma_z = p \left[ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left\{ \frac{a}{z} \right\}^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \right] \tag{III.2}$$

Dengan menggunakan hukum Hooke respon yang lain seperti regangan dan lendutan dapat dihitung dengan rumus :

$$\epsilon_z = \frac{p(1 + \mu)}{E} \left[ \frac{\frac{z}{a}}{\left[ 1 + \left\{ \frac{z}{a} \right\}^2 \right]^{\frac{3}{2}}} - (1 - 2\mu) * \frac{\frac{z}{a}}{\left[ 1 + \left\{ \frac{z}{a} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}} - 1 \right] \tag{III.3}$$

$$\sigma_z = \frac{pa(1+\mu)}{E} \left[ \frac{1}{\left[1 + \left\{\frac{z}{a}\right\}^2\right]^{1/2}} - (1-2\mu) * \left[1 + \left\{\frac{z}{a}\right\}^2\right]^{1/2} - \frac{z}{a} \right] \quad \text{(III.4)}$$

Rumus-rumus yang lebih lengkap telah disusun oleh Ahlvin dan Ulery untuk perhitungan yang lebih luas seperti terlihat pada tabel III.1. Rumus-rumus ini hanya dapat dipergunakan untuk sistem satu lapis sehingga disebut juga Metode Satu Lapis. Untuk perhitungan sistem dua dan tiga lapis ditunjukkan pada tabel III.2 dan III.3.



**METODE SATU LAPIS**

1. LATAR BELAKANG teori : Pertama kali dikemukakan oleh Lord Kelvin (1848)

tentang perhitungan lendutan pada lapisan half-space. Kemudian Boussinesq (1868) memberikan persamaan untuk menghitung tegangan dan lendutan ketika beban titik diberikan pada lapisan half-space. Alvin dan Utery kemudian menyusun tebal menghitung tegangan, regangan dan lendutan untuk sembarang nilai Poisson's ratio.

2. ASUMSI : - Lapisan adalah material yang homogen, isotropis dan elastis  
 - Beban adalah berupa beban lingkaran yang merata

3. PARAMETER :



4. RESPON : - Tegangan vertikal ( $\sigma_z$ )  
 - Tegangan radial horizontal ( $\sigma_r$ )  
 - Tegangan tangensial horizontal ( $\sigma_t$ )  
 - Tegangan geser radial vertikal ( $\tau_{rz}$ )  
 - Regangan vertikal ( $\epsilon_z$ )  
 - Regangan radial horizontal ( $\epsilon_r$ )

**Tabel III.1 Metode Satu Lapis untuk perhitungan respon perkerasan (12)**

- Regangan tangensial horizontal ( $\epsilon_t$ )
- Lendutan vertikal ( $\delta z$ )

5. RUMUS

$$\sigma = p(A + B)$$

$$\sigma_r = p[2\mu A + C + (1 - 2\mu)F]$$

$$\sigma_t = p[2\mu A - D + (1 - 2\mu)E]$$

$$\Gamma r_z = pG$$

$$\epsilon_z = \frac{p(1 + \mu)}{EI} [(1 - 2\mu)F + G]$$

$$\epsilon_r = \frac{p(1 + \mu)}{EI} [(1 - 2\mu)E + D]$$

$$\epsilon_t = \frac{p(1 + \mu)}{EI} [(1 - 2\mu)E + D]$$

$$\delta z = \frac{p(1 + \mu)}{EI} \left[ \frac{z}{a} A + (1 - \mu)H \right]$$

6. TABEL

= Koefesien A,B,C,D,E,F,G dan H  
(lihat lampiran)

7. KETERANGAN

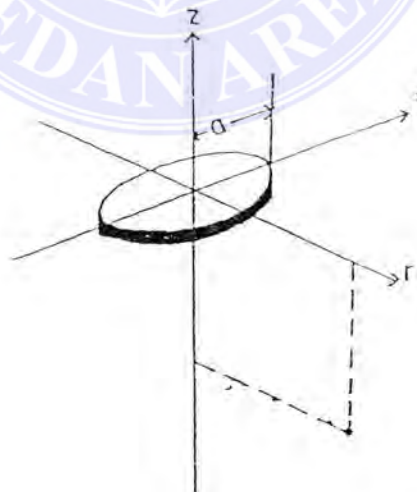


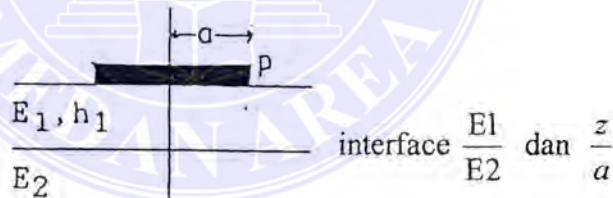
Diagram sistem satu lapis

**METODE DUA LAPIS**

1. LATAR BELAKANG : Pertamakali dikembangkan oleh westergaard (1926) yang membahas khusus untuk jalan beton (kaku). Kemudian Burmister (1943) mengembangkannya Untuk perkerasan kaku dan lentur.

2. ASUMSI : - Lapisan adalah homogen, isotropis dan elastis.  
 - Lapisan permukaan tidak terbatas pada arah hori - zontal tetapi terbatas pada arah vertikal, sedangkan lapisan subgrade tidak terbatas pada arah horizontal dan vertikal.  
 - Bidang kontak kedua lapisan adalah menerus dan tidak timbul geser diantara kedua lapisan.

3. PARAMETER



4. RESPON : - Tegangan pada lapisan perkerasan ( $\sigma_1$ ) dan pada pisan subgrade ( $\sigma_2$ ).  
 - Lendutan total permukaan ( $\delta$ ).  
 - Lendutan pada interface ( $\delta_s$ ).

5. RUMUS :  $\sigma_1 = Cb_1 * p$   
 $\sigma_2 = Cb_2 * p$

**Tabel III.2 Metode Dua lapis untuk perhitungan respon perkerasan (12)**



$$\delta x = 1,5 \frac{pa}{E2} f'j$$

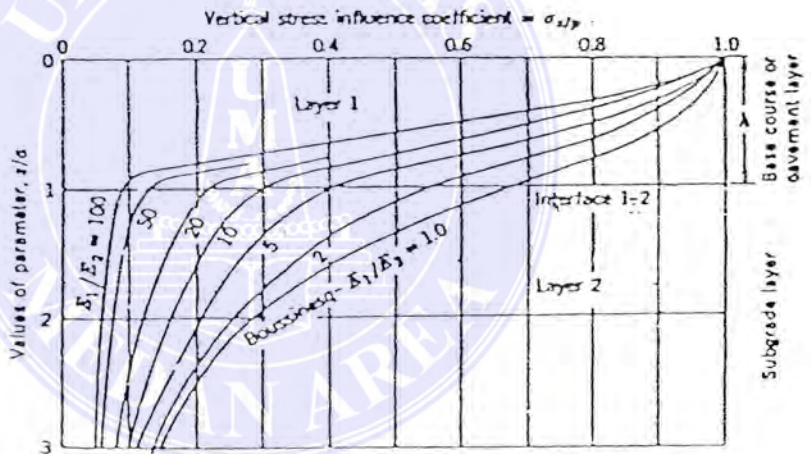
$$\delta s = \frac{pa}{E2} f's$$

6. GRAFIK

- Koefisien Burmister (Cb)
- Koefisien lendutan permukaan (Ft), (lampiran)
- Koefisien lendutan interface (Fs), (lampiran)

7. KETERANGAN

- Grafik dibuat khusus untuk nilai Poisson's ratio 0,5 pada masing-masing lapisan.
- Respon dihitung pada sumbu simetris beban tunggal.



Grafik Koefisien Burmister (Cb)

**METODE TIGA LAPIS**

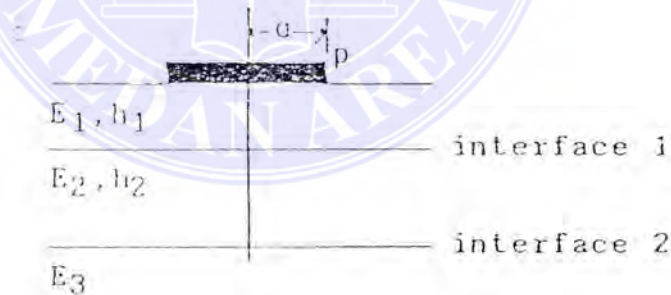
**1. LATAR BELAKANG**

Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Burmister (1945) yang memungkinkan untuk menghitung respon pada perkerasan model tiga lapis. Acum dan Fox (1951) kemudian membuat tabel dan grafik untuk perhitungan tegangan normal dan tegangan radial. Kemudian Jones dan Peattie (1962) mengembangkan untuk parameter yang lebih luas.

**2. ASUMSI**

- Setiap lapisan adalah homogen, isotropis dan elastis.
- Setiap lapisan adalah terbatas pada arah vertikal kecuali pada lapisan subgrade.
- Bidang kontak setiap lapisan menerus dan tidak geser pada bidang kontak masing-masing lapisan.

**3. PARAMETER**



$$K1 \text{ atau } K1 = \frac{E1}{E2}; K2 \text{ atau } K2 = \frac{E2}{E3}$$

$$a1 \text{ atau } A = \frac{a}{h2}; H = \frac{h1}{h2}$$

**Tabel III.3 Metode Tiga Lapis untuk perhitungan respon perkerasan (12)**

4. RESPON :
- Tegangan vertikal pada interface 1 ( $\sigma_1$ )
  - Tegangan vertikal pada interface 2 ( $\sigma_2$ )
  - Tegangan horizontal pada dasar lapisan 1 ( $\sigma_{r1}$ )
  - Tegangan horizontal pada dasar lapisan 2 ( $\sigma_{r2}$ )
  - Tegangan horizontal pada puncak lapisan 3 ( $\sigma_{r3}$ )
  - Regangan horizontal pada dasar lapisan 1 ( $\epsilon_{r1}$ )
  - Regangan horizontal pada dasar lapisan 2 ( $\epsilon_{r2}$ )

5. RUMUS :
- $$\sigma_1 = p(ZZ1)$$
- $$\sigma_2 = p(ZZ2)$$
- $$\sigma_1 - \sigma_{r1} = p(ZZ1 - RR1)$$
- $$\sigma_2 - \sigma_{r2} = p(ZZ2 - RR2)$$
- $$\sigma_2 - \sigma_{r3} = p(ZZ2 - RR3)$$
- $$\epsilon_{r1} = \frac{1}{2E1} (\sigma_{r1} - \sigma_1)$$
- $$\epsilon_{r2} = \frac{1}{2E2} (\sigma_{r2} - \sigma_2)$$

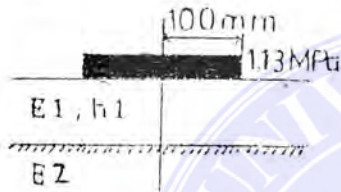
6. GRAFIK dan TABEL :
- Koefesien tegangan (ZZ1 dan ZZ2), (lampiran)
  - Koefesien selisih tegangan (ZZ1-RR1), (ZZ2-RR2) dan ( ZZ2-RR3), (lampiran)

7. KETERANGAN :
- Tabel dan grafik dibuat khusus untuk nilai Poisson's ratio 0,5.
  - Respon yang dihitung pada sumbu simetris dari beban tunggal.
  - Pada perhitungan pada tegangan tanda positif berarti tekan dan negatif berarti tarik.
  - Untuk kasus tertentu interpolasi dibenarkan tetapi ekstrapolasi tidak

### III.3. Perhitungan Respon Perkerasan Dengan Metode Analitis.

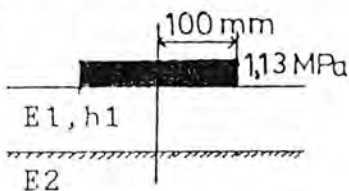
Untuk perhitungan ini diambil model perkerasan dua dan tiga lapis sesuai dengan metode masing-masing. Beban lalu lintas yang digunakan adalah kendaraan roda ganda dengan beban gandar 8,2 ton. Respon yang dihitung adalah pada sumbu vertikal diantara dua roda. Maka beban merata ekuivalen yang digunakan sebesar 1,13 Mpa dan jari-jari beban 100 mm.

Tabel III.4. Data untuk perhitungan tegangan vertikal pada perkerasan model dua Lapis.



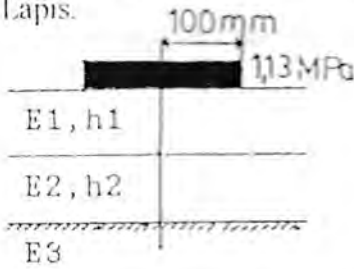
Lapisan	Modulus (Mpa)	Tebal (mm)
surface	20,100,200,500,1000	100
subgrade	10	Tak terhingga

Tabel III.5. Data untuk perhitungan lendutan permukaan pada perkerasan model Dua lapis.



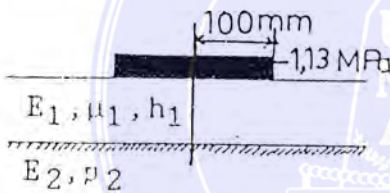
Lapisan	Modulus elastis (Mpa)	Tebal (mm)
Surface	50,100,200,500,1000	50,100,150
	5000,10000,20000	200,300,400
subgrade	10	Tak terhingga

Tabel III.6. Data untuk perhitungan lendutan interface pada perkerasan model dua Lapis.



Lapisan	Modulus elastis (Mpa)	Tebal (mm)
Surface	50,100,250,500,1000	50,100,150,200,300,400
subgrade	10	Tak terhingga

Tabel III.7. Data untuk perhitungan tegangan dan regangan pada perkerasan model Tiga Lapis.



Lapisan	Modulus elastis (Mpa)	Tebal (mm)
Surface	12,120,1200,12000	31,25,62,5;125,250,500
Base	60	250
subgrade	30	Tak terhingga

Hasil perhitungan diperlihatkan pada tabel III.8 sampai dengan tabel III.14.

Tabel III.8 Perhitungan tegangan vertikal pada kedalaman 100, 200 dan 300 mm Dengan Metode Dua Lapis.

E1 Mpa)	E2 (Mpa)	H1 (mm)	TEGANGAN VERTIKAL (Mpa)		
			Z= 100 mm	Z= 200 mm	Z= 300 mm
20	10	100	0,6441	0,2938	0,1582
100	10	100	0,339	0,1695	0,1017
200	10	100	0,2373	0,1243	0,08588
500	10	100	0,1356	0,08588	0,05876
1000	10	100	0,0904	0,06328	0,0452

Tabel III.9 Perhitungan lendutan permukaan dengan Metode Dua Lapis.

E1 (Mpa)	E2 (Mpa)	H1 (mm)	Lendutan permukaan (mm)
50	10	50	13,899
50	10	100	10,17
50	10	150	8,3055
50	10	200	7,119
50	10	300	5,9325
50	10	400	5,2545
100	10	50	12,543
100	10	100	8,3055
100	10	150	6,441
100	10	200	5,0511
100	10	300	4,15275
100	10	400	3,5595
200	10	50	10,848
200	10	100	6,78
200	10	150	4,9155
200	10	200	4,068
200	10	300	3,051
200	10	400	2,5425
500	10	50	8,0795
500	10	100	4,9155
500	10	150	3,5595
500	10	200	2,938
500	10	300	2,034
500	10	400	1,64415

E1 (Mpa)	E2 (Mpa)	H1 (mm)	Lendutan permukaan (mm)
1000	10	50	7,1755
1000	10	100	3,8985
1000	10	150	2,8815
1000	10	200	2,2035
1000	10	300	1,50855
1000	10	400	1,1865
5000	10	50	4,407
5000	10	100	2,5425
5000	10	150	1,57635
5000	10	200	1,2204
5000	10	300	0,83055
5000	10	400	0,6441
10000	10	50	1,8645
10000	10	100	1,27125
10000	10	150	0,9831
10000	10	200	0,66105
10000	10	300	0,49155
10000	10	400	0,3955
20000	10	50	3,051
20000	10	100	1,0509
20000	10	150	0,7119
20000	10	200	0,5424
20000	10	300	0,3729
20000	10	400	0,2599

Tabel III.10 Perhitungan lendutan interface dengan Metode Dua Lapis.

E1 (Mpa)	E2 (Mpa)	H1 (mm)	Lendutan interface (mm)
50	10	50	13,899
50	10	100	10,17
50	10	150	8,3055
50	10	200	6,328
50	10	300	4,068
50	10	400	3,277
100	10	50	12,317
100	10	100	7,810
100	10	150	5,650
100	10	200	4,407
100	10	300	2,825
100	10	400	2,260
200	10	50	9,944
200	10	100	6,102
200	10	150	4,294
200	10	200	3,164
200	10	300	2,147
200	10	400	1,582
500	10	50	8,475
500	10	100	4,859
500	10	150	3,390
500	10	200	2,486
500	10	300	1,808
500	10	400	1,243
1000	10	50	6,893
1000	10	100	3,955
1000	10	150	2,712
1000	10	200	2,034
1000	10	300	1,356
1000	10	400	1,017



Tabel III.11 Perhitungan tegangan interface 1 dengan Metode Tiga lapis.

E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)	H1 (mm)	H2 (mm)	Tegangan interface 1 (MPa)
12	60	30	31,25	250	1,13
12	60	30	62,5	250	1,017
12	60	30	125	250	0,6893
12	60	30	250	250	0,2825
12	60	30	500	250	0,108814
120	60	30	31,25	250	1,13
120	60	30	62,5	250	0,904
120	60	30	125	250	0,4746
120	60	30	250	250	0,17063
120	60	30	500	250	0,03955
1200	60	30	31,25	250	0,904
1200	60	30	62,5	250	0,452
1200	60	30	125	250	0,1695
1200	60	30	250	250	0,03955
1200	60	30	500	250	0,01017
12000	60	30	31,25	250	0,3616
12000	60	30	62,5	250	0,1243
12000	60	30	125	250	0,03277
12000	60	30	250	250	0,007684
12000	60	30	500	250	0,001921

Tabel III.12 Perhitungan tegangan interface 2 dengan Metode Tiga Lapis.

E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)	H1 (mm)	H2 (mm)	Tegangan interface 2 (MPa)
12	60	30	31,25	250	0,14125
12	60	30	62,5	250	0,1356
12	60	30	125	250	0,09718
12	60	30	250	250	0,07102
12	60	30	500	250	0,04164
120	60	30	31,25	250	0,1469
120	60	30	62,5	250	0,113
120	60	30	125	250	0,0791
120	60	30	250	250	0,043955
120	60	30	500	250	0,018695
1200	60	30	31,25	250	0,14125
1200	60	30	62,5	250	0,0904
1200	60	30	125	250	0,0452
1200	60	30	250	250	0,018
1200	60	30	500	250	0,00625
12000	60	30	31,25	250	0,0904
12000	60	30	62,5	250	0,0452
12000	60	30	125	250	0,01695
12000	60	30	250	250	0,005859
12000	60	30	500	250	0,001695

Tabel III.13 Perhitungan regangan interface 1 dengan Metode Tiga Lapis.

E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)	H1 (mm)	H2 (mm)	Tegangan interface 1 (mm/mm)
12	60	30	31,25	250	3,383E-03
12	60	30	62,5	250	5,108E-03
12	60	30	125	250	4,904E-03
12	60	30	250	250	2,143E-03
12	60	30	500	250	6,188E-04
120	60	30	31,25	250	3,342E-03
120	60	30	62,5	250	4,550E-03
120	60	30	125	250	3,341E-03
120	60	30	250	250	1,341E-03
120	60	30	500	250	3,986E-04
1200	60	30	31,25	250	2,433E-03
1200	60	30	62,5	250	1,821E-03
1200	60	30	125	250	8,906E-04
1200	60	30	250	250	3,142E-04
1200	60	30	500	250	8,879E-05
12000	60	30	31,25	250	6,002E-03
12000	60	30	62,5	250	2,359E-03
12000	60	30	125	250	7,817E-04
12000	60	30	250	250	2,468E-04
12000	60	30	500	250	7,812E-05

Tabel III.14 Perhitungan interface 2 dengan Metode Tiga Lapis.

E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)	H1 (mm)	H2 (mm)	Tegangan interface 1 (mm/mm)
12	60	30	31,25	250	4,380E-03
12	60	30	62,5	250	3,724E-03
12	60	30	125	250	2,927E-03
12	60	30	250	250	1,949E-03
12	60	30	500	250	9,960E-04
120	60	30	31,25	250	4,432E-03
120	60	30	62,5	250	3,611E-03
120	60	30	125	250	2,441E-03
120	60	30	250	250	1,306E-03
120	60	30	500	250	5,555E-04
1200	60	30	31,25	250	4,075E-03
1200	60	30	62,5	250	2,662E-03
1200	60	30	125	250	1,266E-04
1200	60	30	250	250	6,061E-04
1200	60	30	500	250	2,188E-05
12000	60	30	31,25	250	2,692E-03
12000	60	30	62,5	250	1,171E-03
12000	60	30	125	250	6,018E-04
12000	60	30	250	250	1,724E-04
12000	60	30	500	250	4,927E-05

## **BAB V**

### **PERHITUNGAN SESUDAH OVERLAY**

#### **V.1. Aplikasi.**

Untuk melihat penggunaan dari metode ini dalam perhitungan tebal perkerasan jalan raya maka diberikan suatu model perencanaan Full Depth Asphalt dan perhitungan tebal lapisan tambahan yang diperlukan dalam perencanaan overlay.

#### **V.2. Model Perkerasan Full Depth Asphalt.**

Model perkerasan ini adalah terdiri dari atas lapisan aspal diatas lapisan tanah dasar sehingga disebut juga model dua lapis. Dengan model ini akan diperlihatkan hubungan antara tebal lapisan aspal, modulus aspal, kekuatan tanah dasar dan beban lalu lintas yang merupakan parameter-parameter perencanaan tebal perkerasan jalan raya. Data-data untuk perhitungan ini ditunjukkan pada tabel IV.9.

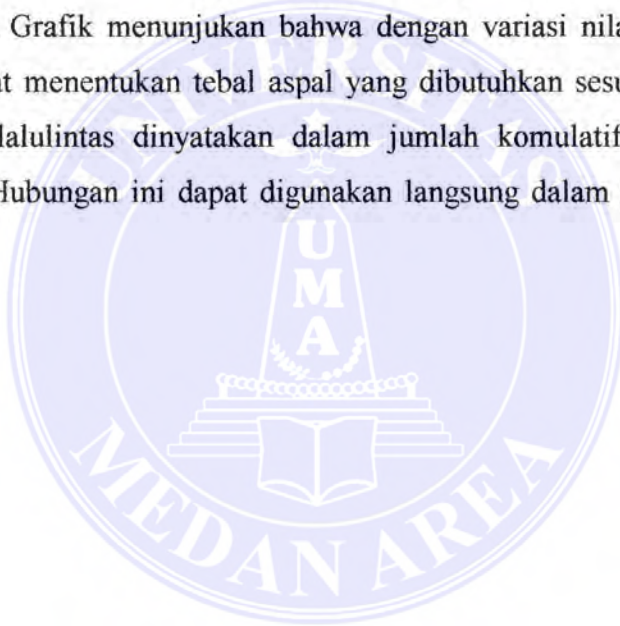
Respon yang akan dihitung adalah tegangan tarik horizontal pada dasar lapisan aspal dan regangan tekanan vertikal pada puncak subgrade dan dianggap terjadi pada sumbu vertikal diantara dua roda ganda. Untuk dapat menghitung respon ini maka terlebih dahulu lapisan aspal ditransformasikan menjadi suatu lapisan pengganti dengan sifat-sifat yang sama.

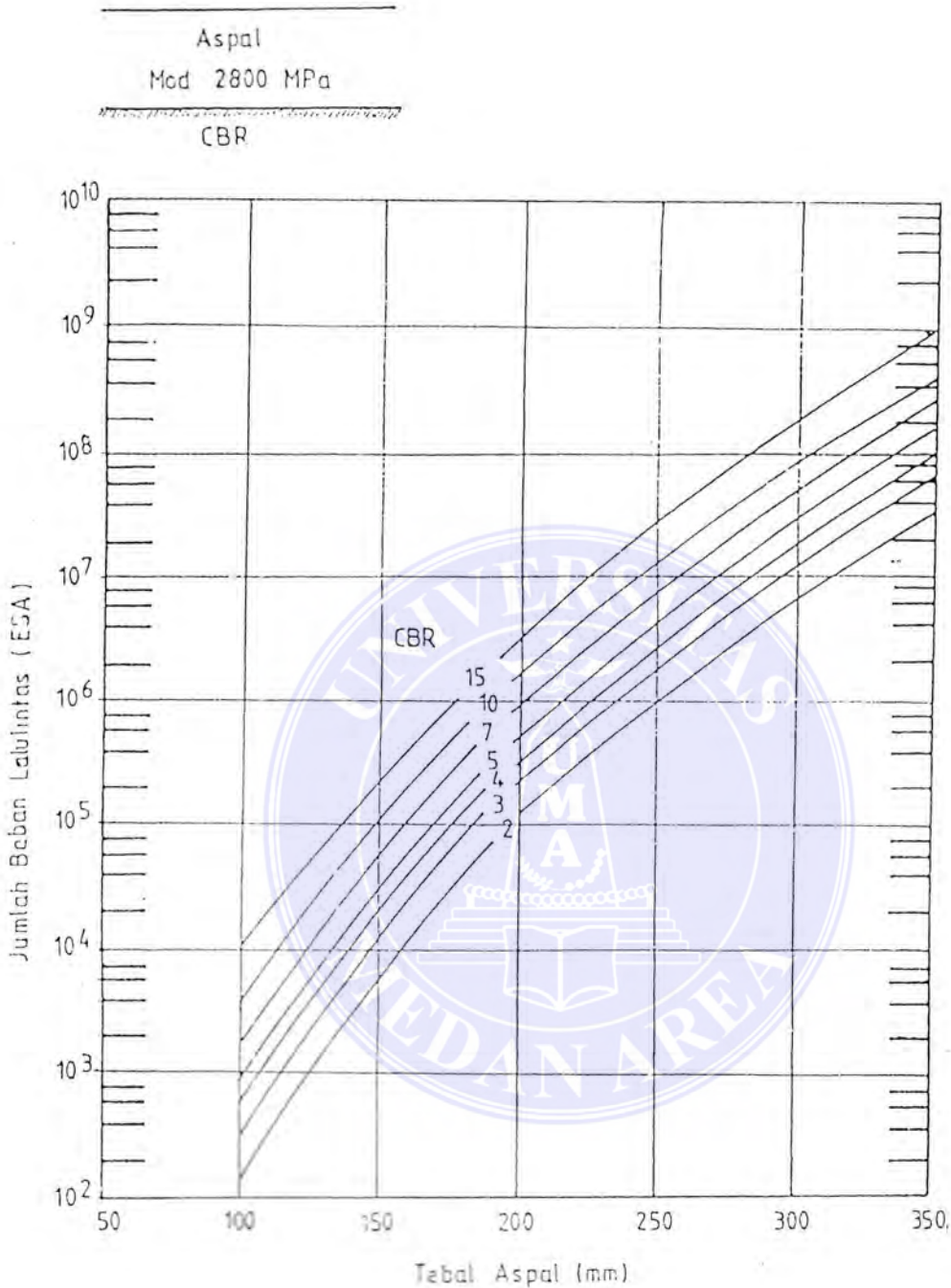
Tabel IV.9 Tebal dan modulus elastis yang digunakan dalam perhitungan model perkerasan Full Depth Asphalt.

Lapisan	Modulus surface (Mpa)	Tebal (mm)
Surface	1600, 2800	50, 100, 150, 200, 250, 300, 400
subgrade	20, 30, 40, 50, 70, 100, 150	Tidak terhitung

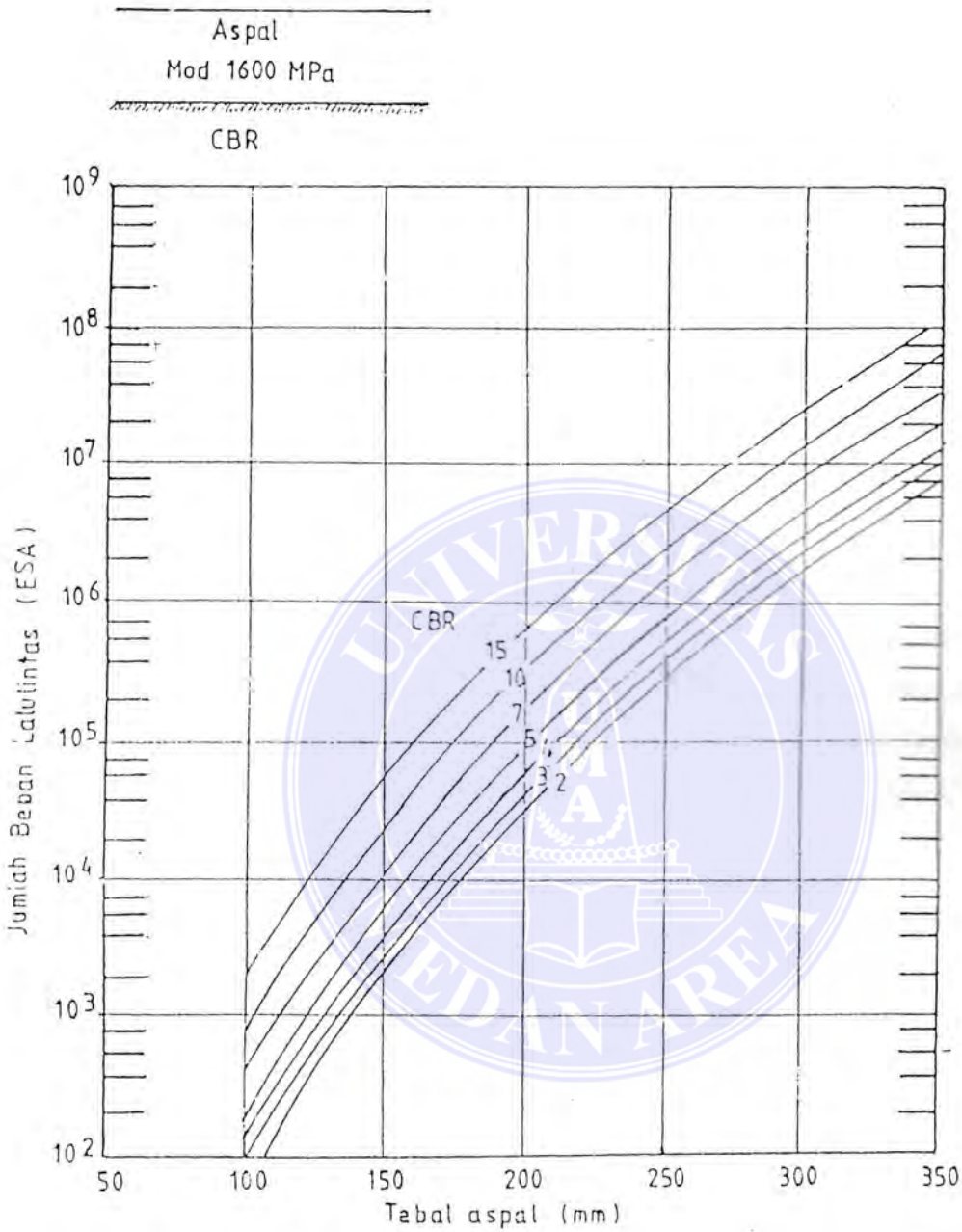
Nilai Poisson's ratio untuk surface dan subgrade adalah sebesar 0,4 dan 0,45.

Dengan subgrade. Faktor koreksi yang digunakan adalah sebesar 0,9. Dengan mengambil jumlah lintasan beban yang terkecil yang diizinkan dari kedua persamaan tersebut maka kesimpulan dari perhitungan ditampilkan pada grafik IV.15 dan IV.16. Grafik menunjukkan bahwa dengan variasi nilai CBR subgrade perencanaan dapat menentukan tebal aspal yang dibutuhkan sesuai dengan beban rencana. Beban lalulintas dinyatakan dalam jumlah komulatif ekuivalen beban standar 8,2 ton. Hubungan ini dapat digunakan langsung dalam perencanaan Full Depth Asfalt.





Gambar IV.16 Hubungan antara beban lalulintas, tebal surface, kekuatan subgrade untuk  $E_1 = 2800$  MPa pada perkerasan full depth asphalt.



Gambar IV.15 Hubungan antara beban lalulintas, tebal surface, kekuatan subgrade untuk  $E_1 = 1600$  MPa pada perkerasan full depth asphalt.

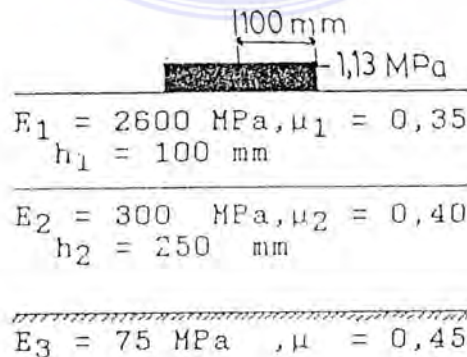


**V.3. Perhitungan Lendutan Sebelum dan Sesudah Overlay.**

Metode Tebal Pengganti dapat juga digunakan untuk mengevaluasi kondisi jalan lama. Dengan menggunakan teknik rambat gelombang harga modulus elastis dan Poisson's ratio material perkerasan dapat diukur langsung di lapangan. Dimana harga modulus elastis material berkurang sesuai dengan pertambahan waktu relatif dengan pertambahan beban.

Salah satu respon yang digunakan untuk mengevaluasi jalan lama adalah besar lendutan yang terjadi apabila dibebani. Dengan mengetahui besar lendutan yang terjadi dapat diketahui besar beban yang masih dapat didukung oleh perkerasan tersebut yaitu dengan menggunakan grafik pada gambar II.4. Dengan mengevaluasi tersebut diketahui apakah jalan tersebut membutuhkan suatu perbaikan dengan overlay atau penggantian total. Apabila tebal overlay telah ditentukan dengan metode ini dapat dihitung berapa kira-kira besar lendutan yang terjadi setelah overlay tersebut. Dengan menggunakan grafik yang sama dapat dihitung beban yang dapat dipikul jalan yang telah dioverlay tersebut. Untuk melihat lebih jelas pemakaian ini diberikan contoh perhitungan.

Sebuah jalan lama yang terdiri atas lapisan aspal dan granular material diatas tanah dasar dengan harga modulus elastis dan Poisson's ratio seperti terlihat pada gambar IV.17



Gambar IV.17 Data perhitungan lendutan sebelum dan sesudah overlay.

Beban lalulintas yang direncanakan adalah sebesar  $3 \times 10^6$  dan overlay yang dibutuhkan setebal 60 mm dengan harga modulus elastis sebesar 2800 Mpa dan Poisson's ratio 0,35.

**Sebelum overlay :**

$$h_e = 0,8 \left[ 100 \left[ \frac{2600(1 - 0,45^2)}{75(1 - 0,35^2)} \right]^{1/3} + 250 \left[ \frac{300(1 - 0,45^2)}{75(1 - 0,40^2)} \right]^{1/3} \right]$$

$$= 564,705 \text{ mm}$$

$$z = 565 - 350 = 215$$

$$\delta = \frac{1,13 * 100 * (1 + 0,45)}{75} \left[ \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{215}{100} \right)^2 \right]^{1/2}} - (1 - 2 * 0,45) \left[ 1 + \left( \frac{215}{100} \right)^{1/2} \right] - \frac{215}{100} \right]$$

$$= 1,63 \text{ mm}$$

$$\text{ESAL} = 1 \times 10^5$$

Sesudah overlay :

$$h_e = 0,8 \left[ 100 \left[ \frac{2600 (1 - 0,45^2)}{75 (1 - 0,35^2)} \right]^{1/3} + 250 \left[ \frac{300 (1 - 0,45^2)}{75 (1 - 0,40)} \right]^{1/3} + 60 \left[ \frac{2800}{75} * \frac{(1 - 0,45^2)}{(1 - 0,35^2)} \right]^{1/3} \right]$$

$$= 900 \text{ mm}$$

$$z = 900 - 410 = 390 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{1,13 * 100 * (1 + 0,45)}{75} \left[ \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{390}{100} \right)^2 \right]} - (1 - 2 * 0,45) \left[ 1 + \left( \frac{390}{100} \right)^2 \right]^{1/2} - \frac{390}{100} \right]$$

$$= 0,65 \text{ mm}$$

$$ESAL = 3 \times 10^6$$

Dengan prosedur perhitungan di atas perencanaan overlay dapat dievaluasi secara langsung untuk memberikan hasil yang lebih memuaskan.

## BAB VI

### KESIMPULAN

Sebuah metode pendekatan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalam raya telah disampaikan. Maksud utama dari metode ini adalah untuk menganalisa struktur perkerasan lentur yaitu menghitung respon pada setiap lapisan perkerasan dengan mudah dan cepat, walaupun dengan modulus elastis, Poisson's ratio dan tebal lapisan yang bervariasi. Dengan kemudahan ini memungkinkan perencana untuk mengevaluasi kondisi-kondisi kritis yang mungkin terjadi pada setiap titik pada lapisan perkerasan. Kondisi-kondisi kritis ini akan mempengaruhi pemilihan tebal dan jenis material yang akan digunakan.

Penggunaan dari metode ini telah digambarkan dengan model perkerasan Full Depth Asfalt untuk mendapatkan hubungan antara beban lalulintas, tebal dan modulus aspal serta kekuatan subgrade.

Metode ini dapat digunakan untuk mengevaluasi jalan lama untuk tujuan perawatan dan penelitian kondisi keruntuhan. Nilai modulus elastis dari setiap lapisan dapat diukur langsung dilapangan dan lendutan kritisnya dapat dihitung. Dengan metode ini dapat juga diduga besar lendutan yang akan terjadi sesudah overlay, maka perencanaan overlay dapat dilakukan dengan sistem coba-coba.

Metode ini merupakan sebuah metode pendekatan sehingga ditemukan adanya penyimpangan hasil dibanding dengan metode analitis. Penyimpangan ini terjadi karena adanya beberapa asumsi dan penyederhanaan. Anggapan bahwa perkerasan merupakan sebuah struktur pelat persegi yang panjang adalah tidak sepenuhnya sesuai. Perkerasan lentur tidak cukup kaku untuk dianggap sebagai sebuah pelat terutama untuk nilai modulus yang relatif kecil dan untuk jumlah lapisan yang semakin banyak.

Untuk pemakaian secara praktis ketepatan dari metode pendekatan ini adalah sudah mencukupi untuk tipe struktur tertentu ketepatan perhitungannya dapat didekati dengan faktor koreksi.

Dari hasil perbandingan dengan metode analitis maka dapat diambil beberapa kesimpulan untuk menunjukkan kapasitas penggunaan Metode Tebal Pengganti sebagai metode alternatif yaitu :

1. Perhitungan respon perkerasan pada model dua lapis digunakan pada perbandingan modulus  $E1/E2 > 5$  dimana persentase perbedaan tidak lebih dari 10%, kecuali pada perhitungan. Lendutan permukaan memberikan persentase perbedaan sampai 40%.
2. Penggunaan faktor koreksi 0,9 pada perhitungan tegangan vertikal untuk tujuan Praktis dapat digunakan dimana persentase perbedaan dengan faktor koreksi 0,99-0,07 ( $h1/a$ ) sekitar 15%.
3. Perhitungan respon pada model tiga lapis digunakan pada perbandingan modulus elastis  $E1/E2 > 2$  dan perbandingan tebal surface dan jari-jari beban  $h1/a < 1,25$ , dimana persentase perbedaan sekitar 40%, kecuali pada perhitungan regangan horizontal pada lapisan teratas sampai 70%.
4. Penggunaan faktor koreksi 0,8 pada perhitungan tegangan vertikal akan memberikan persentase perbedaan kurang dari 15% dibandingkan dengan faktor koreksi 0,99-0,77 ( $h1/a$ ).
5. Untuk perhitungan regangan horizontal pada lapisan teratas digunakan faktor Koreksi 1,1 ( $a/h1$ ) 0,3 karena memberikan persentase perbedaan yang relatif kecil. Sementara pemakaian faktor koreksi 0,96+0,83 ( $a/h1$ ) ( $E2/E1$ ) atau 1,13-0,0565  $\ln (h1/a)^2 (E1/E2)$  memberikan persentase perbedaan sampai 100% terutama pada modulus surface kurang dari 120 Mpa.
6. Pengaruh nilai Poisson's ratio pada perhitungan respon perkerasan adalah relatif kecil yakni untuk setiap pertambahan 0,05 akan memberikan respon yang lebih besar sekitar 5%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. Muis, Zulkarnain, "Mechanistic Empirical Design Method For Flexible Pavementt " , Komunikasi Penelitian USU, Desember 1990.
2. Groney, D, " The Design and Performance of Road Pavements " , TRRL, 1997
3. Kenneth, B. Woods, " Highway Engineering Hand Book " , edition, Mc Graw Hill Book Company.
4. Legaut, Adrian R, " Higway and Airport Engineering " , Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 1961.
5. Shackel, B " Lecture's Note on Advance Pavement Design " , UNSW , Sidney 1969, Unpublished.
6. Sudarsono, D.U, " Berbagai Macam Metode Perhitungan Tebal Lapisan-lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan Raya Yang Lentur Pada Jalan Raya dan Jalan kerja " Badab Penerbit P.U. Jakarta 1978. .
7. Timosenko, S, Woinowsky-Krieger, S. Hindarko, " Teori Pelat dan Cangkang" edition Penerbit Erlangga 1988.
8. Timosenko, S, " Strength of Material " , Stanford University, March 25, 1955.
9. Ullidtz, P, " Pavement Analysis " , Elsevier, 1987.
10. Ullidtz, P, " Pavement Analysis by Programmable Calcultors " , Traffic Eng. Journal of ASCE, September 1980.
11. Yang, Nai C, " Design of Functional Pavements, " I Title, Mc Graw-Hill Bock Company, New York, 1972.
12. Yoder, Eldon J & Witczac, Matthew, " Principle of Pavement Design " Jhon Wiley & Son, Inc, New York, 1975.