

## PERENCANAAN MEKANISTIK TEBAL PERKERASAN MENGUNAKAN PROGRAM mePads

Oleh :  
**Ida Rumkita S  
Siegfried**

### **RINGKASAN**

*Perencanaan tebal perkerasan jalan menggunakan metoda mekanistik berkembang pesat sejak beberapa dekade yang lalu. Metoda mekanistik ini saat ini disukai karena memberikan gambaran yang pasti didalam melakukan analisis. Selain itu juga penggunaan metoda mekanistik ini sangat efisien dan cepat didalam memberikan alternatif penggunaan bahan yang digunakan. Saat ini banyak tersedia program-program komputer untuk metoda mekanistik ini, salah satunya adalah program mePads. Tulisan ini mencoba untuk melihat efektifitas penggunaan program mePads dalam perencanaan tebal perkerasan serta perbandingannya dengan metoda empiris AASHTO'93. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa program mePads ini sangat berguna untuk para peneliti dibidang perkerasan jalan sebagai alat bantu yang cukup lengkap karena hasil perhitungan dan keluarannya sangat beragam mulai dari umur rencana tiap lapisan, tegangan dan regangan pada setiap titik yang dianalisis serta penurunan yang mungkin terjadi. Selain itu juga didapat bahwa perencanaan menggunakan program mePads ini sedikit lebih konservatif dibandingkan dengan metoda empiris AASHTO'93.*

### **SUMMARY**

*Pavement design using mechanistics approach has developed rapidly since a few decades ago. This sort of methods has been a choice because it is very efficient and effective as well as figure out the real condition of pavement system. Using this program, ones can vary type of materials that is possibly used for the pavement system. Currently, many computer programs are available for mechanistic approach which one of them is mePads. This paper tries to detail the effectivity and efficiency of using mePads for pavement design. It is found that this program is very useful for researchers who deal with the stresses and strains in pavement system. Another finding is that the design using mePads is a bit conservative compared to that of AASHTO'93*

## I. PENDAHULUAN

Secara garis besarnya perencanaan tebal perkerasan terdiri atas perencanaan menggunakan metoda mekanistik dan empirik. Metoda mekanistik mengasumsikan bahwa suatu sistem perkerasan mengikuti sifat-sifat seperti struktur teknik sipil umumnya sehingga karakteristik dari bahan pembentuk lapisan perkerasan itu dimanifestasikan dalam parameter modulus elastisitas ( $E$ ) dan Poisson's ratio ( $\mu$ ). Respons dari sistem perkerasan terhadap beban yang diberikan diberikan dalam bentuk tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Sedangkan metoda empirik didasarkan atas hasil dari jalan percobaan yang diformulasikan menjadi suatu metoda perencanaan. Perkembangan perencanaan menggunakan metoda empirik mencapai puncaknya dengan adanya jalan percobaan WASHO di Amerika Serikat yang menjadi cikal bakal metoda perencanaan AASHTO yang sampai saat ini banyak digunakan sebagai acuan untuk metoda perencanaan di dunia. Sedangkan metoda mekanistik telah mulai dikembangkan sejak 3 dekade yang lalu. Apalagi dengan adanya perkembangan yang pesat dari teknologi komputer, metoda mekanistik ini pada akhir-akhir ini semakin banyak diminati oleh para praktisi dalam perencanaan tebal sistem perkerasan.

Beberapa alasan yang mendasari pemilihan metoda mekanistik dalam

perencanaan sistem perkerasan antara lain:

- a. Memberikan kesempatan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem perkerasan apabila terjadi perubahan pembebanan, dimana untuk metoda empiris beban yang digunakan biasanya dikonversikan kedalam beban standar.
- b. Mengakomodasi penemuan baru dalam bidang bahan pembentuk perkerasan, seperti penemuan baru dalam bidang aspal modifikasi.
- c. Sifat-sifat bahan aktual dapat diakomodasi didalam perencanaan. Sedangkan untuk metoda mekanistik hal ini diwakili oleh besaran koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ,  $a_2$ , dan  $a_3$ ).
- d. Respons dari sistem perkerasan terhadap beban yang ada berhubungan langsung dengan mode kehancuran dari bahan pembentuk perkerasan.

Sampai saat ini beberapa institusi penelitian dan juga kalangan akademis telah menyusun beberapa metoda mekanistik untuk perencanaan perkerasan antara lain Circlay, Ken Layer, Bisar, mePads, dll.

Program komputer mePads berasal dari Afrika Selatan. Perkembangan program ini dimulai sejak tahun 1974. Pada awal perkembangannya menyarankan bahwa hubungan antara sifat bahan pembentuk

dengan karakteristik kehancuran diuji terlebih dahulu di laboratorium untuk setiap bahan yang digunakan. Pada saat itu belum terdapat suatu fungsi transfer (*transfer function*) yang berlaku umum untuk setiap jenis bahan yang dipakai dalam perencanaan. Perumusan fungsi transfer baru dilakukan pada tahun 1978 dengan menggunakan fungsi transfer retak yang berhubungan dengan regangan tarik pada bagian bawah lapisan beraspal, deformasi yang berhubungan dengan besarnya regangan tekan pada bagian atas tanah dasar serta fungsi transfer kehancuran lapisan lepas yang berhubungan dengan rasio tegangan kerja dengan tegangan maksimum yang diijinkan pada lapisan lepas.

## II. PROGRAM mePads

Seperti dikatakan sebelumnya, program mePads ini dikembangkan di Afrika Selatan. Apabila dibandingkan dengan program-program komputer untuk perhitungan mekanistik dalam perencanaan tebal perkerasan, program ini bisa dikatakan lebih lengkap. Hal ini didasarkan pada hasil-hasil keluaran yang cukup lengkap dibandingkan dengan program-program sejenis yang tersedia.

Secara garis besarnya perencanaan perkerasan dengan program mePads ini terlebih dahulu harus memodelkan sistem perkerasan termasuk sifat-

sifat bahan dan tebal masing-masing lapisan serta beban lalu lintasnya.

### 2.1. Parameter Masukan

Parameter masukan untuk program mePads ini terdiri atas struktur perkerasan dan karakteristiknya, lingkungan, lalu lintas beserta konfigurasi bebannya, serta parameter masukan lainnya.

Untuk parameter struktur perkerasan dan karakteristiknya mencakup tebal, modulus elastisitas dan Poisson's ratio dari masing-masing lapisan perkerasan.

Parameter lingkungan terdiri atas kategori jalan (*road category*) yang berhubungan dengan tingkat reabilitas yang digunakan. Selain itu juga harus dipertimbangkan klasifikasi iklim lingkungan (*climatic region*) yang terdiri atas iklim kering (*dry*) dan iklim basah (*wet*).

Untuk kebutuhan analisis pada program ini juga bisa ditentukan lokasi untuk evaluasi regangan dan tegangan pada sistem perkerasan yang ada. Penentuan ini sangat banyak gunanya untuk keperluan penelitian.

Selain itu juga dibutuhkan masukan mengenai lalu lintas yang terdiri atas besarnya beban serta konfigurasi roda.

### 2.2. Keluaran Program

Salah satu kelebihan dari program mePads dibandingkan dengan program - program mekanistik

sederhana untuk perencanaan tebal perkerasan adalah keluarannya yang sangat beragam tergantung dari pada kebutuhan. Keluaran dari program ini ada yang berbentuk grafis ataupun tabel-tabel.

Jenis keluaran juga sangat beragam selain dari keluaran-keluaran yang lazim untuk perencanaan seperti umur perencanaan. Keluaran-keluaran itu antara lain kontur regangan, tegangan, *displacement*, dll. Jenis keluaran seperti ini sangat dibutuhkan dalam melakukan penelitian dalam sistem perkerasan jalan.

### 2.3. Fungsi Transfer

Fungsi transfer sangat diperlukan dalam menentukan prediksi umur rencana dari suatu sistem perkerasan. Fungsi transfer dalam program mePads ini terdiri atas fungsi-fungsi transformasi untuk campuran beraspal, lapis pondasi maupun tanah dasar. Persamaan berikut ini memberikan beberapa contoh dari fungsi transfer yang digunakan dalam program mePads.

Campuran beraspal gradasi kontinu:

$$N_f = 10^{17.46(1 + \frac{\log e_f}{3.41})} ; \text{ untuk jalan kategori B}$$

$N_f$  = jumlah repetisi beban sampai terjadinya retak untuk jalan dengan kategori B (jalan kolektor dalam kota atau jalan antar kota).

$e_f$  = regangan tarik yang terjadi pada lapisan beraspal.

Lapisan dari bahan lepas (*granular material*):

$$N = 10^{(2.605122F + 3.707667)} ; \text{ jalan kategori B}$$

$N$  = jumlah repetisi beban sampai terjadinya kehancuran lapisan lepas untuk jalan dengan kategori B (jalan kolektor dalam kota atau jalan antar kota).

$F$  = faktor keamanan yang merupakan perbandingan antara kekuatan ijin bahan dan gaya geser yang bekerja pada bahan akibat beban lalu lintas.

Tanah dasar (untuk alur maksimum 10 mm):

$$N = 10^{(33.38 + 10 \log e_v)} ; \text{ jalan kategori B}$$

$N$  = jumlah repetisi beban sampai terjadinya alur 10 mm untuk jalan dengan kategori B (jalan kolektor dalam kota atau jalan antar kota).

$e_v$  = regangan tekan vertikal yang terjadi pada permukaan tanah dasar

Dari ketiga persamaan diatas terlihat bahwa fungsi transfer untuk metoda mekanistik menggunakan program mePads mempunyai format yang berbeda jauh dengan fungsi transfer pada metoda-metoda mekanistik lainnya seperti metoda Ken Layer, Belgium Research Centre, dll (Huang, 2004).

Satu hal yang cukup menarik dalam metoda mePads ini adalah bahwa metoda ini telah mempertimbangkan kehancuran untuk lapisan yang terdiri dari bahan lepas. Hal ini masih jarang diakomodasi pada metoda-metoda mekanistik sederhana lainnya untuk perencanaan tebal perkerasan.

Melihat kedua hal ini dapat dikatakan bahwa metoda perencanaan mePads ini sedikit lebih maju dari metoda-metoda sejenis yang telah ada sebelumnya.

### III. STUDI KASUS

Studi kasus dilakukan untuk perencanaan suatu ruas jalan yang mempunyai kategori sebagai berikut:

- a. Jumlah kumulatif lalu lintas yang diakomodasi selama umur rencana adalah sebesar  $1.5 \times 10^6$  ESA.
- b. Lapisan permukaan terdiri dari campuran beraspal dengan modulus elastisitas sebesar 3000 MPa.
- c. Lapisan pondasi terdiri atas lapisan lepas dengan modulus 200 MPa.
- d. Lapisan pondasi bawah terdiri atas lapisan lepas dengan modulus 150 MPa.
- e. Tanah dasar mempunyai CBR 5% atau modulus elastisitas sebesar 50 MPa.
- f. Poisson's ratio untuk lapis pondasi, lapis pondasi bawah dan tanah dasar sebesar 0.35 sedangkan lapis permukaan

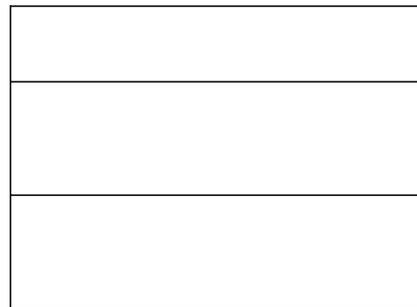
mempunyai Poisson's ratio sebesar 0.45

- g. Konfigurasi roda terdiri atas beban standar 80 kN dengan jarak antar pusat kontak 35 cm.
- h. Perkerasan ini akan digunakan untuk jalan dengan kategori antar kota (rural roads, program mePads termasuk kategori B).
- i. Untuk persyaratan alur maksimum diambil sebesar 10 mm.

Perhitungan dilakukan menggunakan program mekanistik mePads dan kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan metoda empiris AASHTO'93.

#### 3.1. Hasil Perencanaan Dengan mePads

Menggunakan program mePads dengan mengambil persyaratan seperti yang disebutkan diatas didapat hasil perencanaan dengan kumulatif beban lalu lintas sebesar  $1.5 \times 10^6$  ESA seperti diberikan pada Gambar 1. Hasil perhitungan umur rencana untuk masing-masing lapisan diberikan juga pada Tabel 1.



**Gambar 1.** Komposisi Lapisan Perkerasan

**Tabel 1.**  
Umur rencana tiap lapisan

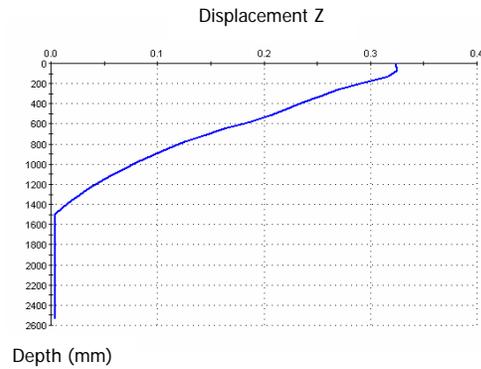
No	Lapisan	Umur Rencana (ESA)
1	Camp. Beraspal	$1.5 \times 10^6$
2	Lapis Pondasi	$1.0 \times 10^{15}$
3	Lapis Pondasi Bawah	$1.0 \times 10^{15}$
4	Tanah Dasar	$3.3 \times 10^7$

Dari Tabel 1 terlihat bahwa untuk komposisi perkerasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 maka akan terjadi kehancuran dahulu pada campuran beraspal yang berupa kehancuran retak. Dengan kata lain mode kehancurannya adalah berupa retak pada lapisan permukaan yang terdiri atas campuran beraspal.

Selain itu juga terlihat pada Tabel 1 bahwa dengan menggunakan program mePads dapat ditentukan umur rencana masing-masing lapisan pembentuk sistem perkerasan baik yang berupa campuran beraspal, campuran semen tanah, lapisan lepas, maupun tanah dasar.

Menggunakan program mePads juga bisa dihitung berbagai parameter-parameter lainnya seperti tegangan normal, geser, penurunan pada setiap titik analisis yang ditentukan.

Salah satu hasil yang perlu jadi pertimbangan dalam melakukan analisis perkerasan adalah penurunan dalam arah z (arah kedalaman perkerasan). Untuk studi kasus yang diambil penurunan pada arah z diberikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

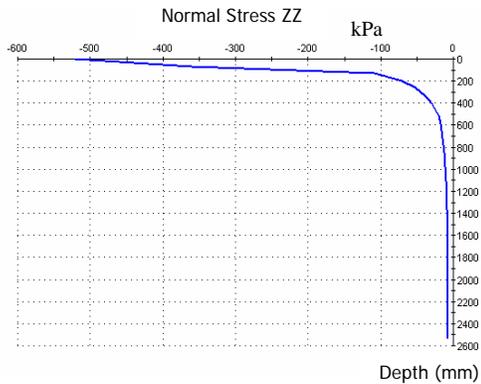


**Gambar 2.** Penurunan lapisan perkerasan

Dari Gambar 2 terlihat bahwa penurunan pada permukaan campuran beraspal (yang lebih dikenal sebagai alur) adalah sebesar 0.33 mm pada kondisi lalu lintas rencana  $1.5 \times 10^6$  ESA. Dari grafik diatas juga bisa terlihat besarnya penurunan pada masing-masing lapisan pembentuk sistem perkerasan atau pada lokasi tertentu dalam sistem perkerasan.

Informasi seperti ini akan sangat berguna baik untuk para praktisi perencana perkerasan maupun untuk para peneliti.

Sebuah contoh lain dari hasil keluaran program mePads adalah besarnya tegangan normal yang terjadi pada sistem perkerasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Tegangan Normal vs kedalaman

Dari Gambar 3 terlihat bahwa tegangan normal di permukaan adalah sebesar 520 kPa yang bersifat tekan (dalam hal ini dinotasikan dengan tanda minus). Nilai ini berasal dari besarnya tegangan kontak yang terjadi antara permukaan ban dengan permukaan perkerasan (metoda mePads mengasumsikan tegangan kontak standar 520 kPa). Besarnya tegangan ini kemudian berkurang dengan kedalaman. Dari grafik ini juga bisa dilihat tegangan yang terjadi pada lapisan-lapisan lainnya pada sistem perkerasan.

Dari 2 kenyataan ini bisa terlihat bahwa program mePads ini sangat berguna bagi para peneliti di bidang perkerasan jalan dalam melakukan analisis yang berhubungan dengan regangan dan tegangan yang terjadi pada sistem perkerasan.

### 3.2. Perbandingan Dengan AASHTO'93

Untuk meyakinkan penggunaan metoda mePads ini, maka dilakukan perbandingan perencanaan dengan metoda AASHTO'93. Metoda perencanaan ini sudah sangat terkenal dan banyak dipakai di seluruh dunia.

Mengacu kepada studi kasus yang telah diterangkan sebelumnya, maka diambil parameter perencanaan untuk Metoda AASHTO'93 sebagai berikut :

- $p_o$  diambil 4.0 sedangkan  $p_t$  dan  $p_f$  diambil sebesar 2.0 dan 1.5. Asumsi ini didasarkan atas asumsi jalan yang dianalisis termasuk kategori jalan antar kota.
- Reliabilitas R diambil 90% ( $Z_r = -1.282$ ) yang didasarkan atas asumsi jalan antar kota.
- Overall standard deviation*,  $S_o$  diambil sebesar 0.45 yang didasarkan atas tipe perkerasan yang terdiri atas perkerasan lentur.
- Koefisien relatif campuran beraspal ( $a_1$ ) diambil sebesar 0.40 yang didapat dari korelasi antara modulus campuran beraspal dan koefisien relatif (AASHTO'93).
- Koefisien relatif lapis pondasi ( $a_2$ ) adalah 0.14 yang didapat dari korelasi antara modulus lapis pondasi dan koefisien relatif (AASHTO'93).

- f. Koefisien relatif lapis pondasi bawah ( $a_3$ ) adalah 0.12 yang didapat dari korelasi antara modulus lapis pondasi bawah dan koefisien relatif (AASHTO'93).
- g. Modulus elastisitas tanah dasar diambil sebesar 50 MPa (7250 psi).

Langkah selanjutnya dengan Metoda AASHTO'93 adalah menghitung tebal masing-masing lapisan perkerasan dengan terlebih dahulu menghitung *Structural Number (SN)*.

Dengan menggunakan proses iteratif pada worksheet excel kemudian didapat besaran SN senilai 3.7inch. Untuk nilai SN ini kemudian didapat struktur perkerasan sebagai berikut:

- a. Campuran beraspal mempunyai tebal 11 cm.
- b. Lapis Pondasi mempunyai tebal 20 cm.
- c. Lapis Pondasi Bawah mempunyai tebal 20 cm.

#### IV. KESIMPULAN

Dari uraian diatas beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain :

- a. Metoda perencanaan mekanistik menggunakan program mePads terlihat lebih lengkap dibandingkan dengan program-program lainnya yang sejenis. Program ini bisa memberikan keluaran secara grafis parameter-parameter regangan

dan tegangan pada tiap titik yang dianalisis. Kemampuan ini menjadikan program mePads ini cocok sebagai pegangan untuk para peneliti di bidang perkerasan jalan dalam melakukan analisis yang lebih detail.

- b. Hasil perencanaan menggunakan metoda mekanistik dengan program mePads ini sedikit lebih konservatif dibandingkan dengan metoda AASHTO'93.
- c. Menggunakan program mePads bisa ditentukan umur rencana untuk masing-masing lapisan pembentuk perkerasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. Design of Pavement Structure, AASHTO Publishing Press.
- Huang Y, 2004. Pavement Analysis and Design, Stanford University Press.

#### Penulis :

- 1) **Ida Rumkita S**, Staf Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
- 
- 2) **Siegfried**, Ajun Peneliti Muda Bidang Perkerasan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.