

# KOMPUTERISASI PERHITUNGAN TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN JALAN MENGUNAKAN METODA AASHTO'93

Oleh :  
**Siegfried**

## **RINGKASAN**

*Pada saat ini umumnya metoda perencanaan tebal lapis tambah menggunakan data lendutan FWD sebagai data masukan. Metoda-metoda itu antara lain Austroad, AASTO'93, dan beberapa metoda lainnya. Metoda AASHTO'93 menggunakan beberapa prosedur iteratif dalam perhitungannya. Agar perhitungan tebal lapis tambah dengan metoda AASHTO'93 ini bisa dilakukan dengan cepat, maka dibuatlah sebuah program komputer untuk perencanaan tebal lapis tambah ini dengan bahasa pemrograman Visual Basic. Beberapa keuntungan yang bisa diperoleh menggunakan program ini antara lain dapat membuat hubungan antara kumulatif beban standar dengan tebal lapis tambah yang dibutuhkan, prediksi umur sisa perkerasan existing, dan juga mengurangi human error dalam proses perhitungan.*

## **SUMMARY**

*At the time most of overlay design methods use the deflection data which are collected through Falling Weight Deflectometer (FWD). Some methods that using this type of data are namely Austroad, AASHTO'93, and many others. The AASHTO'93 method applies some iterative procedure. In order to make the calculation much faster a program of Visual Basic has been performed. Using this program, some advantages can be reached i.e. variation of cumulative standard axles and thickness of overlays required, prediction of remaining life, and also avoiding the human error during calculation process.*

## **I. PENDAHULUAN**

Perencanaan lapis tambah merupakan salah satu bagian dalam metoda perencanaan tebal perkerasan secara umum. Saat ini banyak metoda yang tersedia untuk perhitungan tebal lapis tambah seperti metoda Perencanaan Lapis Tambah Menggunakan Alat Benkelman Beam (Bina Marga), British Standard (Road Note), Austroad, dan Metoda AASHTO'93.

Filosofis dasar dari metoda perencanaan tebal lapis tambah adalah mengakomodasi kekuatan struktural yang dibutuhkan untuk melayani lalu lintas selama umur rencana. Besaran kekuatan struktural untuk lapis tambah tersebut tersebut adalah perbedaan kekuatan struktural yang dibutuhkan dikurangi dengan kekuatan struktural yang ada pada sistem perkerasan *existing*. Tebal lapis tambah didapat dengan

mengkonversikan kekuatan struktural untuk lapis tambah tersebut.

Karena dasar dari perencanaan tebal lapis tambah adalah kekuatan struktural, maka perlu diketahui kekuatan struktural sistem perkerasan existing. Sampai saat ini masih dipercaya bahwa untuk mengetahui kekuatan struktural diperlukan pengujian lendutan. Terdapat dua tipe pengujian lendutan yaitu dengan menggunakan alat Benkelman Beam (BB) dan Falling Weight Deflectometer (FWD).

Pengujian menggunakan alat Benkelman Beam mencatat nilai lendutan maksimum yang diakibatkan oleh beban standar. Sedangkan pengujian dengan alat FWD mendapatkan lendutan pada beberapa titik pengamatan yang akhirnya menghasilkan suatu kurva lendutan (*deflection bowl*).

Metoda yang menggunakan data BB saat ini masih banyak dipakai di Indonesia untuk perencanaan tebal lapis tambah. Penggunaan metoda ini didasarkan atas kepraktisannya. Sedangkan metoda-metoda luar negeri seperti Austroad dan AASHTO '93 telah merekomendasikan penggunaan data kurva lendutan dari alat FWD. Apalagi dengan meningkatnya penggunaan metoda mekanistik untuk perencanaan tebal lapis tambah ketersediaan alat FWD mutlak diperlukan. Selain untuk perencanaan tebal lapis tambah, penggunaan kurva lendutan juga diperlukan untuk memprediksi sifat-

sifat masing-masing lapisan dari sistem perkerasan yang diwakili oleh nilai modulus elastisitas. Prediksi modulus elastisitas untuk masing-masing lapisan ini dilakukan dengan metoda perhitungan balik (*back calculation*).

Menurut metoda AASHTO'93 perencanaan lapis tambah dengan menggunakan data kurva lendutan memerlukan beberapa langkah yang bersifat interatif. Untuk itu penggunaan alat bantu komputer dalam bentuk program singkat sangat diperlukan untuk mengurangi kesalahan serta untuk menghemat waktu perhitungan.

Tulisan ini mencoba untuk menguraikan secara singkat penyusunan program komputer yang ditulis dengan bahasa Visual Basic yang didasarkan pada metoda AASHTO'93 dengan menggunakan data FWD. Selain itu juga diberikan beberapa contoh penggunaan program untuk perencanaan lapis tambah untuk beberapa nilai kumulatif beban standar ekuivalen.

## **II. METODA AASHTO'93 UNTUK PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH**

Secara garis besarnya perencanaan tebal lapis tambah dengan metoda AASHTO'93 tidak banyak berbeda dengan perencanaan tebal untuk perkerasan jalan baru kecuali data lendutan untuk memprediksi ke

kuatan struktural sistem perkerasan existing.

### 2.1. Data Masukan

Hampir sama seperti data untuk perencanaan perkerasan baru, maka data masukan yang dibutuhkan secara garis besarnya adalah sebagai berikut:

a. Lalu Lintas

Data lalu lintas yang dibutuhkan antara lain volume dan komposisi kendaraan dan juga berat masing-masing sumbu kendaraan. Selain itu juga diperlukan data bangkitan lalu lintas (*traffic growth*). Data ini kemudian dikonversi menjadi kumulatif beban sumbu standar ekivalen (*cumulative equivalent standard axle, CESA*) selama umur rencana.

b. Sistem perkerasan existing

Data sistem perkerasan existing terutama yang dibutuhkan adalah tebal masing-masing lapisan pembentuk sistem perkerasan.

c. Faktor lingkungan

Pada metoda perencanaan tebal lapis tambah dengan metoda AASHTO'93 faktor lingkungan diwakili oleh temperatur perkerasan.

d. Data pengujian FWD

File data FWD selain berisi data pengujian lendutan pada beberapa titik yang akhirnya membentuk kurva lendutan juga berisi informasi lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan antara lain jarak antar *geophones* (alat

pencaat lendutan), besarnya beban yang bekerja, jari-jari plat beban, dll.

### 2.2. Perhitungan Modulus Resilien Tanah Dasar (Mr)

Untuk memprediksi besarnya modulus resilien tanah dasar diberikan pada perumusan sebagai berikut :

$$M_r = C \left( \frac{0.24 P}{d_r r} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- Mr : modulus resilien tanah dasar, psi.
- P : beban yang digunakan, pounds.
- d<sub>r</sub> : lendutan pada jarak r, inci.
- r : jarak dari titik pusat beban, inci.
- C : koefisien (direkomendasikan 0.33).

Lendutan yang digunakan untuk perhitungan modulus resilien ini (d<sub>r</sub>) harus diambil pada jarak r yang cukup jauh sehingga independen terhadap efek dari lapisan di atasnya. Untuk itu jarak r harus memenuhi persyaratan berikut:

$$r \geq a_c \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$$a_c = \sqrt{\left[ a^2 + \left( D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_r}} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots(3)$$

- a<sub>c</sub> : jari-jari tegangan (*radius of the stress bulb*) pada batas tanah dasar – perkerasan, inci.
- a : jari-jari plat beban, inci.
- D : tebal total perkerasan diatas tanah dasar, inci.
- E<sub>p</sub> : modulus efektif untuk sistem perkerasan diatas tanah dasar, psi.

### 2.3. Perhitungan Structural Number selama umur rencana (SNy)

Untuk mengakomodasi lalu lintas yang lewat selama umur rencana, besaran structural number yang di butuhkan (SNy) didapat dari persamaan (4) berikut ini.

$$\log wt = Z_r \cdot S_o + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{P_o - P_f}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log(Mr) - 8.07 \quad (4)$$

Dimana :

- wt : jumlah kumulatif beban gandar standard ekuivalen selama umur perencanaan, ESA.
- Zr : standard normal deviate.
- So : Standard error
- SN : structural number
- Mr : modulus resilien tanah dasar, psi.
- Po : Serviceability saat pembukaan jalan
- Pt : Serviceability saat jalan rusak
- Pf : Serviceability saat jalan hancur

### 2.4. Perhitungan modulus efektif perkerasan

Perhitungan modulus efektif sistem perkerasan yang berada diatas tanah dasar didapat dari persamaan (5) berikut ini:

$$d_o = 1.5 \text{ pa} \left\{ \frac{1}{Mr \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{Mr}}\right)^2}} + \frac{\left[ \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^2}} \right]}{E_p} \right\} \quad (5)$$

Dimana:

- $d_o$  : lendutan pada pusat beban yang telah dikoreksi terhadap temperatur standar 68 °F.
- p : tekanan beban, psi.
- D : tebal total perkerasan diatas tanah dasar, inci.
- Mr : modulus resilien tanah dasar, psi.
- Ep : modulus efektif perkerasan diatas tanah dasar, psi.

### 2.5. Structural Number Effective (SNeff)

Structural Number effective adalah structural number yang ada pada perkerasan existing. Nilai Structural Number ini merupakan fungsi dari tebal total dan modulus efektif perkerasan. Hubungan ini diberikan pada persamaan (6) berikut ini:

$$S_{Neff} = 0.0045 D \sqrt[3]{E_p} \quad (6)$$

Dimana :

- SNeff : Structural Number effective.
- D : tebal total perkerasan diatas tanah dasar, inci.
- Ep : modulus efektif perkerasan diatas tanah dasar, psi.

### 2.6. Perhitungan Tebal Lapis Tambah

Kebutuhan tebal lapis tambah dihitung menurut persamaan (7) berikut ini.

$$D_{ol} = \frac{S_{NoI}}{a_{ol}} = \frac{(SNy - S_{Neff})}{a_{ol}} \quad (7)$$

Dimana :

- Dol : kebutuhan tebal lapis tambah, inci.  
a<sub>ol</sub> : koefisien kekuatan relatif bahan lapis tambah,  
SNol : structural number untuk lapis tambah.  
SNy : structural number untuk mengakomodasi lalu lintas rencana.  
SNeff : structural number untuk perkerasan existing.

### III. PENYUSUNAN PROGRAM KOMPUTER

#### 3.1. Data Flow Diagram

Didalam penyusunan suatu program komputer pada umumnya diawali dengan pembuatan *Data Flow Diagram (DFD)*. Data Flow Diagram ini memberikan suatu gambaran tentang alur jalan dari data untuk suatu proses perhitungan didalam program tersebut.

Untuk pembuatan program komputer perhitungan lapis tambah menggunakan metoda AASHTO'93 ini diberikan pada Gambar A.1.

Dari Gambar A.1 terlihat bahwa program ini terdiri atas 5 modul yaitu:

- Modul masukan data dan pre processing.
- Modul perhitungan Mr tanah dasar.
- Modul perhitungan SNy.
- Modul perhitungan SNeff.
- Modul perhitungan tebal lapis tambah.

#### 3.2. Modul Masukan Data dan Pre Processing

Untuk data masukan dibutuhkan data hasil pengujian FWD serta data lalu lintas dan kondisi struktur jalan existing. Data lalu lintas yang dibutuhkan adalah data kumulatif lalu lintas selama umur rencana. Sedangkan data kondisi perkerasan existing adalah antara lain ketebalan struktur perkerasan existing diatas tanah dasar, koefisien pengaruh temperatur, *standard deviate*, *standard normal distribution*, *initial service ability*, *terminal serviceability*, *failure serviceability*, dan juga koefisien relatif untuk jenis campuran lapis tambah. Data ini ditulis dalam satu file menggunakan text. Masukan dari data file FWD dan data lainnya ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with a menu bar and standard window controls. The window is divided into two main sections. The top section is titled 'Falling Weight Deflectometer Data' and contains a dropdown menu set to '[Data 1]' and a text area with the text '07415819.FWD' and '07DURI01.FWD'. The bottom section is titled 'Pavement System Data' and also contains a dropdown menu set to '[Data 1]' and a text area with the text 'coba1.txt', 'tr10ibu.txt', and 'traff21.txt'. On the left side of the window, there is a file explorer pane showing a folder structure with 'J:\', 'papers', 'overlay program', and 'program cv'.

Gambar 1 Jendela Masukan

### 3.3. Modul Perhitungan Modulus Resilien ( $M_r$ ) Tanah Dasar

Perhitungan modulus resilien ( $M_r$ ) tanah dasar pada dasarnya mengikuti persamaan (1), (2) dan (3) sebelumnya.

Secara garis besarnya perhitungan modulus resilien tanah dasar ini tidak begitu sulit, selain pemilihan nilai yang mewakili. Berdasarkan pengalaman maka untuk kondisi Indonesia pada umumnya modulus resilien yang mewakili adalah nilai-nilai yang didapat dari hasil pembacaan geophone ke 5, 6, atau 7. Dengan alasan itu, maka pada pembuatan program ini nilai modulus resilien yang diambil adalah langsung nilai terendah yang didapat dari hasil perhitungan dari data yang diberikan oleh pembacaan pada geophone 5, 6, dan 7 tanpa melihat kondisi yang diberikan pada persamaan (2) dan (3).

### 3.4. Modul Perhitungan $S_{Ny}$

Untuk perhitungan *structural number* yang dibutuhkan untuk mengakomodasi lalu lintas rencana ( $S_{Ny}$ ), perhitungan didasarkan pada persamaan (4) diatas.

Mengingat persamaannya begitu kompleks, maka pada pembuatan programnya dilakukan proses iterasi. Proses ini dimulai dengan mengambil nilai  $S_N = 1$  dan kemudian dilakukan perhitungan untuk bagian kanan tanda sama dengan. Hasil yang didapat kemudian dibandingkan

dengan nilai  $\log w_t$  yang merupakan komponen bagian kiri sama dengan. Apabila error yang didapat masih lebih besar dari 1%, kemudian perhitungan dilanjutkan lagi dengan menambah nilai  $S_N$  sebelumnya dengan 0.01 dan proses yang sama dilakukan. Nilai  $S_{Ny}$  adalah nilai  $S_N$  yang memenuhi persamaan (4) diatas.

### 3.5. Modul Perhitungan $S_{Neff}$

Untuk perhitungan *structural number effective* ( $S_{Neff}$ ) didasarkan pada persamaan (6). Parameter yang dibutuhkan adalah tebal perkerasan diatas tanah dasar ( $D$ ) dan modulus efektif perkerasan ( $E_p$ ).

Perhitungan modulus efektif perkerasan ini juga dimuat pada modul ini didasarkan pada persamaan (5) diatas. Perhitungan modulus efektif perkerasan ini dilakukan sebelum perhitungan  $S_{Neff}$ .

### 3.6. Modul Perhitungan Tebal Lapis Tambah Yang Dibutuhkan

Modul terakhir yang dalam pembuatan program ini adalah modul perhitungan tebal lapis tambah yang dibutuhkan. Perhitungan ini didasarkan pada persamaan (7).

Parameter yang dibutuhkan adalah besaran  $S_{Ny}$ ,  $S_{Neff}$  dan koefisien kekuatan relatif bahan lapis tambah yang digunakan. Nilai  $S_{Ny}$  didapat

dari modul  $S_{Ny}$  sedangkan nilai  $S_{Neff}$  didapat dari modul  $S_{Neff}$ . Sedangkan nilai koefisien relatif bahan yang digunakan untuk lapis tambah ( $a_{ov}$ ) merupakan data masukan.

#### IV. CONTOH PENGGUNAAN

Untuk memberikan gambaran penggunaan program, maka diberikan contoh penggunaan perencanaan tebal lapis tambah untuk suatu ruas jalan dengan komposisi lapisan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun hasil pengujian lendutan dengan FWD ditunjukkan pada Tabel A.1. Lalu lintas diberikan bervariasi antara lain 0.5 juta, 1 juta, 5 juta dan 10 juta kumulatif beban standar (CESA). Sebagai contoh dari hasil perhitungan dengan kumulatif beban standar sebesar 5 juta untuk komposisi perkerasan seperti diberikan pada Gambar 2 ditunjukkan pada Tabel 1. berikut ini.

AC-WC	4 cm
AC-BC	5 cm
ATB	10 cm
Kelas A	15 cm
Kelas B	15 cm

**Gambar 2.** Komposisi Perkerasan

**Tabel 1.**

Hasil Perhitungan Untuk 5 juta ESA

$z_r = -1.645$

$s_0 = 0.45$

CESA = 5,000,000

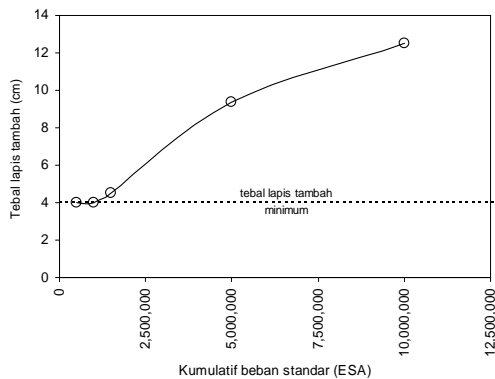
STA	$S_{Ny}$	$S_{Neff}$	overlay(cm)
9+200	5.3	3.7	9.8
9+300	5.6	3.6	12.8
9+700	5.5	3.7	11.4
9+900	5.0	3.5	9.4

Dari Tabel 1. terlihat bahwa untuk ruas jalan yang dipilih bisa ditentukan nilai Structural Number yang dibutuhkan untuk bisa mengakomodasi lalu lintas ( $S_{Ny}$ ), Structural Number efektif ( $S_{Neff}$ ) serta tebal lapis tambah yang dibutuhkan.

Selain itu dengan menggunakan program ini akan lebih mudah untuk membuat suatu simulasi tebal lapis tambah dengan jumlah lalu lintas yang akan diakomodasi. Hal ini dirasa perlu untuk memberikan suatu panduan kepada otoritas pengelola jalan untuk mengambil suatu keputusan dalam rangka pengalokasian dana yang ada. Sebagai contoh Gambar 3 memberikan suatu hubungan antara tebal lapis tambah yang dibutuhkan dengan besarnya lalu lintas yang akan diakomodasi dalam satuan ESA.

Dari Tabel 1 dan Gambar 3 terlihat bahwa penggunaan program ini bisa mempercepat pemrosesan dalam perencanaan tebal lapis tambah dengan memberikan beberapa

alternatif umur rencana yang dalam hal ini direpresentasikan oleh kumulatif beban standar. Hal ini bisa memberikan gambaran kepada otoritas pengelola jalan untuk menentukan rencana sesuai dengan budget yang tersedia. Selain itu juga dengan menggunakan program ini bisa memprediksi umur sisa perkerasan existing yang diwakili oleh nilai effective structural number (SN<sub>eff</sub>).



**Gambar 3.**  
Tebal lapis tambah (cm) vs CESA untuk  
STA 9+900

## V. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil antara lain:

- Program komputer perencanaan tebal lapis tambah menggunakan metoda AASHTO'93 dengan data FWD bisa mempercepat proses perencanaan tebal lapis tambah dan mengurangi human error dalam proses perhitungannya.
- Menggunakan program ini bisa memberikan beberapa alternatif umur rencana.
- Program ini juga bisa memberikan prediksi umur rencana dari perkerasan existing.

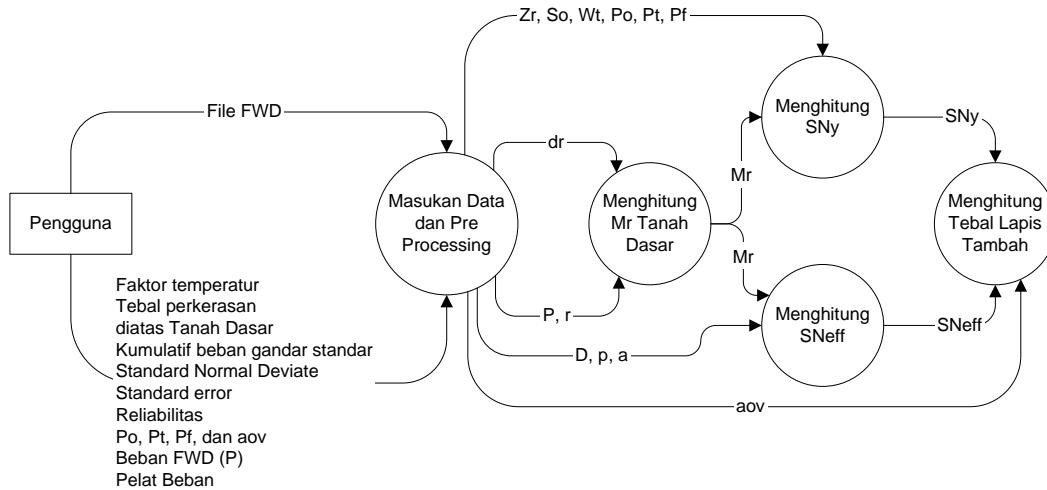
## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. AASHTO Guide For Design of Pavement Structure 1993.
- Yuswanto, 2001. Panduan Belajar Microsoft Visual Basic 5.0.

### Penulis:

**Siegfried**, Ajun Peneliti Muda Bidang Perkerasan Jalan pada Puslitbang Jalan dan Jembatan, Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.





Gambar A.1. Data Flow Diagram

Tabel A.1 Data FWD

<b>R32 461</b>		
020503PATKUD1A36F20	D0 1200 1 1.010	S 9.200L 40 0 35 I01316
700021008002-08748838.0122111 8	DJADJAT.S	587 521 362 296 226 168 108 73
150 0 200 300 450 600 900 1500	00111011.....	587 510 354 290 223 166 107 72
C:\-----\	5 5 5 5 .....	587 508 355 289 224 166 108 73
JL-----	*-----	S 9.300L 40 0 31 I01317
S 10.441L 48 0 35 458		583 625 382 313 238 190 122 79
S 10.441L 48 0 35 462		585 602 381 314 245 194 128 86
800 20800' 100'0 10.441	*	585 596 382 316 245 197 131 89
8 15 3.5 5 2 15 2 8	.....	S 9.700L 40 0 31 I01321
Ld 137 1.043 88.7	0 0Peak...	584 567 316 245 178 145 105 81
D1 1191 1.008 .9990	...123.....	584 542 306 246 174 146 105 80
D2 1192 .997 1.013	1112222222222333333333444444411	584 538 310 248 179 150 109 85
D3 1198 .994 1.014	.....	S 9.900L 40 0 31 I01323
D4 1194 .992 1.016	*****	585 566 316 233 154 114 79 63
D5 1195 .996 1.009	.....	586 539 311 230 156 115 81 63
D6 1196 .998 1.011	.....	588 529 304 228 152 115 78 62
D7 1197 .995 1.008	NORMAL, 200 KG MASS, HEIGHT 2 =	EOF
D0 1193 1 .9938	*-----	
D0 1199 1 1.018		