



## PERBANDINGAN ANALISA LENDUTAN PERKERASAN DARI ALAT FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER PADA PERENCANAAN PELAPISAN ULANG.

*Furqon Affandi*

### **RINGKASAN**

Pengetahuan daya dukung dari suatu perkerasan jalan yang sudah ada, adalah sangat penting guna mengetahui kemampuan yang masih bisa diberikan dari konstruksi jalan tersebut maupun peningkatan yang diperlukan sehubungan dengan beban yang harus dipikulnya untuk suatu periode waktu tertentu.

Peralatan pengukur daya dukung dari susunan perkerasan jalan telah mengalami perkembangan dari alat pengukur California Bearing Ratio (CBR), dynamic cone penetrometer, sampai kepada peralatan yang dilakukan ditempat yang tanpa merusak konstruksi perkerasan itu sendiri seperti Benkelman Beam, Deflectograph dan Falling Weight Deflectometer (FWD).

Pengujian Bearing Capacity dengan alat Benkelman Beam, Deflectograph dan Falling Weight Deflectometer ialah mengukur lendutan permukaan perkerasan akibat suatu beban tertentu yang diberikan kepada perkerasan itu dimana pada Falling Weight Deflectometer pembebanan berupa beban impuls yang dijatuhkan kepada permukaan perkerasan dengan tinggi jatuh dan beban yang dapat diatur.

Pada tulisan ini, empat metoda analisa lendutan perkerasan dievaluasi dan dibandingkan secara praktis terhadap perencanaan pelapisan ulang perkerasan. Keempat metoda itu ialah ELSDEF; MODCOMP2; MODULUS 4; DAN ISSEM 4 dimana metoda tersebut menggunakan konsep " back calculation " yang menentukan sifat sifat material yang ada pada perkerasan ditinjau dari responnya terhadap beban dinamis yang diberikan. Keempat metoda itu diterapkan pada segmen segmen jalan yang sudah ada, yang kondisinya betul-betul memerlukan rehabilitasi, yang mencakup kondisinya lingkungan, beban lalu lintas dan type tanah dasar yang bervariasi. Data lendutan dari hasil pengujian lapangan dipergunakan untuk menghitung modulus lapisan, dan selanjutnya dari hasil yang sudah didapat tersebut digunakan untuk menghitung tebal lapisan ulang yang diperlukan menurut metoda AASHTO 1986.

### **SUMMARY.**

The knowledge of bearing capacity of in service pavement, is very essential to know residual life of the pavement or for strengthening accordance to certain loading must be carried.

Strength measurement equipment has progressed from California Bearing Ratio probe (CBR), dynamic cone penetrometer, up to non destructive equipment such as Benkelman Beam, Deflectograph and Falling Weight Deflectometer. Measurement of bearing capacity by Benkelman Beam, Deflectograph and Falling Weight Deflectometer measure surface deflection is caused by certain loading which act at pavement surface, where at Falling Weight Deflectometer, loading is a impulse loading (dynamic loading) from mass which dropped on pavement surface, where the height and mass of loading can be adjusted.

In this paper, four pavement deflection analysis methods were evaluated from the practioner's perspective on the basis of calculated overlay design thickness. Those methods are ELSDEF, MODCOMP 2, MODULUS 4 nad ISSEM 4 use " back calculation " concept for determining materials characteristics in service pavement based on pavement response to dynamic loading. All of four methods is applied on 29 in service flexible pavement sections, requiring significant rehabilitation, were selected from areas of various environmental conditions, traffic loading and subgrade soil type. Deflection data from field test were used to estimate layer moduli, and then the moduli results were used in overlay design of each section to calculate thickness layer in accordance with the 1986 AASHTO Guide for Design of Pavement Structure.

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dari peralatan yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan struktur perkerasan, dimaksudkan untuk memberikan jawaban yang lebih akurat dibandingkan dengan alat yang sebelumnya dalam upaya untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan mendasar sebagai berikut :

1. Berapa lama perkerasan yang ada bisa bertahan
2. Berapa banyak beban yang masih dapat dipikul oleh perkerasan
3. Berapa tebal perkuatan yang harus diberikan sehingga perkerasan tetap dalam kondisi yang baik, untuk jangka periode waktu tertentu.

Pertanyaan-pertanyaan ini, adalah pertanyaan yang wajar dan mendasar dari para pengambil keputusan dan para teknokrat diharapkan dapat menjawabnya. Beberapa waktu yang lalu, metoda pengujian kekuatan lapis perkerasan dengan CBR masih sering dilakukan, dan pada saat sekarang walaupun telah menggunakan peralatan-peralatan yang lebih maju dan sistim evaluasi yang maju pula, kesulitan-kesulitan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas masih selalu muncul.

Hal ini dikarenakan masih banyaknya hal-hal yang masih perlu kita gali dan pelajari, terutama tentang interaksi antara beban roda dan sifat-sifat perkerasan, dalam menentukan umur dan kinerja dari perkerasan tersebut.

Walaupun pada saat ini, kita telah menggunakan alat-alat yang canggih untuk mengevaluasi struktur perkerasan, seperti alat Falling Weight Deflectometer, dalam kenyataannya kita masih dihadapkan kepada persoalan-persoalan seperti ini :

1. Variabilitas dari material
2. Variabilitas dari bahan akibat musim
3. Material yang sifatnya tidak linier
4. Tidak sesuainya sifat-sifat bahan yang diuji di laboratorium dan yang didapat di lapangan
5. Ketidaktentuan kriteria keruntuhan perkerasan jalan.
6. Ketidaksesuaian diantara metoda-metoda "back calculation" dalam menggunakan data lendutan yang didapat dari Falling Weight Deflectometer (FWD).

## II. PRINSIP PENGUJIAN DASAR DARI ALAT FWD

### 2.1 Prinsip Dasar Alat FWD

Alat Falling Weight Deflectometer sudah dikenal dan digunakan selama 20 tahun terakhir ini, dan

digunakan untuk menaksir kekuatan dan umur sisa dari perkerasan jalan. Alat FWD menghasilkan beban impuls, dan selanjutnya mengukur lendutan maksimum yang terjadi pada beberapa titik dari perkerasan, baik yang berada di bawah pelat beban maupun yang berada di luar pelat beban, pada waktu yang berlainan yang timbul akibat beban impuls tadi melalui detektor yang jarak titiknya bisa diatur.

Gambar skematis dari alat FWD dan bentuk umum cekung lendutannya dapat dilihat pada gambar 1, sedang besar daerah yang dipengaruhi oleh lendutan vertikal yang tersebar keluar dan kebawah dapat dilihat pada Gambar 2.

Prinsip kerja dari alat FWD dapat digambarkan dengan model seperti terlihat pada Gambar 3.

Masa terdiri dari masa oscilating ( $a_o$ ) dan masa dari peralatan test ( $a_g$ ). Impact Pt dihasilkan pada sistim per dimana masa ( $a_f$ ) jatuh, besar Pt diukur dengan load cell dan diteruskan ke perkerasan dengan perantaraan pelat, dan selanjutnya besar lendutan ( $w_t$ ) diukur dengan menggunakan geophone. Masa dari peralatan terdiri dari masa load cell serta suku cadang lainnya, yang berada dibawah  $c_f$  dan bumper  $b_f$ .

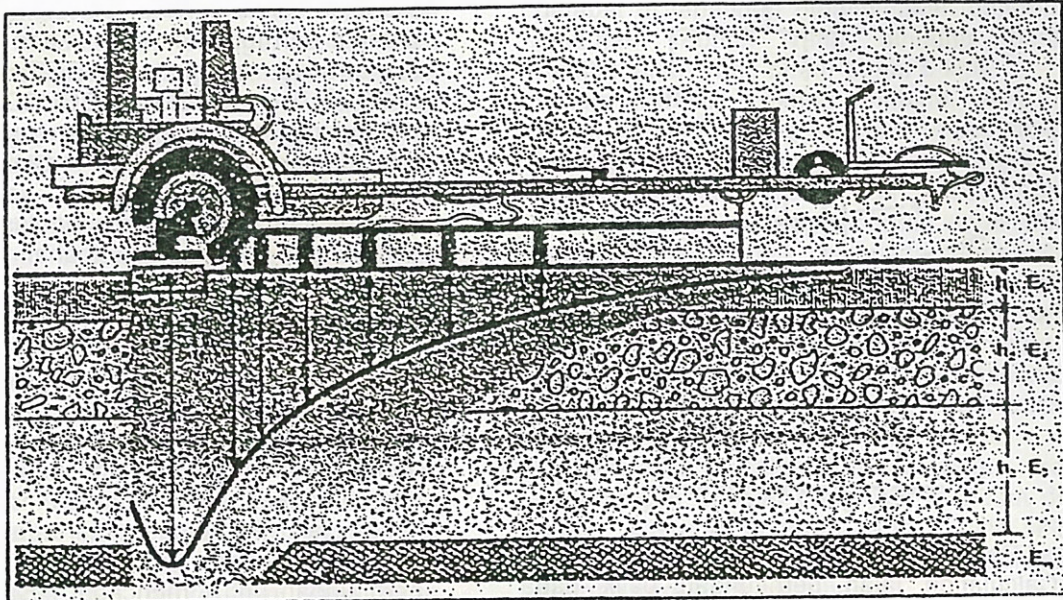
Pada kenyataannya  $c_f$  dan  $b_f$  adalah sistim yang terbuat dari buffer karet dengan karakteristik elastis  $c_f$  dan gesekan dalam  $b_f$ .

Agar analisa bisa menyelesaikan masalah, maka disini ada beberapa anggapan atau hal-hal yang harus dipenuhi, yaitu :

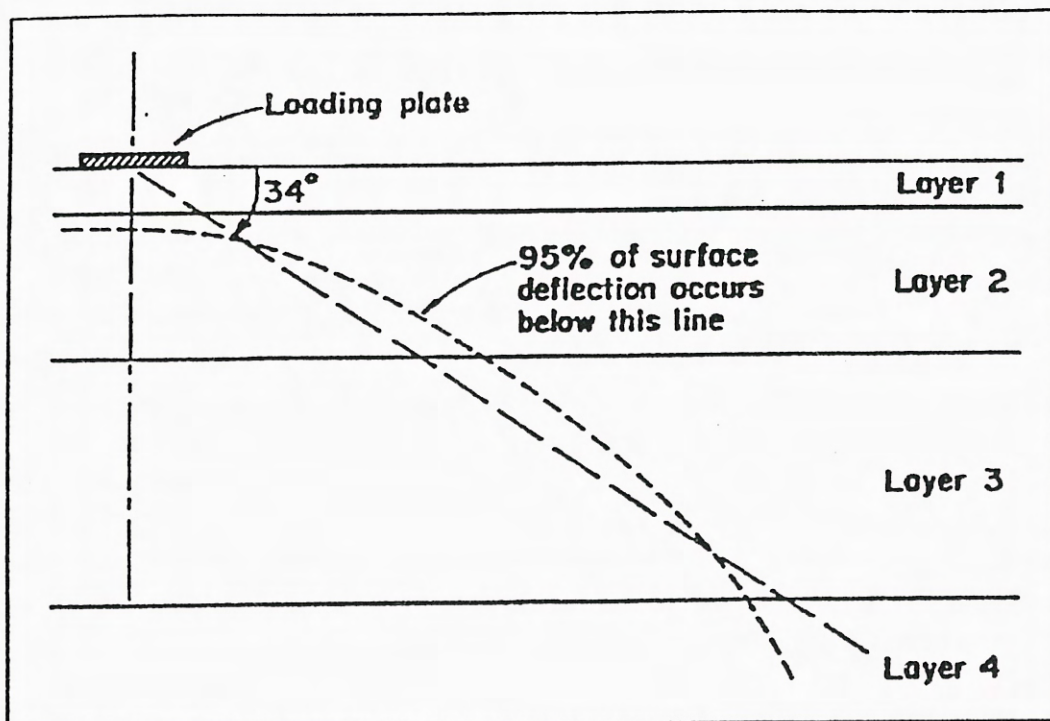
- Sistim  $b_f$  dan  $c_f$  adalah linier
- Impact yang dihasilkan dari masa  $a_f$  adalah bukan impact yang elastis, yang berarti beban Falling Weight disatukan dengan karet buffer.

Selanjutnya beban impuls, akan dipengaruhi oleh inersia dan effect dari redaman. Penggunaan dari program elastis multi layer, memerlukan perilaku yang elastis linier dari sifat perkerasan itu. Lapisan aspal ialah lapisan yang visco elastis, sedangkan bahan berbutir sangat tidak linier dan pengaruh redaman tidak bisa dimasukkan dalam analisa ini. Prinsip ini digunakan oleh beberapa program "back calculation" dimana pertama-tama menentukan modulus dari lapisan perkerasan yang terdalam, yang didapat dari bagian cekung lendutan yang terluar, dan selanjutnya masuk kebagian yang lebih dalam untuk menentukan modulus dari lapisan yang ada di atasnya.

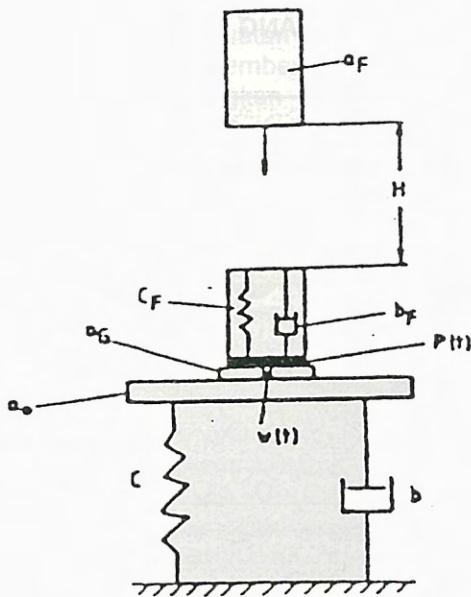
Gambar 1.  
 SKEMATIS ALAT FWD DAN LENDUTAN PERKERASAN YANG DIHASILKANYA



Gambar 2.  
 KEDALAMAN DIMANA 95% DARI LENDUTAN PERMUKAAN YANG TERJADI



Gambar 3.  
MODEL DARI ALAT PENGUKUR FWD



## 2.2 Hasil Pengujian dan Back Calculation

Back Calculation ialah perhitungan balik pada penentuan sifat-sifat material dari suatu struktur perkerasan jalan, sehubungan dengan responnya terhadap beban impuls yang bekerja pada permukaan perkerasan.

Sampai saat ini belum ada metoda langsung yang bisa menentukan modulus dari lapisan perkerasan yang didapat dari lendutan pada permukaan perkerasan dan tebal dari susunan perkerasan itu sendiri. Pada saat sekarang, metoda iterasi perlu dipunyai guna menghitung lendutan teoritis dari perkerasan dengan berbagai sifat modulus sampai mendekati lendutan hasil pengukuran.

Beberapa program komputer tentang "back calculation" bisa didapat dan digunakan untuk keperluan ini, dimana nilai modulus awal terlebih dahulu ditaksir oleh pemakai program sesuai bahan yang ada atau sudah disediakan oleh program tersebut. Lendutan teoritis yang dicari dihitung dengan menggunakan metoda analisa tertentu, yaitu multi layer elastic atau finite element. Selanjutnya modulus lapisan disesuaikan dengan menggunakan metoda iterasi, sampai lendutan hasil perhitungan menyamai lendutan hasil pengukuran lapangan dengan toleransi tertentu yang diizinkan. Tiap-tiap program yang dibuat, mempunyai perbedaan dalam perhitungan nilai modulus ini, dimana perbedaan-perbedaannya ialah

1. Metodologi iterasi
2. Anggapan terhadap bahan yang tidak linier
3. Perkiraan awal, rentang dari perhitungan nilai elastis modulus lapisan
4. Macam input serta anggapannya
5. Kedalaman terhadap lapisan keras

## III. PERBANDINGAN BEBERAPA METODA BACK CALCULATION

Banyak program back calculation yang berlainan yang dimaksudkan untuk menginterpretasikan modulus elastis dari lapisan perkerasan yang didapat dari lendutan permukaan jalan. Beberapa diantaranya ialah ELSDEF, MODCOMP2, MODULUS 4, ISSEM 4, BOUSDEF dan lain-lain. Selanjutnya ada juga program yang dikembangkan dan dimiliki oleh badan tertentu yang sifatnya merupakan suatu program yang menyeluruh, dimulai dari perhitungan modulus sampai kepada perhitungan tebal lapis tambahan yang diperlukan. Program back calculation umumnya mengikuti satu dari tiga metoda pendekatan yang umum digunakan. Metoda pendekatan yang pertama ialah metoda iterasi secara terus menerus sampai didapat nilai modulus yang mendekati, sedang metoda yang kedua ialah metoda optimasi yaitu meminimalkan kesalahan dari lendutan yang diperhitungkan sudah memadai, dan metoda yang ketiga ialah kombinasi antara iterasi dan optimasi secara bersamaan terhadap bentuk lendutan hasil perhitungan untuk mencapai kesamaan yang baik terhadap lendutan hasil pengukuran.

## IV. PERENCANAAN PELAPISAN ULANG

Metoda perencanaan pelapisan ulang bervariasi, mulai dari metoda yang sifatnya empiris sampai metoda yang sifatnya mekanistik. Untuk keperluan perencanaan pelapisan ulang ini diperlukan terlebih dahulu evaluasi terhadap bahan dari perkerasan yang sudah ada. Salah satu metoda yang sering digunakan untuk perencanaan pelapisan ulang ini ialah metoda AASHTO 86, dimana didalamnya direkomendasikan menggunakan modulus lapisan sebagai dasar dari karakteristik material, dimana modulus material bisa diperoleh dari pengujian laboratorium atau didapat dengan cara yang lebih praktis melalui metoda "back calculation".

Bila masalah dalam back calculation belum bisa terselesaikan secara tuntas, maka kesalahan dalam menghitung modulus dari lapisan perkerasan bisa menghasilkan tebal perencanaan pelapisan ulang yang berbeda untuk perkerasan dan beban yang sama. Ketidakpastian pada ketebalan pelapisan ulang ini, akan menghasilkan "kekeliruan" dalam jumlah material atau uang yang cukup besar.

Metoda AASHTO 86, walaupun menyarankan penggunaan nilai modulus dari material yang dipergunakan, namun masih merekomendasikan penggunaan dari korelasi antara nilai modulus dan nilai kekuatan relatif. Disamping itu metoda AASHTO 86, tidak mempertimbangkan kedalaman terhadap lapisan keras, yang mana bila hal ini

terjadi maka hasil perhitungan akan memberikan nilai yang berbeda.

## V. METODA PENELITIAN

Untuk mendapatkan perbandingan dari beberapa program back calculation, sebagai dasar dari perencanaan pelapisan ulang dengan metoda AASHTO 86, telah dipilih beberapa ruas jalan yang mempunyai data pemeriksaan lendutan dengan alat FWD, dan juga ruas-ruas jalan tersebut dalam kondisi yang betul-betul memerlukan peningkatan. Segmen - segmen jalan untuk analisa ini, terletak pada daerah dengan beban lalu lintas yang bervariasi, kondisi lingkungan yang berbeda dan juga tipe tanah dasar yang bermacam-macam.

Beban lalu lintas yang dinyatakan dengan jumlah ekuivalen sumbu standar untuk umur rencana 10 tahun, data lendutan termasuk pengaruh musim, prosentase permukaan perkerasan yang retak, serta temperatur sewaktu pengukuran lendutan semuanya dicatat guna dijadikan input dan pertimbangan dalam evaluasi ini. Tebal lapisan dari jenis material dari perkerasan yang akan dievaluasi, didapat dengan melakukan pengambilan contoh dengan core drill, dan hasilnya untuk masing-masing segmen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.  
TEBAL LAPISAN DAN JENIS MATERIALNYA

Lok no.	Nomor Lapisan Jenis Bahan/Tebal (in)			Klasifikasi Tanah AASHTO
	1	2	3	
1	AC/8.0	AB/4.0	SM/8.0	A-1-b(o)
2	AC/6.4	AB/4.0	SM/15.0	NA
3	AC/8.1	AB/4.0	SM/8.3	A-2-7(o)
4	AC/6.0	AB/4.0	SM/15.0	A-6(2)
5*	AC/8.0	AB/4.0	CB/6.0	A-4(o)
6*	AC/8.0	AB/4.0	CB/6.0	A-6(5)
7	AC/5.5	AB/3.0	SM/6.0	A-1-a(o)
8	AC/5.3	AB/4.0	SM/24.0	A-1-a(o)
9	AC/8.0	AB/4.0	SM/15.0	A-2-4(o)
10*	AC/11.5	AB/4.0	SM/11.0	A-2-7(o)
11	AC/9.7	AM/3.0	-	A-1-b(o)
12	AC/6.6	AB/2.0	SM/12.0	A-2-4(o)
13	AC/13.5	SM/6.0	-	A-1-b(o)
14	AC/6.6	BB/5.0	SM/4.0	A-2-4(o)
15	AC/8.8	CB/10.0	SM/8.0	A-2-4(o)
16	AC/4.5	-	-	NA
17	AC/5.0	AB/4.0	SM/9.0	NA
18	AC/4.0	AB/4.0	SM/15.0	A-2-7(o)
19	AC/3.5	-	-	A-4(o)
20	AC/2.0	AB/4.0	SM/15.0	NA
21	AC/2.8	SM/6.0	-	NA
22	AC/4.6	AB/4.0	SM/12.0	A-2-4(o)
23	AC/4.7	CB/7.0	SM/14.0	A-7-6(31)
24	AC/3.0	-	-	NA
25	AC/4.0	-	-	A-3(o)
26	AC/4.5	AB/6.0	SM/20.0	A-1-b(1)
27	AC/10.0	AB/4.0	SM/10.0	NA
28	AC/7.5	AB/4.0	SM/13.3	A-2-4(o)
29	AC/7.5	AB/6.0	SM/21.0	NA

Ket : AC - Aspal Beton, AB - Agregat Base  
BB - Bituminous Trated BAse  
SM - Selected Material (Granular Base)  
CB - Cement Treated Base  
NA - Data tidak didapat

Lendutan dari permukaan perkerasan didapat dengan alat FWD, dimana beban yang dipergunakan ialah beban sebesar sekitar 9 kips, dan sensor pencatat diletakan setiap jarak 30,5 cm sebanyak tujuh buah. Cekung lendutan yang didapat di lapangan dibandingkan dengan cekung lendutan teoritis yang dihitung berdasarkan pembebanan yang benar-benar 9 kips.

Dalam memilih cekung lendutan yang mewakili untuk masing-masing segmen, maka dipilih satu cekung lendutan yang menyerupai dengan rata-rata cekung lendutan yang ada pada segmen ini. Pemilihan satu cekung lendutan untuk analisa ini, dipandang lebih baik dari pada mengambil harga rata-ratanya, karena nilai rata-rata tersebut tidak cukup baik untuk menggambarkan apa yang sebenarnya ada pada perkerasan tersebut. Selain itu pemilihan cekung lendutan didasarkan pada lokasi dimana luas retak yang terjadi pada daerah pengukuran lebih kecil dari 10%, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kesalahan sehubungan dengan pengujian lendutan di daerah retak. Cekung lendutan yang terpilih selanjutnya digunakan untuk menghitung modulus lapisan dengan cara back calculation.

## VI. URAIAN RINGKAS TIAP - TIAP PROGRAM BACK CALCULATION

Berikut ini diuraikan secara ringkas prinsip-prinsip serta anggapan-anggapan dari masing-masing program dalam menghitung modulus perkerasan dengan menggunakan cara back calculation.

### Program ELSDEF

Program ini dikembangkan oleh Bush, yang berkaitan dengan ELSYM 5 sebagai sub programnya untuk menghitung tegangan, regangan dan deformasi pada perkerasan. Teknik ini ialah teknik yang berdasarkan pada linier elastic analysis, dimana tebal subgrade dianggap sebagai semi tidak terbatas atau diberikan ketebalan tertentu oleh pemakai. Program berjalan secara iterasi dan menyesuaikan nilai modulus sampai didapat cekung lendutan hasil perhitungan mendekati kepada hasil pengukuran di lapangan dengan batas toleransi tertentu. Pada program ini, mungkin tidak begitu penting untuk melakukan pengujian ketebalan lapisan perkerasan, karena tebal lapisan yang dimasukan ke dalam program dalam inchi yang terdekat.

### Program MODCOMP 2.

Program ini dikembangkan oleh Irwin, dan metoda yang dipergunakannya ialah metoda iterasi. Pada setiap iterasi perbedaan lendutan antara hasil perhitungan dan pengukuran di lapangan, dinyatakan sebagai presentasi terhadap hasil

pengukuran lapangan dan dibandingkan terhadap nilai toleransi yang diberikan. Program ini memungkinkan penggunaannya untuk perkerasan yang mempunyai susunan sampai delapan lapis, dan menggunakan root mean square (RMS) sebagai kriteria kesalahannya. Program ini bergabung dengan Chevron elastic layer analysis sebagai sub programnya, untuk menghitung tegangan, regangan dan lendutan pada konstruksi perkerasan, dan akan berhenti bila toleransi kesalahan telah dipenuhi atau jumlah iterasi yang diinginkan telah dicapai.

#### Program MODULUS 4.

Program ini dikembangkan oleh Texas Transportation Institute, dimana metodologi yang dipergunakannya ialah algoritma untuk meminimumkan jumlah kwadrat kesalahan antara lendutan hasil perhitungan dan pengukuran di lapangan. Program ini mendeteksi ketidak linieran dari sub grade dan secara otomatis memilih jumlah sensor yang optimum untuk perhitungan back calculation. Sebagai sub programnya untuk menghitung tegangan, regangan dan lendutan yang terjadi ialah program WES5 dari US ARMY CORPS of Engineer.

Program ini tidak memerlukan penaksiran dari nilai modulus awal maupun jumlah maksimum iterasi yang diperlukan.

#### Program ISSEM 4.

Program ini dikembangkan pada mulanya oleh Stubstad, dengan menggunakan metoda iterasi untuk menghitung modulus dari lapisan yang tidak linier elastis. Sebagai sub program ialah program ELSYM 5 yang digunakan untuk menghitung modulus tanah dasar sampai dengan perhitungan lendutan. Iterasi ditentukan oleh program, sampai prosentase perbedaan antara modulus masing-masing lapisan dari dua iterasi yang berurutan lebih kecil dari 3,5% atau kondisi divergen telah muncul terus menerus.

Berikut ini beberapa karakteristik dari ISSEM 4.

1. Tidak dilengkapi dengan perbandingan dan analisa dari lendutan hasil pengukuran dan perhitungan sebagai bagian hasil antara atau hasil akhir.
2. Program ini tidak akan berjalan, bilamana ketebalan lapisan tidak meningkat sesuai kedalaman.
3. Titik lendutan hanya ada 5 buah, dan beberapa nilai lendutan didapat dengan jalan interpolasi.
4. Data yang dimasukkan harus dalam satuan metrik
5. Program bisa menerima keadaan dimana nilai modulus awal dari lapisan bawah lebih kecil dari lapisan atasnya

6. Program tidak bisa menerima lapis perkerasan yang berurutan yang mempunyai nilai modulus yang hampir sama

#### Pemilihan Parameter.

Pada program ELSDEF dan Modulus 4, nilai dari rentang modulus dapat dilakukan dan nilai poisson ratio yang digunakan pada program ini bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.  
PARAMETER PELAPISAN ULANG AASHTO 86 DAN  
BACK CALCULATION

Jenis Lapisan	Modulus		Poisson 21 C	Koeff Struktur	
	Min.	Max.		Min.	Max.
Asphaltic Concrete	50	1000	0.35	0.20	0.45
Base :					
Bituminous	5	400	0.35	0.10	0.30
cement	90	1000	0.25	0.10	0.27
granular	3		0.35	0.05	0.17
Subbase :					
granular	3	110	0.35	0.05	0.15
Subgrade	5	40	0.40		

Untuk program back calculation yang lainnya tidak membutuhkan data modulus awal, dan nilai modulus akhir dipilih dengan harga kesalahan convergen yang paling rendah, walaupun harga modulusnya berada di luar dari harga praktis dalam batasan yang tertera pada tabel 2.

Nilai poisson ratio untuk lapisan beraspal didasarkan pada temperatur saat pengukuran lendutan di lapangan dilaksanakan, dan program back calculation sendiri tidak begitu peka terhadap nilai poisson ratio sehingga untuk keperluan ini bisa dilakukan interpolasi ataupun extrapolasi. Secara umum nilai poisson ratio adalah 0,3, 0,35 dan 0,40 untuk temperatur 40, 70 dan 100°C.

## VII. ANALISA DAN PERBANDINGAN HASIL

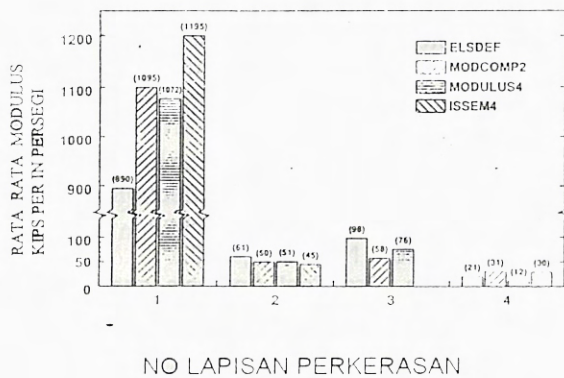
Perbandingan dari hasil seluruh nilai rata-rata modulus lapisan dari masing-masing program dapat dilihat pada gambar 5 dimana gambar tersebut menunjukkan bahwa ELSDEF menghasilkan nilai modulus yang terendah dari lapisan permukaan, sedangkan ISSEM 4 menghasilkan nilai yang paling tinggi.

Hasil modulus rata-rata dari MODCOMP 2 dan MODULUS 4 adalah serupa untuk lapisan satu dan dua. Semua ke empat program memberikan nilai rata-rata modulus yang serupa pada lapisan dua sampai empat.

Pada gambar 5 tidak memasukan hasil rata-rata modulus untuk lapisan tiga yang dihitung dengan program ISSEM 4, karena lapisan ini dikombinasikan ke lapisan dua atau empat.

Hasil dari perhitungan modulus ini selanjutnya digunakan untuk perencanaan pelapisan ulang.

Gambar 4  
NILAI MODULUS LAPISAN RATA-RATA YANG DIHITUNG DENGAN KEEMPAT PROGRAM



**Perbandingan dari kriteria kesalahan program.**

Disebabkan kriteria kesalahan dari masing-masing program berbeda, kecuali untuk ELSDEF dan MODULUS 4 maka perbandingan dari program yang berdasarkan pada hasil kesalahan divergen tidak memungkinkan. Akan tetapi jumlah kesalahan absolut konvergen dari MODCOMP 2 dan ISSEM 4 bisa dihitung dengan menggunakan modulus akhir dan program lapisan elastic seperti ELSYM 5 dan CHEVRON. Program-program ini bisa menghitung lendutan teoritis, berdasarkan data-data lapisan perkerasan seperti tebal, poison ratio dan modulus lapisan. Nilai perbedaan antara lendutan teoritis dan hasil pengukuran di lapangan bisa diperoleh dan sekaligus bisa menyajikan perbandingan dari masing-masing program berdasarkan kesalahan konvergen.

**Perencanaan pelapisan ulang dengan metoda AASHTO.**

Perencanaan pelapisan ulang disesuaikan dengan menggunakan metoda AASHTO yaitu menggunakan nilai kekuatan relatif lapisan yang diambil berdasarkan nilai modulus hasil perhitungan dengan cara back calculation dari masing-masing program untuk masing-masing segmen jalan. Koreksi modulus dilakukan hanya pada lapisan beraspal, dengan melihat temperatur pada saat pengukuran FWD dilakukan, dan distandarkan kepada temperatur standar sebesar 21°C. Setelah melakukan koreksi modulus akibat temperatur pada lapisan beraspal, nilai kekuatan relatif untuk masing-masing lapisan dapat diambil Tabel 2 berdasarkan korelasi yang diberikan oleh AASHTO.

Dikarenakan tujuan utama adalah untuk membandingkan program "Back Calculation" maka pada perhitungan lapis ulang ini ada beberapa parameter yang nilainya diperkirakan, misalnya seperti tingkat kepercayaan, deviasi, index permukaan awal, index permukaan akhir dan nilai kekuatan relatif dari bahan untuk pelapisan ulang.

**Hasil.**

Berdasarkan data-data yang didapat dan beberapa nilai parameter yang ditentukan, maka ketebalan lapis tambahan yang diperlukan bisa diperoleh dan ketebalan tersebut dibulatkan kepada nilai 0,5, yang terdekat sebagaimana terlihat pada tabel 3. Perbandingan dari hasil keperluan pelapisan ulang dengan cara back calculation, sebagaimana terlihat pada Tabel 3, menunjukkan perbedaan yang berarti diantara program-program tersebut.

Lokasi 1 sampai dengan lokasi 3, 9, 11, 23, masing-masing mempunyai perbedaan ketebalan lapisan ulang lebih dari 17,5 cm, dan dilihat tinjauan praktis perbedaan-perbedaan ini dapat diartikan sangat berarti baik dalam jumlah bahan yang diperlukan maupun biaya yang harus disediakan, terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3.  
KETEBALAN LAPISAN ULANG BERDASARKAN AASHTO 86

Lok no.	Overlay dengan back Calculation (in)			
	ELSDEF	MODCOMP2	MODULUS4	ISSEM4
1	3,5	4,5	5,5	0
2	2,5	3,0	6,5	2,5
3	3,0	3,0	8,5	4,0
4	6,5	6,5	8,0	6,0
5	7,5	7,5	9,0	7,0
6	5,5	5,0	7,0	4,0
7	7,0	7,0	9,5	7,5
8	3,5	3,5	5,0	3,5
9	0	0,5	3,5	0,5
10	0	0	0	0
11	9,0	3,5	8,0	9,0
12	7,5	4,5	7,5	4,5
13	0,5	0	0,5	0
14	8,0	7,5	7,5	8,5
15	2,5	4,5	5,5	7,5
16	5,5	5,5	6,0	5,5
17	0,5	0,5	1,0	0,5
18	2,5	1,5	2,0	1,0
19	5,5	5,5	6,0	5,5
20	0	2,5	3,0	2,5
21	3,0	3,5	4,5	5,0
22	0	0	0,5	0
23	0	2,5	1,5	4,0
24	4,5	5,0	5,5	4,0
25	5,0	5,0	6,0	4,5
26	0	0	3,0	1,5
27	2,5	3,0	4,5	3,5
28	3,5	2,0	7,0	2,0
29	1,0	1,0	2,5	0
Average	3.45	3.45	4.98	3.52

**VIII. KESIMPULAN**

Pada saat sekarang ini, banyak program-program back calculation untuk mengevaluasi konstruksi perkerasan lama, dimana masing-masing program mempunyai batasan - batasan sendiri dan metoda

yang digunakannya bisa berbeda satu sama lainnya, dimana dari hasil yang sudah didapat terlihat bahwa masing-masing program memberikan hasil modulus yang berbeda untuk suatu kondisi perkerasan yang sama, yang pada akhirnya akan menimbulkan perbedaan ketebalan pelapisan ulang yang diperlukan. Nilai modulus dari hasil perhitungan masing-masing program menunjukkan perbedaan yang tidak berarti dilihat dari segi statistik, akan tetapi menimbulkan perbedaan yang sangat berarti dalam perhitungan ketebalan lapis tambahan yang diperlukan, sehingga penggunaan metoda back calculation harus dilakukan dengan penuh kehati-hatian.

Metoda yang memperhitungkan pengaruhnya terhadap lapisan keras, harus diperbaiki dan distandarisasi, begitu juga kriteria untuk menyatakan tingkat derajat ketepatan antara lendutan hasil perhitungan dan hasil pengukuran diantara program-program tersebut harus distandarkan. Penyelidikan terhadap metoda pelapisan ulang perlu dilakukan untuk menyempurnakan prosedur yang lebih rasional, yang berkaitan dengan nilai modulus lapisan tanpa memerlukan penggunaan nilai koefisien relatif lapisan perkerasan. Korelasi antara nilai kekuatan relatif dan modulus lapisan akan "menghilangkan" perbedaan yang sebenarnya terjadi diantara

program-program dalam penentuan tebal pelapisan ulang yang diperlukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Deflection Analysis of flexible pavement, Material and Test Division Utah State Departement of Highways.
2. Hurtgen, Straube, Beckkedahl, Klass D, Lengnick, Theoretical Analysis of Falling Weight Deflectometer measurement and their interpretation. International Conference on The Bearing Capacity of roads and airfield, Vol. I July 17 - 21, 1994.
3. Joseph M. Maestas and Michael Munloux, Comparison of Pavement deflection Analysis Methods using overlay design. Transport Research Record No. 1355, 1992.
4. Lynne H Irwin, Practical Analysis and Concern regarding Pavement Evaluation. International Conference on The Bearing Capacity of Roads and Airfields, Vol.I, July 17 - 21, 1994.
5. Ministry of Public Works, Government of Indonesia, Bearing Capacity Evaluation and Strengthening design of roads, June 1990.

#### *Penulis :*

*Ir. M. Furqon Affandi, MSc. Peneliti Muda bidang Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan.*