

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Analisis Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Program *Everseries* dan Metoda AASHTO 1993 Studi kasus: Jalan Tol Jakarta - Cikampek

Tofan Ferdian

Program Studi Teknik Sipil-Institut Teknologi Bandung
E-mail: office@trans.si.itb.ac.id

Anindita Prasasya

Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
E-mail: office@trans.si.itb.ac.id

Bambang S. Subagio

Kelompok Keahlian/Kepakaran Rekayasa Transportasi-Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
E-mail: bsugengs@si.itb.ac.id

Sri Hendarto

Kelompok Keahlian/Kepakaran Rekayasa Transportasi-Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
E-mail: office@trans.si.itb.ac.id

Abstrak

Di dalam metoda analisis desain overlay/lapis tambah terdapat suatu faktor variasi jenis beban kendaraan yang menjadi salah satu parameter penting dalam perencanaan desain overlay. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis struktur perkerasan eksisting dari jalan tol Jakarta-Cikampek, untuk perioda analisa antara 1988 sampai 2008 dan untuk menghitung tebal overlay yang diperlukan, berdasarkan pada data lendutan menggunakan alat Falling Weight Deflectometer (FWD). Dari data lendutan, nilai modulus resilien pada setiap lapisan dapat ditentukan. Dengan mempertimbangkan teori kerusakan kumulatif dan tekanan/tegangan yang diijinkan pada setiap lapisan, ketebalan overlay yang diperlukan dapat diperoleh. Hasil ini dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan metoda semi-analitis, misalnya metoda AASHTO 1993. Nilai modulus resilien setiap lapisan dapat menggambarkan tingkat kelemahan suatu lapisan dalam struktur perkerasan dimana lapisan yang lemah ditunjukan oleh nilai modulus yang lebih rendah. Nilai kerusakan kumulatif (Cumulative Damage) pada setiap bagian-bagian jalan dapat menunjukkan lokasi mana yang perlu memperoleh overlay. Jika kerusakan kumulatif aktual nilainya lebih besar dari yang diijinkan, maka pada lokasi jalan tersebut perlu dilakukan overlay. Hal ini berarti struktur perkerasan tersebut berada dalam kondisi yang buruk dan perlu diperbaiki secepatnya.

Kata-kata Kunci: Metoda analisis, moduusi resilien, kerusakan kumulatif, Metoda AASHTO, ketebalan lapisan tambah/overlay.

Abstract

An analytical method of overlay design has some advantages, such as to take into account the variation of loading types, which will give more exact and accurate results. The purpose of this research is to analyze the existing pavement structure of Jakarta-Cikampek toll road, for analysis period between 1988 to 2008 and to calculate the Overlay Thickness required, based on the deflection data using Falling Weight Deflectometer (FWD) equipment. From the deflection data, Resilient Moduli in each layer can be determined. Considering the Cumulative Damage theory and the allowable stress/strain in each layer, the overlay thickness needed were obtained. These results could be compared to the calculation results using semi-analytical method i.e. AASHTO® 2003 method.

The result of Resilient Moduli in each layer shows that those values could identify the weakness layer in the pavement structure, indicated by the lower value of Moduli. The calculation of Cumulative Damage for each section showed some locations that needed to be overlaid immediately. If the actual Cumulative Damage is greater than the allowable one, the overlay is needed. This means that pavement structure was not strong enough and need to be repaired in short term.

Keywords: Analytical method, resilient moduli, cumulative damage, AASHTO method, overlay thickness.

1. Pendahuluan

Perkerasan jalan dibuat dengan tujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan dalam berlalu-lintas. Perkerasan jalan harus memiliki kualitas yang baik, dalam hal ini lapisan permukaan yang halus, sehingga kendaraan dapat meluncur dengan lancar. Selain itu perkerasan harus mempunyai ketebalan yang cukup untuk memastikan bahwa beban lalu lintas terdistribusikan dengan baik sehingga tekanan dan tegangan pada setiap lapisan perkerasan masih dapat ditoleransi, yang berarti tegangan dan regangan yang terjadi lebih kecil daripada tegangan regangan yang diijinkan.

Kinerja perkerasan dapat dihubungkan dengan kemampuan perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam jangka waktu tertentu. Dari hari pertama pada saat struktur perkerasan dibuka untuk lalu lintas, struktur perkerasan akan mengalami kerusakan struktural secara progresif. Hal ini menyebabkan penurunan kinerja struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas selama umur rencananya. Oleh karena itu agar kinerja struktur perkerasan tetap terjaga, berbagai rehabilitasi seperti rekonstruksi atau perbaikan struktural perlu dilakukan sebelum umur rencananya tercapai (AASHTO, 1993).

Terdapat dua jenis kegagalan, fungsional dan struktural, yang dihubungkan dengan penurunan kinerja perkerasan. Kegagalan fungsional adalah kegagalan struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas dengan baik, namun kegagalan ini tidak menyebabkan timbulnya rasa tidak aman pada pengguna jalan. Kegagalan ini tergantung pada tingkat kekasaran lapisan permukaan. Kegagalan struktural, menunjukkan adanya kerusakan pada satu atau lebih komponen yang membuat struktur perkerasan tidak mampu untuk menahan beban lalu-lintas yang lewat di atas lapisan permukaan. Dalam perkerasan lentur, kegagalan ini timbul karena adanya faktor kelelahan/*fatigue* pada permukaan aspal, proses konsolidasi, keretakan di lapisan *subgrade* (tanah dasar) atau kinerja tidak cukup baik di lapisan pondasi bawah, pondasi, dan permukaan, sebagai akibat dari rendahnya kualitas bahan konstruksi (AASHTO, 1993).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa struktur perkerasan jalan tol Jakarta-Cikampek, dengan maksud untuk mengetahui kondisi struktur

perkerasan secara keseluruhan sebagai input dalam menghitung ketebalan *overlay* yang diperlukan, untuk perioda analisa dari 1988 untuk 2008. Kondisi perkerasan hasil analisis digambarkan dengan nilai lendutan yang terjadi pada struktur perkerasan yang didapat dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD). Dengan mempertimbangkan teori kerusakan kumulatif (*Cumulative Damage*) dan tekanan/tegangan yang diijinkan pada setiap lapisan, ketebalan *overlay* yang diperlukan dapat diperoleh. Hasil ini kemudian dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan metoda semi-analitis, misalnya metoda AASHTO 1993.

2. Program Everseries

EVERSERIES adalah program perencanaan *overlay* yang berbasis pada analisa mekanistik. Program ini berdasarkan pada analisis elastis multilayer, yang menghasilkan parameter-parameter respon perkerasan seperti tekanan, tegangan, dan deformasi dalam sistem perkerasan (WSDOT, 2005)

Prosedur perencanaan *overlay* secara mekanistik-empiris dikembangkan oleh *Washington State Department of Transportation*, berdasarkan proses *backcalculation* pada material dan kegagalan *fatigue* dan *rutting*. *Backcalculation* adalah suatu proses untuk mencari nilai modulus pada setiap lapisan perkerasan dengan cara mencocokkan nilai defleksi/lendutan hasil pengukuran dan perhitungan (dengan batasan toleransi tertentu). Dalam pendekatan ini, modulus lapisan dapat dihitung pada setiap titik pengujian defleksi sesuai dengan *flowchart* pada **Gambar 1**.

Untuk perkerasan dua lapisan, modulus *subgrade* dapat ditentukan dari:

$$E_{SG} = -466 + 0.00762 (P/D_3) \quad (1)$$

$$E_{SG} = -198 + 0.00577 (P/D_4) \quad (2)$$

$$E_{SG} = -371 + 0.00671 (2P/(D_3 + D_4)) \quad (3)$$

dan untuk perkerasan tiga lapisan :

$$E_{SG} = -530 + 0.00877 (P/D_3) \quad (4)$$

$$E_{SG} = -111 + 0.00577 (P/D_4) \quad (5)$$

$$E_{SG} = -346 + 0.00676 (2P/(D_3 + D_4)) \quad (6)$$

Modulus permukaan (HMA) untuk perkerasan dua lapisan dapat ditentukan dari:

$$R^2 = 0.83$$

$$\log E_{HMA} = -0,53740 - 0,95144 \cdot \log_{10} E_{SG} - 1,21181 \cdot \sqrt[3]{h_{HMA}} + 1,78046 \cdot \log_{10} (PA_1 / D_0^2) \quad (7)$$

Untuk perkerasan tiga lapisan, persamaan dikembangkan untuk lapisan permukaan (HMA) dan lapisan pondasi (*Base*) sebagai berikut:

$$\log E_{HMA} = -4,13464 + 0,25726 \cdot (5,9 / h_{HMA}) + 0,92874 \cdot \sqrt{5,9 / h_B} - 0,69727 \cdot \sqrt{h_{HMA} / h_B} - 0,96687 \cdot \log_{10} E_{SG} + 1,88298 \cdot \log_{10} (PA_1 / D_0^2) \quad (8)$$

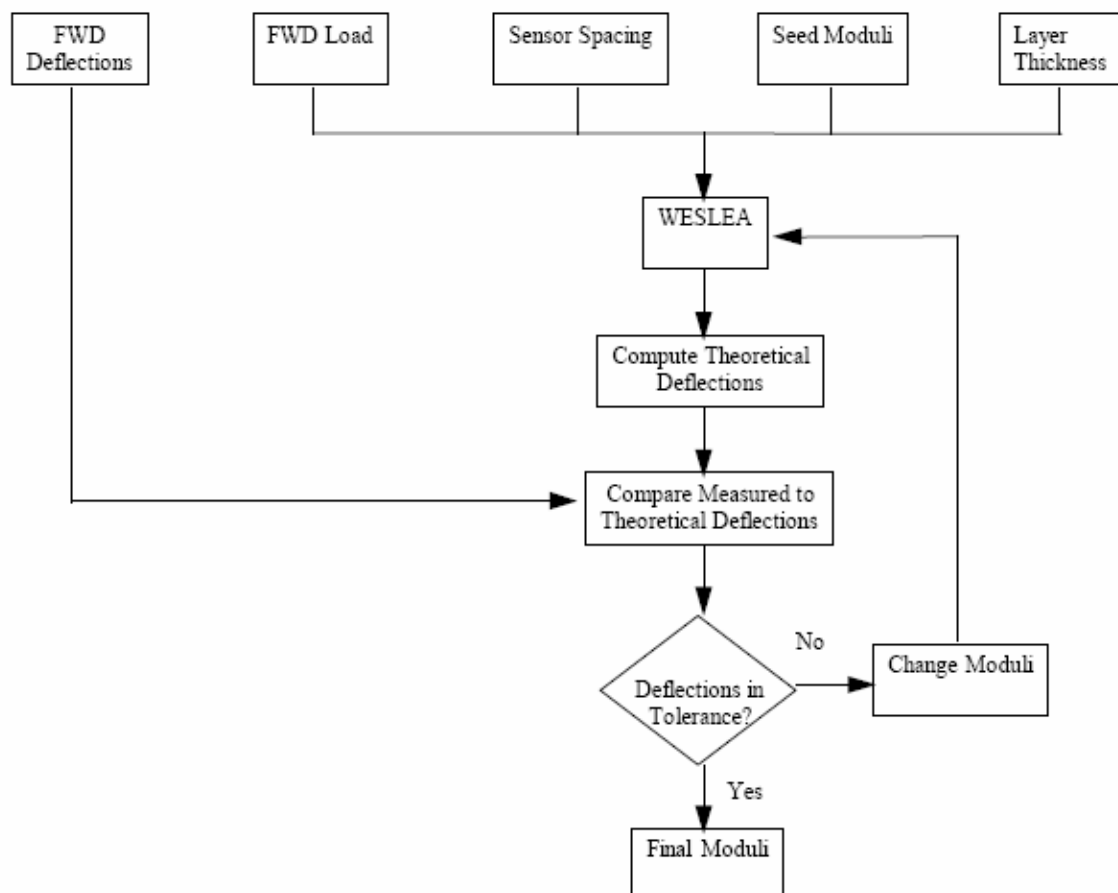
$$R^2 = 0.78$$

$$\log E_B = 0,50634 + 0,03474 \cdot (5,9 / h_{HMA}) + 0,12541 \cdot \sqrt{5,9 / h_B} - 0,09416 \cdot \sqrt{h_{HMA} / h_B} + 0,51386 \cdot \log_{10} E_{SG} + 0,25424 \cdot \log_{10} (PA_1 / D_0^2) \quad (9)$$

$$R^2 = 0.70$$

Variabel berikut digunakan dalam persamaan di atas:

- P = beban lalu-lintas (lbs) di atas plat 11.8 inci,
- H_{HMA} = ketebalan lapisan permukaan (inci),
- H_B = ketebalan lapisan pondasi (inci),
- E_{SG} = modulus subgrade (psi),
- D_0 = defleksi di bawah pusat beban (inci),
- $D_{0.67}$ = defleksi pada jarak 8 inci dari pusat beban (inci),
- D_1 = defleksi pada jarak 1 kaki dari pusat beban (inci),
- D_2 = defleksi pada jarak 2 kaki dari pusat beban (inci),
- D_3 = defleksi pada jarak 3 kaki dari pusat beban (inci),
- D_4 = defleksi pada jarak 4 kaki dari pusat beban (inci), dan
- A_1 = area di bawah cekung lendutan yang jaraknya lebih dari 3 kaki
 $= 2 [2 (D_0 + D_{0.67}) + (D_{0.67} + D_1) + 3(D_1 + D_2) + 3(D_2 + D_3)]$
 $= 4D_0 + 6D_{0.67} + 8D_1 + 12D_2 + 6D_3$



Sumber: (WSDOT, 2005)

Gambar 1. Flowchart penentuan modulus lapisan perkerasan

Penentuan ketebalan *overlay* didasarkan pada ketebalan lapisan yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja struktur perkerasan selama menerima beban lalu-lintas. Tingkat kerusakan berdasarkan pada dua jenis kerusakan primer, retak lelah (*fatigue*) dan deformasi permanen (*rutting*), yang merupakan parameter yang paling umum dalam analisa mekanistik. Program ini juga mempertimbangkan jenis variasi musiman dan sensitivitas tekanan dari bahan material. Untuk kegagalan *fatigue*, Model Finn dapat digunakan. Model Finn diperlihatkan di bawah ini:

$$\log N_f = 14.82 - 3.291 \log (\epsilon_t) - 0.854 \log (E_{ac}) \quad (10)$$

dimana,

N_f = retak *fatigue*,

$\hat{\epsilon}_t$ = regangan tarik horizontal di bawah lapisan aspal

E_{ac} = modulus lapisan aspal (ksi)

Pada model ini, ada dua hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan lapisan perkerasan. Yang pertama adalah faktor keamanan, yaitu faktor penyesuaian antara kondisi di laboratorium dan kondisi di lapangan. Dan yang kedua adalah tegangan tarik.

Rutting terjadi karena adanya deformasi permanen dari lapisan aspal dan lapisan dibawahnya. Namun, ketika deformasi permanen dari lapisan aspal tidak tergambar dengan baik, persamaan ukuran kegagalan dinyatakan sebagai sebuah fungsi dari tegangan vertikal yang ada di bagian atas lapisan *subgrade*. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Chevron yang ditunjukkan di bawah:

$$\log N_f = 1.077 \times 10^{18} (\epsilon_{vs})^{-4.4843} \quad (11)$$

dimana,

N_f = nilai *rutting*

$\hat{\epsilon}_{vs}$ = regangan vertikal tekan di atas lapisan tanah dasar

Volume lalu lintas selalu dinyatakan dengan 80 kN (18,000 lb) *equivalent single axle loads* (ESAL's).

Material pada sistem perkerasan secara signifikan dipengaruhi oleh iklim sekitar. Sebagai akibatnya, penyesuaian musiman untuk bahan perkerasan harus dipertimbangkan dalam mendesain perkerasan. Penyesuaian untuk lapisan aspal ditentukan oleh penggunaan hubungan temperatur dan kekakuan, dan untuk material lapisan lainnya diterapkan variasi musiman dari bahan material tersebut. Ketika terjadi perubahan kondisi iklim, lokasi dan waktu maka perlu

dilakukan penyesuaian kembali berdasarkan iklim yang ada. Dalam hal ini pertimbangan seorang engineer selalu dibutuhkan.

Kekakuan lapisan aspal dipengaruhi oleh temperatur. Oleh karena itu, besarnya temperatur perkerasan harus ditentukan dengan teliti. Temperatur perkerasan pada umumnya ditentukan oleh hubungan antara temperatur udara dan temperatur perkerasan. Untuk mendesain perkerasan, temperatur udara bulanan ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$MMPT = MMAT \{1 + 1/(Z + 4)\} - 34/(Z + 4) + 6(12)$$

dimana,

MMPT = Temperatur perkerasan bulanan rata-rata (°F),

MMAT = Temperatur udara bulanan (°F), dan

Z = Kedalaman di bawah permukaan perkerasan (inci)

3. Studi Kasus: Jalan Tol Jakarta-Cikampek

3.1 Keterangan umum

Jalan Tol Jakarta – Cikampek terdiri dari empat lajur dan jalan ini dibuka pada tahun 1988 untuk melayani kebutuhan transportasi antara Jakarta-Cikampek di Jawa Barat. Jalan tol dua jalur ini dirancang untuk melayani beban lalu lintas selama dua puluh tahun hingga tahun 2008. Beberapa asumsi yang dijadikan suatu pertimbangan dalam mendesain jalan tol ini adalah volume awal sebesar 8470 kendaraan/hari (dua jalur), faktor pertumbuhan 7.5%, faktor truk 0.7578 dan prosentase truk 20% (Firdaus, 2006). Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran dan analisis defleksi pada lajur lambat pada setiap arah/jalur A (Jakarta ke Cikampek) dan arah/jalur B (Cikampek ke Jakarta).

3.2 Faktor truk rencana vs faktor truk aktual

Faktor Truk Rencana, didefinisikan sebagai total kerusakan ekuivalen untuk setiap kendaraan yang dihitung dengan menggunakan batas maksimum yang diijinkan dari konfigurasi tekanan roda berdasarkan data klasifikasi kendaraan (Jasa Marga, 2003). Data ini akan dibandingkan dengan Faktor Truk Aktual, berdasarkan pada survey WIM (*Weight-in-Motion*), yang dilakukan pada tahun 1992, 2000 dan 2003 oleh PT Jasa Marga (Firdaus, 2006). Perbandingan antara Faktor Truk Rencana dan Aktual diperlihatkan di dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Perbandingan faktor truk rencana dan aktual

	Kelas Kendaraan		
	I	IIA	IIB
Faktor Truk Rencana	0,0004	0,9275	2,518
Faktor Truk Aktual			
- Tahun 1992, arah A	0,0018	2,0523	5,6497
- Tahun 1992, arah B	0,0013	6,7521	7,6544
- Tahun 2000, arah A	0,0005	0,4152	1,4593
- Tahun 2000, arah B	0,0005	0,4223	1,4196
- Tahun 2003, arah A	0,0003	0,5132	3,14
- Tahun 2003, arah B	0,0005	0,6157	3,8527

Sumber: Firdaus, 2006.

Tabel 1 menunjukkan bahwa, pada arah A, Faktor Truk terbesar dihasilkan dari kelas kendaraan IIB (tahun 1992), dan pada arah B, Faktor Truk terbesar dihasilkan dari kelas kendaraan IIB (tahun 1992). Data aktual dari survey WIM ini bisa digunakan dalam memprediksi “*overloading*” yang terjadi di jalan tol di Indonesia, seperti yang terjadi pada tahun 1992 dimana terjadi *overloading* yang di tunjukkan dengan nilai Faktor Truk Aktual yang lebih besar dengan Faktor Truk Rencana.

3.3 Analisis beban kendaraan

Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) aktual dihitung dari data perhitungan lalu lintas yang dilakukan di setiap gerbang tol, untuk periode 24 jam per hari. Data tersebut harus dihitung untuk memprediksi beban lalu lintas aktual di beberapa bagian jalan. Faktor Truk dari setiap kategori kendaraan atau konfigurasi beban sumbu dihitung dengan menggunakan Faktor Truk Rencana dan Aktual. Pertumbuhan lalu lintas rata-rata dalam periode 1988-2004 diasumsikan sebesar 7.5% tiap tahun. Hasil perhitungan dari beban lalu lintas kumulatif rencana dan aktual diperlihatkan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara nilai kumulatif ESAL arah A dan B. Perbedaan ini terjadi karena adanya volume kendaraan yang lebih tinggi, prosentase truk berat yang lebih tinggi atau “*overloading*”

3.4 Analisis lendutan dan modulus resilien

Lendutan dari suatu sistem perkerasan merupakan respon perkerasan terhadap faktor beban sumbu. Nilainya bergantung pada kondisi dari sistem perkerasan, lokasi perkerasan, dan faktor lingkungan lain yang mempengaruhi kondisi perkerasan. Ketebalan lapis perkerasan, modulus resilien, *Poisson Ratio* dan modulus *subgrade* merupakan parameter penting yang menentukan besarnya defleksi perkerasan. (Majidzadeh, 1982).

Tabel 2. Perbandingan kumulatif ESAL rencana dan aktual

No	Year	Kumulatif ESAL Rencana Arah A & B	Kumulatif ESAL Aktual Arah A	Kumulatif ESAL Aktual Arah B
	1988-2000	7062623	16613343	28378807
1	2001	7901749	19614166	31927884
2	2002	8803810	22846486	35829412
3	2003	9773525	26089845	39786866
4	2004	10403819	28336876	42612793
5	2005	11081386	30834983	45742825
6	2006	11809770	33612918	49211493
7	2007	12592783	36702888	53057265
8	2008	13434521	40140843	57323116

Sumber: Ferdian, 2008.

Karena modulus resilien dari sebagian besar bahan jalan cenderung mengalami pengurangan akibat beban kendaraan, maka lendutan elastis dari suatu perkerasan akan cenderung meningkat. Efek ini dapat digunakan untuk memperkirakan umur sisa dari suatu sistem perkerasan.

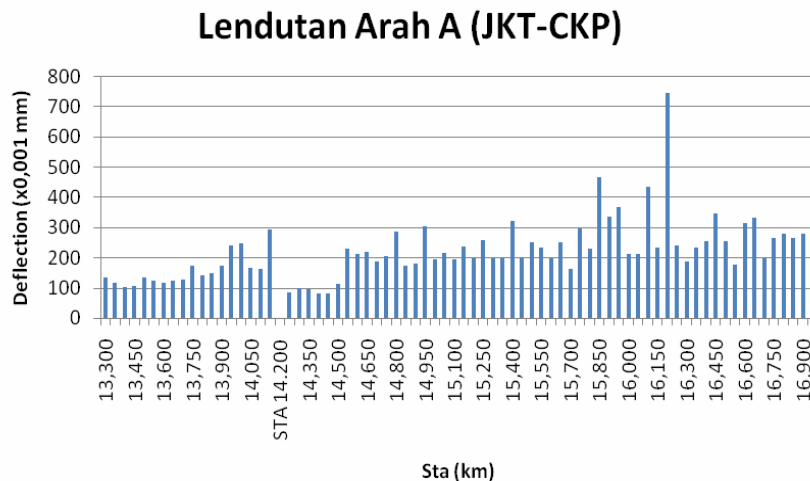
Pengukuran defleksi menggunakan alat FWD dilakukan pada bulan Juni 2004 untuk kedua arah jalan, Jakarta-Cikampek dan Cikampek-Jakarta, yang disajikan pada **Gambar 2**.

Program everseries menggunakan 3 (tiga) atau lebih data defleksi untuk menghitung nilai modulus resilien dari setiap lapisan. Bergantung pada jenis sistem perkerasannya, misalnya. 3 (tiga) lapisan, 4 (empat) lapisan, atau lebih, program everseries akan melakukan suatu iterasi sampai diperoleh perbedaan yang minimum antara defleksi hasil pengukuran dan defleksi hasil perhitungan. Hasilnya dari program everseries dalam menganalisis modulus kekakuan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Prosentase modulus resilien pada setiap lapisan

E1 (MPa)	E1<1000	1000<E1<3000	3000<E1<5000	E1>5000
Arah A (%)	6.85	39.73	43.84	9.59
Arah B (%)	1.37	38.36	32.88	27.40
E2 (MPa)	E2<100	100<E2<500	500<E2<1000	E2>1000
Arah A (%)	41.10	46.58	2.74	9.59
Arah B (%)	52.05	32.88	6.85	8.22
E3 (MPa)	E3<100	100<E3<50	50<E3<200	E3>200
Arah A (%)	1.37	28.77	30.14	39.73
Arah B (%)	0.00	21.92	27.40	50.68

Catatan: Arah A adalah Jakarta ke Cikampek, Arah B arah Cikampek ke Jakarta.



Gambar 2. Lendutan maksimum FWD (δ_{\max}), Jakarta-Cikampek

Nilai modulus (E) menunjukkan tingkat kekakuan suatu perkerasan, dimana perkerasan dengan modulus yang tinggi memiliki tingkat kekakuan yang tinggi pula. Berdasarkan **Tabel 3** diatas, dapat diketahui bahwa untuk arah A (Jakarta-Cikampek), prosentase nilai E_1 yang kurang dari 3000 adalah sebesar 46,58% dan untuk arah B (Cikampek-Jakarta) sebesar 39,73%. Untuk nilai E_1 yang lebih besar dari 3000 MPa, prosentase arah A sebesar 53,43% dan arah B sebesar 60,28%. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase modulus yang kurang dari 3000 MPa untuk arah A lebih besar dari pada arah B dimana E_1 yang kurang dari 3000 MPa mengindikasikan lemahnya struktur perkerasan dibandingkan dengan E_1 yang lebih dari 3000 MPa. Dan arah B memiliki prosentase yang lebih besar dari pada arah A untuk nilai E_1 yang lebih besar dari 3000 MPa. Hal ini berarti bahwa pada arah B jumlah perkerasan yang masih dalam kondisi cukup baik lebih banyak jumlahnya dari pada arah A. Kondisi tersebut tergambar pula pada nilai modulus lapisan kedua (E_2) dimana prosentase arah A lebih besar dari pada arah B untuk E_2 yang lebih kecil dari 500 MPa dan prosentase arah B lebih besar dari pada arah A untuk E_2 yang lebih besar dari 500 MPa. Begitu juga dengan modulus lapisan ketiga (E_3), prosentase arah A lebih besar dari pada arah B untuk E_3 yang lebih kecil dari 150 MPa dan prosentase arah B lebih besar dari pada arah A untuk E_3 yang lebih besar dari 150 MPa. Sehingga dari penjelasan ini dapat diambil kesimpulan bahwa perkerasan arah B (Cikampek-Jakarta) memiliki kondisi yang relatif lebih baik dari pada kondisi perkerasan arah A (Jakarta-Cikampek).

3.5 Ketebalan lapis tambahan/overlay

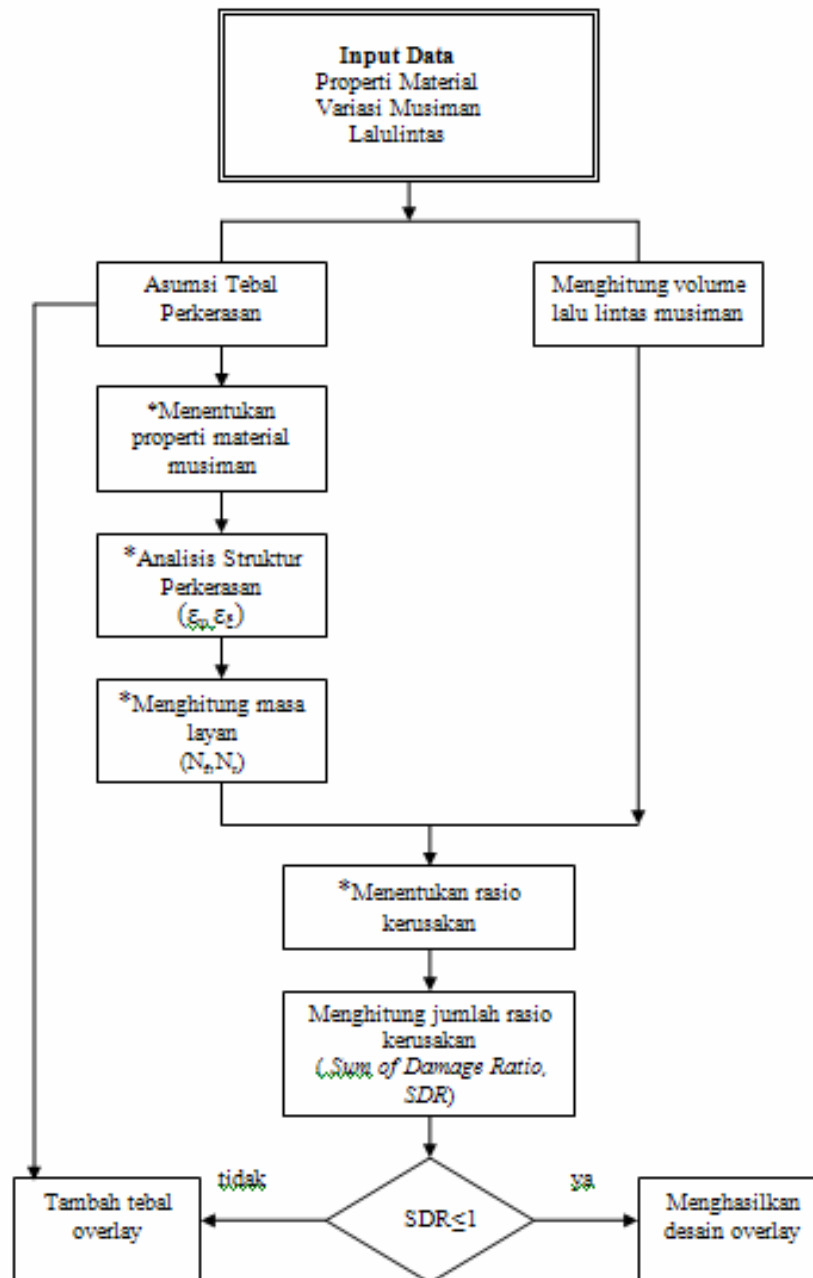
Ketebalan *overlay* dihitung berdasarkan pada besarnya retak lelah (*fatigue cracking*) dan deformasi permanen (*rutting*), yang pada umumnya digunakan untuk analisa mekanistik. Sistem perkerasan di bawah beban roda ganda dianalisis oleh program elastis multilayer yang dapat mempertimbangkan nilai sensitivitas tekanan dari material lain. Analisa ini menghasilkan dua buah parameter kegagalan, yaitu tegangan tarik horisontal di dasar lapisan aspal untuk menentukan kegagalan *fatigue* dan tegangan vertikal tekan di bagian atas lapisan *subgrade* untuk kegagalan *rutting*. Ketebalan *overlay* dapat dihitung sesuai dengan **Gambar 3** (lampiran).

Hasil perhitungan tebal *overlay* untuk kedua arah ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Prosentase tebal overlay

Ketebalan Overlay (cm)	Arah A (%)	Arah B (%)
$H_{\text{EVERSERIES}} < 5$	17.81	26.03
$5 < H_{\text{EVERSERIES}} < 10$	13.70	13.70
$10 < H_{\text{EVERSERIES}} < 15$	27.40	8.22
> 15	41.10	52.05

Tabel di atas menunjukkan suatu perbedaan ketebalan lapis tambahan. Sebagian besar kebutuhan ketebalan *overlay* adalah di atas 5 cm, misalnya 82,20% untuk arah A, dan 73,97% untuk arah B, masing-masing dengan ketebalan lebih dari 5 cm. Dari perbandingan kedua arah ini, dapat disimpulkan bahwa kondisi perkerasan arah B masih lebih baik dari pada kondisi perkerasan arah A, sesuai dengan penjelasan mengenai kondisi perkerasan berdasarkan nilai modulusnya.



Sumber: WSDOT, 2005.

Gambar 3. Penentuan tebal *overlay* berdasarkan metoda mekanisti

Tabel 5. Ringkasan ketebalan lapisan menggunakan metoda AASHTO 1993 dan *Everseries*

Arah A: Jakarta-Cikampek

STA	SN _f	SN _{eff (min)}	SN _{ov}	H _{ov} (cm)	H _{Everseries} (cm)
13.300 – 13.750	4,898	5,369	-0,471	0	6,35
13.750 – 14.200	6,731	5,369	1,362	8,65	8,2
14.250 – 14.550	5,808	5,369	0,439	2,79	3,64
14.550 – 15.750	6,766	5,369	1,397	8,87	15,08
15.750 – 16.200	6,527	4,944	1,583	10,05	22,15
16.200 – 16.250	7,280	4,276	3,004	19,08	24,75
16.250 – 16.950	6,672	5,369	1,303	8,27	18,23

Tabel 6. Ringkasan ketebalan lapisan menggunakan metoda AASHTO 1993 dan *Everseries*

Arah B: Cikampek-Jakarta

STA	SN _f	SN _{eff (min)}	SN _{ov}	H _{ov} (cm)	H _{Everseries} (cm)
13.300 – 13.900	5,394	5,369	0,025	0,16	6,54
13.900 – 14.100	6,048	5,369	0,679	4,31	15
14.150 – 14.550	5,816	5,369	0,447	2,84	3,33
14.550 – 16.250	7,103	5,341	1,762	11,19	23,22
16.250 – 16.950	6,649	5,369	1,280	8,13	8,54

Secara umum, cara untuk menentukan tebal *overlay* berdasarkan metoda AASHTO 1993 diperlihatkan pada **Gambar 4**. Dengan menggunakan input yang sama dengan perhitungan program *everseries*, umur sisa dan tebal *overlay* dapat diperoleh. Pada kenyataannya, umur sisa dari semua bagian jalan adalah nol dan ketebalan *overlay* diperlukan di semua bagian jalan. Ringkasan dari perhitungan ketebalan *overlay* disajikan pada **Tabel 5** dan **6**.

Kedua tabel di atas menunjukkan bahwa ketebalan lapis tambahan yang diperlukan berdasarkan program *everseries* nilainya lebih besar dari pada nilai ketebalan yang dihasilkan oleh metoda AASHTO 1993. Metoda yang digunakan dalam program *everseries* ini adalah metoda mekanistik, dimana analisis yang digunakan lebih mendalam dari pada metoda AASHTO 1993. Dalam metoda mekanistik ini digunakan alat FWD yang dapat menganalisis kondisi perkerasan dari lapisan permukaan hingga lapisan tanah dasar, sehingga analisisnya menjadi lebih lengkap karena mempertimbangkan banyak faktor yang dapat mempengaruhi perencanaan tebal *overlay*. Berbeda dengan metoda AASHTO 1993 yang hanya menganalisis kondisi perkerasan di lapisan permukaannya saja. Hal inilah yang menyebabkan program *everseries* menghasilkan ketebalan yang lebih besar dari pada AASHTO 1993.

4. Kesimpulan

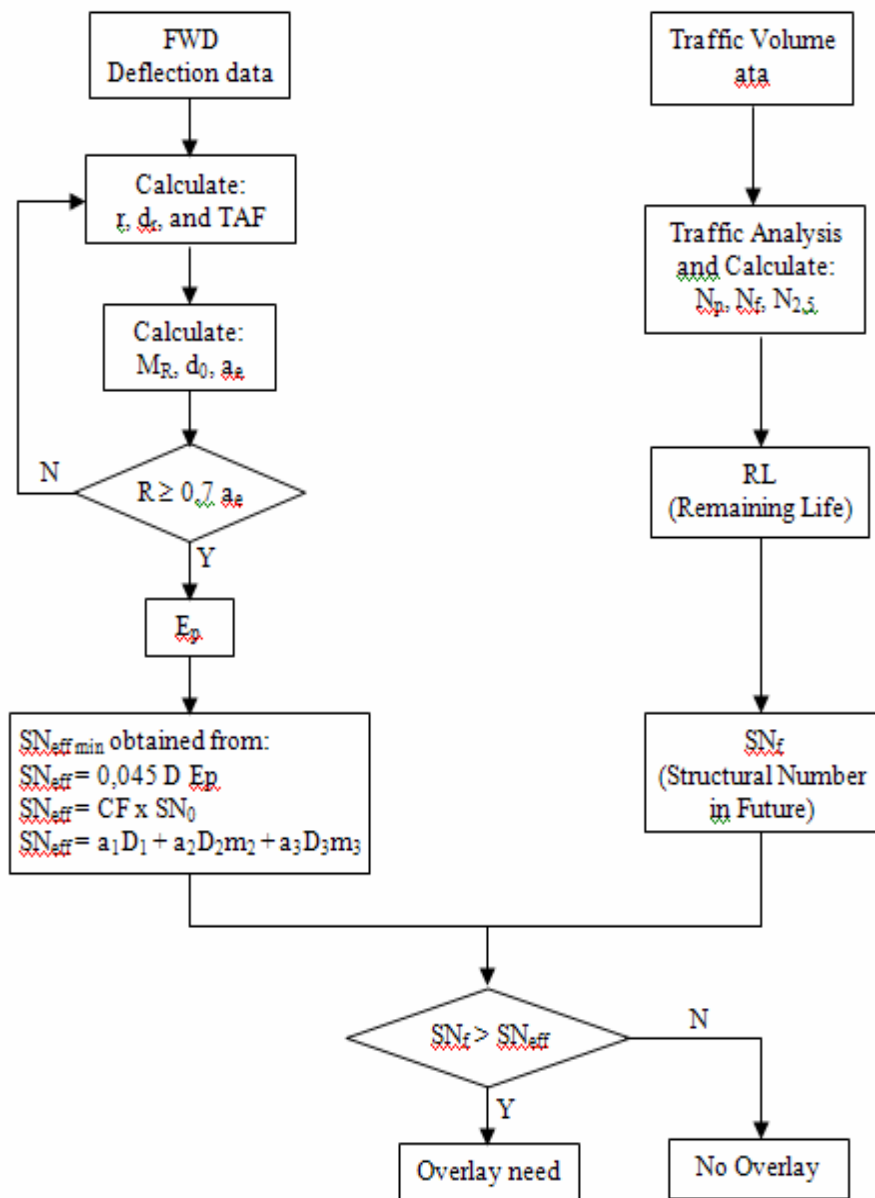
Kesimpulan dari hasil-hasil yang telah disajikan di atas adalah :

- Dengan membandingkan Faktor Truk Rencana dengan Faktor Truk Aktual, untuk beberapa kelas kendaraan, terdapat suatu perbedaan yang cukup signifikan terutama pada tahun 1992. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahun tersebut terjadi *overloading* yang besarnya dapat diprediksi melalui survey WIM. Nilai faktor truk ini berpengaruh terhadap perhitungan kumulatif ESAL yang nilainya akan semakin tinggi dengan meningkatnya nilai faktor truk
- Dengan membandingkan Kumulative ESAL Rencana dan Aktual, selama periode 1988-2008, terdapat suatu perbedaan yang cukup signifikan diantara keduanya. Nilai Kumulatif ESAL Aktual lebih besar dibandingkan Kumulatif ESAL Rencana. Hal ini menunjukkan bahwa asumsi faktor pertumbuhan 7,5 % tidak sesuai dengan tingkat pertumbuhan aktual yang terjadi. Dalam hal ini nilai Kumulatif ESAL Aktual lebih dapat menggambarkan kondisi struktur perkerasan akibat beban kendaraan, sehingga nilai Kumulatif ESAL Aktual dianggap yang lebih menentukan dalam perencanaan tebal *overlay* dibandingkan Kumulatif ESAL Rencana.

- c. Di beberapa bagian jalan Tol Jakarta–Cikampek, perhitungan kekakuan pada setiap lapisan dan perhitungan ketebalan *overlay* dihitung secara teliti. Secara umum kondisi perkerasan di kedua arah jalan tol ini dalam kondisi yang kurang baik yang ditunjukkan dengan tingginya nilai tebal *overlay* yang dibutuhkan (**Tabel 5** dan **6**)
- d. Program *everseries*, dengan analisis mekanistiknya, memberikan analisis yang lebih lengkap dimana evaluasi kondisi perkerasan yang dilakukan tidak hanya pada lapisan permukaan, tapi juga hingga lapisan tanah dasar. Namun analisa yang lebih mendetil sangat diperlukan sebelum metoda tersebut digunakan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *AASHTO® Guide for Design of Pavement Structures 1993*, Washington, USA: AASHTO.
- Firdaus, R., 2006, *Perbandingan Evaluasi Kinerja Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dengan Program ELMOD*, Bandung: Tugas Akhir Program S2, Departemen Teknik Sipil, ITB.
- Ferdian, T., 2008, *Perencanaan Tebal Lapis Tambah/ Overlay pada Perkerasan Lentur Menggunakan Program Everseries*, Bandung: Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil, ITB, Bandung.
- Jasa Marga, 2003, *Volume Lalu-lintas di Jalan Tol Jakarta-Cikampek periode 1988-2002*, Jakarta: PT Jasa Marga.
- Majidzadeh, K., 1982, An overview of Deflection Parameters for Performance Analysis, Trondheim, Norway: *Proceeding International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields*.
- The Asphalt Institute, 1981, *Thickness Design-Asphalt Pavement for Highways and Streets*, College Park Maryland 20740: Manual Series No.1 (MS-1), 9th Edition.
- Washington State Department of Transportation (WSDOT), 2005, USA: *Everseries User's Guide Pavement Analysis Computer Software and Case Studies*.



Sumber : AASHTO, 1993.

Gambar 4. Penentuan tebal overlay berdasarkan metode AASHTO 1993