

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Evaluasi Kondisi Fungsional dan Struktural Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Sebagai Dasar dalam Penanganan Perkerasan Lentur Studi Kasus : Ruas Medan - Lubuk Pakam

M. Yoga Mandala Putra

Program Magister Sistem Teknik dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: yogamandalaputra@gmail.com

Bambang Sugeng Subagio

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: bsugengs@si.itb.ac.id

Eri Susanto Hariadi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: erisdi@yahoo.com

Sri Hendarto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: hendarto_sh2@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan evaluasi fungsional dan struktural pada perkerasan lentur di Jalan Lintas Timur Sumatera Ruas Medan-Lubuk Pakam, serta memberi rekomendasi penanganan berdasarkan hasil evaluasi tersebut. Evaluasi fungsional perkerasan dilakukan berdasarkan metode Bina Marga yaitu mengkombinasikan nilai IRI (International Roughness Index) dan SDI (Surface Distress Index), sedangkan evaluasi struktural perkerasan dilakukan dengan menganalisa nilai lendutan dari pengukuran FWD (Falling Weight Deflectometer) yang dianalisa menggunakan metode AASHTO 1993 dengan outputnya adalah nilai SN (Structural Number), dimana perbandingan $SN_{effective}/SN_{future}$ menghasilkan nilai SCI (Structural Condition Index) yang menentukan apakah suatu perkerasan memerlukan overlay atau tidak. Berdasarkan hasil analisis fungsional dengan mengkombinasikan nilai IRI dan SDI menggunakan metode Bina Marga menghasilkan kondisi jalan masing-masing segmen antara lain sedang dan rusak ringan. Analisis struktural menunjukkan hasil diseluruh segmen menghasilkan nilai $SCI < 1$ yang berarti seluruh segmen telah membutuhkan lapis tambah (overlay).

Kata-kata Kunci: Structural condition index, International roughness index, Surface distress index, AASHTO 1993

Abstract

The aim of this study was to conduct a functional and structural evaluations on the flexible pavement of East Trans-Sumatra Highway, that is Medan-Lubuk Pakam Link, as well as to give maintenance recommendations based on the results of this evaluation. The functional evaluation was performed using Bina Marga method that combines the IRI (International Roughness Index) and SDI (Surface Distress Index) values, whereas the structural evaluation of pavement was conducted by analyzing the deflection value from the FWD (Falling Weight Deflectometer) equipment. The measurement was analyzed by using the AASHTO 1993 method where $SN_{effective}/SN_{future}$ resulted the SCI value (Structural Condition Index) that determines whether a given pavement requires an overlay or not. Based on the results of the Functional Analysis through a combination of the IRI and SDI values, it was revealed that the road condition in each segment was fair and slightly damaged. While the structural analysis showed that all segments had an SCI value of less than one, meaning that all segments need an overlay.

Keywords: Structural condition index, International roughness index, Surface distress index, AASHTO 1993.

1. Pendahuluan

Arus lalu lintas yang tinggi dan beban lalu lintas yang berat pada jalan Lintas Timur Sumatera, harus diimbangi oleh kondisi perkerasan jalan yang baik, sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi jalan secara periodik guna mendapatkan jenis pemeliharaan yang paling tepat. Analisis Struktural perkerasan diperoleh dari nilai parameter *Structural Number* atau SN (AASHTO,1993) pada perkerasan terpasang, untuk mengetahui apakah perkerasan masih mampu menahan beban lalu lintas. Sedangkan Analisis Fungsional perkerasan diperoleh dari nilai parameter pengguna perkerasan (*serviceability*) yang diinginkan oleh pengguna jalan. Kedua parameter ini harus dipadukan agar suatu kinerja jalan dapat tercapai dengan suatu model sebagai fungsi dari beberapa faktor yang didefinisikan sebagai kerusakan jalan yang menyebabkan penurunan kondisi perkerasan baik secara Struktural maupun Fungsional.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan analisa Fungsional dan Struktural dari suatu perkerasan jalan, dimana analisa Fungsional diperoleh dari penilaian secara visual dan juga dari nilai *International Roughness Index* (IRI) yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat *roughometer* NAASRA, yang akan menghasilkan suatu kondisi dan jenis penanganan secara kualitatif (Paterson W et al,1992). Sedangkan analisa Struktural perkerasan dilakukan memakai metode *Nondestructive Deflection Test* (NDT), dimana akan diperoleh nilai Modulus lapisan (*layer modulus*) hasil dari pengukuran menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) (Zhang, et al., 2002). Nilai ini akan dianalisis dan menghasilkan suatu kondisi penanganan secara kuantitatif, yaitu tebal lapis tambah (*overlay*) yang diperlukan serta memberikan rekomendasi penanganan perkerasan berdasarkan hasil analisa tersebut.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 (tiga) tahap analisis yaitu analisis Fungsional, analisis Struktural dan perencanaan Program Pemeliharaan, seperti dapat dilihat pada **Gambar 1** (Yoga, 2013).

Analisis Fungsional perkerasan terdiri dari :

- Pengumpulan data sekunder berupa data ketidakrataan jalan (*roughness*) untuk memperoleh nilai *International Roughness Index* (IRI) dan nilai *Surface Distress Index* (SDI) yang diperoleh berdasarkan hasil Survei Kondisi Jalan (SKJ) yang dilakukan secara visual setiap 100 meter.
- Nilai IRI dan SDI yang telah diperoleh pada masing-masing segmen akan dikombinasikan berdasarkan metode Bina Marga, untuk mendapatkan kondisi

jalan secara kriteria fungsional (IRI dan SDI).

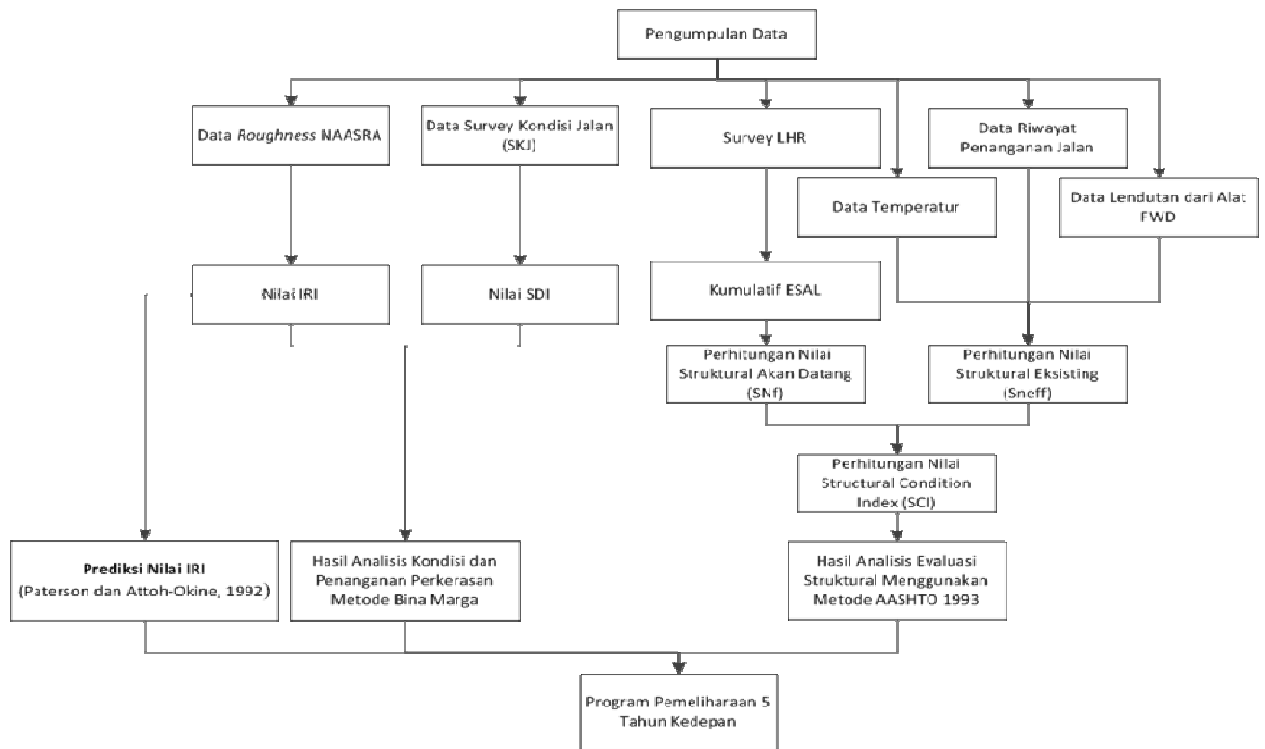
- Berdasarkan kondisi jalan yang telah didapatkan berdasarkan kriteria IRI dan SDI pada tiap segmennya, maka akan diperoleh rekomendasi penanganan untuk masing-masing segmen tersebut (lihat **Tabel 4**).

Analisis Struktural perkerasan terdiri dari :

- Data Lalu lintas Harian rata-rata (LHR) dan data beban sumbu kendaraan diperoleh dari survei primer pada ruas Deli Serdang - Sei Rampah, sedangkan data lendutan FWD, data temperatur perkerasan dan data tebal lapis perkerasan terpasang merupakan data survey sekunder.
- Pertumbuhan rata-rata lalu lintas dihitung dari riwayat data lalu lintas setiap tahun. Nilai ini diperlukan untuk menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas rata-rata (*Average Traffic Growth Factor*).
- Faktor pertumbuhan lalu lintas, data LHR dan nilai Faktor Truk untuk setiap golongan kendaraan; yang merupakan hasil perhitungan beban sumbu, digunakan untuk mencari nilai Kumulatif ESAL (*Equivalent Standard Axle Load*) pada saat ini dan nilai kumulatif ESAL untuk 5 (lima) tahun kedepan.
- Menggunakan metode AASHTO 1993, nilai kumulatif ESAL yang diperoleh akan digunakan untuk mencari nilai SN_f (*Structural Number in Future*). Sedangkan data lendutan FWD dan nilai temperatur perkerasan digunakan untuk menghitung nilai SN_{eff} (*Effective Structural Number*).
- Rasio antara SN_{eff} terhadap SN_f disebut sebagai nilai *Structural Condition Index* (SCI), nilai akan digunakan sebagai acuan apakah perkerasan memerlukan penanganan *overlay* atau tidak, dimana nilai $SCI < 1$ menunjukkan bahwa perkerasan memerlukan *overlay*.

Perencanaan Program Pemeliharaan terdiri dari :

- Penanganan yang dilakukan merupakan kombinasi dari hasil Analisis Fungsional dan Analisis Struktural, dimana kondisi terburuk dari setiap kombinasi pada masing-masing segmen merupakan acuan untuk penentuan jenis penanganan.
- Penanganan dilakukan dengan beberapa jenis skema penanganan, dimana parameter yang digunakan untuk skema penanganan terpilih adalah berdasarkan prediksi penurunan kondisi jalan melalui kenaikan nilai IRI hingga saat tahun yang ditinjau dan juga berdasarkan analisis biaya untuk masing-masing skema penanganan.



Gambar 1. Bagan alur metodologi

3. Presentasi Data

3.1 Data ketidakrataan jalan (*roughness*)

Data kekasaran perkerasan (*roughness*) diperoleh dari survei memakai alat *Roughmeter* NAASRA dan memberikan nilai *International Roughness Index* (IRI) yang menjadi parameter untuk melakukan penilaian kondisi perkerasan secara fungsional. Data IRI yang diperoleh secara sekunder sejak tahun 2011 merupakan nilai IRI pada KM 11+742 sampai dengan KM 22+244 ruas Medan - Lubuk Pakam seperti pada Gambar 2.

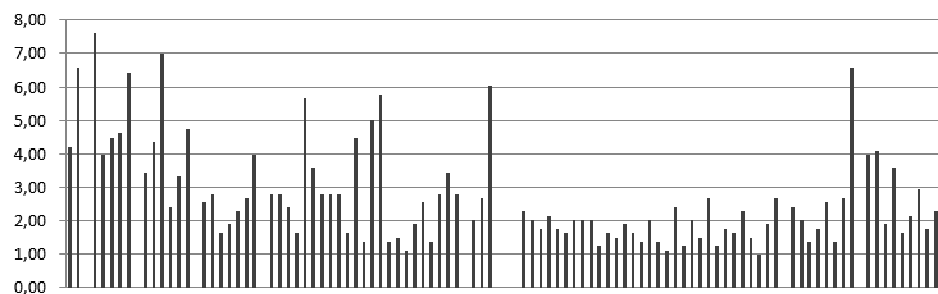
3.2 Data kondisi permukaan perkerasan

Data kondisi permukaan perkerasan diperoleh berdasarkan survei visual setiap 100 meter dengan menggunakan form survei standar Bina Marga. Hasil survei diolah berdasarkan Manual Bina Marga, untuk menghasilkan nilai *Surface Distress Index* (SDI). Data

kondisi permukaan perkerasan untuk KM 19+742 sampai dengan KM 20+642, hasil survei visual tahun 2011 untuk ruas Medan-Lubuk Pakam dan dicatat menggunakan form *Road Condition Survey* (RCS) dari Bina Marga, dapat dilihat pada Tabel 1.

3.3 Data lendutan

Data lendutan diperoleh memakai alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) yang dilakukan tahun 2011. Pengukuran dilakukan pada ruas jalan Medan - Lubuk Pakam untuk interval setiap 500 meter. Alat ini dilengkapi dengan piringan beban berdiameter 300 mm, beban pemberat 200 kg dan tinggi jatuh 315 mm. Jarak antar *deflectometer* ditempatkan antara 0, 200, 300, 450, 600, 900 dan 1500 mm dari pusat beban, dimana tebal total perkerasan eksisting pada ruas jalan yang dikaji adalah kurang dari 400 mm. Pada saat pengukuran lendutan FWD, temperatur perkerasan dan waktu pengukuran juga tercatat oleh alat FWD ini.



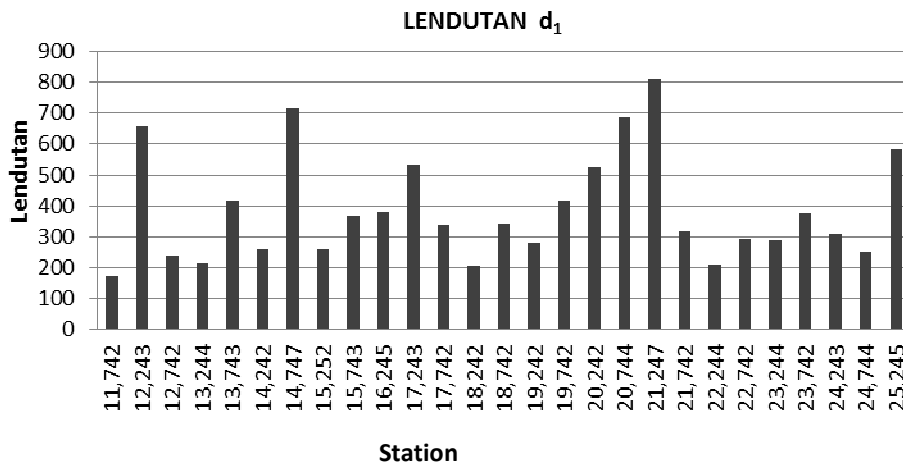
Sumber : Putra, 2013

Gambar 2. Nilai IRI ruas medan-Lubuk Pakam

Tabel 1. Data survei kondisi jalan ruas medan-Lubuk Pakam

Stationing	% Luas Retak	Lebar Retak	Jumlah Lubang	Kedalaman Bekas Roda
KM 19+742 - KM 19+842	10-30%	Sedang 1-5 mm	<10 /Km	1-3 cm
KM 19+842 - KM 19+942	>30%	Lebar > 5 mm	-	-
KM 19+942 - KM 20+042	-	-	-	1-3 cm
KM 20+042 - KM 20+142	>30%	Lebar > 5 mm	<10 /Km	1-3 cm
KM 20+142 - KM 20+242	10-30%	Halus < 1 mm	-	-
KM 20+242 - KM 20+342	10-30%	Halus < 1 mm	-	-
KM 20+342 - KM 20+442	>30%	Lebar > 5 mm	-	-
KM 20+442 - KM 20+542	10-30%	Sedang 1-5 mm	<10 /Km	-
KM 20+542 - KM 20+642	-	-	-	-

Sumber : Putra, 2013



Sumber: Direktorat Bina Teknik, 2011.

Gambar 3. Nilai lendutan pada pusat beban (d₁)

3.4 Data lalu lintas

Data volume lalu lintas merupakan data sekunder untuk tahun 2009 sampai dengan 2013, yang akan digunakan untuk menghitung nilai *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) dalam analisis Kondisi Struktural.

3.5 Data beban sumbu kendaraan

Data beban sumbu kendaraan diperoleh melalui survei dengan sistem penimbangan menggunakan alat *Weight-in-Motion* (WIM). Alat WIM ini melakukan proses perhitungan berat kotor (*gross weight*) pada kendaraan

yang bergerak dan menghitung pula proporsi distribusi berat kendaraan terhadap sumbu dan roda kendaraan tersebut dengan cara mengukur dan menganalisa hasil tekanan dinamis dari roda kendaraan. Data WIM berguna untuk menghitung nilai *Truck Factor* (TF) dari tiap jenis golongan kendaraan. Data beban sumbu yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data survei WIM yang dilakukan pada tahun 2012 pada ruas Deli Serdang-Sei Rampah. Data WIM ini dianggap memiliki karakteristik kendaraan yang sama dengan karakteristik kendaraan yang melintas pada ruas jalan Medan - Lubuk Pakam.

Tabel 2. Volume lalu lintas tahun 2009-2013 Ruas Medan-Lubuk Pakam

GOL	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	TOTAL
WAKTU	SEDAN, ST.WAGON, JEEP	OPLET, PICKUP, COMBISUBURBAN, COMBI & MINIBUS	PICKUP, MOBIL HANTARAN & MOBIL HANTARAN	BU'S KECIL	BU'S BESAR	TRUK RENGAN 2 SUMBU	TRUK SEDANG 2 SUMBU	TRUK 3 SUMBU	TRUK GANDENG	TRUK SEMI TRAILER	
Sam 2-2009	6.301	3.864	1.738	682	156	1.002	609	739	68	127	15.286
Sam 2-2010	6.110	3.598	1.447	616	236	1.092	401	430	96	339	14.365
Sam 2-2011	4.324	4.168	3.496	1.123	1.784	767	561	458	79	500	17.260
Sam 2-2012	6.859	6.528	4.424	951	92	783	631	534	86	508	21.396
Sam 1-2013	7.882	9.744	5.258	600	62	791	556	559	95	531	26.078

Sumber: Putra, 2013

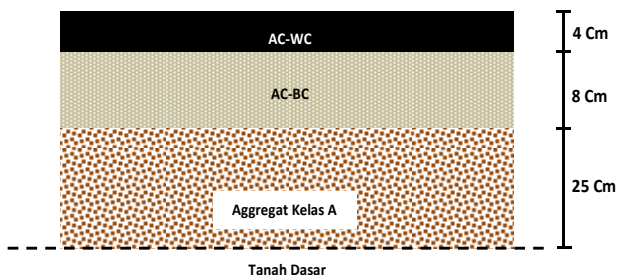
Tabel 3. Data beban sumbu rata-rata untuk Gol. 6B, 7A dan 7C

GOL. Jenis Kendaraan	Pembagian Kelas Kendaraan				
	Gol. 6B 2-axle Truck 1.2	Gol. 7A 3-axle Truck 1.2-2	Gol.7C Semi-Trailer 1.2-2.2.2		1.2.2-2.2.2
		Beban roda rata-rata (Kg)			
W1	5.054	4.870	5.139	4.633	4.842
W2	10.866	10.359	10.521	7.281	8.061
W3		12.688	12.339	9.814	7.837
W4			13.254	11.781	8.468
W5				10.415	9.276
W6					9.267

Sumber: Putra, 2013.

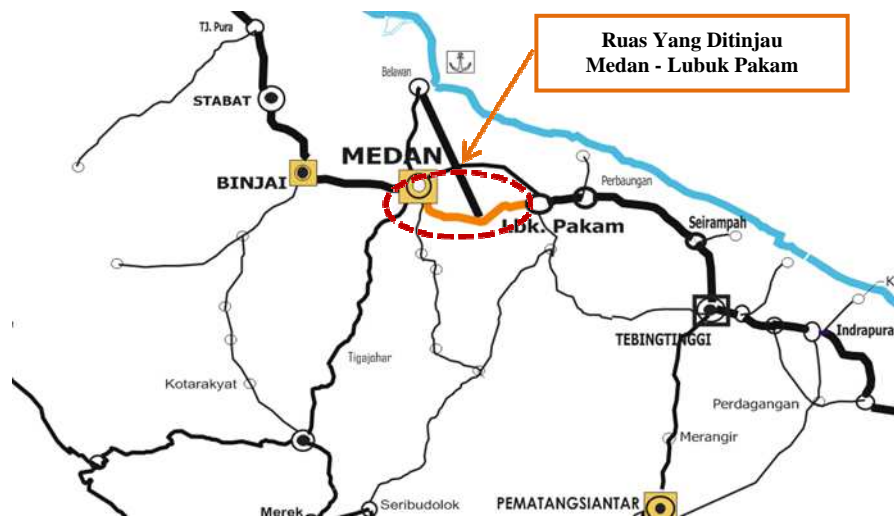
3.6 Data struktur tebal perkerasan

Data struktur tebal perkerasan diperoleh dari hasil pengujian *test pit* yang dilakukan oleh P2JN Provinsi Sumatera Utara pada bulan Mei tahun 2013 untuk ruas Medan - Lubuk Pakam, yaitu pada KM 19+742 sampai dengan KM 21+942, yang dianggap mewakili tebal dan jenis lapis perkerasan dari KM 11+742 sampai dengan 22+244. Berdasarkan data *stripmap* rencana penanganan ruas Medan-Lubuk Pakam, untuk KM 11+742 sampai dengan KM 22+244, belum ada penanganan struktural antara tahun 2006 sampai 2013, sehingga tebal dan jenis lapis perkerasan pada lokasi studi ini, dapat dianggap masih seragam (homogen).



Sumber: Putra, 2013

Gambar 4. Struktur lapisan perkerasan KM 11+742 sampai 22+244

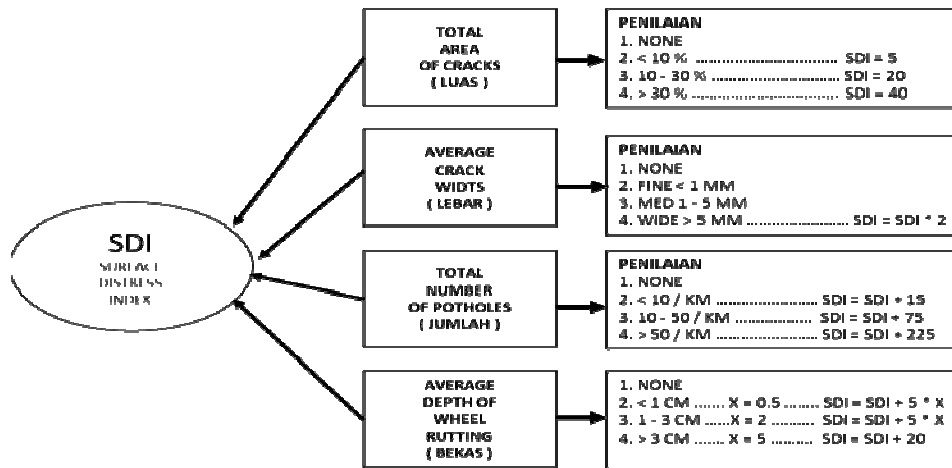


Gambar 5. Peta lokasi ruas yang ditinjau

4. Analisis Data

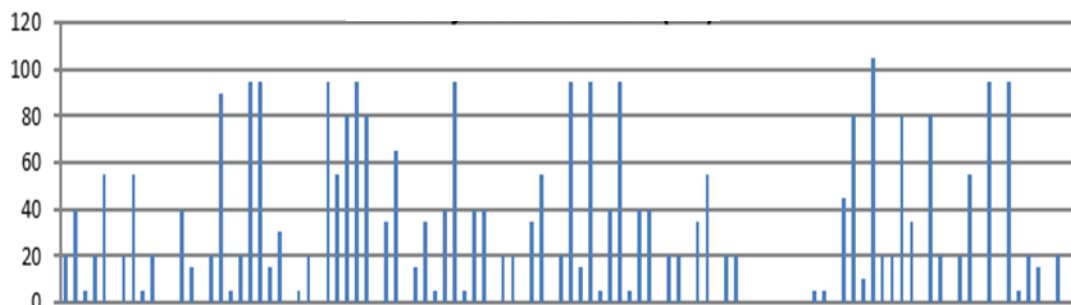
4.1 Analisis kondisi fungsional

Data input yang digunakan dalam Analisis Fungsional adalah data *International Roughness Index (IRI)* dan data survei visual kondisi jalan. Segmentasi terhadap data yang diperoleh disamakan dengan hasil segmentasi data lendutan, untuk mempermudah dalam melakukan analisa penanganan berdasarkan kondisi Fungsional dan Struktural. Data IRI digunakan untuk memprediksi penurunan nilai IRI hingga tahun rencana yaitu antara tahun 2012 sampai 2016 yang sesuai dengan strategi penanganan jalan yang direncanakan. Data kondisi permukaan digunakan untuk menghitung nilai *Surface Distress Index (SDI)* menggunakan metode Bina Marga, dimana parameter yang diperlukan yaitu luas total area retak, lebar rata-rata retak, jumlah lubang dan kedalaman alur roda. Seluruh parameter tersebut diukur setiap 100 m dalam satu ruas, menggunakan panduan form Survei Kondisi Jalan (SKJ) Bina Marga. Nilai *Surface Distress Index (SDI)* didapatkan dari parameter hasil survei kondisi jalan tersebut dan dihitung menggunakan format penilaian yang telah ditetapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Sumber: Direktorat Bina Program, 2011.

Gambar 6. Tata cara perhitungan nilai SDI menurut Bina Marga



Gambar 7. Nilai SDI di ruas Medan-Lubuk Pakam

Nilai SDI yang telah didapatkan per 100 meter, akan disegmentasi sesuai dengan segmentasi hasil analisis lendutan. Nilai SDI kemudian dikombinasikan dengan nilai IRI yang telah disegmentasi dan hasilnya akan merepresentasikan kondisi perkerasan (lihat Tabel 4) dan jenis penanganan yang harus dilakukan. Penggabungan nilai IRI dan SDI ini dilakukan berdasarkan panduan Pedoman Bina Marga dan hasil penggabungan kondisi perkerasan secara fungsional dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 4. Kriteria penilaian kondisi jalan berdasarkan nilai IRI dan SDI

IRI (m/km)	SDI			
	< 50	50 – 100	100 – 150	> 150
< 4	Baik	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Berat
4 – 8	Sedang	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Berat
8 – 12	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Berat
> 12	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat

Sumber: Direktorat Bina Program, 2011

4.2 Analisis lalu lintas dan truk faktor

tingkat pertumbuhan lalu lintas dihitung berdasarkan rata-rata dari tahun 2009 sampai dengan 2013 dengan menggunakan metode increment, yaitu mencari nilai rata-rata dari hasil penjumlahan nilai pertumbuhan dari tahun 2009 sampai 2013. tingkat pertumbuhan kendaraan dari tahun 2009 sampai 2013 ditunjukkan pada Tabel 6.

Truck Factor adalah beban ekuivalen per sumbu (*equivalent axle load*) yang dijumlahkan untuk mewakili setiap jenis kendaraan. Faktor truk per golongan kendaraan ditentukan berdasarkan nilai Faktor Ekuivalen (EF) dari beban sumbu kendaraan yaitu angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh sejumlah lintasan suatu beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu tunggal standar seberat 8,16 ton (18.000 lbs)(lihat Tabel 7).

4.4 Analisis kumulatif ESAL

Nilai Kumulatif ESAL adalah jumlah kumulatif repetisi beban sumbu standar 18000 lbs selama satu tahun, yang diperoleh dengan mengalikan volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun yang ditinjau dengan Faktor Truk per jenis kendaraan, faktor pertumbuhan lalu lintas dan

koefisien distribusi lajur rencana. Perhitungan kumulatif ESAL pada periode 2011 sampai 2016 didasarkan pada volume lalu lintas harian (LHR) antara tahun tersebut yang dikonversikan menjadi nilai ESAL, dimana *Truck Factor* yang digunakan merupakan hasil survei WIM tahun 2012 pada ruas Deli Serdang-Sei Rampah untuk setiap golongan kendaraan. Faktor distribusi kendaraan ringan untuk jalan 4 lajur 2 arah adalah 0,30 dan untuk kendaraan berat adalah 0,45, sedangkan, koefisien distribusi lajur per arah untuk ruas Medan-Lubuk Pakam diasumsikan sebesar 0,50. Hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 8**.

4.5 Analisis kondisi struktural metode AASHTO 1993

4.5.1 Analisis lendutan

Diperlukan segmentasi terhadap data lendutan dari survei FWD untuk memperoleh nilai yang mewakili setiap segmen, sebab data lendutan FWD tersebut nilainya bervariasi. Segmentasi dilakukan dengan mengusahakan agar setiap segmen mempunyai tingkat keseragaman yang lebih kecil dari 30%. Nilai lendutan yang digunakan untuk proses segmentasi adalah nilai

lendutan pada pusat beban (d_1), karena nilai lendutan d_1 tersebut dapat mewakili kondisi lapis perkerasan secara keseluruhan mulai dari lapis permukaan hingga lapis tanah dasar (Hassan, et al., 2003).

Pada **Gambar 8** terlihat bahwa nilai lendutan sangat bervariasi, dimana lendutan pada Sta. 12+243, 14+747, 20+744 dan 21+247 menunjukkan perbedaan nilai yang sangat besar dibanding lendutan pada lokasi lainnya, dimana data yang tidak mengikuti sebagian besar pola sebaran dan terletak jauh dari nilai rata-rata dapat dianggap sebagai data *outlier*.

Oleh karenanya data lendutan maksimum (d_1) pada Sta 12+243, 14+747, 20+744 dan 21+247 dianggap sebagai *outlier* dan tidak diperhitungkan dalam analisis statistik. Nilai-nilai *outlier* tersebut tidak dianalisis lebih lanjut, namun data-data *outlier* tersebut merupakan informasi mengenai kondisi jalan setempat, sehingga diperlukan pengujian khusus dengan melakukan *testpit* atau *core test* untuk mendapatkan penanganan yang sesuai pada lokasi tersebut. Setelah tersegmentasi, dapat dihitung nilai wakil dari masing-masing segmen dengan persyaratan Faktor Keseragaman (FK) lebih kecil dari 30%.

Tabel 5. Kondisi jalan berdasarkan kombinasi nilai IRI dan nilai SDI untuk ruas Medan-Lubuk Pakam

Segmen	Km	Jarak (Km)	Total SDI Wakil	IRI Wakil	Kondisi Jalan	Usulan tipe Penanganan
1	11,742 - 13,244	1,50	58,67	7,99	Sedang	Pemeliharaan Rutin
2	13,244 - 17,243	4,00	108,69	5,40	Rusak Ringan	Pemeliharaan Berkala
3	17,243 - 19,242	2,00	69,85	2,45	Sedang	Pemeliharaan Rutin
4	19,242 - 20,242	1,00	102,16	2,96	Rusak Ringan	Pemeliharaan Berkala
5	20,242 - 22,244	2,00	95,54	5,22	Sedang	Pemeliharaan Rutin

Tabel 6. Volume lalu lintas dan pertumbuhannya

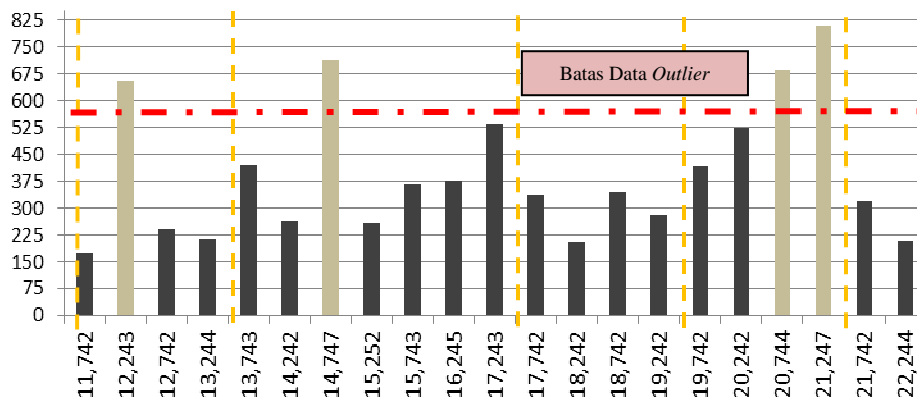
Tahun	Golongan Kendaraan										Total	Pertumbuhan (%)
	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	7C		
2009	6.301	3.864	1.738	682	156	1.002	609	739	68	127	15.286	
2010	6.110	3.598	1.447	616	236	1.092	401	430	96	339	14.365	-6,41%
2011	4.324	4.168	3.496	1.123	1.784	767	561	458	79	500	17.260	16,77%
2012	6.859	6.528	4.424	951	92	783	631	534	86	508	21.396	19,33%
2013	7.882	9.744	5.258	600	62	791	556	559	95	531	26.078	17,95%
Pertumbuhan Rata-rata 2009-2013												11,91%

Tabel 7. Nilai truck factor pada ruas Deli Serdang-Sei Rampah

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Roda	Truck Factor
Golongan 2	1.1	0,0025
Golongan 3	1.1	0,0077
Golongan 4	1.1	0,0034
Golongan 5A	1.1	0,078
Golongan 5B	1.2	0,3919
Golongan 6A	1.2	0,1859
Golongan 6B	1.2	5,3211
Golongan 7A	1.2.2	5,5344
Golongan 7B	1.2.2+2.2	6,1465
Golongan 7C	1.2.2+2.2.2	12,9246

Tabel 8. Nilai kumulatif ESAL aktual Tahun 2011 sampai 2016

Tahun	Nilai Kumulatif ESAL
2011	1.100.838,20
2012	2.332.786,23
2013	3.711.459,27
2014	5.254.332,27
2015	6.980.961,45
2016	8.913.232,16



Gambar 8. Segmentasi lendutan d₁ pada ruas Medan - Lbk. Pakam

Tabel 9. Nilai P_{wakil}, T_{wakil}, d_{1 wakil} dan d_{5 wakil} setiap Segmen

Segmen	Km	Jarak (Km)	P wakil (Kpa)	T wakil (°C)	d _{1 wakil} (x0.001 mm)	d _{5 wakil} (x0.001 mm)
1	11,742 - 13,244	1,50	557,46	80,83	262,71	112,25
2	13,244 - 17,243	4,00	560,67	81,30	539,34	108,01
3	17,243 - 19,242	2,00	560,39	81,26	397,54	86,99
4	19,242 - 20,242	1,00	551,98	80,04	595,12	118,86
5	20,242 - 22,244	2,00	563,94	81,77	390,96	87,05

Modulus Resilien tanah dasar (M_R) dihitung menggunakan nilai lendutan wakil dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 9. Jarak Geophone terhadap pusat beban berturut-turut adalah 0, 200, 300, 450, 600, 900 dan 1500 mm. Analisis nilai M_R dilakukan dengan cara coba-coba, dimulai dari geophone nomor 2 dan diambil nilai terkecil yang memenuhi persyaratan ($r \geq 0,7 a_e$) yaitu lebih besar atau sama dengan 0,70 kali jari-jari cekungan tegangan pada subgrade. Hasilnya adalah lendutan pada geophone nomor 5 (r₅). Menurut AASHTO 1993, nilai Modulus Resilien tanah dasar untuk perencanaan diperoleh dengan mengoreksi nilai Modulus Resilien hasil back calculation tersebut dengan faktor 0.33 (untuk beban FWD, ± 9.000 lbs.) agar menyamai nilai M_R pada model perkerasan dalam AASHTO Road Test.

Nilai Modulus Efektif lapis perkerasan (E_p) dihitung dengan cara iterasi dan hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 10.

Kapasitas struktural perkerasan yang dihitung terdiri dari Structural Number in Future (SN_f), Structural Number Original (SN_o), dan Structural Number Effective (SN_{eff}). SN_f adalah kapasitas struktural perkerasan

berdasarkan lalu lintas dimasa mendatang yaitu pada tahun 2016. Besaran untuk menghitung SN_f adalah menggunakan persamaan umum AASHTO 1993 (Subagio, dkk, 2013), dimana nilai Reliability (R) untuk jalan arteri antar kota adalah 95% sehingga didapat nilai Standart Deviasi (Z_R) sebesar -1,645, Overall standart deviation (So) untuk perkerasan lentur adalah 0,45. Nilai DPSI adalah selisih initial serviceability (Po) sebesar 4,2 dengan terminal serviceability (Pt) sebesar 2,50, untuk jalan raya utama (arteri primer).

SN_o adalah kapasitas struktural hasil penanganan terakhir untuk ruas jalan Medan-Lubuk Pakam. Sedangkan SN_{eff} adalah kapasitas struktur perkerasan pada saat perkerasan dianalisis (2011). Hasil perhitungan nilai Structural Number Effective (SN_{eff}), Structural Number Original dan Structural Number in Future ditunjukkan pada Tabel 11.

Kebutuhan tebal overlay dihitung berdasarkan selisih nilai kapasitas struktural rencana (SN_f) dengan kapasitas struktural efektif (SN_{eff}) minimum serta dibagi dengan koefisien kekuatan relatif (a_{OL}) dari material overlay yaitu campuran LASTON dengan nilai 0,40.

Tabel 10. Nilai M_R dan E_p Pada Ruas Medan - Lubuk Pakam

Segmen	Km	Jarak (Km)	MR (psi)	C	MR (psi)	E _p (psi)
1	11,742 - 13,244	1,50	20.399,81	0,33	6.731,94	168.337,37
2	13,244 - 17,243	4,00	21.322,24	0,33	7.036,34	46.622,91
3	17,243 - 19,242	2,00	26.461,62	0,33	8.732,33	66.481,34
4	19,242 - 20,242	1,00	19.076,20	0,33	6.295,15	41.552,50
5	20,242 - 22,244	2,00	26.611,63	0,33	8.781,84	68.885,39

Tabel 11. Nilai kapasitas struktural awal (SN_o), kapasitas struktural rencana (SN_f) dan kapasitas struktural efektif (SN_{eff})

Segmen	Km	Jarak (Km)	SN_f (2016)	SN_o (2006)	SN_{eff1} (2011)	SN_{eff2} (2011)	SN_{eff3} (2011)	SN_{eff} terpilih (2011)
1	11,742 - 13,244	1,50	5,34	7,38	3,62	5,80	7,08	3,62
2	13,244 - 17,243	4,00	5,26	7,38	2,36	5,80	7,12	2,36
3	17,243 - 19,242	2,00	4,90	7,38	2,66	5,80	7,23	2,66
4	19,242 - 20,242	1,00	5,45	7,38	2,27	5,80	7,01	2,27
5	20,242 - 22,244	2,00	4,89	7,38	2,69	5,80	7,23	2,69

Tabel 12. Kebutuhan tebal lapis tambah (D_{ov})

Segmen	Km	Jarak (Km)	SN_f	SN_{eff}	SCI (SN_{eff}/SN_f)	a_{OL}	D_{ov} (inch)	D_{ov} (cm)	D_{ov} Pelaksanaan (cm)
1	11,742 - 13,244	1,50	5,34	3,62	0,68	0,4	4,29	11	11
2	13,244 - 17,243	4,00	5,26	2,36	0,45	0,4	7,25	18	18
3	17,243 - 19,242	2,00	4,90	2,66	0,54	0,4	5,61	14	14
4	19,242 - 20,242	1,00	5,45	2,27	0,42	0,4	7,95	20	14
5	20,242 - 22,244	2,00	4,89	2,69	0,55	0,4	5,51	14	14

Terlihat bahwa pada segmen 4 sepanjang 1 Km, tebal *overlay* yang dibutuhkan adalah 20 cm, sejalan dengan nilai SDI >100 yang menggambarkan bahwa kondisi jalan di segmen 4 tersebut telah terjadi retak, lubang ataupun alur roda. Tebal *overlay* yang dibutuhkan segmen 3 dan segmen 5 sepanjang 4 Km adalah 14 cm, sehingga untuk mempermudah pelaksanaan dibutuhkan penyeragaman tebal *overlay* menjadi 14 cm, khususnya pada segmen 4, yaitu sama dengan tebal *overlay* segmen 3 dan 5. Namun pada segmen tersebut telah terjadi retak, lubang ataupun alur roda, sehingga harus dilakukan *patching* terlebih dahulu yang bertujuan untuk memperbaiki kondisi struktur perkerasan pada lokasi-lokasi yang mempunyai retak, lubang ataupun alur roda tersebut.

4.5 Rencana program pemeliharaan

Rencana Program pemeliharaan selama 5 tahun kedepan (2012-2016) disusun berdasarkan hasil evaluasi kondisi Fungsional dan Struktural Perkerasan tahun 2011, dengan beberapa batasan atau asumsi sebagai berikut (Putra, 2013):

1. Penanganan jalan dilakukan dengan 2 (dua) skema alternatif, yaitu konstruksi *overlay* secara langsung dan konstruksi *overlay* secara bertahap. Untuk konstruksi langsung, penanganan dilakukan tahun 2012, sedangkan untuk konstruksi bertahap,

penanganan direncanakan dilakukan pada tahun 2012 dan tahun 2015.

2. Jenis penanganan yang dipilih adalah berdasarkan kondisi perkerasan terburuk antara hasil evaluasi struktural dan evaluasi fungsional, misalnya hasil evaluasi fungsional mengkategorikan dalam kondisi "Baik atau Sedang" sehingga perlu penanganan dengan pemeliharaan rutin saja, namun apabila hasil evaluasi struktural menghasilkan SCI <1,00 maka akan dilakukan tindakan *overlay* yang merupakan jenis penanganan peningkatan struktur perkerasan atau rekonstruksi.
3. Dalam model prediksi nilai IRI, maka nilai IRI setelah dilakukan *overlay* diasumsikan mempunyai nilai awal 2,00 m/km.
4. Analisis biaya untuk penanganan pada ruas ini diasumsikan tidak terbatas (*unlimited budget*), namun perlu disiapkan 2 (dua) skema penanganan, yaitu secara langsung dan bertahap, untuk melihat dampak penurunan kondisi jalan dan juga perbedaan total biaya konstruksi selama masa pemeliharaan.

Hasil perencanaan tebal *overlay*, untuk penanganan secara Langsung dan Bertahap, ditunjukkan dalam **Tabel 13** berikut ini.

Tabel 13. Tebal *overlay* dengan penanganan langsung dan bertahap

Segmen	Km	Jarak (Km)	Penanganan Langsung	Konstruksi Bertahap	
			(5 tahun)	Tahap I (3 Tahun)	Tahap II (2 Tahun)
			(cm)	(cm)	(cm)
1	11,742 - 13,244	1,50	11	6	5
2	13,244 - 17,243	4,00	18	9	9
3	17,243 - 19,242	2,00	14	9	5
4	19,242 - 20,242	1,00	14	9	5
5	20,242 - 22,244	2,00	14	9	5

Tabel 14. Biaya penanganan skema langsung dan bertahap

Penanganan	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Overlay</i> Langsung	19.692.217.540	363.830.000	380.857.244	397.881.563	409.340.552
<i>Overlay</i> Bertahap	11.044.690.888	363.830.000	380.857.244	9.614.951.532	409.340.552

Perbedaan kenaikan nilai IRI pada 2 (dua) skema penanganan ternyata tidak terlalu berbeda secara signifikan, sehingga penentuan jenis skema penanganan yang digunakan harus juga dilihat berdasarkan analisis biaya, dimana jenis penanganan jalan bila tidak dilakukan *overlay* pada tahun tersebut adalah Pemeliharaan Rutin. Perhitungan dilakukan menggunakan harga satuan tahun 2013 dan prediksi inflasi dari Direktorat Jendral Bina Marga (Direktorat. Bina Program, 2012).

Sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 14** di atas, bahwa Selisih biaya penanganan untuk skema *overlay* langsung dan skema *overlay* bertahap selama 5 (lima) tahun adalah Rp. 569.543.317,00 yang berarti bahwa akan lebih efisien bila dilaksanakan penanganan dengan skema *overlay* langsung.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian diatas, didapat beberapa kesimpulan berikut :

1. Berdasarkan kajian Analisis Fungsional; yaitu kombinasi nilai IRI dan SDI, menghasilkan bahwa kondisi perkerasan pada ruas jalan Medan-Lubuk Pakam, masih dalam kategori sedang dan rusak ringan, sehingga hanya memerlukan Pemeliharaan Rutin dan Pemeliharaan Berkala.
2. Berdasarkan kajian Analisis Struktural; menggunakan Metoda AASHTO 1993, diperoleh bahwa struktur perkerasan pada ruas jalan Medan-Lubuk Pakam perlu diperkuat dan memerlukan *overlay* struktural, dengan tebal *overlay* bervariasi antara 11 cm sampai 20 cm.
3. Kajian terhadap rencana Program Pemeliharaan 5 (lima) tahun kedepan, memakai 2(dua) versi: *overlay* langsung dan *overlay* bertahap, diperoleh bahwa penanganan secara langsung akan lebih ekonomis, dengan syarat tersedia biaya yang besar pada tahun pertama, guna melakukan penanganan *overlay* sesuai perhitungan dari kajian ini.

Daftar Pustaka

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993, *Guide for The Design of Pavement Structures*, Washington D.C.
- Direktorat Bina Program Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, 2011,

Manual Survey Kondisi Jalan, Jakarta.

Direktorat Bina Program Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *Pekerjaan Penyusunan Review Harga Satuan Penyelenggaraan Jalan Nasional*, Jakarta.

Hassan, H.F., Mousa, R.M., and Gadallah, A.A., 2003, Comparative Analysis of Using AASHTO and WESDEF Approaches in Back-calculation of Pavement Layer Moduli, United States of America.: *Journal of Transportation Engineering ASCE*, Vol.129.

Paterson, W., Okine, B., 1992, *Simplified Models of Paved Road Deterioration Based on HDM-III*, Presentation to the Annual Meeting of Transportation Research Board.

Putra, M.Y., 2013, *Penanganan Perkerasan Lentur Berdasarkan Kondisi Fungsional dan Kondisi Struktural Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 pada Jalan Lintas Timur Sumatera ruas Medan-Lubuk Pakam*, Tesis Program Magister STJR, Institut Teknologi Bandung.

Subagio, B.S., Care, F., Rahman, H., Kusumawati, A., 2013, Structural and Functional Evaluation of Flexible Pavement Structure Using Indonesian Bina Marga's Criteria and AASHTO-93 Method Case Studi : Ciasem-Pamanukan Section, Taipei, Taiwan: *Proceeding of 10th International Conference of EASTS*.

Zhang, Z., Claros, G., Manuel, L., Damnjanovic, I., 2002, *Evaluation of The Pavement Structural Condition at Network Level using Falling Weight Deflectometer (FWD) Data*, The 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board.