

Evaluasi Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2013 Studi Kasus: Jalan Nasional Losari - Cirebon

Akhmad Haris Fahrudin Aji

Alumni Sistem Teknik dan Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan - Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: h4riez_civilliant@yahoo.com

Bambang Sugeng Subagio

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

Eri Susanto Hariyadi

Kelompok Keahlian Rekayasa Transportasi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan - Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: erisdi@yahoo.com

Widyarini Weningtyas

Kelompok Keahlian Rekayasa Transportasi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan - Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132, E-mail: reenee.filan@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis struktural perkerasan lentur, dengan metode Bina Marga 2013 dan membandingkan dengan metode AASHTO 1993, dimana keduanya merupakan bagian dari evaluasi metode non-destructive. Evaluasi struktural perkerasan lentur dengan Metode AASHTO 1993 dilakukan berdasarkan nilai lendutan $d1$ dan $d6$ dari survei FWD (Falling Weight Deflectometer) untuk menentukan nilai Modulus Resilien tanah dasar (M_R) dan Modulus Efektif Perkerasan (E_P) yang kemudian digunakan dalam menentukan nilai SN_{eff} (Structural Number Effective), nilai SN_f (Structural Number in Future), serta tebal lapis tambah (overlay). Sedangkan untuk Metode Bina Marga 2013, langkah pertama dalam evaluasi adalah dengan melakukan analisis pemilihan jenis penanganan yang didasarkan pada tiga nilai pemicu yaitu: Pemicu Lendutan, Pemicu IRI, dan Pemicu Kondisi, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan tebal lapis tambah (overlay) melalui pendekatan desain mekanistik dengan cara grafis dan Prosedur Mekanistik Umum (GMP). Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (overlay) perhitungan Bina Marga 2013, lebih tipis dibandingkan dengan perhitungan AASHTO 1993 untuk asumsi pemodelan yang sama, hal ini dikarenakan metode Bina Marga 2013 menggunakan cara analitis dengan bantuan program CIRCLY sehingga analisa tegangan regangan sebagai respon struktural perkerasan dapat diketahui lebih teliti dan mewakili kondisi yang sebenarnya dilapangan, dibandingkan cara analitis-empiris yang digunakan pada metode AASHTO 1993.

Kata-kata Kunci : Metode AASHTO 1993, Metode Bina Marga 2013, Model lapis perkerasan lentur, Tebal lapis, Tambah

Abstract

The purpose of of this research is to analyze structural flexible pavement by using Bina Marga 2013 Method and comparing with AASHTO 1993 Method, both of which are part of the non-destructive evaluation methods. Structural evaluation of flexible pavement by AASHTO 1993 Method carried out based on data deflections $d1$ and $d6$ of survey FWD (Falling Weight Deflectometer) to calculate value of Resilient Modulus of subgrade (M_R) and Pavement Effective Modulus (E_P), and then it used to determine SN_{eff} value (Structural Number Effective), SN_f value (Structural Number in the Future), and overlay thickness. While Bina Marga 2013 Method, first step of evaluation is analyzing the choice of treatment which is based on 3 trigger value, ie: Deflection Trigger, IRI Trigger, and Conditions Trigger, then continued by calculation of overlay thickness through mechanistic design approaches with graphics and General Mechanistic Procedure (GMP). Comparison of the two methods shows that overlay thickness calculation of Bina Marga 2013, is thinner than calculation of AASHTO 1993 for the same modeling assumptions, this is because Bina Marga 2013 using the analytical method with the help of CIRCLY programs so that strain stress analysis of structural as a response of pavement can be determined more accurately and represent the actual conditions on site, compared to analytical-empirical method used in AASHTO 1993 Method.

Keywords: AASHTO 1993 Method, Bina Marga 2013 Method, Modeling assumptions Pavement layer, Overlay Thickness.

1. Pendahuluan

Salah satu langkah strategis Ditjen Bina Marga adalah dengan mengembangkan dan meningkatkan pendekatan perencanaan dan desain untuk mengakomodasi terhadap tantangan-tantangan terkait isu kinerja aset jalan. Dan saat ini Ditjen Bina Marga telah mengeluarkan Manual Desain Perkerasan Jalan terbaru yaitu tahun 2013, merevisi ataupun mengganti pedoman desain perkerasan yang ada.

Diharapkan dengan adanya Manual yang baru ini tantangan-tantangan yang dimaksudkan tersebut dapat diakomodasi secara komprehensif dan dideskripsikan melalui pendekatan dengan desain mekanistik. Dan dikarenakan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013 ini masih tergolong baru, maka diperlukan studi-studi lapangan untuk menggambarkan dan mendukung langkah-langkah dalam manual desain ini. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka topik utama dari penelitian ini adalah melakukan analisis terhadap struktural perkerasan jalan *existing*, melalui pendekatan-pendekatan menggunakan Metode Bina Marga 2013 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan juga sebagai perbandingan menggunakan Metode AASHTO 1993, dimana keduanya merupakan bagian dari evaluasi metode *non-destructive* yang artinya proses evaluasi dilakukan tanpa merusak perkerasan jalan tersebut.

Adapun data yang dihasilkan dari evaluasi metode *non-destructive* ini adalah berupa lendutan (*deflection*), kemudian nilai ini akan diiterasi sehingga akan diperoleh nilai-nilai modulus yang mewakili struktur perkerasan tersebut. Lendutan (*deflection*) ini didapat dengan menggunakan alat khusus yaitu alat Benkelman Beam (BB) menghasilkan karakteristik berupa Lendutan Balik (*rebound deflection*) ataupun alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) menghasilkan karakteristik berupa Lengkung Lendutan (*Bowl Deflection*), yang nantinya output dari penelitian ini berupa tebal lapis tambah (*overlay*), umur sisa perkerasan (*remaining life*) serta perbandingan parameter-parameter apa saja yang paling berpengaruh terhadap hasil yang didapat diantara kedua metode yang digunakan yaitu Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis struktural perkerasan lentur, dengan metode Bina Marga 2013 dan membandingkan dengan metode AASHTO 1993.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis struktural perkerasan lentur, dengan metode Bina Marga 2013 dan membandingkan dengan metode AASHTO 1993.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini dibagi menjadi 4 tahapan utama yaitu Tahap Persiapan, Tahap Pengumpulan Data, Tahap Kegiatan Analisis, Tahap Pengambilan Kesimpulan dan Saran. Adapun tahapan yang paling utama ialah Tahap Kegiatan Analisis yang terdiri dari 3 bagian : Analisis Metode AASHTO 1993, Analisis Metode Bina Marga 2013, Analisis Perbandingan Kedua Metode.

2.1 Analisis Metode AASHTO 1993

a. Pengolahan data input, data-data yang diperoleh sebelum digunakan untuk proses analisis terlebih dahulu disusun, dihitung dan disesuaikan dengan kebutuhan data yang diinginkan.

b. Penentuan Modulus Resiliens, ditentukan dari hasil pengujian defleksi dengan alat uji FWD, Modulus Resiliens (M_R) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$MR = C \frac{0,24 \cdot P}{dr \cdot r}$$

Dimana :

MR = Modulus Resilien tanah dasar, Psi

P = beban, lbs

dr = lendutan yang diukur pada jarak r , inchi

r = radius terhadap lendutan yang diukur, inch

z = Faktor koreksi ($C_{maks} = 0,33$)

c. Penentuan nilai Modulus Elastisitas Effektif (E_p), nilai E_p didasarkan pada besaran lendutan yang terjadi di bawah pusat beban pelat (d_0) yang telah disesuaikan atau dikoreksi dengan faktor koreksi temperatur (*Temperature Adjustment Factor (TAF)*).

d. Melakukan Perhitungan nilai Kapasitas Struktural Perkerasan (SN), yang terdiri dari 3 yaitu: Kapasitas Struktural Awal (SN_o), Kapasitas Struktural Lalu Lintas Rencana (SN_f), dan Kapasitas Struktural Effektif (SN_{eff}). SN_{eff} adalah nilai kapasitas struktur perkerasan yang ada pada waktu kondisi saat ini ditentukan berdasarkan: Tebal dan nilai modulus efektif (E_p), Kekuatan relatif bahan lapis perkerasan (a) dan sistem drainase (m), umur sisa perkerasan

e. Perhitungan tebal overlay (DoL) dengan persamaan AASHTO sebagai berikut :

$$DoL = \frac{SN_{ol}}{A_{ol}} = \frac{(SN_f - SN_{eff})}{A_{ol}}$$

DoL = Tebal lapis tambah rencana (inchi)

SN_oL = Structural Number *overlay* yang direncanakan

SN_f = Structural Number yang akan datang

SN_{eff} = Structural Number perkerasan yang terpasang

AoL = Koefisien Struktural Perkerasan yang akan digunakan

2.2 Analisis Metode Bina Marga 2013

- Pengolahan data input, data-data terlebih dahulu disusun, dihitung dan disesuaikan dengan kebutuhan data yang diinginkan seperti data LHR, data IRI, data Lentutan FWD, data Struktur Perkerasan terpasang.
- Penentuan Jenis Penanganan, yang didasarkan pada nilai lentutan yang didapat dari alat uji FWD maupun BB. Didalam melakukan analisis jenis penanganan digunakan Nilai Pemicu yang didefinisikan sebagai nilai batas dimana suatu penanganan perlu atau layak dilaksanakan, terdapat tiga Nilai Pemicu yang dipakai, yaitu Pemicu Lentutan, Pemicu IRI dan Pemicu Kondisi.
- Penentuan Tebal Lapis Tambah untuk Perbaikan Struktur Perkerasan berdasarkan Kondisi Struktur Jalan dan Beban Lalu lintas. Pendekatan dalam penentuan lapis tambah/ overlay struktural secara umum terdapat dua kriteria, yakni kriteria deformasi

permanen dan kriteria fatigue.

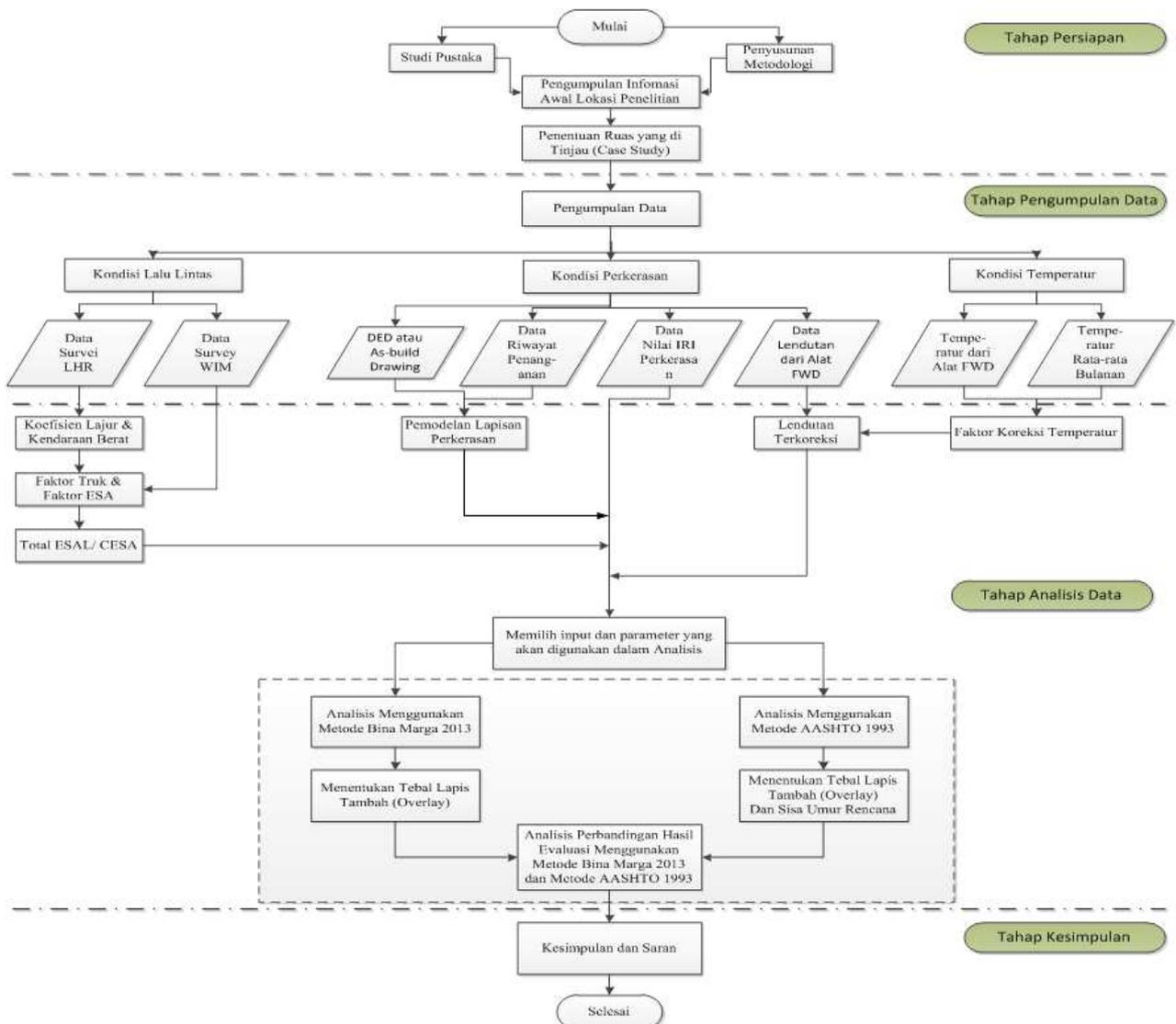
2.3 Analisis perbandingan kedua metode

- Perbandingan berdasarkan Input dan Kebutuhan Data
- Perbandingan berdasarkan Proses Analisis
- Perbandingan berdasarkan Hasil Analisis

3. Presentasi Data

3.1 Lokasi atudi kasus

Lokasi studi yang dipilih adalah ruas jalan Losari - Cirebon yang terletak di Propinsi Jawa Barat. Ruas jalan ini merupakan bagian dari ruas jalan nasional (berdasarkan SK Menteri Pekerjaan Umum, No. 631/KPTS/M/2009). Panjang total Jalan Nasional Losari - Cirebon yang dievaluasi adalah 27,68 km meliputi KM 27+680 sampai dengan KM 00+000 (KM. Losari).



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3.2 Data kondisi lalu lintas

Adapun data mengenai Kondisi Lalu Lintas diruas Jalan Losari – Cirebon ini meliputi data-data tentang :

3.2.1 Data historis volume lalu lintas

Data time series dari tahun 2009 s/d tahun 2013 yang merupakan data sekunder yang diperoleh dari data IRMS pada segmen jalan ruas Jalan Losari - Cirebon. Data ini akan digunakan pada perhitungan nilai kumulatif beban dan perkiraan tingkat pertumbuhan lalu lintas untuk analisis kondisi struktural.

3.2.2 Data beban sumbu

Data beban sumbu diperoleh melalui survei dengan sistem penimbangan menggunakan alat *Weight in Motion (WIM)*. Survei WIM berupa survei proses perhitungan berat kotor (*gross weight*) kendaraan yang bergerak dan proporsi pembagian berat kendaraan terhadap roda dan sumbu kendaraan tersebut dengan cara mengukur dan menganalisa hasil tekanan dinamis pada roda kendaraan. Data WIM berguna untuk memperoleh nilai Faktor Beban Sumbu dari tiap jenis golongan kendaraan. Data beban sumbu yang

digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data hasil survei WIM dilakukan tahun 2010 di ruas jalan Cirebon -Losari.

3.3 Data kondisi perkerasan

3.3.1 Data struktur perkerasan

Data Struktur Perkerasan merupakan data sekunder yang mengacu pada data penanganan hingga tahun 2012 yang diperoleh dari SNVT P2JN Provinsi Jawa Barat. Maka lapis struktur perkerasan jalan eksisting terdiri dari:

3.3.2 Data kekasaran jalan (*Roughness*)

Data kekasaran jalan (*roughness*) diperoleh dari survei menggunakan alat Roughmeter NAASRA menghasilkan nilai International Roughness Index (IRI) yang menjadi parameter untuk melakukan penilaian kondisi perkerasan secara fungsional. Data IRI yang diperoleh secara sekunder pada tahun 2013 semester 2 merupakan nilai IRI KM 00+000 s/d 27+680 (Km. Losari) ruas jalan Losari – Cirebon.

3.3.3 Data lendutan dan temperatur

Data lendutan dan temperatur perkerasanyang dipakai dalam penelitian ini adalah data sekunder kondisi

Tabel 1. Volume lalu lintas tahun 2009 - 2013 ruas Losari - Cirebon

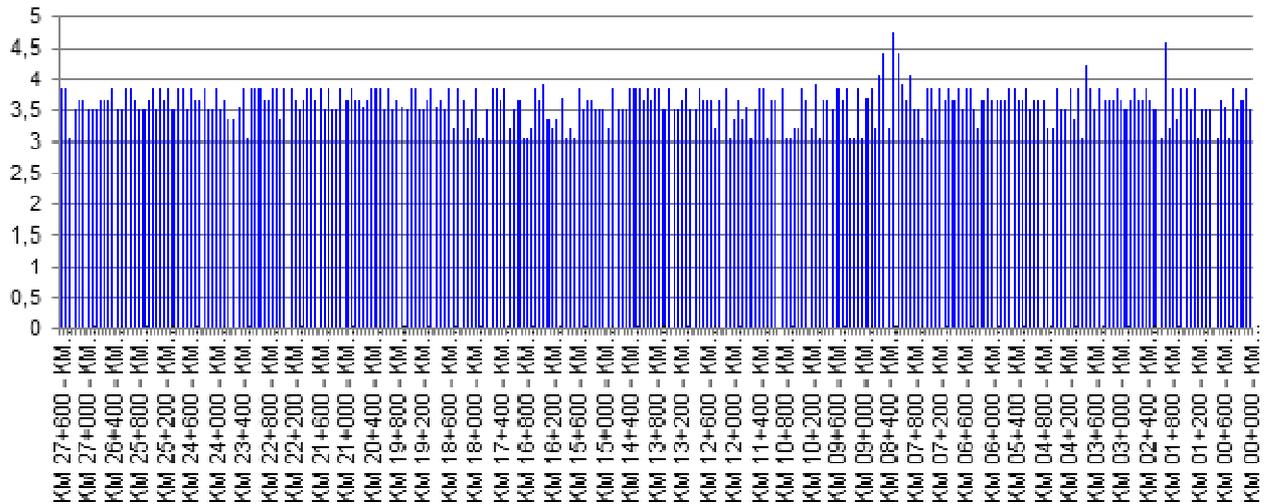
PANJANG (KM)	NILAI AADT	KENDARAAN KM PER TAHUN	KELAS KENDARAAN (VEHICLE CLASS)										TAHUN
			Kendaraan Ringan					Kendaraan Berat					
			Car	Util 1	Util 2	Small Bus	Large Bus	Truck 2x a)	Truck 2x b)	Truck 3x a)	Truck 3x b)	Truck 3x c)	
			Veh 2	Veh 3	Veh 4	Veh5a	Veh5b	Veh6a	Veh6b	Veh7a	Veh7b	Veh7c	
27,68	26.659	269.341.209	7.138	8.817	5.184	248	794	671	3.585	104	34	84	2009
27,68	27.196	274.766.627	7.281	8.994	5.288	253	810	685	3.657	107	35	86	2010
27,68	28.794	290.911.541	7.709	9.522	5.599	268	858	725	3.872	113	37	91	2011
27,68	29.880	301.883.616	8.000	9.881	5.810	278	890	752	4.018	117	39	95	2012
27,68	29.914	302.227.125	8.009	9.892	5.816	279	891	753	4.023	117	39	95	2013

Sumber: Subdit PESK, Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.

Tabel 2. Data beban sumbu ruas Losari - Cirebon

GOL	Pembagian Kelas Kendaraan				
	GOL. 6B	GOL. 7A	GOL. 7C		
	2-axle Truck	3-axle Truck	Semi-Trailer		
Jenis Kendaraan	1.2	1.2-2	1.2-22	1.2-222	1.22-222
Beban Roda Rata-rata (kg) :					
W1	4.984	4.180	4.875	4.905	4.252
W2	11.996	10.449	12.268	12.261	10.629
W3		16.925	18.745	15.903	14.851
W4			15.467	13.998	13.693
W5				15.067	12.555
W6					16.194

Sumber : Subdit Teknik Jalan, 2010



Sumber: Subdit PESK, Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.

Gambar 2. Nilai IRI Ruas Losari - Cirebon

struktural dari alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)* pada tahun 2012 pada ruas jalan Losari – Cirebon. Alat ini terdiri dari piringan beban berdiameter 300 mm, beban pemberat 200 kg dan tinggi jatuh 315 mm. Alat FWD ini mempunyai 9 buah deflector, dengan jarak antar deflectometer yaitu 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, dan 1500 mm dari pusat beban. Pada saat pengukuran lendutan dengan FWD, temperatur perkerasan dan waktu pengukuran juga tercatat oleh alat ini.

4. Analisa Data

4.1 Analisis Metode AASHTO 1993

4.1.1 Analisis data lalu lintas

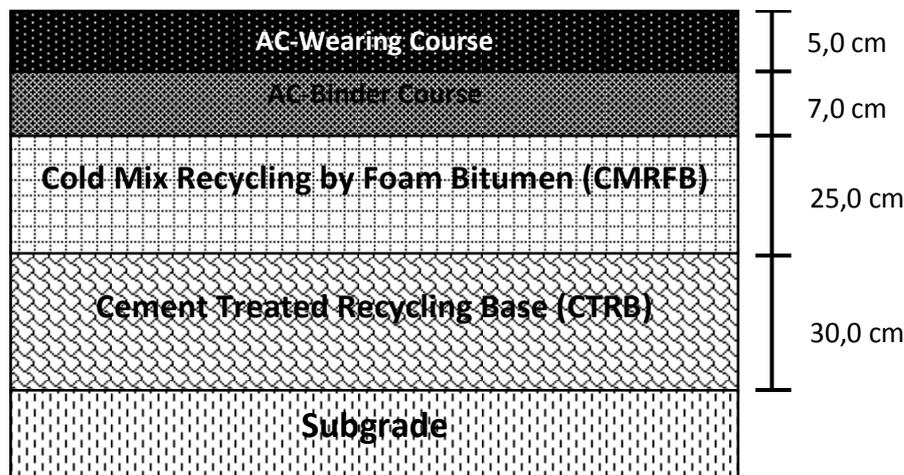
Terdapat 3 tahapan secara umum dalam melakukan Analisis Data Lalu Lintas, yang pertama adalah analisis Growth Factor (Faktor Pertumbuhan), kedua ialah analisi Truck Factor (Faktor Truk), dan yang

ketiga ialah perhitungan Kumulatif ESAL aktual dan ESAL rencana.

Adapun nilai tingkat pertumbuhan lalu lintas (i) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

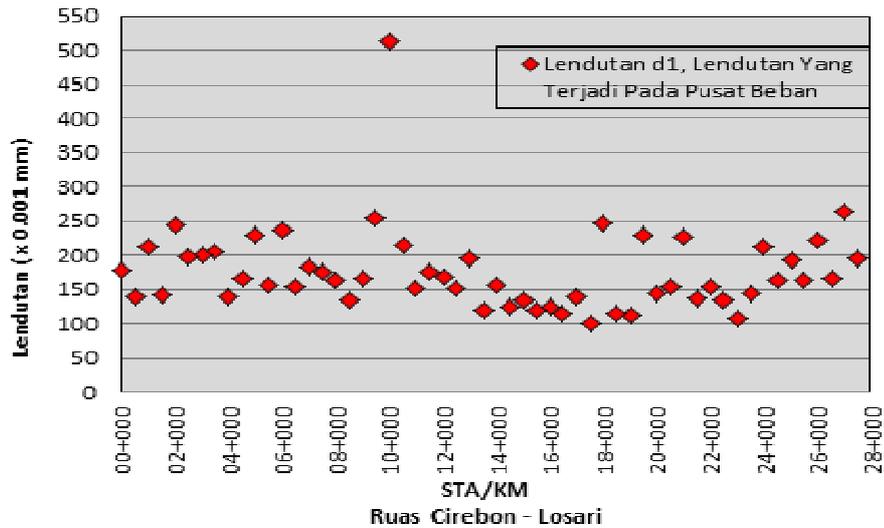
$$i_n = \frac{LHR_n - LHR_{n-1}}{LHR_{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

Sedangkan angka *Truck Factor (TF)* dari beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh sejumlah lintasan suatu beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18.000 lbs). Didalam penelitian ini nilai Truck Factor (TF), adalah merupakan hasil dari perhitungan beban sumbu survey WIM untuk golongan kendaraan 6B, 7A, dan 7C serta untuk kendaraan golongan 2, 3, 4, 5A, 5B, 6A dan 7B nilai TF-nya didasarkan pada nilai

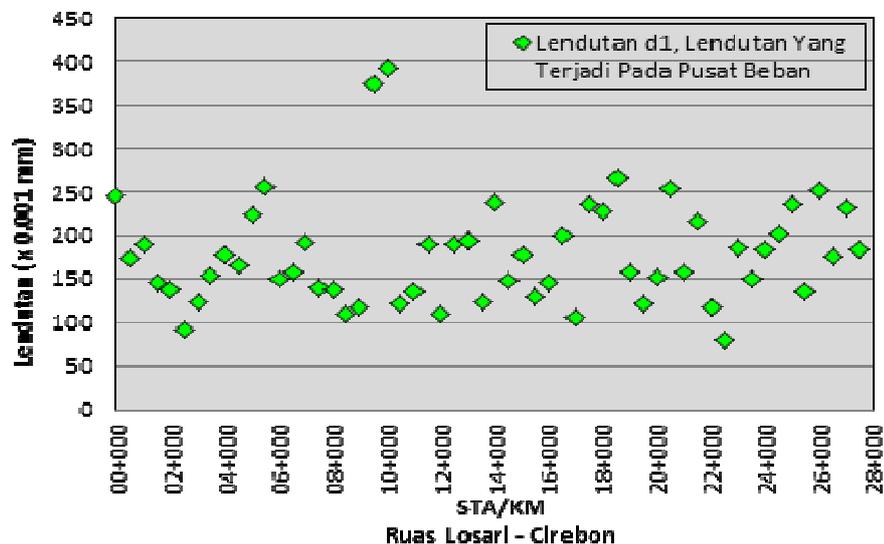


Sumber: SNVT P2JN Provinsi Jawa Barat, 2012.

Gambar 3. Komposisi struktur perkerasan ruas jalan Losari – Cirebon



Gambar 4. Data lendutan d1 ruas jalan arah Cirebon – Losari



Gambar 5. Data lendutan d1 ruas jalan arah Losari – Cirebon

Tabel 3. Tingkat pertumbuhan lalu ruas Cirebon - Losari

Tahun	Total Kendaraan (4 lajur /2 arah)	Tingkat Pertumbuhan
2009	26.659,00	
2010	27.196,00	2,01%
2011	28.794,00	5,88%
2012	29.880,00	3,77%
2013	29.914,00	0,11%
Rata - rata		2,94%

Truck Factor yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan, untuk wilayah Pantura Jawa Barat, maka dari itu nilai Truck Factor yang dipakai adalah disajikan dalam **Tabel 4**.

Analisis Kumulatif ESAL adalah jumlah kumulatif repetisi beban ekuivalen 18 ESAL selama satu tahun.

Repetisi beban ekuivalen 18 ESAL diperoleh dengan mengalikan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada tahun yang ditinjau dengan Truck Factor, faktor pertumbuhan lalu lintas, koefisien distribusi arah, koefisien distribusi lajur dan banyaknya hari dalam satu tahun. Faktor distribusi kendaraan sebesar 0,3 untuk kendaraan ringan dan 0,45 untuk kendaraan berat. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Dan dari tabel Truck Factor yang dipakai di penelitian ini dapat dilihat bahwa :

1. Besaran nilai untuk golongan kendaraan 2, 3, 4, 5A, 5B, nilai yang ada tidak terlampaui besar, hal ini dikarenakan golongan kendaraan tersebut merupakan kendaraan penumpang sehingga kasus overloading jarang terjadi.
2. Besaran nilai untuk golongan kendaraan 6A, 6B, 7A, 7B, dan 7C nilai yang ada cukup ekstrim besar,

Tabel 4. Nilai Truck Factor (TF) ruas jalan Cirebon–Losari

Golongan Kendaraan	Konfigurasi Roda	Truck Factor	Truck Factor *)
Golongan 2	1.1		0,0024
Golongan 3	1.1		0,0024
Golongan 4	1.1		0,0024
Golongan 5A	1.1		0,3839
Golongan 5B	1.2		3,8347
Golongan 6A	1.2		1,1336
Golongan 6B	1.2		5,4000
Golongan 7A	1.2.2		21,5600
Golongan 7B	1.2.2+2.2		4,8783
Golongan 7C1	1.2+2.2	43,9900	
Golongan 7C2	1.2+2.2.2	41,0700	41,7333
Golongan 7C3	1.2.2+2.2.2	40,1400	

Tabel 5. Nilai ESAL dan kumulatif nilai ESAL selama umur rencana ruas jalan Losari – Cirebon

Tahun	Nilai ESA4	Nilai Total ESA4
2013	2.693.918,92	2.693.918,92
2014	2.769.665,62	5.463.584,54
2015	2.853.007,42	8.316.591,96
2016	2.936.997,11	11.253.589,07
2017	3.023.459,38	14.277.048,44
2018	3.112.467,00	17.389.515,45
2019	3.204.094,92	20.593.610,37
2020	3.298.420,28	23.892.030,65
2021	3.395.522,48	27.287.553,13
2022	3.495.483,27	30.783.036,41
2023	3.598.386,81	34.381.423,22

hal ini dikarenakan golongan kendaraan tersebut merupakan kendaraan niaga yang sering sekali terjadi kasus *overloading*.

- Khusus untuk golongan kendaraan 6B, 7A, dan 7C besaran TF sangat besar, kasus *overloading* terjadi sampai berkali lipat dari beban standard sumbu, ini dimungkinkan karena golongan kendaraan ini

merupakan golongan kendaraan yang banyak/sering dipakai dalam kegiatan angkutan niaga untuk jalan Pantura Jawa Barat, besaran nilai ini juga diperkuat oleh Bahan Informasi mengenai Pantura yang dikeluarkan oleh Ditjen. Bina Marga, Kementerian PU.

- Gambaran mengenai nilai – nilai *Truck Factor (TF)* di atas adalah gambaran yang ada pada tahun 2010, jadi ada kemungkinan bahwa terjadi perubahan trend (naik/turun) mengenai kondisi pada tahun 2013.

4.1.2 Analisis data lendutan

Diperlukan segmentasi terhadap data lendutan yang diperoleh dari survei FWD untuk memperoleh nilai yang mewakili dari tiap segmen, sebab data lendutan hasil FWD tersebut nilainya cukup bervariasi. Segmentasi dilakukan dengan cara mengusahakan setiap segmen mempunyai tingkat keseragaman yang sama (Faktor keseragaman < 30%) agar terhindar dari over design. Kemudian dilakukan analisis lendutan wakil menggunakan data lendutan d1 (lendutan pada pusat beban) dari alat FWD yang telah disegmentasi dan dicari nilai lendutan wakilnya yang disesuaikan dengan satuan-satuan yang digunakan oleh metoda AASHTO 1993. Nilai Lendutan Wakil yang diperoleh harus dikalikan dengan nilai TAF (Temperature Adjustment Factor), yaitu nilai temperatur aspal yang tercatat pada titik lendutan yang dikoreksi menggunakan temperatur campuran aspal pada suhu 68oF agar sesuai dengan prosedur perhitungan yang telah ditetapkan oleh AASHTO 1993.

4.1.3 Analisis pemodelan dan perhitungan M_R dan E_p

Model struktur perkerasan yang akan dianalisis pada Metoda AASHTO 1993 menggunakan asumsi sebagai berikut:

- Lapis pertama (H1) adalah penggabungan tebal AC -WC (t = 5 cm), AC-BC (t = 7 cm) dan CMRFB (t = 25 cm) sebagai lapis permukaan setebal 370 mm.

Tabel 6. Segmentasi nilai lendutan wakil (d1) dan nilai TAF ruas jalan Cirebon – Losari

No	Segmen		Jarak	P_{wakil}		T_{wakil}	T_{wakil}	TAF	$d1_{\text{wakil}} = d1_{R+2*S} D (d1)$	$d1_{\text{wakil}} =$	$d1_{\text{wakil}} \times TAF$
			(km)	(Kpa)	(Psi)	(°C)	(°F)		(x 0.001 mm)	(inch)	(inch)
Cirebon - Losari											
1	27+500	- 23+500	4,00	595,76	86,39	45,25	113,45	0,59	267,96	0,01055	0,006224
2	23+500	- 09+000	14,50	581,89	84,37	42,21	107,99	0,62	242,73	0,00956	0,005925
3	09+000	- 05+000	4,00	580,00	84,10	44,00	111,20	0,60	232,26	0,00914	0,005487
4	05+000	- 01+500	3,50	589,06	85,41	44,00	111,20	0,60	269,63	0,01062	0,006369
5	01+500	- 00+000	1,50	574,25	83,27	44,00	111,20	0,60	236,02	0,00929	0,005575
No	Segmen		Jarak	P_{wakil}		T_{wakil}	T_{wakil}	TAF	$d1_{\text{wakil}} = d1_{R+2*S} D (d1)$	$d1_{\text{wakil}} =$	$d1_{\text{wakil}} \times TAF$
			(km)	(Kpa)	(Psi)	(°C)	(°F)		(x 0.001 mm)	(inch)	(inch)
Losari - Cirebon											
1	00+000	- 05+000	5,00	578,30	83,85	45,00	113,00	0,59	242,92	0,00956	0,005643
2	05+000	- 06+000	1,00	572,74	83,05	45,00	113,00	0,59	284,25	0,01119	0,006603
3	06+000	- 19+000	13,00	578,38	83,87	45,00	113,00	0,59	255,40	0,01006	0,005933
4	19+000	- 22+500	3,50	577,28	83,71	45,00	113,00	0,59	267,42	0,01053	0,006212
5	22+500	- 27+500	5,00	574,80	83,35	45,00	113,00	0,59	281,33	0,01108	0,006535

2. Lapis kedua (H2) merupakan penggabungan subgarde dengan lapis CTRB (t = 30 cm) yang tidak diketahui tebalnya.

Modulus tanah dasar (M_R) dihitung data nilai lendutan Jarak Geophone terhadap pusat beban berturut-turut yaitu r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7 adalah 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1500 mm. Lendutan wakil yang dipakai dalam analisis nilai M_r adalah lendutan d6 karena yang diperoleh harus memenuhi persyaratan jarak sensor geophone yaitu $r_6 = 900$ mm dari pusat beban, lebih besar atau sama dengan nilai 0,7 jari-jari cekungan tegangan pada tanah dasar ($r > 0,7 ae$). Menurut AASHTO 1993, nilai modulus resilien tanah dasar untuk perencanaan diperoleh dengan mengoreksi modulus resilien tanah dasar hasil backcalculated dengan faktor koreksi 0.33 (untuk beban FWD, ± 9.000 lbs.) agar menyerupai nilai M_R pada model perkerasan dari AASHTO Road Test Soil.

Sedangkan nilai dari modulus efektif lapis perkerasan (E_p) dapat dihitung dengan cara iterasi dimana tebal lapis perkerasan yang dianalisis adalah tebal lapisan diatas CTRB dan tanah dasar yaitu tebal lapis perkerasan aspal ditambah dengan lapisan CMRFB. Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

4.1.4 Analisis kapasitas struktural dan perhitungan kebutuhan tebal overlay

Kapasitas struktural perkerasan yang dianalisis terdiri *Structural Number in Future* (SN_f), *Structural Number Original* (SN_o), dan *Structural Number Effective* (SN_{eff}).

SN_o adalah kapasitas struktural perkerasan awal di ruas Cirebon - Losari. Untuk perhitungan nilai SN_o dilakukan menggunakan persamaan :

$$SN_o = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (4)$$

dengan ketentuan perkiraan koefisien kekuatan relatif bahan (a) yaitu lapis permukaan (AC-WC dan AC-BC), dengan koefisien relatif (a) sebesar 0,400 dan 0,344,

lapis CMRFB dan lapis CTRB dengan koefisien relatif (a) sebesar 0,270 dan 0,170.

SN_f adalah kapasitas struktural perkerasan berdasarkan lalu lintas dimasa mendatang/rencana yaitu pada tahun 2023. Nilai SN_f dihitung dengan melakukan iterasi dengan besaran yang ditetapkan seperti Reliability (R) untuk jalan arteri antar kota sebesar 95% sehingga didapat Standart deviasi (ZR) sebesar -1,645, Overall standart deviation (S_o) adalah 0,45, M_R hasil backcalculated dari data lendutan FWD, Nilai ΔPSI dimana initial serviceability (P_o) sebesar 4,2 dan terminal serviceability (P_t) sebesar 2,5.

SN_{eff} adalah kapasitas struktur perkerasan pada saat perkerasan dianalisis yaitu pada saat pengujian jalan dengan menggunakan alat FWD pada tahun 2012. Nilai SN_{eff} didapat dari 3 (tiga) perhitungan dimana nilai SN_{eff} minimum menjadi SN_{eff} dalam perhitungan berikutnya.

Untuk hasil perhitungan Structural Number in Future (SN_f), Structural Number Original (SN_o), dan Structural Number Effective (SN_{eff}) dan perhitungan kebutuhan tebal overlay dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

4.2 Analisis Metode Bina Marga 2013

4.2.1 Analisis beban lalu lintas rencana dan umur rencana

Tabel 10 menunjukkan hasil perhitungan nilai ESA4 tahun 2013, dimana perhitungannya adalah dengan cara mengalikan parameter-parameter seperti pada tabel. Nilai ESA4 ini kemudian digunakan sebagai acuan didalam menentukan umur rencana perkerasan.

Dari hasil nilai ESA4 yang didapat dari perhitungan, dengan nilai ESA_4 sebesar **2.693.918,92** maka dengan mengacu pada tabel II.1 yang ada didalam pedoman "Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013" dapat diambil kesimpulan bahwa umur rencana perkerasan yang akan didesain pada ruas jalan Losari - Cirebon ini adalah selama 10 tahun.

Tabel 7. Nilai M_r , E_p , dan kontrol ae di setiap segmen ruas jalan Cirebon – Losari

Segmen	Segmen		Jarak (km)	M_R (psi)	C	$M_r * C$	E_p (psi)	r (inch)	Ae (inch)	0.7Ae	r > 0.7Ae
	Cirebon - Losari										
1	27+500	- 23+500	4,00	18.296,56	0,33	6.037,87	564.181,03	35,43	45,74	32,02	Ok
2	23+500	- 09+000	14,50	18.859,50	0,33	6.223,63	571.693,41	35,43	45,48	31,84	Ok
3	09+000	- 05+000	4,00	19.151,89	0,33	6.320,12	669.932,43	35,43	47,70	33,39	Ok
4	05+000	- 01+500	3,50	17.751,00	0,33	5.857,83	540.557,57	35,43	45,55	31,89	Ok
5	01+500	- 00+000	1,50	21.250,52	0,33	7.012,67	545.732,43	35,43	43,05	30,13	Ok

Segmen	Segmen		Jarak (km)	M_R (psi)	C	$M_r * C$	E_p (psi)	r (inch)	Ae (inch)	0.7Ae	r > 0.7Ae
	Losari - Cirebon										
1	00+000	- 05+000	5,00	18.402,80	0,33	6.072,93	657.932,43	35,43	48,05	33,63	Ok
2	05+000	- 06+000	1,00	20.009,24	0,33	6.603,05	398.152,13	35,43	39,55	27,68	Ok
3	06+000	- 19+000	13,00	19.632,64	0,33	6.478,77	533.642,19	35,43	43,87	30,71	Ok
4	19+000	- 22+500	3,50	17.411,57	0,33	5.745,82	561.972,50	35,43	46,44	32,51	Ok
5	22+500	- 27+500	5,00	18.583,81	0,33	6.132,66	451.798,63	35,43	42,27	29,59	Ok

Tabel 8. Rekapitulasi nilai (SNo), (SNf), dan (Sneff)

Segmen	Segmen		Jarak (Km)	SNf	SNo	Sneff-1	Sneff-2	Sneff-3	Sneff min
Cirebon - Losari									
1	27+500	- 23+500	4,00	6,597	6,401	5,417	5,650	5,889	5,417
2	23+500	- 09+000	14,50	6,538	6,401	5,440	5,650	5,889	5,440
3	09+000	- 05+000	4,00	6,508	6,401	5,736	5,650	5,889	5,650
4	05+000	- 01+500	3,50	6,657	6,401	5,340	5,650	5,889	5,340
5	01+500	- 00+000	1,50	6,308	6,401	5,357	5,650	5,889	5,357
Losari - Cirebon									
1	00+000	- 05+000	5,00	6,586	6,401	5,701	5,650	5,889	5,650
2	05+000	- 06+000	1,00	6,423	6,401	4,822	5,650	5,889	4,822
3	06+000	- 19+000	13,00	6,460	6,401	5,317	5,650	5,889	5,317
4	19+000	- 22+500	3,50	6,695	6,401	5,409	5,650	5,889	5,409
5	22+500	- 27+500	5,00	6,566	6,401	5,030	5,650	5,889	5,030

Tabel 9. Kebutuhan tebal lapis tambah/overlay (Dov)

Segmen	Segmen		Jarak (Km)	SNf	Sneff-min	SNf - Sneff-min	Kebutuhan Overlay	a _{oi}	D _{ov} (Inch)	D _{ov} (cm)	D _{ov} (cm)
Cirebon - Losari											
1	27+500	- 23+500	4,00	6,597	5,417	1,180	butuh	0,40	2,95	7,50	8,00
2	23+500	- 09+000	14,50	6,538	5,440	1,097	butuh	0,40	2,74	6,97	7,00
3	09+000	- 05+000	4,00	6,508	5,650	0,858	butuh	0,40	2,15	5,45	6,00
4	05+000	- 01+500	3,50	6,657	5,340	1,317	butuh	0,40	3,29	8,36	9,00
5	01+500	- 00+000	1,50	6,308	5,357	0,951	butuh	0,40	2,38	6,04	7,00
Losari - Cirebon											
1	00+000	- 05+000	5,00	6,586	5,650	0,936	butuh	0,40	2,34	5,94	6,00
2	05+000	- 06+000	1,00	6,423	4,822	1,601	butuh	0,40	4,00	10,16	11,00
3	06+000	- 19+000	13,00	6,460	5,317	1,143	butuh	0,40	2,86	7,26	8,00
4	19+000	- 22+500	3,50	6,695	5,409	1,285	butuh	0,40	3,21	8,16	9,00
5	22+500	- 27+500	5,00	6,566	5,030	1,537	butuh	0,40	3,84	9,76	10,00

Tabel 10. Nilai ESA₄ Tahun 2013 untuk ruas Losari - Cirebon

Tahun	Golongan Kendaraan	VDF	Faktor Distribusi Kendaraan	Distribusi Arah	Faktor pertumbuhan (R)	LHR Rencana 2013	ESA4 per Hari (3)* (4)*(5)* (6)*(7)	ESA4 per Tahun (8)*365	Nilai ESA4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	Gol. 2	0,0024	0,8	0,5	1	8.009	7,69	2.806,35	2.693.918,92
	Gol. 3	0,0024	0,3	0,5	1	9.892	3,56	1.299,81	
	Gol. 4	0,0024	0,3	0,5	1	5.816	2,09	764,22	
	Gol. 5A	0,3839	0,3	0,5	1	279	16,07	5.864,17	
	Gol. 5B	3,8347	0,45	0,5	1	891	768,76	280.597,94	
	Gol. 6A	1,1336	0,45	0,5	1	753	192,06	70.101,97	
	Gol. 6B	5,4000	0,45	0,5	1	4.023	4.887,95	1.784.099,93	
	Gol. 7A	21,5600	0,45	0,5	1	117	567,57	207.161,96	
	Gol. 7B	4,8783	0,45	0,5	1	39	42,81	15.624,59	
Gol. 7C	41,7333	0,45	0,5	1	95	892,05	325.597,99		

4.2.1 Analisis pemicu penanganan dan pemilihan jenis penanganan

a. Nilai kurva FWD wakil sebagai pemicu Lendutan

Data nilai lendutan dilakukan perhitungan penentuan Kurva FWD Wakil dengan mengacu pada Pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga pada tahun 2005 (Pd T – 05 – 2005), dari hasil perhitungan maka didapat hasil :

1. Untuk ruas arah Losari – Cirebon nilai Kurva FWD (D0 – D200) rata-rata sebesar 0,06313 mm dengan Standar Deviasi sebesar 0,02900 mm, sehingga nilai Kurva FWD (D0 – D200) Wakil adalah sebesar 0,12112 mm.
2. Untuk ruas arah Cirebon – Losari nilai Kurva FWD (D0 – D200) rata-rata sebesar 0,06482 mm dengan Standar Deviasi sebesar 0,02864 mm, sehingga nilai Kurva FWD (D0 – D200) Wakil adalah sebesar 0,12211 mm

b. Nilai IRI wakil sebagai pemicu IRI

Data nilai IRI yang dihitung adalah data nilai IRI interval jarak tiap 200 m dan data ini sudah mewakili kedua arah yang berlawanan, dari hasil perhitungan maka didapat hasil bahwa untuk ruas jalan Losari - Cirebon nilai IRI rata-rata adalah sebesar 3,6181 dengan Standar Deviasi sebesar 0,2774, sehingga Nilai IRI Wakil adalah sebesar 4,1731.

c. Analisis pemilihan jenis penanganan selama umur rencana

Masing-masing deskripsi dari Nilai Pemicu didalam menentukan jenis penanganan adalah sebagai berikut :

1. Pemicu Lendutan adalah Nilai Pemicu didapat dari nilai Kurva FWD (D0 – D200) Wakil. Pemicu Lendutan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu Pemicu Lendutan 1 dan Pemicu Lendutan 2.
2. Pemicu IRI adalah nilai Pemicu didapat dari nilai IRI Wakil pada suatu segmen/ruas jalan yang akan didesain. Pemicu IRI dibagi menjadi 3 jenis, yaitu

Pemicu IRI 1, Pemicu IRI dan Pemicu IRI 3

3. Pemicu Kondisi adalah nilai Pemicu didapat dari hasil pengukuran fisik dan visual kerusakan dilapangan seperti kedalaman alur, pelepasan butir, pengelupasan dll.

Dengan mengacu pada nilai-nilai dan ketentuan diatas pada analisis pemilihan jenis penanganan ini maka :

- a. Pada Pemicu Kondisi tidak diperlukan pengupasan (milling) sebelum overlay diperlukan. Pada kondisi dilapangan tidak terjadi alur dengan kedalaman diatas 30 mm, tidak juga terjadi pelepasan butir maupun pengelupasan pada permukaan perkerasan.
- b. Pada Pemicu IRI dengan nilai IRI Wakil sebesar 4,1731. Maka berdasarkan tabel 11 Pemicu IRI jatuh berada dibawah batas nilai jenis Pemicu IRI 1.
- c. Sedangkan pada Pemicu Lendutan berdasarkan tabel 12. untuk kedua arah pada ruas jalan Losari – Cirebon, Pemicu Lendutan jatuh berada diatas batas nilai jenis Pemicu Lendutan 1 akan tetapi masih di bawah batas nilai jenis Pemicu Lendutan 2.
- d. Berdasarkan parameter-parameter jenis pemicu dan batas-batas nilai yang ada didalamnya maka akan dapat didapat suatu kesimpulan/hasil dari analisis jenis penanganan. **Tabel 13.** akan membantu dalam melakukan analisis jenis penanganan dengan ketentuan bahwa Perkerasan Existing adalah merupakan perkerasan lentur dengan Beban Lalu Lintas (ESA₄) adalah sebesar 2.693.918,92 ESA₄.

Tabel 11. Pemicu ketidakrataan (IRI) untuk overlay dan rekonstruksi

LHRT Kend/Jam	Pemicu IRI 1 untuk overlay non-struktural	Pemicu IRI untuk overlay struktural Lalulintas < 1 juta ESAL ₄ atau pengupasan (untuk lalin > 1 juta ESA ₄ harus digunakan Pemicu Lendutan)	Pemicu IRI 3 untuk investigasi rekonstruksi
> 7500	6		
< 200	6,75		
> 200 - 500	6,6	8	12
> 500 - 7500	6,25		

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga 2013.

Tabel 12. Lendutan pemicu untuk lapis tambah dan rekonstruksi

Lalu lintas untuk 10 tahun (juta ESA / lajur)	Jenis Lapis Permukaan	Lendutan Pemicu untuk overlay2 (Lendutan Pemicu 1)		Lendutan Pemicu untuk investigasi untuk rekonstruksi atau daur ulang (Lendutan Pemicu 2)	
		Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm) ³	Kurva FWD D0-D200 (mm)	Lendutan karakteristik Benkelman Beam (mm) ⁴	Kurva FWD D0-D200 (mm)
<0,1	HRS	>2,3	Tidak digunakan	>3,0	Tidak digunakan
0,1 – 0,2	HRS	>2,1	0,63		
0,2 – 0,5	HRS	>2,0	0,48	>2,7	
0,5 - 1	HRS	>1,5	0,39	> 2,5	0,66
1 - 2	HRS	>1,3	0,31		0,54
2 - 3	AC	>1,25	0,28		0,46
2 - 5	AC	>1,2	0,23		0,39
5 - 7	AC	>1,15	0,21		0,35
7 - 10	AC	>1,1	0,19		0,31
10 - 30	AC	>0,95	0,13	1,35	0,180
30 - 50	AC / perkerasan kaku	>0,88	0,11	1,2	0,175
50 - 100	AC / perkerasan kaku	>0,8	0,091	1,0	0,170
100 - 200	AC / perkerasan kaku	>0,75	0,082	0,9	0,160

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga 2013.

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis penanganan didalam desain untuk Ruas Jalan Losari - Cirebon adalah Overlay Struktural.

4.2.2 Analisis ketebalan *overlay* struktural metode Bina Marga 2013

Prosedur penentuan ketebalan *Overlay* Struktural menurut Bina Marga 2013 terbagi menjadi 3, berdasarkan beban lalu lintas yang melintas selama umur rencana, yaitu :

1. Lalu Lintas kurang atau sama dengan 10^5 ESA⁴, maka pendekatan dengan lendutan maksimum (D0) cukup memadai.
2. Lalu Lintas lebih besar dari 10^5 ESA⁴ dan lebih kecil atau sama dengan 10^7 ESA⁴. Kriteria deformasi permanen dan kriteria fatigue harus diperhitungkan untuk jenis lalu lintas ini.
3. Lalu Lintas lebih besar dari 10^7 ESA⁴, maka Prosedur Mekanistik Umum (General Mechanistic Procedure (GMP)) dapat digunakan dalam memperkirakan nilai modulus dan tebal lapisan perkerasan eksisting. Dalam study kasus ini maka prosedur yang dipilih adalah perhitungan dengan Prosedur Mekanistik Umum (General Mechanistic Procedure (GMP)) khususnya dengan prosedur GMP dari AUSTRROADS, Australia

4.2.2.1 Perhitungan desain CESA berdasarkan jenis kerusakan

Kinerja perkerasan lentur dipengaruhi oleh sejumlah faktor, namun tidak semua faktor tersebut tercakup di dalam perhitungan beban lalu lintas aturan pangkat 4/ESA⁴. Maka dari itu dibutuhkan perhitungan lanjutan yang digunakan untuk mengkoreksi ESA⁴ akibat kerusakan yang akan terjadi untuk masing-masing jenis faktor kerusakan. Perhitungan desain CESA untuk masing - masing jenis kerusakan ditunjukkan dengan

satuan kerusakan berupa CESA⁵ untuk jenis kerusakan kelelahan/fatigue aspal, CESA⁷ untuk jenis kerusakan perubahan bentuk/rutting dan CESA¹² untuk kelelahan/fatigue pondasi stabilisasi semen

4.2.2.2 Analisis modulus perkerasan melalui proses *backcalculation*

Adapun tahapan dalam penentuan nilai modulus melalui proses *backcalculation* adalah sebagai berikut :

- a. Pemodelan lapis perkerasan dan karakteristik bahan lapis perkerasan

Jenis dan tebal lapis perkerasan existing dilakukan pemodelan layer, pada konstruksi perkerasan jalan ruas jalan Losari – Cirebon dilakukan pemodelan dengan asumsi 2 lapis/layer yang sama seperti pada Metode AASHTO 1993 dan juga tambahan yaitu pemodelan dengan asumsi 3 lapis/layer, terlihat seperti pada **Gambar 6**.

- b. Proses *backcalculation* dengan menggunakan Program EVERCALC

Proses Backcalculation dilakukan dengan bantuan program EVERCALC, data hasil segmentasi nilai lendutan terkoreksi dan perkiraan nilai modulus bahan gabungan menjadi salah satu input dalam program EVERCALC. Output dari program ini yaitu berupa nilai modulus bahan untuk setiap lapisan

4.2.2.3 Analisis perhitungan kekuatan struktural dan tebal lapis tambah

Dalam perhitungan kekuatan struktural dan tebal lapis tambah (*overlay*), pemodelan layer/ struktur lapis perkerasan yang telah dibuat kemudian ditentukan berapa modulus elastisitas rencana yang digunakan untuk menentukan nilai maksimum horizontal tensile strain dan maksimum vertikal compressive strain

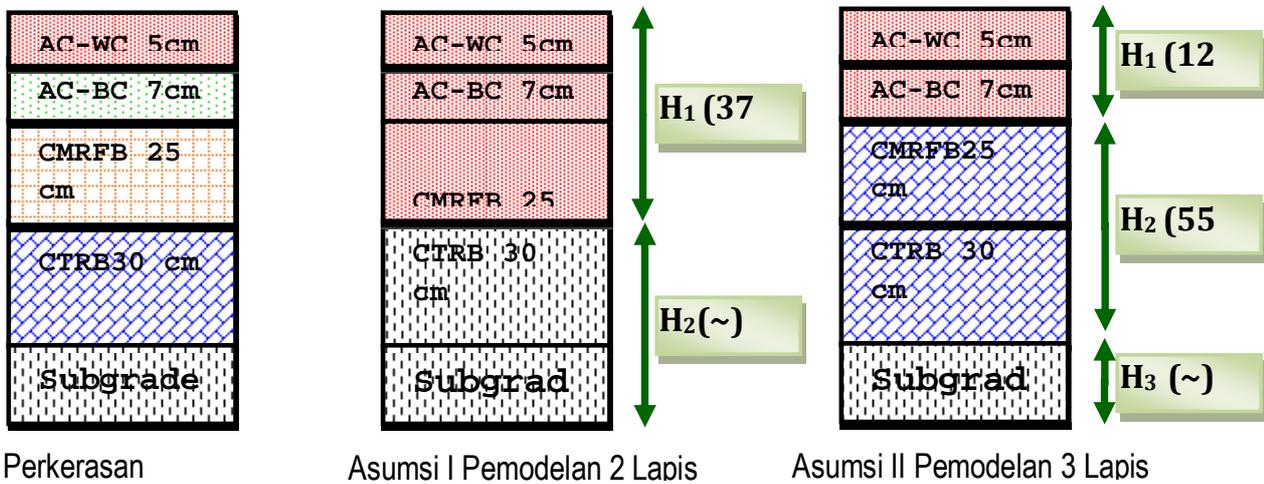
Tabel 13. Pemilihan jenis penanganan pada tahap desain untuk perkerasan lentur eksisting dan beban lalin 1 – 30 juta ESA₄/10

Jenis Penanganan		Batas-batas Nilai Pemicu disuatu segmen/ruas
1	Hanya pemeliharaan rutin	Lendutan dan IRI di bawah Pemicu 1, luas kerusakan serius < 5% terhadap total area
2	<i>Heavy Patching</i>	Lendutan melebihi Pemicu Lendutan 2 atau permukaan rusak parah dan luas area dari seluruh segmen jalan yang membutuhkan <i>heavy patching</i> lebih dari 30% total area (jika lebih besar lihat 6 atau 7)
3	Kupas dan ganti material di area tertentu	Retak buaya yang luas, atau alur >30 mm atau IRI > Pemicu IRI 2 dan hasil pertimbangan teknis
4	Overlay non struktural	Lendutan kurang dari Pemicu Lendutan 1, indeks kerataan lebih besar dari pemicu IRI1
5	Overlay struktural	Lebih besar dari Pemicu Lendutan 1 dan kurang dari Pemicu Lendutan 2
6	Rekonstruksi	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal <10 cm
7	Daur ulang	Lendutan di atas Pemicu Lendutan 2, lapisan aspal > 10 cm

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan, Bina Marga 2013.

Tabel 14. Nilai desain CESA berdasarkan jenis kerusakan

Tahun	CESA4	CESA5	CESA7	CESA12
2013	2.693919E+06	4.127094E+06	1.166421E+07	4.209301E+08
2014	5.463585E+06	8.374898E+06	2.367177E+07	8.542519E+08
2015	8.316592E+06	1.274815E+07	3.603284E+07	1.300330E+09
2016	1.125359E+07	1.725015E+07	4.875780E+07	1.759541E+09
2017	1.427705E+07	2.188468E+07	6.185737E+07	2.232270E+09
2018	1.738952E+07	2.665565E+07	7.534259E+07	2.718916E+09
2019	2.059361E+07	3.156708E+07	8.922479E+07	3.219888E+09
2020	2.389203E+07	3.662308E+07	1.035157E+08	3.735608E+09
2021	2.728755E+07	4.182794E+07	1.182273E+08	4.266511E+09
2022	3.078304E+07	4.718602E+07	1.333720E+08	4.813043E+09
2023	3.438142E+07	5.270183E+07	1.489625E+08	5.375664E+09



Gambar 6. Asumsi pemodelan perkerasan dengan sistem dua lapis dan sistem tiga lapis

Tabel 15. Data hasil segmentasi nilai lendutan terkoreksi

No	Segmen	Jarak (km)	P _{wakil} (N)	d1 _{wakil}	d2 _{wakil}	d3 _{wakil}	d4 _{wakil}	d5 _{wakil}	d6 _{wakil}	d7 _{wakil}
Cirebon - Losari										
1	27+500 - 23+500	4,00	42,129	242	192	151	115	96	82	63
2	23+500 - 09+000	14,50	41,148	233	153	130	111	97	80	68
3	09+000 - 05+000	4,00	41,014	211	160	130	116	99	75	64
4	05+000 - 01+500	3,50	41,655	245	118	107	102	90	83	75
5	01+500 - 00+000	1,50	40,608	215	108	90	80	72	67	58
Losari - Cirebon										
1	00+000 - 05+000	5,00	41,447	214	133	111	100	87	76	67
2	05+000 - 06+000	1,00	40,501	250	154	137	106	94	69	55
3	06+000 - 19+000	13,00	40,900	225	152	111	94	81	71	62
4	19+000 - 22+500	3,50	40,822	235	146	111	100	93	80	66
5	22+500 - 27+500	5,00	40,647	248	166	121	107	95	74	59

Tabel 16. Nilai modulus bahan wakil lapisan perkerasan untuk sistem perkerasan asumsi I

No	Segmen		Jarak (km)	E ₁	Nilai Wakil (MPa)		
					E _v (Subgrade)	E _H (Subgrade)	
Cirebon - Losari							
1	27+500	-	23+500	4,00	1.655,10	166,80	83,40
2	23+500	-	09+000	14,50	2.501,40	158,80	79,40
3	09+000	-	05+000	4,00	2.425,90	160,70	80,35
4	05+000	-	01+500	3,50	3.500,00	167,30	83,65
5	01+500	-	00+000	1,50	3.500,00	206,00	103,00
No	Segmen		Jarak (km)	E ₁	Nilai Wakil (MPa)		
					E _v (Subgrade)	E _H (Subgrade)	
Losari - Cirebon							
1	00+000	-	05+000	5,00	3.500,00	168,20	84,10
2	05+000	-	06+000	1,00	1.475,30	182,80	91,40
3	06+000	-	19+000	13,00	2.098,90	191,50	95,75
4	19+000	-	22+500	3,50	3.076,80	162,70	81,35
5	22+500	-	27+500	5,00	1.702,70	176,70	88,35

Tabel 17. Nilai modulus bahan wakil lapisan perkerasan untuk sistem perkerasan asumsi II

No	Segmen		Jarak (km)	E ₁	E ₂	Nilai Wakil (MPa)	
						E _v (Subgrade)	E _H (Subgrade)
Cirebon - Losari							
1	27+500	-	23+500	4,00	1.213,20	1.000,00	131,50
2	23+500	-	09+000	14,50	979,30	1.256,30	128,40
3	09+000	-	05+000	4,00	2.249,00	1.000,00	130,60
4	05+000	-	01+500	3,50	600,00	3.219,20	113,60
5	01+500	-	00+000	1,50	600,00	2.722,40	150,50
No	Segmen		Jarak (km)	E ₁	E ₂	Nilai Wakil (MPa)	
						E _v (Subgrade)	E _H (Subgrade)
Losari - Cirebon							
1	00+000	-	05+000	5,00	1.025,70	1.591,80	109,90
2	05+000	-	06+000	1,00	734,50	1.000,00	124,00
3	06+000	-	19+000	13,00	871,80	1.175,00	125,10
4	19+000	-	22+500	3,50	854,10	1.475,40	107,90
5	22+500	-	27+500	5,00	766,20	1.000,00	119,00

dengan program Circlly. Penentuan nilai modulus elastisitas bahan rencana untuk sistem perkerasan Asumsi I dan Asumsi II diperoleh dengan membandingkan hasil dari analisis *backcalculation* output EVERCALC dengan Nilai karakteristik modulus bahan perkerasan terpakai.

Modulus elastisitas bahan rencana untuk perhitungan tebal lapis tambah dirangkum dalam **Tabel 18** dan

Tabel 19 di bawah, dan nilai ini selanjutnya menjadi input dalam perhitungan trial and error tebal *overlay* dengan menggunakan bantuan Program CIRCLY.

Untuk lapisan lapis tambah menggunakan lapisan AC-WC maka digunakan modulus rencana sebesar 1100 MPa. Berdasarkan Prosedur Mekanistik Umum (GMP), tebal lapis tambah yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut:

Tabel 18. Nilai modulus bahan rencana sistem perkerasan asumsi I input program CIRCLY

Lapisan	Tebal (mm)	Vertikal Modulus (MPa)	Horisontal Modulus (MPa)	Poisson Ratio
Lapis Permukaan	370	600	600	0,4
Subgrade	Semi-Infinite	60	30	0,45

Tabel 19. Nilai modulus bahan rencana sistem perkerasan asumsi II input program CIRCLY

Lapisan	Tebal (mm)	Vertikal Modulus (MPa)	Horisontal Modulus (MPa)	Poisson Ratio
Lapis Permukaan	120	600	600	0,4
Lapis Pondasi	550	545	545	0,35
Subgrade	Semi-Infinite	60	30	0,45

- a. Untuk memperkirakan tebal lapis tambah yang dibutuhkan untuk mencegah deformasi permanen dari lapis tambah tersebut, dan dengan menggunakan **Persamaan 5**, maka beban yang diijinkan dapat dihitung berdasarkan *vertical compressive strain* pada bagian atas tanah dasar. Beban lalu lintas rencana untuk kriteria deformasi permanen adalah sebesar **148.962.482,92 CESA₇**
- b. Sedangkan untuk kriteria mencegah retak leleh dari lapis tambah tersebut, dengan menggunakan **Persamaan 6**, maka beban yang diijinkan dapat dihitung berdasarkan *horizontal tensile strain* pada bagian dasar lapis tambah dihitung. Beban lalu lintas rencana untuk kriteria retak leleh adalah sebesar 52.701.831,18 CESA₅

Hasil dari output program CIRCLY dan perhitungan beban ijin untuk kriteria retak leleh aspal dan deformasi permanen serta trial and error tebal lapis tambah perkerasan (overlay) ditunjukkan dalam **Tabel 20, 21, dan 22**.

Analisis hasil pemodelan untuk sistem perkerasan asumsi I dan asumsi II :

1. Untuk sistem perkerasan asumsi I memerlukan tebal lapis tambah 50 mm umur rencana 10 tahun. Sedangkan untuk asumsi II tidak memerlukan tebal lapis tambah.
2. Kriteria beban ijin yang menentukan tebal lapis tambah (overlay) dalam studi kasus ini adalah kriteria *fatigue asphalt* (retak leleh).
3. Semakin banyak lapisan yang dimodelkan maka semakin tipis tebal lapis tambah yang dibutuhkan. Hal ini tergantung dari tebal lapis perkerasan dari asumsi model/sistem perkerasan.
4. Material bersemen (CTRB) mempunyai pengaruh yang cukup signifikan, hal ini dibuktikan pada asumsi II ketika material bersemen diasumsikan masih mempunyai kekuatan struktur dan masih berfungsi sebagai lapis pondasi, maka tidak dibutuhkan tebal lapis tambah/overlay.
5. Untuk asumsi I, sistem perkerasan tidak memiliki lapis pondasi, dan lapis permukaan (*surface*) memiliki ketebalan yang tinggi, akan tetapi retak yang berasal dari bawah tidak terakomodasi sama seperti pada asumsi kedua. Untuk asumsi II, walau-

Dan syarat agar trial and error dapat diterima adalah Beban Ijin yang di dapat harus lebih besar dari Beban Lalu Lintas Rencana untuk masing-masing kriteria.

Dimana:

RF = Reability Factor dipakai (1 from Reability 95%)

V_b = Volume of bitumen(AC-WC) dipakai (11 %)

S_{mix} = Modulus Aspal Campuran (MPa)

μϵ = Regangan mikron output program CIRCLY

$$N \text{ deformasi permanen subgrade} = \left[\frac{9300}{\mu\epsilon} \right]^7 \quad (5)$$

$$N \text{ fatigue aspal} = RF \left[\frac{6918 (0,856 V_b + 1,08)}{S_{mix}^{0,36} \mu\epsilon} \right]^5 \quad (6)$$

Tabel 20. Nilai beban ijin dan tebal lapis tambah perkerasan sistem perkerasan asumsi I

No.	Fatigue Kriteria		DP Kriteria	N Fatigue (CESA ₅)	N Deformasi Permanen (CESA ₇)	Tebal Overlay (mm)	Kontrol CESA ₅ dan CESA ₇
	S _{mix}	μϵ	μϵ				
1	600	256	527	1.83E+07	5.33E+08	0	Not OK
2	600	222	455	3.74E+07	1.49E+09	30	Not OK
2	600	213	436	4.60E+07	2.01E+09	40	Not OK
4	600	204	419	5.70E+07	2.65E+09	50	OK
5	600	196	402	6.97E+07	3.55E+09	60	OK

Tabel 21. Nilai beban ijin dan tebal lapis tambah perkerasan sistem perkerasan asumsi II

No.	Fatigue Kriteria		DP Kriteria	N Fatigue (CESA ₅)	N Deformasi Permanen (CESA ₇)	Tebal Overlay (mm)	Kontrol CESA ₅ dan CESA ₇
	S _{mix}	μϵ	μϵ				
1	600	143	221	3.37E+08	2.34E+11	0	Ok
2	600	191	213	7.93E+07	3.02E+11	10	OK

Tabel 22. Kebutuhan overlay untuk sistem perkerasan asumsi I dan asumsi II

Asumsi Model Perkerasan	Ruas Jalan	Kebutuhan Overlay	
		Tebal Overlay (mm)	Aplikasi Lapangan (mm)
Asumsi I	Cirebon – Losari Losari – Cirebon	50	50
Asumsi II	Cirebon – Losari Losari – Cirebon	-	-

pun lapis permukaan (*surface*) tipis, akan tetapi sistem ini masih memiliki lapis pondasi yang mampu mengakomodasi retakan yang berasal dari bawah.

6. Hal ini lah yang menjadi penyebab regangan (kriteria *fatigue asphalt*) yang terjadi dibawah lapisan permukaan (aspal) sebagai respon struktur perkerasan akibat adanya beban lalu lintas dari kedua asumsi memiliki nilai yang berbeda
7. Untuk kriteria beban ijin deformasi permanen, kedua asumsi model/sistem perkerasan masih berada diatas nilai beban lalu lintas rencana.

4.3 Analisis perbandingan Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2013

Perbandingan dari kedua metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2013 sebagai analisis perhitungan struktural perkerasan dapat dijelaskan dalam proses sebagai berikut

Berdasarkan dari kedua hasil yang didapat oleh masing-masing metode menunjukkan bahwa tebal lapis tambah yang didapat metode Bina Marga 2013, lebih tipis dibandingkan metode AASHTO 1993, hal ini disebabkan oleh :

Tabel 23. Perbandingan analisis Metode AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2013

Parameter	AASHTO 1993	Bina Marga 2013
Input dan Kebutuhan Data		
Data Volume Lalu Lintas	1. Data series LHRT dari tahun 2009 – 2013 2. Perhitungan Total ESAL dengan faktor pengaruh beban sumbu kendaraan.	1. Sama 2. Perhitungan ESA_4 dengan faktor pengaruh beban sumbu kendaraan.
Data Beban Sumbu Kendaraan	3. Data hasil survei WIM dipakai untuk mencari nilai <i>Truck Factor</i> (TF).	3. Data hasil survei WIM dipakai untuk mencari nilai <i>Vehicle Damage Factor</i> (VDF).
Data Tebal dan jenis Perkerasan	1. Data mengacu pada historis penanganan s/d 2012	1. Sama.
Data Nilai Lendutan dan Temperatur	1. Lendutan yang dipakai adalah lendutan titik pusat beban dan titik keenam (jarak 900 mm) untuk perhitungan modulus, 2. Data temperatur adalah data temperatur otomatis dari alat uji FWD yang di rata-rata persegmen untuk lendutan wakil dengan koreksi temperatur standar 68°F atau 20°C.	1. Lendutan yang dipakai dalam adalah keseluruhan data lendutan (d1-d7) yang telah tersegmentasi untuk proses <i>backcalculation</i> , 2. Data temperatur digunakan sebagai faktor koreksi dengan temperatur standar Indonesia 41°C.
Proses Analisis		
Analisi Beban Lalu Lintas	1. Tidak ada 2. Perhitungan Kumulatif ESAL selama umur rencana dipengaruhi nilai <i>Truck Factor</i> (TF), TGF, Distribusi Arah, dan Distribusi Kendaraan. 3. Tidak ada	1. Penentuan umur rencana desain berdasarkan Perhitungan ESA_4 tahun aktual yaitu tahun 2013. 2. Perhitungan Kumulatif ESA_4 selama umur rencana dipengaruhi nilai VDF, TGF, Distribusi Arah, dan Distribusi Kendaraan. 3. Perhitungan Desain CESA untuk mengkoreksi nilai $CESA_4$ akibat kerusakan yang akan terjadi. ($CESA_{5,7,12}$)
Analisis Lendutan	1. Tidak ada 2. Perhitungan lendutan wakil mempertimbangkan keseragaman data dan dengan pengaruh koreksi temperatur untuk menentukan nilai M_R dan E_p berdasarkan data nilai lendutan (d1) dan (d6)	1. Pada Metode Bina Marga 2013 data lendutan terlebih dahulu diolah menjadi nilai kurva FWD ($D_0 - D_{200}$) yang dipakai sebagai acuan dalam analisis pemicu penanganan dan pemilihan jenis penanganan. 2. Keseluruhan data nilai lendutan (d1-d7) dilakukan koreksi terhadap temperatur dan segmentasi keseragaman data, kemudian dipakai untuk proses <i>backcalculation</i> dalam menentukan nilai modulus perlapisan perkerasan.
Penentuan Pemicu Penanganan dan Pemilihan Jenis Penanganan	1. Tidak ada didalam Metode AASHTO 1993	1. Proses analisis ini didasarkan pada tiga nilai pemicu yaitu, a. Pemicu Lendutan, b. Pemicu IRI, dan c. Pemicu Kondisi
Perhitungan Kapasitas Struktural Perkerasan	1. Didapat secara empiris dengan menghitung nilai SN_f , SN_o , dan SN_{eff} : a. sebagai pengaruh akibat lendutan ($SN_{eff} -1$), b. kekuatan bahan penyusun perkerasan ($SN_{eff} -2$), c. besarnya umur sisa ($SN_{eff} -3$).	1. Didapat secara analitis dengan bantuan program CIRCLY menghasilkan regangan ijin untuk menghitung beban ijin menurut kriteria kerusakan : a. <i>Fatigue Asphalt</i> b. <i>Permanent Deformation</i>
Modelan Perkerasan Lapis	1. Perkerasan hanya dapat dimodelkan menjadi 2 layer saja.	1. Prosedur mekanistik umum memungkinkan untuk menghitung struktur perkerasan dengan asumsi 2 layer atau lebih.
Hasil Analisis		
Modulus Bahan Perlapis Perkerasan	1. Nilai M_R dan nilai E_p dikedua arah disetiap segmennya dan tidak saling berbanding lurus (acak)	1. Diambil nilai yang paling minimum antara nilai modulus hasil proses <i>backcalculation</i> dengan karakteristik modulus bahan
Tebal Lapis Tambah Lapis	1. Didapat dari nilai a. <i>Structural Number</i> terpasang (SN_{eff}) sebagai pengaruh akibat lendutan, kekuatan bahan penyusun perkerasan, dan besarnya umur sisa dan b. SN_f mendatang dengan pembanding koefisien lapis bahan aspal sebagai penentuan tebal lapis tambah perkerasan 2. Tebal lapis tambah yang didapat dengan asumsi 2 layer cukup variatif. 3. kriteria keruntuhan digunakan nilai PSI yang pada dasarnya subyektif	1. Didapat dari hasil <i>trial and error</i> tebal lapis tambah perkerasan agar $N_{desain} < N_{ijin}$ dengan variasi tipe kerusakan berupa <i>fatigue</i> dan <i>permanent deformation</i> 2. Tebal lapis tambah yang digunakan lapis tambah jenis AC-WC sebesar 50 mm. 3. kriteria keruntuhan yang terjadi terhadap perkerasan berdasarkan parameter mekanistik

1. Dalam metode AASHTO 1993 perhitungan tebal overlay sangat bergantung pada nilai SNf dan nilai S_{Neff}-min, walaupun didalam metode AASHTO 1993 ini telah mengakomodir nilai modulus di tiap lapis, akan tetapi tegangan dan regangan yang terjadi pada perkerasan sebagai respon akibat adanya beban lalu lintas tidak diperhitungkan didalam metode ini.
2. Proses penentuan nilai S_{Neff}-min yang bersifat empiris, terlebih pada penentuan nilai S_{Neff}-2 (berdasarkan kekuatan relatif bahan dan sistem drainase) yang sifatnya subyektif berdasarkan justifikasi designer.
3. Didalam metode Bina Marga 2013 telah memperhitungkan kriteria keruntuhan yang terjadi terhadap perkerasan berdasarkan parameter mekanistik, sedangkan didalam metode AASHTO 1993 tidak, kriteria keruntuhan digunakan nilai PSI yang pada dasarnya subyektif.
4. Dalam metode Bina Marga 2013, perhitungan tebal overlay merupakan hasil dari respon struktur perkerasan akibat adanya beban lalu lintas yang di tunjukkan dengan adanya tegangan dan regangan didalam struktur perkerasan tersebut, sehingga mewakili kondisi yang sebenarnya dilapangan.
5. Hal ini dibuktikan oleh hasil tebal lapis tambah (overlay) dengan menggunakan asumsi yang sama (asumsi I), walaupun nilai modulus lapis perkerasan yang dipakai sebagai input desain Bina Marga lebih kecil dari pada nilai modulus perkerasan input desain AASHTO 1993, tebal overlay yang didapat metode Bina Marga 2013 lebih tipis dari metode AASHTO 1993 :
 - a. Nilai modulus perkerasan input desain Bina Marga 2013 asumsi I sebesar 600 Mpa
 - b. Nilai modulus perkerasan input desain AASHTO 1993 asumsi I sebesar 3000 - 4500 Mpa

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian diatas, didapat beberapa kesimpulan berikut :

1. Analisis Struktural dengan menggunakan metode AASHTO 1993 Ruas Jalan Cirebon – Losari
 - a. Pemodelan lapis perkerasan terbatas hanya pada 2 (dua) lapis pemodelan
 - b. Pembagian segmen data lendutan dengan faktor keseragaman dibawah 30% yang menunjukkan bahwa keseragaman pada masing-masing segmennya adalah cukup baik.
 - c. Umur sisa hasil analisis menunjukkan bahwa ruas jalan Cirebon - Losari pada masing-masing segmen sudah dalam kondisi yang cukup kritis, yaitu 65,59 %, sehingga diperlukan penanganan pada ruas tersebut.
2. Analisis Struktural dengan menggunakan metode Bina Marga 2013 Ruas Jalan Cirebon – Losari
 - a. Berdasarkan Analisis Pemicu Penanganan dan Pemilihan Jenis Penanganan maka jenis penanganan didalam desain selanjutnya adalah Overlay Struktural.
 - b. Berdasarkan beban lalu lintas rencana yang ada yaitu lebih besar dari 10^7 ESA⁴, maka prosedur yang dipilih adalah perhitungan dengan Prosedur Mekanistik Umum (GMP).
 - c. Pemodelan lapis perkerasan metode Bina Marga 2013 untuk prosedur mekanistik umum (GMP) dalam penelitian ini mengasumsikan bahwa lapis perkerasan tersebut dibagi menjadi 2 (dua) lapis dan 3 (tiga) lapis,
 - d. Pemakaian nilai modulus sebagai input data kedalam program CIRCLY adalah dengan membandingkan nilai modulus bahan wakil setiap lapisan hasil proses backcalculation dibandingkan terhadap karakteristik modulus bahan perkerasan terpakai dan kemudian diambil nilai yang paling minimum sebagai Nilai Modulus Bahan Rencana Lapis Perkerasan.
 - e. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, untuk umur rencana 10 tahun, asumsi pemodelan 2 lapis/layer, memerlukan tebal lapis tambah 50 mm, sedang asumsi pemodelan 3 lapis/layer tidak memerlukan tebal lapis tambah.
3. Analisis Perbandingan metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2013 menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Proses perhitungan modulus bahan tiap lapis perkerasan dari data lendutan FWD untuk metode AASHTO 1993 dilakukan dengan cara iterasi manual dengan menggunakan data lendutan d1 dan data lendutan d6. Sedangkan dalam metode Bina Marga 2013 dengan GMP-nya, keseluruhan data lendutan FWD akan terpakai didalam proses backcalculation menggunakan program EVERCALC yang menghasilkan modulus bahan setiap lapis perkerasan termasuk lapisan subgrade.
 - b. Tebal lapis tambah yang didapat metode Bina Marga 2013 memakai proses trial and error ber-

dasarkan tegangan dan regangan ijin struktur perkerasan hasil output program CIRCLY, sedangkan metode AASHTO 1993 proses perhitungan sangat bergantung pada nilai Structural Number Effective (S_{Neff}) yang merupakan kapasitas struktur perkerasan pada saat perkerasan dianalisis.

- c. Hasil menunjukkan bahwa tebal lapis tambah (*overlay*) perhitungan Bina Marga 2013 melalui prosedur mekanistik umum (GMP), lebih tipis dibandingkan dengan perhitungan AASHTO 1993 untuk asumsi pemodelan yang sama, hal ini dikarenakan metode Bina Marga 2013 menggunakan cara analitis dengan bantuan program CIRCLY sehingga analisa tegangan regangan sebagai respon struktural perkerasan lebih telitian pemodelan yang dilakukan cukup mewakili kondisi yang sebenarnya dilapangan, dibandingkan cara analitis-empiris yang digunakan pada metode AASHTO 1993.
- d. Dengan perkembangan selanjutnya perhitungan analitis metode Bina Marga 2013 lebih baik dibandingkan dengan metode AASHTO 1993, sehingga dapat menggantikan penggunaan metode analitis-empiris AASHTO 1993 dengan peningkatan ketelitian proses dan hasil analisis dan sesuai untuk kondisi yang ada di Indonesia dengan beragam macam jenis lapis struktur perkerasan.
- e. Metode Bina Marga 2013 lebih baik dibanding metode AASHTO 1993 mengandung pengertian bahwa :
- f. Didalam metode Bina Marga 2013 lebih sedikit menggunakan asumsi-asumsi yang digunakan sebagai parameter desain.
- g. Metode Bina Marga 2013 sudah memperhitungkan faktor kondisi fungsional jalan dalam menentukan tebal lapis tambah untuk perbaikan ketidakrataan, ini cocok digunakan di Indonesia karena tuntutan jalan yang harus berfungsi secara optimal, nyaman, aman dan lancar.
- h. Faktor koreksi temperatur yang digunakan metode Bina Marga 2013 sudah menyesuaikan dengan kondisi iklim dan cuaca yang ada di Indonesia.
- i. Perhitungan tebal overlay Bina Marga 2013 lebih dapat menggambarkan kondisi struktural yang ada didalam perkerasan karena merupakan hasil dari respon struktur perkerasan akibat adanya beban lalu lintas yang ditunjukkan dengan adanya tegangan dan regangan didalam struktur perkerasan tersebut.
- j. Hasil perhitungan tebal overlay Bina Marga 2013 lebih tipis dibandingkan dengan AASHTO 1993.

Adapun saran yang dapat di sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan penelitian evaluasi fungsional dan struktural bersama-sama pada perkerasan lentur diruas jalan tersebut dengan menggunakan Metode Bina Marga 2013, guna menyusun program pemeliharaan perkerasan secara berkelanjutan berdasarkan kombinasi hasil evaluasi fungsional dan struktural.
2. Dalam perkembangan kedepan, dapat dilakukan pengembangan perhitungan mekanistik metode Bina Marga 2013 dengan hanya menggunakan satu software saja, yang didalamnya sudah termasuk proses backcalculation, perhitungan kekuatan lapis perkerasan dan perhitungan tebal lapis tambah (*overlay*).

Daftar Pustaka

- AASHTO, 1993, *Guide for The Design of Pavement Structures*, Washington D.C.
- Bina Marga, 2013, *Manual Desain Perkerasan Jalan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga, 2011, *Desain Perkerasan Jalan Lentur*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga, 2005, *Pedoman Perencanaan Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan*, Kementerian Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Bina Marga, 2002, *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur* Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Bina Program, 2013, *Data LHR Ruas Jalan Cirebon – Losari*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Bina Teknik, 2010, *Data Beban Sumbu Kendaraan Ruas Jalan Cirebon – Losari*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- P2JN, 2012, *Data Lendutan FWD Jawa Barat*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Subagio, B., 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*, Proceeding of 10th International Conference of EASTS Vol. 9, Taipei.

WSDOT, 2005, *Everseries User's Guides Pavement Analisis Computer Software and Case Studies*, United State of America.