

## Evaluasi Kondisi Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metoda AASHTO 1993 Studi Kasus: Ruas Ciasem-Pamanukan (Pantura)

**Frisky Ridwan A.Melania Care**

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

**Bambang Sugeng Subagio**

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

**Harmein Rahman**

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

**Aine Kusumawati**

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

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja struktural dari perkerasan lentur yang terletak di Jalan Nasional PANTURA ruas Ciasem-Pamanukan. Dalam analisis kondisi struktural data lendutan FWD (Falling Weight Deflectometer) digunakan untuk menghitung beberapa variabel dalam metoda AASHTO 1993, yaitu: nilai Modulus Resilien dari Subgrade ( $M_R$ ), nilai Modulus Efektif di atas tanah dasar ( $E_p$ ). Kemudian perhitungan dilanjutkan dengan menggunakan data tebal perkerasan dan nilai PSI untuk mendapatkan Structural Number Original ( $SN_O$ ), kumulatif ESAL aktual, Structural Number Effective ( $SN_{eff}$ ), Umur Sisa Perkerasan dan Structural Number in Future ( $SN_f$ ). Hasil Analisis Struktural memberikan nilai Umur Sisa untuk tiap segmen dan juga rekomendasi penanganan yang diperlukan dengan menggunakan kriteria penanganan menurut Bina Marga, yaitu  $SN_{eff}/SN_f \geq 0,70$ . Perhitungan beban sumbu untuk kendaraan berat yang menggunakan WIM (Weight-in-Motion) data menunjukkan nilai Truck Factor yang sangat besar, contohnya : 91,54 untuk Gol.7C-3. Analisis beban sumbu secara umum juga menunjukkan bahwa kendaraan berat lebih suka menggunakan jalur cepat untuk setiap arah. Secara umum penelitian ini membuktikan bahwa Jalan Nasional PANTURA membutuhkan program pemeliharaan yang sangat intensif setiap tahun karena volume lalu lintas yang tinggi dan nilai Truck Factor yang sangat besar pada beberapa kendaraan berat.

**Kata-kata Kunci:** Present serviceability index, umur sisa, Metoda AASHTO 1993.

### Abstract

The purpose of this research is to evaluate the structural performance of flexible pavement, located in the North Java's National Road, i.e. Ciasem-Pamanukan Section. In the analysis of structural condition, the deflection data resulted from FWD (Falling Weight Deflectometer) was used to calculate some variables in the AASHTO-93 method, those are : the Subgrade Resilient Modulus ( $M_R$ ), the Effective Modulus above the Subgrade ( $E_p$ ). Then the calculation was continued using the pavement thickness data and PSI value, to obtain the Original Structural Number ( $SN_O$ ), the actual cumulative ESAL, the Effective Structural Number ( $SN_{eff}$ ), the Remaining Life of pavement, and the Future Structural Number ( $SN_f$ ). The result of Structural Analysis using the AASHTO-93 method gave the Remaining Life for each section, and also recommend the treatment level needed for the same section, using the Bina Marga's Treatment Level criteria i.e. the ratio of  $SN_{eff}$  to  $SN_f$  equal to 0.70. The calculation of axle loading for heavy vehicles, using WIM's (Weight-in-Motion) data showed that a huge number of Truck Factor was obtained, for example : 91,54 for 7C-3 class. The axle-loading analysis showed also that is general, the heavy vehicles prefer to use the fast lane for each direction. In general, this research could justify that the National Road in North Java's corridor always need a very intensive maintenance program every year, due to high volume of traffic, and especially a very high number of Truck Factor for some Heavy Trucks.

**Keywords:** Present serviceability index, remaining life, AASHTO-93 method.

## 1. Pendahuluan

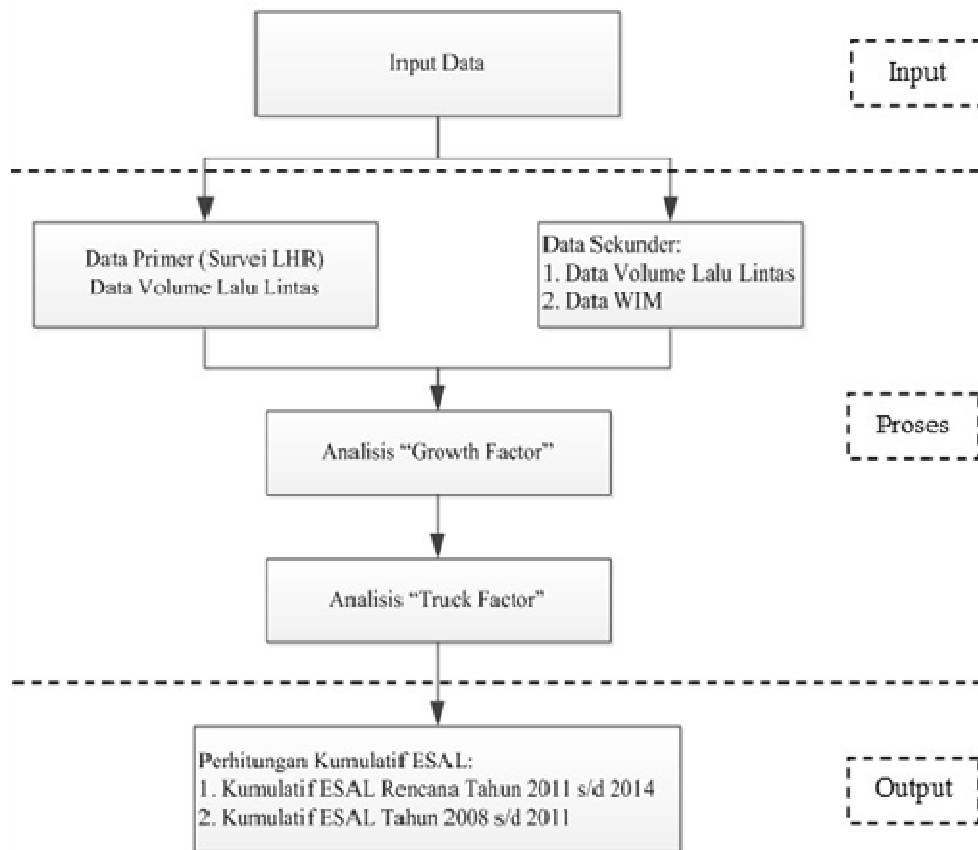
Jalan Raya PANTURA merupakan salah satu ruas jalan yang memiliki peranan penting dalam lalu lintas pengangkutan barang di pulau Jawa dan lalu lintas tradisi mudik Lebaran. Akibat dari banyaknya beban lalu lintas yang ditanggung oleh Jalan Raya PANTURA ini mengakibatkan struktur perkerasan jalannya sering kali mengalami kerusakan baik secara struktural. Apabila struktur perkerasan pada ruas tersebut mengalami kerusakan secara struktural maka tentu saja perkerasan yang bersangkutan tidak akan mampu lagi untuk melayani arus lalu lintas yang ada. Oleh karena itu sangatlah perlu untuk melakukan pemeriksaan dan pengontrolan secara berkala terhadap perkerasan jalan agar tetap dapat melayani arus lalu lintas yang ada. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja struktural perkerasan lentur menggunakan metode *non-destructive* lewat evaluasi struktural dengan alat FWD menggunakan metoda AASHTO 1993. Metode *Non-Destructive* adalah suatu metoda yang digunakan dalam melakukan evaluasi struktural lewat pengumpulan data-data terhadap struktur perkerasan yang ada tanpa harus merusak kondisi dari struktur perkerasan tersebut. Untuk proses evaluasi dilakukan menggunakan metoda AASHTO 1993 berikut rekomendasi jenis penanganan yang diperlukan. Untuk metoda AASHTO 1993 digunakan parameter Umur Sisa dan angka ratio antara  $SN_{eff-min} / SN_f$ .

## 2. Metodologi Penelitian

Program kerja yang dilaksanakan pada penelitian ini digambarkan dalam bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Pada penelitian ini data lalu lintas yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai kumulatif ESAL. Untuk bagan alir analisis data lalu lintas dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Untuk evaluasi kondisi secara struktural terdiri dari :

- Pengumpulan dan analisis terhadap data primer berupa data volume lalu lintas dan data sekunder berupa data volume lalu lintas, data beban sumbu kendaraan, data tebal perkerasan, data lendutan FWD dan data temperatur perkerasan pada lokasi studi jalan PANTURA ruas Ciasem-Pamanukan (**Gambar 3**) untuk analisis struktural menggunakan metoda AASHTO 1993.
- Untuk data primer volume lalu lintas dan data sekunder volume lalu lintas 3 tahun sebelumnya akan digunakan untuk peramalan angka pertumbuhan kendaraan di tahun-tahun berikutnya, sedangkan untuk data sekunder beban sumbu kendaraan akan digunakan untuk perhitungan nilai *Truck Factor* kendaraan yang lewat pada ruas Ciasem-Pamanukan. Kemudian data volume lalu lintas dan angka pertumbuhan bersama nilai *Truck Factor* ini akan digunakan pada perhitungan



Gambar 1. Bagan alir analisis data lalu lintas

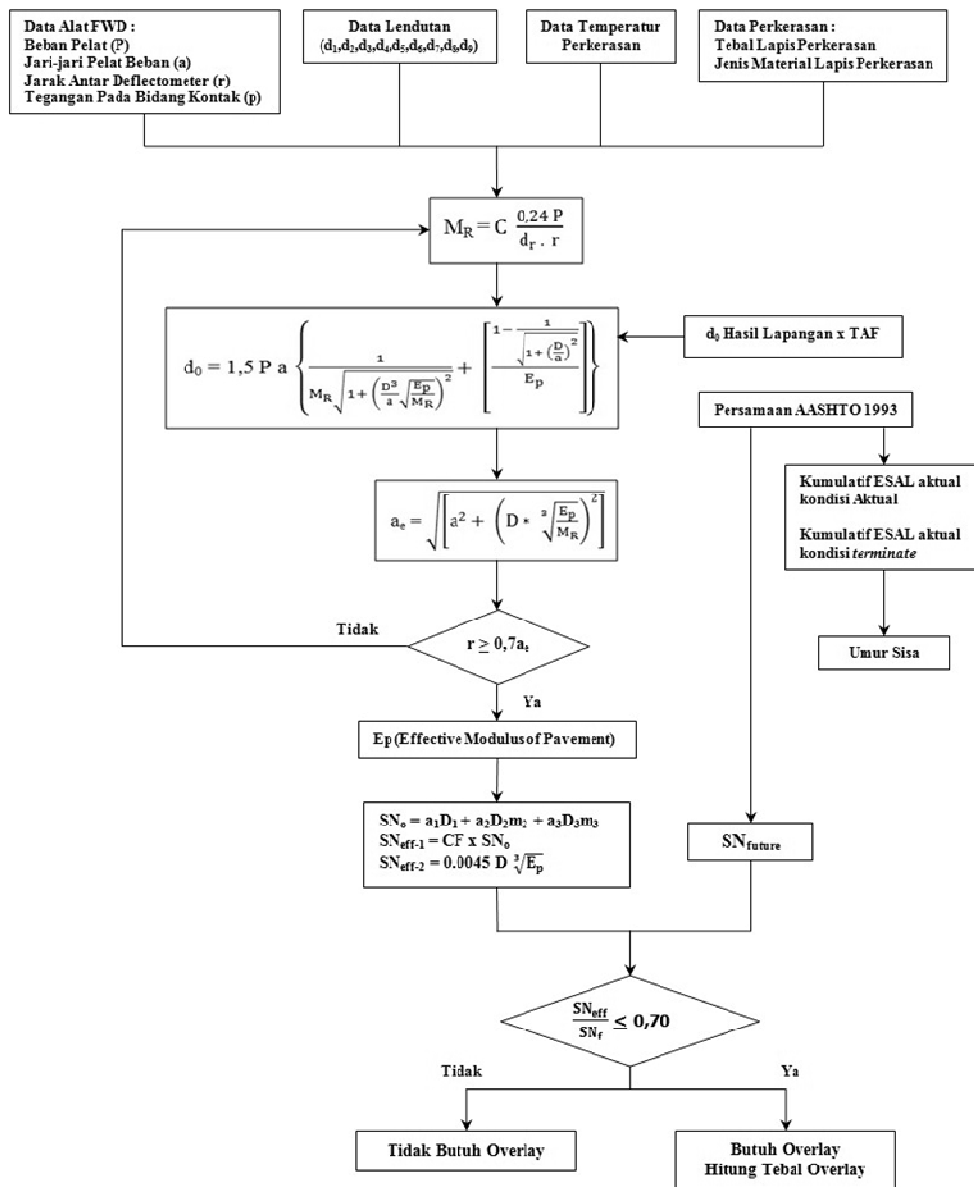
- kumulatif ESAL yang dipakai pada analisis struktural menggunakan metoda AASHTO 1993, yaitu pada perhitungan nilai *Structural Number of Future* ( $SN_f$ ). Nilai  $SN_f$  ini akan digunakan pada perhitungan tebal *overlay* bersama dengan nilai *Structural Number Effective* yang juga diperoleh dari perhitungan menggunakan metoda AASHTO 1993.
- c. Untuk data sekunder tebal perkerasan, lendutan FWD dan temperatur perkerasan akan digunakan pada perhitungan nilai Modulus Resilien Tanah Dasar ( $M_R$ ), Modulus Efektif Lapis Perkerasan di atas Tanah Dasar ( $E_p$ ), *Structural Number Effective* ( $SN_{eff}$ ). Data sekunder tebal perkerasan juga akan digunakan untuk perhitungan nilai Umur Sisa bersama dengan data *Present Serviceability Index* (PSI) hasil analisis fungsional.

- d. Dari hasil analisis data primer dan data sekunder ini kemudian dilakukan analisis struktural menggunakan Metoda AASHTO 1993. Dari hasil analisis menggunakan metoda AASHTO 1993 ini akan diperoleh output berupa kapasitas struktural lewat Umur Sisa, nilai  $SN_{eff}$  dan tebal *overlay* yang dibutuhkan pada perkerasan yang ditinjau.

### 3. Presentasi Data

#### 3.1 Data volume lalu lintas

Data volume lalu lintas yang akan digunakan pada perhitungan nilai ESAL untuk analisis struktural dibagi dalam 10 jenis golongan kendaraan sesuai dengan klasifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga, yaitu kendaraan Gol.2 s/d Gol.7C. Sebagai contoh data lalu lintas pada arah Pamanukan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.



Gambar 2. Bagan alir analisis struktural menggunakan metoda AASHTO 1993

Dari **Tabel 2** diketahui bahwa untuk kondisi Jalur PANTURA ruas Ciasem-Pamanukan jumlah terbesar kendaraan berat yang lewat berada pada jalur cepat yang ditunjukkan lewat persentase  $\pm 60\%$  dimana hal tersebut sedikit berbeda dari asumsi umum yang menganggap bahwa jumlah terbesar kendaraan berat yang lewat selalu berada pada jalur lambat

### 3.2 Data beban sumbu

Data beban sumbu diperoleh melalui survei dengan sistem penimbangan *Weight in Motion* (WIM). Survei WIM ini 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 roda kendaraan yang tercatat. Kegunaan dari data WIM adalah untuk memperoleh nilai *Truck Factor* (TF) dari tiap jenis golongan kendaraan yang akan digunakan pada perhitungan nilai ESAL untuk analisis struktural. Data beban sumbu yang ada diperoleh dari survei WIM pada ruas Cirebon – Losari tahun 2010 dan ruas Cikampek – Pamanukan tahun 2009. Dari survei WIM pada ruas tahun 2009 dan 2010 hanya diperoleh beban sumbu kendaraan golongan 6B, 7A dan 7C sedangkan untuk golongan 2, 3, 4 5A, 5B, 6A dan 7B diperoleh dari survei WIM pada ruas Pamanukan-Eretankulon tahun 2006.

**Tabel 1. Volume lalu lintas tahun 2008-2010 arah**

Ruas	Tahun	LHR (Kendaraan/Hari)										LHR (Kendaraan/Hari)		
		Kend. Ringan					Kend. Berat					Jumlah Kend. Ringan	Jumlah Kend. Berat	Jumlah Kend. Total
		Gol 2	Gol 3	Gol 4	Gol 5A	Gol 5B	Gol 6A	Gol 6B	Gol 7A	Gol 7B	Gol 7C			
Batas Kab.Subang - Batas Kota Pamanukan	2008	2786	3443	1967	325	575	1391	1770	443	50	159	8520	4387	12907
Cikampek - Pamanukan	2009	3722	4597	2627	495	34	2111	1807	1040	83	402	11441	5477	16918
Batas Kab.Subang - Batas Kota Pamanukan	2010	2645	3306	1914	435	830	1458	1872	561	118	215	8299	5053	13352

Sumber: Data IRMS\*, Subdit Teknik Jalan Direktorat Bina Teknik\*\*

**Tabel 2. Jumlah total lhr hasil survei primer**

Jumlah Total	LHR (Kendaraan/ Hari)					
	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat		Kendaraan Total	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
Total Lajur Lambat Arah Pamanukan	5776	44,8	5144	39,9	10920	44,8
Total Lajur Cepat Arah Pamanukan	7117	55,2	7734	60,1	14851	55,2
Total Arah Pamanukan	12893	100	12878	100	25771	100
Total Lajur Lambat Arah Ciasem	3295	44,1	3716	40,6	7011	42,2
Total Lajur Cepat Arah Ciasem	4173	55,9	5434	59,4	9607	57,8
Total Arah Ciasem	7468	100	9150	100	16618	100

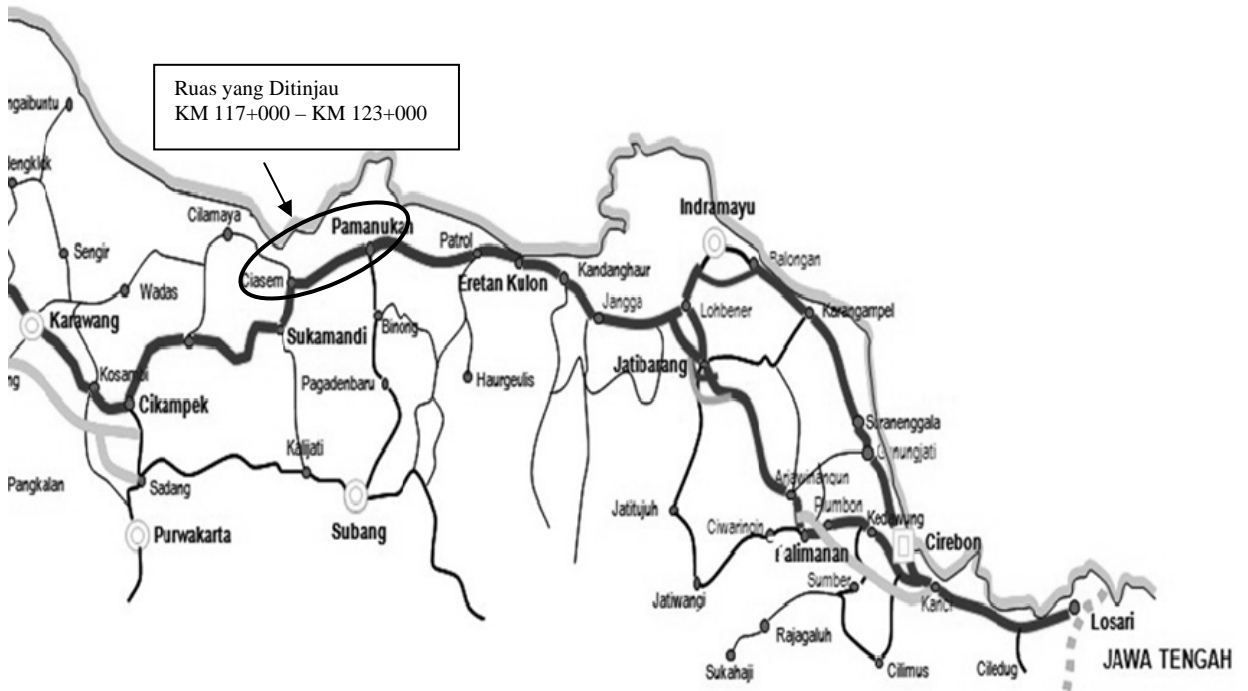
Sumber: Hasil Survei Aktual LHR, 2011

### 3.3 Data lendutan FWD

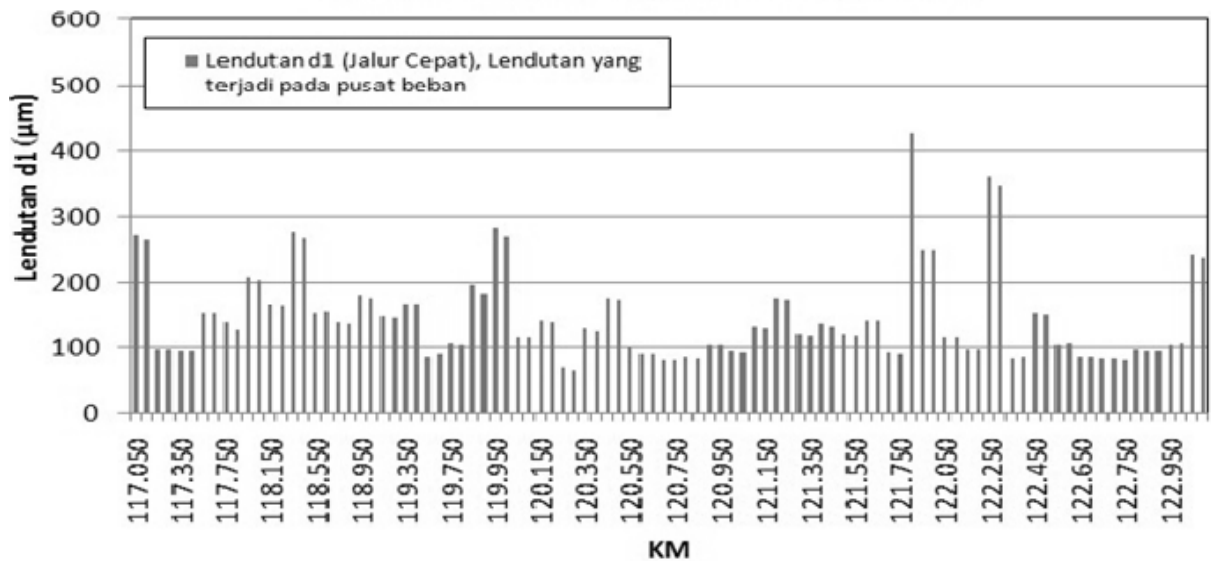
Data lengkung lendutan dan temperatur perkerasan diperoleh dari alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) pada tahun 2011. Alat ini dilengkapi dengan piringan beban berdiameter 300 mm, beban pemberat 200 kg dan tinggi jatuh 315 mm. Jarak antar deflektometer di tempatkan antara 0,200,300,450,600,900,1200,1500 dan 1800 dari pusat beban sesuai dengan ketebalan total perkerasan yang lebih dari 700 mm. Data lendutan FWD ini akan digunakan pada analisis struktural menggunakan Metoda AASHTO 1993 bersama dengan data lalu lintas, WIM dan tebal perkerasan. Sebagai contoh data lendutan FWD pada jalur cepat arah Pamanukan dapat dilihat pada **Gambar 4**.

### 3.4 Data tebal perkerasan

Berdasarkan data sekunder hasil pengujian test pit pada tahun 2008 dan history penanganan perkerasan pada tahun 2011, data tebal perkerasan pada jalur PANTURA untuk ruas Ciasem-Pamanukan dari KM 117+000 s/d KM 123+000 meliputi jenis material, tebal lapisan dan ketebalan *overlay* yang pernah dilaksanakan hingga tahun 2011. Data tebal perkerasan ini nantinya akan digunakan pada analisis struktural menggunakan Metoda AASHTO 1993 bersama dengan data lalu lintas, WIM dan lendutan FWD. Sebagai contoh data tebal perkerasan pada arah Pamanukan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 3. Ruas Ciasesem - Pamanukan



Sumber: Subdit Teknik Jalan KPU, 2011

Gambar 4. Grafik data lendutan jalur cepat arah pamanukan

#### 4. Analisis Data

##### 4.1 Analisis data lalu lintas

Tingkat pertumbuhan lalu lintas dihitung berdasarkan rata-rata dari tahun 2008 sampai dengan 2011 dengan menggunakan Metoda Increment, yaitu mencari nilai rata-rata dari hasil penjumlahan nilai pertumbuhan dari tahun 2008 s/d 2011. Tingkat pertumbuhan lalu lintas yang diperhitungkan dalam analisis adalah tingkat pertumbuhan hasil penjumlahan antara kendaraan

ringan (golongan 2,3,4,5A) dan kendaraan berat (golongan 5B,6A,6B,7A,7B,7C). Sebagai contoh hasil perhitungan pertumbuhan kendaraan dari tahun 2008 s/d 2011 pada arah Pamanukan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

*Truck Factor* (TF) adalah jumlah pemakaian beban ekuivalen pada setiap sumbu kendaraan (*equivalent axle load*) yang dikontribusikan oleh satu kendaraan dari setiap golongan kendaraan yang ditinjau. Untuk kendaraan golongan 2, 3, 4, 5A, 5B, 6A dan 7B nilai

TF-nya diperoleh dari Survei WIM tahun 2006 yang dilakukan oleh Departemen PU pada jalur Pantura Jawa Barat ruas Pamanukan-Eretankulon seperti yang terlihat pada **Tabel 4**, sedangkan rangkuman nilai *Truck Factor* hasil survei WIM pada ruas Cikampek-Pamanukan tahun 2009 dan Cirebon-Losari tahun 2010 untuk kendaraan golongan 6B, 7A dan 7C dapat dilihat pada **Tabel 5**.

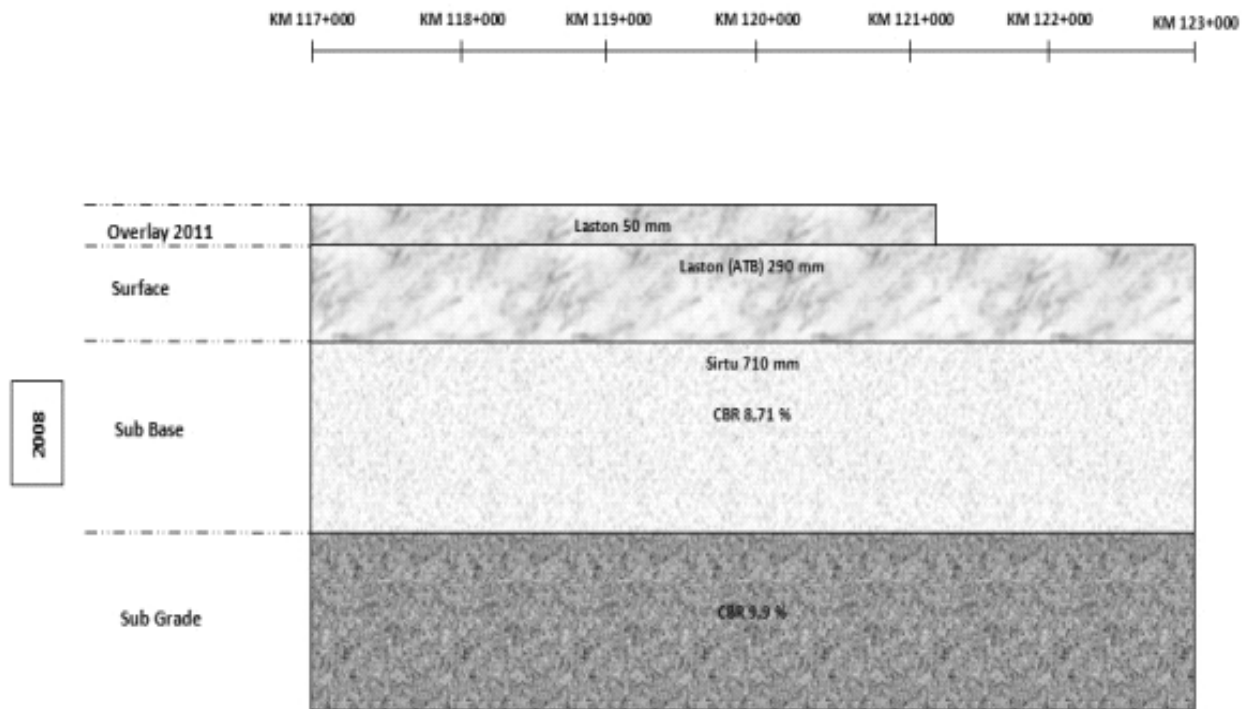
Kumulatif ESAL adalah jumlah kumulatif Repetisi beban ekuivalen 18 ESAL selama satu tahun pada tahun yang diperoleh dengan mengalikan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada tahun yang ditinjau dengan *Truck Factor* dan koefisien distribusi lajur. Dalam perhitungan kumulatif ESAL ini kendaraan yang diperhitungkan adalah kendaraan golongan 2, 3, 4, 5A, 5B, 6A, 6B, 7A, 7B dan 7C.

Perhitungan kumulatif ESAL rencana pada periode 2011 s/d 2014 diperlukan untuk memperkirakan besarnya lalu lintas yang lewat selama umur rencana sehingga tebal *overlay* yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan metoda AASHTO 1993. Dalam hal ini

umur rencana yang diambil adalah 3 tahun dimulai dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2014 dengan alasan besarnya volume lalu lintas yang ada ( $AADT > 10.000$ ) berdasarkan hasil survei aktual tanggal 26 November 2011. Dalam perhitungan kumulatif ESAL periode 2011 s/d 2014 digunakan:

1. Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) aktual pada tahun 2011.
2. Angka pertumbuhan (*Growth Factor*) dari volume lalu lintas secara total pada tahun 2008 s/d 2011.
3. *Truck Factor* yang digunakan diperoleh dari hasil survei WIM Pamanukan-Eretankulon tahun 2006 untuk kendaraan golongan 2,3,4,5A,5B,6A,7B dan survei WIM 2010 untuk kendaraan golongan 6B,7A,7C pada jalur Pantura Jawa Barat.

Analisis kumulatif ESAL periode 2008 s/d 2011 didasarkan pada volume lalu lintas harian selama satu tahun yang telah dikonversi kedalam ESAL.



Sumber Subdit Teknik Jalan KPU, 2008 dan 2011

**Gambar 5. Tebal perkerasan jalur cepat arah pamanukan**

**Tabel 3. Pertumbuhan LHR tahun 2008 – 2011 arah pamanukan**

Ruas	Tahun	LHR (Kendaraan/Hari)			Pertumbuhan Lalin (%)
		Jumlah Kend. Ringan	Jumlah Kend. Berat	Jumlah Kend. Total	
Batas Kab.Subang - Batas Kota Pamanukan	2008	8520	4387	12907	
Cikampek - Pamanukan	2009	11441	5477	16918	31,08
Batas Kab.Subang - Batas Kota Pamanukan	2010	8299	5053	13352	-21,08
Ciasem - Pamanukan	2011	12893	12878	25771	93,02
	Rata-Rata Tahun 2008 - 2011				34,34

**Tabel 4. Nilai truck factor tahun 2006**

Gol. Kend.	Tipe Sumbu	Truck Factor Arah Pamanukan	Truck Factor Arah Ciasem
Gol. 2	1.1	0,0021	0,0061
Gol. 3	1.1	0,0021	0,0061
Gol. 4	1.1	0,0021	0,0061
Gol. 5A	1.1	1,1070	1,7800
Gol. 5B	1.2	3,7414	2,4396
Gol. 6A	1.1	1,1070	1,7800
Gol. 7B	1.2+2.2	10,3720	15,6257

Sumber Survei WIM Tahun 2006, KPU

**Tabel 5. Rangkuman truck factor tahun 2009 dan 2010**

Gol Kend.	Arah Pamanukan		Arah Ciasem	
	Tahun 2009	Tahun 2010	Tahun 2009	Tahun 2010
6B	9,59	5,09	6,26	5,4
7A	13,28	16,32	12,6	21,56
7C-1	62,89	26,17	57,62	43,99
7C-2	57,28	42,2	53,59	41,07
7C-3	87,57	91,54	82,98	40,14

Sumber: Survei WIM Tahun 2009 dan 2010, KPU

Dalam perhitungan kumulatif ESAL periode 2008 s/d 2011 digunakan:

1. Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada tahun 2008.
2. Angka pertumbuhan (*Growth Factor*) dari volume lalu lintas secara total pada tahun 2008 s/d 2011.
3. *Truck Factor* Hasil survei WIM Pamanukan-Eretankulon tahun 2006 untuk kendaraan golongan 2,3,4,5A,5B,6A,7B, Cikampek-Pamanukan tahun 2009 untuk kendaraan golongan 6B,7A,7C dan Cirebon-Losari tahun 2010 untuk kendaraan golongan 6B,7A,7C. Nilai *Truck Factor* tahun 2006 dan 2009 digunakan pada perhitungan kumulatif ESAL tahun 2008 dan 2009 sedangkan nilai *Truck Factor* tahun 2006 dan 2010 digunakan pada perhitungan kumulatif ESAL tahun 2010 dan 2011.

Untuk hasil perhitungan kumulatif ESAL rencana pada periode 2008 s/d 2011 dan periode 2011 s/d 2014 dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

**Tabel 6. Kumulatif ESAL Periode 2008-2011**

Tahun	Arah Pamanukan		Arah Ciasem	
	Jalur Cepat	Jalur Lambat	Jalur Cepat	Jalur Lambat
2008	9,059328	6,039552	7,696710	5,131140
2009	12,170301	8,113534	8,414813	5,609876
2010	13,98370	9,322.480	8,217661	5,478441
2011	18,785729	12,523819	8,984369	5,989579

**Tabel 7. Kumulatif ESAL Rencana Periode 2011-2014**

Tahun	Arah Pamanukan		Arah Ciasem	
	Jalur Cepat	Jalur Lambat	Jalur Cepat	Jalur Lambat
2011	37765558	25177039	28234914	18823276
2012	50734251	33822834	30869232	20579488
2013	68156393	45437595	33749331	22495045
2014	91561298	61040866	36898144	24589324

Dari hasil analisis data lalu lintas dapat diberikan tanggapan antara lain:

1. Persentase kendaraan pada jalur lambat lebih kecil dibanding jalur cepat.
2. Angka pertumbuhan kendaraan pada arah Pamanukan yang terbilang cukup besar yaitu  $\pm 34\%$  kemungkinan disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah volume lalu lintas yang sangat *ekstrim* yang terjadi pada tahun 2010 dan 2011, yaitu dari jumlah sebesar 13.352 kend/hari menjadi 25.771 kend/hari.
3. Angka pertumbuhan kendaraan pada arah Ciasem tidak terlalu besar yaitu  $\pm 9\%$ .
4. Besarnya nilai *Truck Factor* pada kedua arah yang terbilang sangat besar kemungkinan disebabkan oleh kasus *overloading* yaitu berlebihnya kapasitas muatan pada tiap kendaraan dari batas yang ditentukan, khususnya untuk kendaraan berat (Gol. 5B s/d 7C).
5. Untuk arah Pamanukan dan Ciasem penurunan nilai *Truck Factor* yang sangat besar yang terjadi pada tahun 2009-2010 untuk kendaraan golongan 7C-1 dan 7C-2 serta kendaraan golongan 7C-3 kemungkinan disebabkan oleh adanya kebijakan yang terkait pada pembatasan terhadap beban kendaraan yang melewati ruas tersebut dan juga adanya penambahan armada angkutan dari tiap-tiap pabrik yang ada sehingga muatan yang diangkut oleh satu kendaraan tidak harus melebihi kapasitas.
6. Peningkatan yang sangat besar yang terjadi pada nilai kumulatif ESAL rencana per tahun pada tahun 2011-2014, khususnya pada jalur cepat arah Pamanukan disebabkan oleh adanya lonjakan *ekstrim* pada volume lalu lintas yang melewati ruas tersebut pada tahun 2010-2011 yang menyebabkan angka pertumbuhan per tahunnya menjadi besar dan juga nilai *Truck Factor* yang sangat besar yang dihasilkan oleh kendaraan berat (Gol. 6B s/d 7C).

### 4.3 Analisis struktural menggunakan metoda AASHTO 1993

#### 4.3.1 Perhitungan kumulatif ESAL aktual

Sebelum dilakukan perhitungan nilai ESAL aktual terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai kekuatan relatif bahan yang terpasang pada perkerasan. Untuk nilai kekuatan relatif bahan (a) desain untuk lapis permukaan (AC) Laston *overlay* pada tahun 2011 dan lapis pondasi bawah (Sirtu) *existing* diambil sebesar 0,40 dan 0,13, sedangkan untuk lapis permukaan (ATB) *existing* diperoleh dengan bantuan Grafik "*Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-*

Graded Asphalt Concrete Based on The Elastic Modulus” menggunakan nilai Modulus Efektif seluruh layer perkerasan di atas tanah dasar ( $E_p$ ) dari hasil *backcalculated* data lendutan FWD.

Nilai kumulatif ESAL aktual kondisi *terminate* ( $W_T$ ) dihitung dengan menggunakan **Persamaan AASHTO 1993** dengan ketentuan:

1. Segmentasi dari nilai lendutan wakil karena pada tiap segmentasi lendutan wakil memiliki nilai kekuatan relatif lapisan permukaan ( $a_i$ ) dan tebal lapisan ( $D$ ) yang berbeda-beda yang menyebabkan nilai  $SN_o$  yang diperoleh menjadi berbeda sehingga besarnya nilai kumulatif ESAL untuk tiap segmen akan menjadi berbeda pula.
2. Pada perhitungan kumulatif ESAL untuk kondisi *terminate* ( $W_T$ ) besarnya  $P_{1a}$  yang digunakan adalah 2,5 yang merupakan kondisi kritis untuk jalan arteri.
3. Nilai  $M_R$  yang digunakan dipilih yang terkecil diantara nilai CBR hasil pengujian *test-pit* pada tahun 2008 yang dikonversi ke nilai  $M_R$  dan Nilai  $M_R$  hasil *backcalculated* menggunakan data lengkung lendutan FWD. Setelah dilakukan analisis maka nilai  $M_R$  yang digunakan adalah nilai  $M_R$  hasil konversi dari nilai CBR karena memiliki nilai yang lebih kecil.

Segmentasi terhadap nilai kumulatif ESAL aktual didasarkan pada segmentasi terhadap data lendutan FWD baik untuk arah Pamanukan maupun Ciasem. Sebagai contoh segmentasi terhadap data lendutan pada jalur cepat arah Pamanukan dapat dilihat pada **Gambar 6** dan untuk nilai kumulatif ESAL aktual pada jalur cepat arah Pamanukan dapat dilihat pada **Tabel 8**.

### 4.3.2 Analisis lendutan

Segmentasi terhadap lengkung lendutan FWD dilakukan dengan melihat nilai lengkung lendutan  $d_1$  (lendutan di pusat beban) karena lendutan pada titik tersebut mencerminkan kondisi lapis perkerasan secara

**Tabel 8. Nilai kumulatif ESAL aktual jalur cepat arah pamanukan**

SEG	KM	Jarak (Km)	$W_T$ 2011
1	117.000 - 117.150	0,150	2,260,973
2	117.150 - 117.750	0,600	5,855,831
3	117.750 - 118.350	0,600	1,962,919
4	118.350 - 119.750	1,400	4,485,933
5	119.750 - 119.950	0,200	1,699,116
6	119.950 - 121.200	1,250	6,644,294
7	121.200 - 121.750	0,550	1,922,706
8	121.750 - 121.850	0,100	420,141
9	121.850 - 121.950	0,100	1,068,779
10	121.950 - 122.150	0,200	3,858,894
11	122.150 - 122.250	0,100	420,141
12	122.250 - 122.950	0,700	3,367,152
13	122.950 - 123.000	0,050	1,068,779

keseluruhan mulai dari lapis permukaan hingga lapis tanah dasar (Widiana, 2010). Segmentasi terhadap lengkung lendutan FWD dilakukan secara manual dengan cara mengusahakan setiap segmen yang ada memiliki tingkat keseragaman yang sama untuk menghindari adanya *over design*. Berdasarkan hasil segmentasi secara manual diperoleh nilai keseragaman dibawah 30% (keseragaman cukup baik) pada jalur cepat dan lambat di kedua arah.

Nilai Modulus tanah dasar ( $M_R$ ) dihitung berdasarkan data lendutan wakil yang telah tersegmentasi. Dalam analisisnya nilai  $M_R$  yang diperoleh harus memenuhi persyaratan jarak sensor *geophone* terjauh yaitu  $r_9 = 1800$  mm dari pusat beban, lebih besar atau sama dengan nilai  $0,7$  jari-jari cekungan tegangan pada subgrade ( $r \geq 0,7 a_c$ ). Selain itu menurut AASHTO 1993, nilai  $M_R$  hasil perhitungan yang telah memenuhi persyaratan sebaiknya dikalikan faktor koreksi  $0,33$  agar nilai  $M_R$  dari hasil *backcalculated* menyerupai nilai  $M_R$  desain.

Nilai dari modulus efektif lapis perkerasan ( $E_p$ ) dihitung dengan cara iterasi dimana tebal lapis perkerasan yang dianalisis adalah tebal lapis perkerasan aspal ditambah dengan lapisan pondasi bawah.

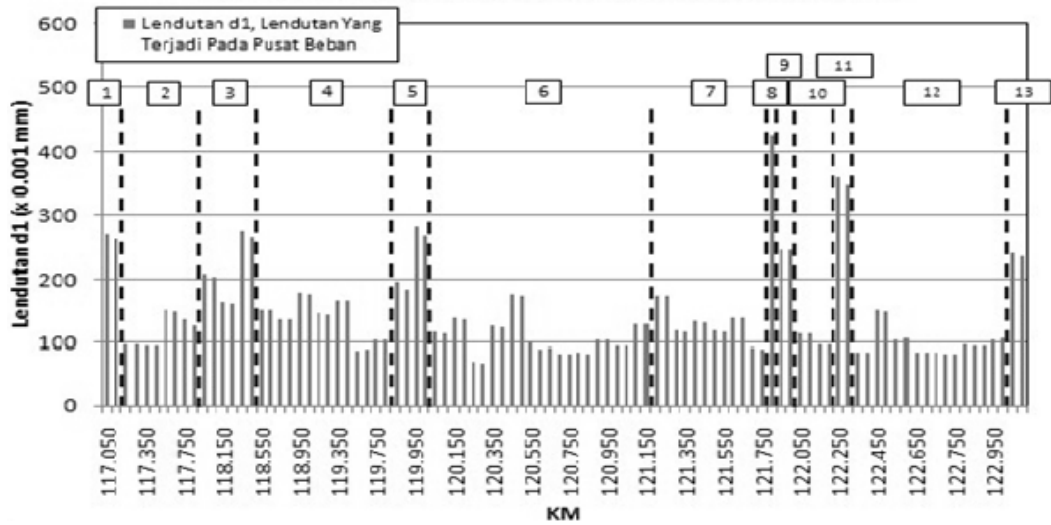
Umur Sisa dihitung menggunakan kumulatif ESAL aktual untuk kondisi aktual ( $W_A$ ) dan kondisi *terminate* ( $W_T$ ) pada tahun 2011 untuk tiap segmennya dengan hasil berbentuk persentase (%). Untuk kondisi aktual ( $W_A$ ) proses perhitungannya hampir sama dengan perhitungan nilai kumulatif ESAL aktual kondisi *terminate* ( $W_T$ ) hanya saja besarnya  $P_{1b}$  yang digunakan berasal dari perhitungan PSI rata-rata tiap segmen hasil evaluasi fungsional. Sebagai contoh untuk grafik kondisi jalan berdasarkan nilai Umur Sisa pada masing-masing segmen arah Pamanukan dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

Kapasitas struktural perkerasan yang dianalisis terdiri  $SN_f$ ,  $SN_o$  dan  $SN_{eff}$

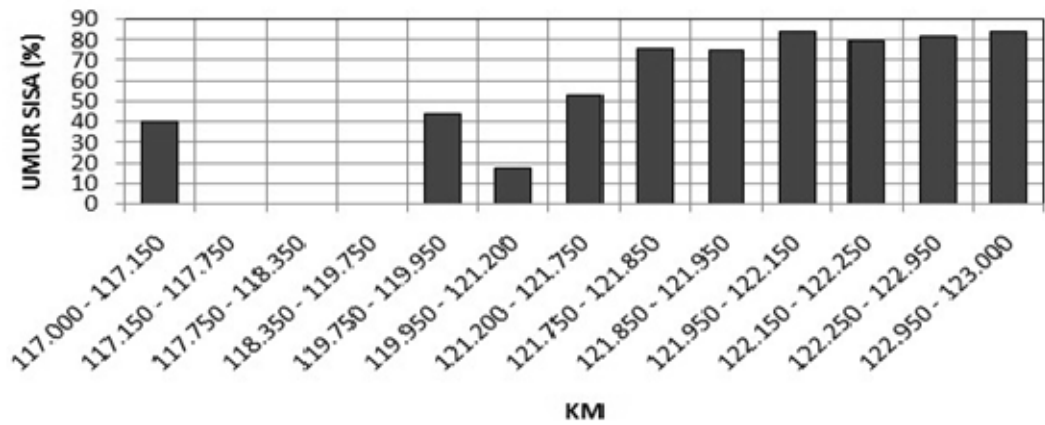
$SN_f$  adalah kapasitas struktural perkerasan berdasarkan lalu lintas rencana yaitu pada tahun 2014. Nilai  $SN_f$  dihitung secara iterasi menggunakan **Persamaan AASHTO 1993** bersama dengan besaran yang ditetapkan yaitu:

- a. *Reliability* ( $R$ ) untuk jalan antar kota sebesar 95%
- b.  $Z_R$  sebesar -1,645
- c.  $S_o$  sebesar 0,45 (untuk *flexible* 0,4 - 0,5)
- d.  $PSI$  awal ( $P_1$ ) sebesar 4,2 dan  $PSI$  umur rencana ( $P_2$ ) sebesar 2,5 untuk kondisi kritis pada jalan arteri
- e.  $M_R$  hasil *backcalculated* dari data lendutan FWD
- f.  $SN_o$  pada tiap segmen dari tahun 2008 s/d 2011
- g. Nilai Kumulatif ESAL rencana periode 2011 s/d 2014

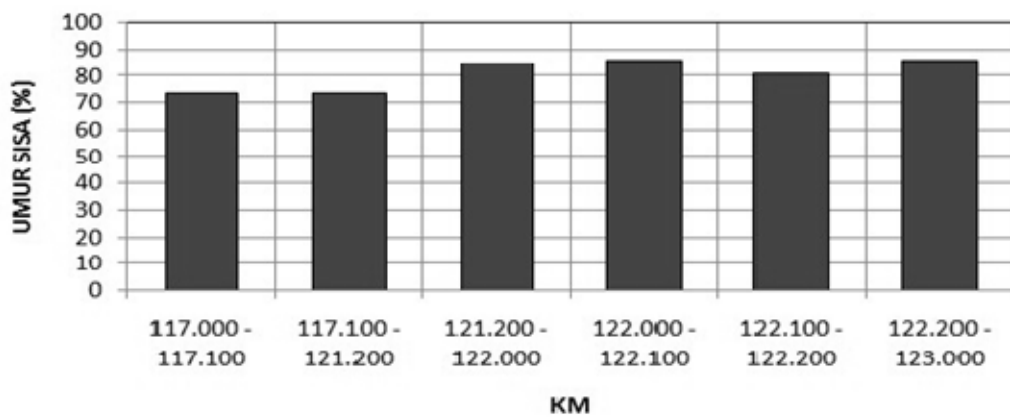




Gambar 6. Segmentasi lendutan  $d_1$  jalur cepat arah pamanuk



Gambar 7. Kondisi jalan berdasarkan umur sisa jalur cepat arah pamanukan



Gambar 8. Kondisi jalan berdasarkan umur sisa jalur lambat arah pamanukan

$SN_0$  adalah kapasitas struktural perkerasan berdasarkan pada perkerasan yang terpasang pada tahun 2008 hingga tahun 2011. Untuk nilai kekuatan relatif bahan (a) desain untuk lapis permukaan (AC) Laston *overlay* pada tahun 2011 dan lapis pondasi bawah (Sirtu) *existing* diambil sebesar 0,40 dan 0,13, sedangkan

besarnya kekuatan relatif bahan (a) lapis permukaan (ATB) *existing* diperoleh menggunakan nilai Modulus Efektif seluruh layer perkerasan diatas tanah dasar ( $E_p$ ) dari hasil *backcalculated* data lendutan FWD.

$SN_{eff}$  adalah kapasitas struktural perkerasan pada saat perkerasan dianalisis yaitu pada tahun 2011. Nilai  $SN_{eff}$  yang akan digunakan terdiri dari 2 jenis, yaitu untuk nilai  $SN_{eff-1}$  dihitung berdasarkan nilai  $SN_o$  dan faktor kondisi (CF) dimana nilai CF ini bergantung pada nilai umur sisa dan nilai kumulatif ESAL aktual untuk kondisi aktual ( $W_A$ ) dan kondisi *terminate* ( $W_T$ ). Untuk nilai  $SN_{eff-2}$  dihitung berdasarkan nilai modulus lapisan efektif ( $E_p$ ) yang diperoleh dari perhitungan menggunakan data lengkung lendutan FWD. Dari kedua nilai ini akan diambil nilai minimum untuk digunakan dalam desain kebutuhan *overlay*.

Sebagai contoh untuk rangkuman hasil perhitungan  $SN_f$ ,  $SN_o$ ,  $SN_{eff}$ , dan angka ratio  $SN_{eff}/SN_f$  pada arah Pamanukan dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

Kebutuhan tebal lapis tambah atau *overlay* ( $D_{ov}$ ) dihitung berdasarkan nilai  $SN_f$  dan  $SN_{eff-min}$ . Untuk koefisien kekuatan relatif bahan *overlay* (AC)  $a_{o1}$  yang digunakan adalah 0,4 (Laston). Setelah mengetahui kebutuhan *overlay* pada masing-masing segmen sesuai perhitungan AASHTO 1993 perlu direkomendasikan tebal *overlay* di lapangan yang terkait dengan kemudahan dalam mengaplikasikannya (tebal *overlay* yang telah dibulatkan dalam satuan cm) dan penyesuaian ketinggian *overlay* suatu segmen dengan segmen yang lain. Sebagai contoh untuk kebutuhan *overlay* dan *overlay* rekomendasi pada arah Pamanukan dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**.

Dari hasil evaluasi struktural dapat diberikan tanggapan antara lain:

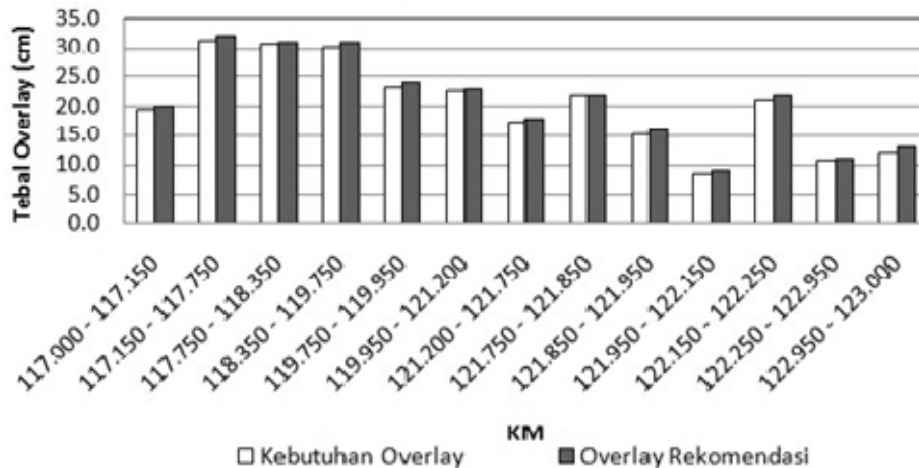
1. Rendahnya nilai Umur Sisa pada jalur cepat di kedua arah kemungkinan disebabkan oleh jumlah LHR yang tinggi pada tahun 2008-2011 (AADT > 10.000 kend/hari), angka pertumbuhan yang besar ( $\pm 34\%$ ) untuk arah Pamanukan, nilai *Truck Factor* yang sangat tinggi dan persentase distribusi lajur yang lebih besar (60%) sehingga menghasilkan nilai kumulatif ESAL yang tinggi yang harus ditanggung oleh jalur tersebut. Dalam hal ini terlihat bahwa beban lalu lintas yang ada lebih memiliki relasi terhadap parameter struktural.
2. Tingginya nilai Umur Sisa pada jalur lambat di kedua arah kemungkinan disebabkan oleh jumlah LHR yang lebih rendah pada tahun 2008-2011 dibandingkan dari jalur cepat, angka pertumbuhan yang tidak terlalu tinggi ( $\pm 9\%$ ) untuk arah Ciasem dan persentase distribusi lajur yang lebih kecil (40%) sehingga menghasilkan nilai kumulatif ESAL yang lebih rendah. Dalam hal ini terlihat bahwa beban lalu lintas yang ada lebih memiliki relasi terhadap parameter struktural.
3. Pada jalur cepat untuk kedua arah ketebalan *overlay* rata-rata yang dibutuhkan cukup besar yaitu  $\pm 21$  cm. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh nilai  $SN_f$  yang besar yang dibutuhkan pada tahun 2014 akibat nilai kumulatif ESAL yang tinggi sehingga pada ruas ini kemungkinan diperlukan suatu penanganan khusus.
4. Pada jalur lambat untuk kedua arah ketebalan *overlay* rata-rata yang dibutuhkan tidak terlalu besar yaitu  $\pm 11$  cm. Hal ini kemungkinan

**Tabel 10. Nilai  $SN_f$ ,  $SN_o$  dan  $SN_{eff}$  jalur cepat arah pamanukan**

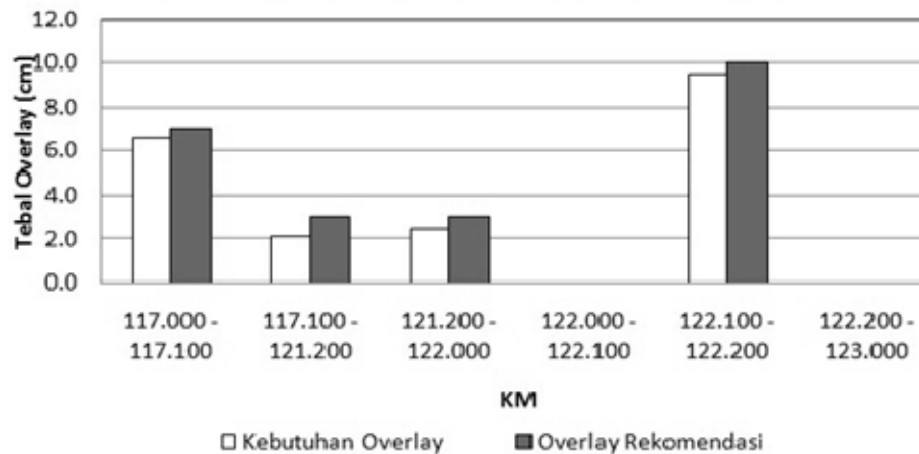
SEG	KM	Jarak (Km)	$SN_o$ 2011	$SN_{eff-1}$ 2011	$SN_{eff-2}$ 2011	$SN_{eff-min}$ 2011	$SN_f$ 2014	$SN_{eff-min} / SN_f$
1	117.000 - 117.150	0,150	5,863	5,042	7,635	5,042	9,313	0,5
2	117.150 - 117.750	0,600	6,639	3,320	9,027	3,320	9,313	0,4
3	117.750 - 118.350	0,600	5,753	2,877	7,392	2,877	9,313	0,3
4	118.350 - 119.750	1,400	6,417	3,209	8,524	3,209	9,313	0,3
5	119.750 - 119.950	0,200	5,642	4,909	7,209	4,909	9,313	0,5
6	119.950 - 121.200	1,250	6,747	4,993	9,063	4,993	9,313	0,5
7	121.200 - 121.750	0,550	5,737	5,163	8,389	5,163	9,313	0,6
8	121.750 - 121.850	0,100	4,630	4,445	6,287	4,445	9,313	0,5
9	121.850 - 121.950	0,100	5,294	5,082	7,542	5,082	9,313	0,5
10	121.950 - 122.150	0,200	6,291	6,102	9,443	6,102	9,313	0,7
11	122.150 - 122.250	0,100	4,630	4,445	6,579	4,445	9,313	0,5
12	122.250 - 122.950	0,700	6,180	5,995	9,083	5,995	9,313	0,6
13	122.950 - 123.000	0,050	5,294	5,135	7,573	5,135	9,313	0,6

**Tabel 11. Nilai  $SN_f$ ,  $SN_o$  dan  $SN_{eff}$  jalur lambat arah pamanukan**

SEG	KM	Jarak (Km)	$SN_o$ 2011	$SN_{eff-1}$ 2011	$SN_{eff-2}$ 2011	$SN_{eff-min}$ 2011	$SN_f$ 2014	$SN_{eff-min} / SN_f$
1	117.000 - 117.100	0,100	6,976	6,627	9,102	6,627	8,594	0,8
2	117.100 - 121.200	4,100	7,938	7,541	10,745	7,541	8,594	0,9
3	121.200 - 122.000	0,800	7,619	7,390	11,338	7,390	8,242	0,9
4	122.000 - 122.100	0,100	8,207	8,043	13,097	8,043	8,097	1,0
5	122.100 - 122.200	0,100	7,260	6,970	8,379	6,970	8,097	0,9
6	122.200 - 123.000	0,800	7,851	7,694	9,438	7,694	8,097	1,0



Gambar 9. Rekomendasi aplikasi overlay jalur cepat arah pamanukan



Gambar 10. Rekomendasi aplikasi overlay jalur lambat arah pamanukan

disebabkan oleh nilai  $SN_f$  yang lebih kecil yang dibutuhkan pada tahun 2014 akibat nilai kumulatif ESAL yang lebih rendah.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian studi kasus dapat diambil kesimpulan sebagai berikut (Frisky, RAMC, 2012):

1. Metoda AASHTO 1993 dapat digunakan pada evaluasi struktural pada ruas jalan yang memiliki volume lalu lintas tinggi dengan bantuan data lendutan FWD .
2. Nilai *Truck Factor* pada kedua arah terbilang sangat besar. Hal ini disebabkan oleh kasus *overloading* yaitu berlebihnya kapasitas muatan pada tiap kendaraan dari batas yang ditentukan, khususnya untuk kendaraan berat (Gol. 5B s/d 7C).
3. Volume lalu lintas yang tinggi menyebabkan kerusakan hingga lapisan tanah dasar. Hal ini dapat dilihat dari hasil penilaian parameter struktural.

4. Rendahnya nilai Umur Sisa pada jalur cepat di kedua arah disebabkan oleh nilai kumulatif ESAL yang tinggi yang harus ditanggung oleh jalur tersebut. Demikian juga sebaliknya untuk jalur lambat.

5. Untuk ruas jalan yang memiliki kondisi struktural yang jelek dengan volume lalu lintas yang tinggi diperlukan rekomendasi penanganan yang didasarkan pada hasil evaluasi struktural lewat angka ratio  $SN_{eff}/SN_f \geq 0,70$ .

### 5.2 Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dimasa mendatang, ada beberapa aspek yang penulis sarankan, yaitu:

1. Perlu dilakukan survei LHR secara periodik setiap 1 tahun sekali pada ruas Ciasem-Pamanukan untuk memantau ada tidaknya perubahan terhadap distribusi lajur untuk tiap arah dan besarnya pertumbuhan terhadap arus lalu lintas yang ada.

2. Perlu dilakukan survei WIM secara periodik setiap 1 tahun sekali pada ruas Ciasem-Pamanukan sehingga besarnya nilai *Truck Factor* khususnya untuk kendaraan berat tetap bisa terkontrol.

## **Daftar Pustaka**

- AASHTO guide for design of pavement structures, 1993, *The American Association of State Highway Transportation Officials*, Washington DC.
- Balai Lalu Lintas Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan 2011, *Data roughness ruas Ciasem-Pamanukan*, Bandung.
- Care, F.R.A.M., 2012, *Evaluasi Kondisi Fungsional dan Struktural Perkerasan Lentur Menggunakan Metoda "non-Destructive" Studi Kasus: Ruas Ciasem-Pamanukan (PANTURA)*, Tesis Program Magister STJR, Institut Teknologi Bandung.
- Subdit Teknik Jalan Direktorat Bina Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum 2011, *Laporan data teknis ruas Ciasem-Pamanukan*, Jakarta.
- Widiana, A.D., 2010, 'Kajian Perbandingan Lapis Tambah Perkerasan Lentur antara Metoda AASHTO 1993 dan Program ELMOD', Tesis Program Magister STJR, Institut Teknologi Bandung.