

## Analisis Sisa Masa Layan Perkerasan Lentur Berdasarkan Prediksi Kerusakan dengan Metode MEPDG dan Prediksi Nilai Kondisi Perkerasan

Muhammad Wardan B. Cahyono<sup>1</sup>, Latif Budi Suparma<sup>2\*</sup>, Agus Taufik Mulyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Balai Pengembangan Jasa Konstruksi, Dinas PUPESM, Pemda DIY  
Jl. Padjajaran, Maguwoharjo, Depok Sleman Yogyakarta 55282

<sup>2</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, Indonesia 55281

### Abstrak

Nilai sisa masa layan (*Remaining Service Life/RSL*) perkerasan dapat digunakan untuk membantu dalam menentukan waktu pekerjaan pemeliharaan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai sisa masa layan perkerasan lentur berdasarkan prediksi kerusakan yang terjadi dengan menggunakan metode MEPDG dan berdasarkan prediksi kondisi kinerja perkerasan dengan nilai *Pavement Condition Index (PCI)*. Tiga ruas jalan di D.I. Yogyakarta digunakan sebagai objek penelitian, yaitu ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prambanan, dan Arteri Utara Barat. Prediksi sisa masa layan perkerasan dihitung berdasarkan prediksi besaran kerusakan. Jenis kerusakan yang diprediksi adalah rutting, alligator cracking, dan longitudinal cracking. Nilai respon perkerasan diperoleh dari hasil analisis menggunakan Program Kenpave dengan input data modulus elastisitas material masing-masing lapisan. Hasil analisis menunjukkan, ruas jalan Pakem-Prambanan mempunyai sisa masa layan terpanjang baik berdasarkan prediksi kerusakan perkerasan ( $\geq$  tahun ke-14), maupun prediksi nilai *PCI* (tahun ke-7). Hal ini disebabkan karena ruas ini melayani lalu lintas paling kecil dibandingkan lainnya.

**Kata kunci:** sisa masa layan; prediksi kerusakan perkerasan; prediksi nilai *PCI*; MEPDG

### Abstract

**[Title: Analysis of the Remaining Service Life of Flexible Pavement Based on Damage Prediction with MEPDG Method and Prediction of Pavement Condition Values]** The Remaining Service Life (RSL) of the pavement can be used to assist in determining the proper timing of maintenance work. This study aims to analyze the value of the remaining service life of flexible pavement based on the prediction of damage that occurs using the MEPDG method and based on the prediction of pavement performance conditions with the *Pavement Condition Index (PCI)* value. Three roads in D.I. Yogyakarta is used as the object of research, namely the Milir-Sentolo, Pakem-Prambanan, and North-West Arteries. Prediction of the remaining service life of the pavement is calculated based on the prediction of the amount of damage. The types of damage predicted were rutting, alligator cracking, and longitudinal cracking. The pavement response value is obtained from the results of the analysis using the Kenpave program with the modulus of elasticity of the material for each layer as input. The results of the analysis show that the Pakem-Prambanan road segment has the longest remaining service life, both based on the prediction of pavement damage ( $\geq 14^{\text{th}}$  year), and the predicted *PCI* value ( $7^{\text{th}}$  year). This is because this section serves the least traffic compared to others.

**Keywords:** remaining service life; pavement distress prediction; *PCI* value prediction; MEPDG

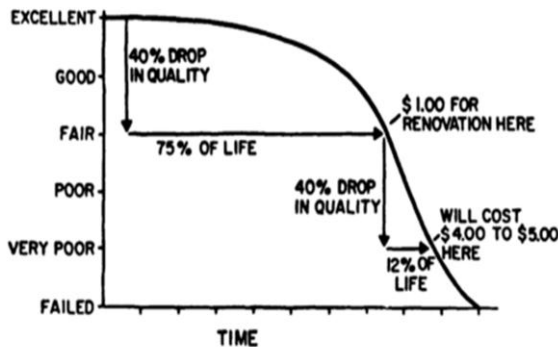
### 1. Pendahuluan

Kinerja perkerasan lentur mengalami penurunan dari waktu ke waktu, terutama diakibatkan oleh

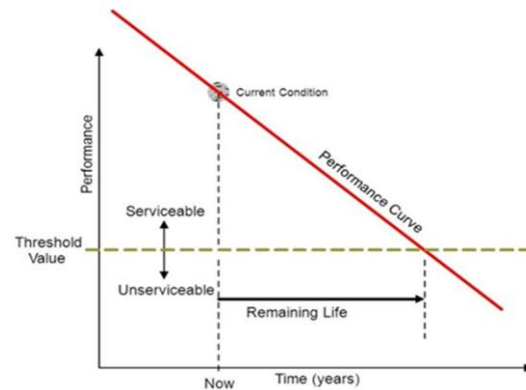
pengaruh beban lalu lintas dan cuaca (*environmental aging*) (Gao dkk., 2018). Pekerjaan preservasi diperlukan untuk menjaga kinerja perkerasan dalam kondisi yang tetap mantab dalam melayani lalu lintas. Gambar 1 menunjukkan performa perkerasan akan mengalami penurunan sebesar 40% dalam kurun waktu

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: lbsuparma@ugm.ac.id



**Gambar 1.** Grafik performa perkerasan terhadap waktu (Shahin and Walther, 1990)



**Gambar 2.** Tipikal performa perkerasan (www.pavementinteractive.org)

75% pertama masa layannya dan selanjutnya akan mengalami penurunan secara drastis sebesar 40% hanya dalam kurun waktu 12% dari masa layan apabila tidak dilakukan perbaikan pada perkerasan (Shahin & Walther, 1990).

Sisa masa layan (*remaining service life/RSL*) adalah antisipasi waktu dalam tahun saat dimana perkerasan berada pada kondisi mantap, baik secara struktural maupun fungsional pada kondisi normal, apabila hanya dilakukan pemeliharaan rutin (Gedafa dkk., 2010). RSL membantu penyelenggara jalan dalam mengidentifikasi waktu dan kebutuhan dana untuk pekerjaan pemeliharaan (Yang, 2011); penentuan skala prioritas dan penganggaran (Al-Suleiman & Shiyab, 2003). Masa layan diprediksikan berdasarkan prediksi pencapaian besaran kerusakan jalan pada batas tertentu (AASHTO, 2008); sisa waktu yang diperlukan perkerasan tersebut untuk mencapai *Terminal Serviceability Index* (Pt). Nilai PSI diperoleh dari perhitungan prediksi nilai IRI dan prediksi kerusakan *alligator cracking* dan *longitudinal cracking* (Ratnasari, 2021).

Elkins dkk. (2013) mendefinisikan sisa masa layan didefinisikan sebagai jangka waktu sampai perkerasan membutuhkan rehabilitasi mayor atau jangka waktu sampai batas minimal kondisi perkerasan telah tercapai untuk memperjelas definisi intervensi. Kedua kondisi tersebut pada dasarnya menyatakan bahwa pada kondisi tertentu perkerasan membutuhkan tindakan untuk mengembalikan kondisi. Menurut Gedafa dkk. (2010), sisa masa layan sebagai jangka waktu dimana perkerasan secara struktural dan fungsional masih dalam kondisi yang dapat diterima apabila hanya dilakukan rehabilitasi rutin.

Gambar 3 menunjukkan definisi RSL secara grafis. Indeks kondisi perkerasan jalan menurun seiring dengan waktu. Penurunan indeks kondisi perkerasan disebabkan karena terjadi kerusakan pada permukaan

perkerasan. Kerusakan terutama diakibatkan karena beban lalu lintas yang berulang dan terus menerus dan faktor cuaca. Pekerjaan rehabilitasi dan pemeliharaan dimaksudkan untuk mengembalikan indeks kondisi perkerasan pada tingkat yang dapat diterima atau menaikkan nilai indeks kondisi perkerasan. Perkerasan dapat kembali melayani beban lalu lintas setelah dilakukan rehabilitasi dan pemeliharaan, baik secara struktural maupun fungsional.

Penelitian ini berfokus pada analisis sisa masa layan perkerasan lentur dengan berdasarkan prediksi kerusakan perkerasan, dengan menggunakan metode MEPDG (AASHTO, 2008), dan prediksi nilai kondisi perkerasan (nilai PCI). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pemangku kepentingan infrastruktur jalan di Daerah Istimewa Yogyakarta untuk perencanaan pemeliharaan dan rehabilitasi jalan, khususnya pada jalan yang menjadi objek penelitian.



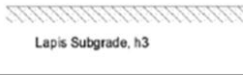
**2. Metode Penelitian**

**2.1 Analisis sisa masa layan berdasarkan prediksi kerusakan jalan (AASHTO, 2008)**

Proses penelitian untuk menganalisa sisa masa layan perkerasan lentur berdasarkan prediksi kerusakan jalan dibagi menjadi lima tahap.

**Tahap pertama.** Pada tahap ini dilakukan analisis modulus elastisitas masing-masing lapis struktur perkerasan eksisting dan baru. Pada tahap ini dibutuhkan data sistem struktur perkerasan yang digunakan untuk input data pada tahap perhitungan respon perkerasan. Respon perkerasan berupa tegangan ( $\sigma$ ), regangan ( $\epsilon$ ), dan lendutan ( $\delta$ ). Sistem struktur perkerasan yang dimaksudkan adalah tebal lapisan perkerasan dan modulus elastisitas masing-masing lapisan perkerasan. Selanjutnya, respon perkerasan dihitung dengan menggunakan bantuan software KenPave. Tabel 1 menunjukkan struktur perkerasan pada objek penelitian,

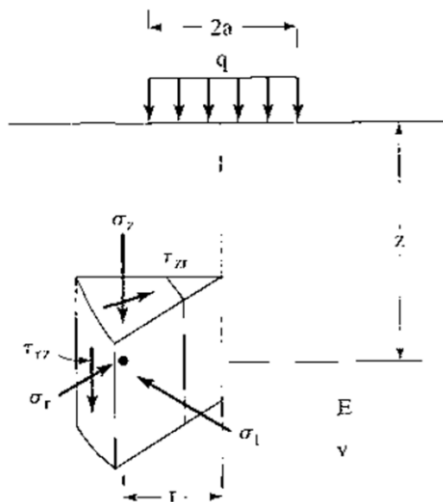
**Tabel 1.** Struktur perkerasan masing-masing ruas (Cahyono dkk., 2019)

No.	Ruas	Tebal lapis (mm)	Skema
1.	Milir-Sentolo	$h_1 = 180$ $h_2 = 420$ $h_3 = \infty$	
2.	Pakem-Prambanan	$h_1 = 190$ $h_2 = 320$ $h_3 = \infty$	
3.	Arteri Utara-Barat	$h_1 = 190$ $h_2 = 400$ $h_3 = \infty$	

sementara Tabel 2 menunjukkan nilai modulus elastisitas lapisan perkerasan masing-masing ruas jalan, sebagai hasil dari *backcalculation* data FWD.

**Tahap kedua.** Pada tahap ini dilakukan analisis beban gandar yang bekerja pada struktur perkerasan. Analisis ini meliputi analisa beban sumbu dan jumlah repetisi sumbu.

**Tahap ketiga.** Pada tahap ini dilakukan analisis respon perkerasan dengan menggunakan program KenPave dengan input data yang dihasilkan dari proses pertama dan kedua. Respon perkerasan terhadap beban, yang berupa tegangan dan regangan, diperluakan untuk memprediksi besaran kerusakan, dan dapat diperoleh dengan, salah satunya, menggunakan piranti lunak KenPave (Putri, 2014). Perkerasan menerima beban berupa beban lalulintas. Beban kendaraan diransfer ke struktur perkerasan melalui roda kendaraan. Struktur perkerasan yang mendapatkan beban menimbulkan respon struktur yang berupa tegangan ( $\sigma$ ), regangan ( $\epsilon$ ),



**Gambar 3.** Gaya-gaya akibat beban roda (Huang, 2004)

**Tabel 2.** Modulus elastisitas lapis perkerasan masing-masing ruas jalan (Cahyono dkk., 2019)

No.	Ruas	Modulus (MPa)		
		HMA	Base	Subgrade
1.	Milir-Sentolo	1.283	565	149
2.	Pakem-Prambanan	1.279	490	115
3.	Arteri Utara-Barat	1.249	522	117

dan lendutan ( $\delta$ ). Cara paling sederhana dan mudah untuk menggambarkan perilaku perkerasan lentur yang dibebani beban roda adalah dengan menggambarkannya sebagai potongan lapisan yang “*homogenous half space*” (Huang, 2004).

“*Homogenous half space*” merupakan potongan melintang dari perkerasan lentur dengan sifat material homogen, luasan pada *horizontal* dan kedalaman pada arah vertikal tidak terbatas (Gambar 3).

**Tahap keempat.** Pada tahap ini dilakukan perhitungan prediksi kerusakan jalan. Jenis kerusakan jalan yang diperhitungkan adalah: *rutting*, *alligator cracking* dan *longitudinal cracking*.

**a. Rutting.**

Menurut AASHTO (2008), persamaan untuk menghitung besar kedalaman *rutting* yang terjadi pada permukaan perkerasan dengan bahan ikat aspal (*flexible pavement*) dengan Persamaan 1.

$$\Delta_{p(HMA)} = \beta_{1r} k_z \epsilon_{r(HMA)} 10^{k_{1r}} n^{k_{2r} \beta_{2r}} T^{k_{3r} \beta_{3r}} \quad (1)$$

dengan:  $\Delta_{p(HMA)}$  = akumulasi deformasi permanen pada permukaan perkerasan *fleksibel* (inch);  $\epsilon_{p(HMA)}$  = akumulasi permanen regangan aksial plastis pada lapis perkerasan *fleksibel* (inch/inch);  $\epsilon_{r(HMA)}$  = regangan plastis di tengah tebal layer perkerasan *fleksibel* (inch/inch);  $h_{(HMA)}$  = ketebalan lapis perkerasan *fleksibel* (inch);  $n$  = jumlah repetisi beban gandar;  $T$  = temperature permukaan perkerasan ( $^{\circ}F$ );  $k_z$  = faktor kalibrasi kedalaman;  $k_{1r,2r,3r}$  = faktor kalibrasi lapangan (dari kalibrasi ulang NCHRP 1-40D;  $k_{1r} = -3,35412$ ,  $k_{2r} = 0,4791$ ,  $k_{3r} = 1,5606$ );  $\beta_{1r}$ ,  $\beta_{2r}$ ,  $\beta_{3r}$  = konstanta kalibrasi lapangan, dengan nilai 1,0.

**b. Alligator cracking dan longitudinal cracking.**

Persamaan untuk menghitung retakan yang berhubungan dengan beban ini, baik untuk *alligator cracking* maupun *longitudinal cracking* dengan Persamaan 2.

$$N_{f-HMA} = k_{f1} (C)(C_H) \beta_{f1} (\epsilon_t)^{k_{f2} \beta_{f2}} (E_{HMA})^{k_{f3} \beta_{f3}} \quad (2)$$

dengan:  $N_{f-HMA}$  = jumlah repetisi beban yang diijinkan untuk perkerasan lentur,  $\epsilon_t$  = regangan tarik di titik kritis dari hasil perhitungan respon struktur perkerasan (inch/inch),  $E_{HMA}$  = Modulus Elastisitas perkerasan

lentur (psi),  $k_{f1}$ ,  $k_{f2}$ ,  $k_{f3}$  = faktor kalibrasi (dari NCHRP 1-40D  $k_{f1} = 0,007566$ ,  $k_{f2} = -3,9492$ , dan  $k_{f3} = -1,281$ ),  $\beta_{f1}$ ,  $\beta_{f2}$ ,  $\beta_{f3}$  = konstanta kalibrasi, ditetapkan dengan nilai 1,0 Nilai  $C_H$  untuk jenis kerusakan *alligator cracking*:

$$C_H = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 3,49H_{HMA})}}} \quad (3)$$

Nilai  $C_H$  untuk jenis kerusakan *longitudinal cracking*

$$C_H = \frac{1}{0,01 + \frac{12,00}{1 + e^{(15,676 - 2,8186H_{HMA})}}} \quad (4)$$

dengan:  $H_{HMA}$  = tebal perkerasan lentur (inch)

Berdasarkan metode *mechanistic-empirical*, selanjutnya dihitung indeks penambahan kerusakan perkerasan lentur pada kedalaman yang ditinjau. Indeks penambahan kerusakan (*Incremental Damage Index/DI*) dihitung dengan membagi nilai beban gandar kendaraan aktual dengan jumlah repetisi beban yang diijinkan. Nilai *Damage Indeks* (DI) kumulatif dapat dirumuskan dengan Persamaan 5.

$$DI = \sum (\Delta DI)_{j,m,l,p,T} = \sum \left( \frac{n}{N_{f-HMA}} \right)_{j,m,l,p,T} \quad (5)$$

dengan: n = beban gandar actual yang telah terjadi pada jangka waktu tertentu, j = interval beban gandar, m = jenis beban gandar (tunggal, tandem, tridem, quad, atau konfigurasi khusus), p = bulan, T = suhu median (°F)

Prediksi luasan *alligator cracking* dan *longitudinal cracking* dihitung dengan menggunakan indeks kerusakan (DI). Persamaan (6) digunakan untuk menghitung persentase kerusakan *alligator cracking* pada permukaan perkerasan.

$$FC_{bottom} = \left( \frac{1}{60} \right) \left( \frac{C_4}{1 + e^{(C_1 C_1^* + C_2 C_2^* \log(DI_{bottom} * 100))}} \right) \quad (6)$$

dengan:  $FC_{bottom}$  = persentase luasan *alligator cracking* yang permulaan muncul pada lapisan bawah perkerasan lentur (%);  $DI_{bottom}$  = *Damage Index* Kumulatif pada lapisan bawah perkerasan lentur;  $C_{1,2,4}$  = konstanta regresi,  $C_4 = 6.000$ ;  $C_1 = 1,00$ ;

$$C_2 = 1,00$$

$$C_1^* = -2C_2^*$$

$$C_2^* = -2,40874 - 39,748 (1 + H_{HMA})^{-2,856}$$

dengan:  $H_{HMA}$  = tebal perkerasan lentur (inch)

Persamaan 7 digunakan untuk menghitung prediksi panjang *longitudinal cracking*.

$$FC_{top} = 10,56 \left( \frac{C_4}{1 + e^{(C_1 - C_2 \log(DI_{top}))}} \right) \quad (7)$$

dengan:  $FC_{top}$  = panjang longitudinal cracking yang retakan diawali di permukaan perkerasan lentur (ft/mil),  $DI_{top}$  = *Damage Index* Kumulatif pada titik di dekat permukaan perkerasan,  $C_{1,2,4}$  = konstanta regresi,  $C_1 = 7,00$ ;  $C_2 = 3,5$ ;  $C_4 = 1.000$ .

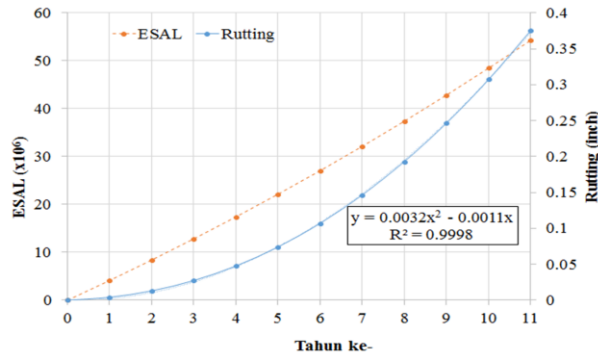
**Tahap kelima.** Pada tahap ini, selanjutnya dianalisis sisa masa layan masing-masing ruas jalan dengan memanfaatkan data respon struktur perkerasan yang dihasilkan dari tahap ketiga. Rekomendasi AASHTO (2008) bahwa, untuk melakukan evaluasi pada perkerasan lentur yang ditentukan berdasarkan klasifikasi jalan, tipe kerusakan, dan nilai batas masing-masing kerusakan. Pada ruas jalan yang ditinjau, yaitu ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prambanan, dan Arteri Utara Barat merupakan jalan primer sesuai klasifikasi jalan menurut jaringannya. Berdasarkan rekomendasi AASHTO (2008), maka batas nilai masing-masing kerusakan dengan level “Fair” untuk jenis kerusakan *rutting* adalah 0,45 inch, *alligator cracking* adalah 45%, dan 2.650 ft/mil untuk *longitudinal cracking*.

## 2.2 Analisis sisa masa layan berdasarkan prediksi nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

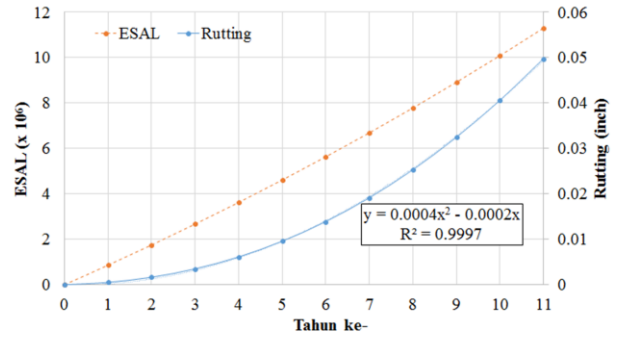
Penurunan kondisi perkerasan merupakan kombinasi dari seluruh kerusakan yang terjadi pada perkerasan. Nilai kondisi perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan nilai *Pavement Condition Index* (PCI).

Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) dapat digunakan untuk menghitung sisa masa layan perkerasan. PCI adalah indeks kerusakan jalan yang menyatakan tingkat kerusakan jalan. Nilai PCI dihitung berdasarkan jenis-jenis kerusakan yang terjadi dan tingkat keparahan masing-masing kerusakan. Nilai PCI dinyatakan dengan rentang angka 0 - 100, semakin tinggi nilai PCI menyatakan bahwa kondisi perkerasan semakin baik.

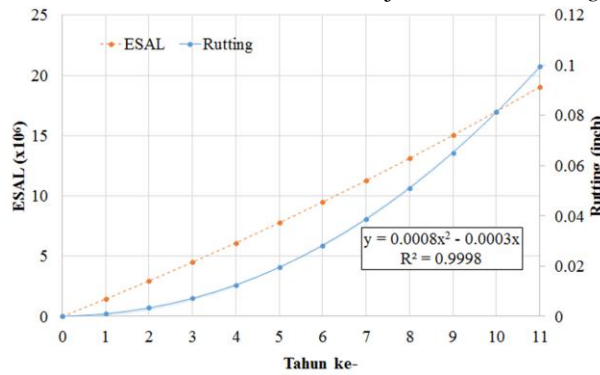
Berdasarkan grafik laju kerusakan *rutting*, *alligator cracking*, dan *longitudinal cracking* Gambar 4 sampai dengan Gambar 6, nilai besaran kerusakan sepanjang waktu tinjauan dapat diketahui. Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) ketiga ruas jalan sepanjang waktu tinjauan dapat dihitung berdasarkan kerusakan yang terjadi. Perhitungan nilai PCI masing-masing ruas jalan sesuai dengan langkah-langkah perhitungan PCI dalam Shahin dan Kohn (1982).



a. Laju kerusakan *rutting* ruas Milir-Sentolo

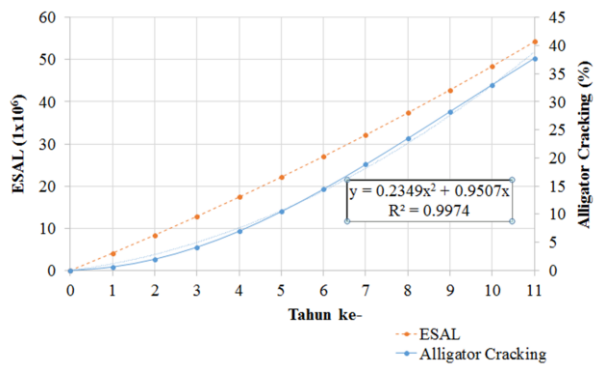


b. Laju kerusakan *rutting* ruas Pakem-Prambanan

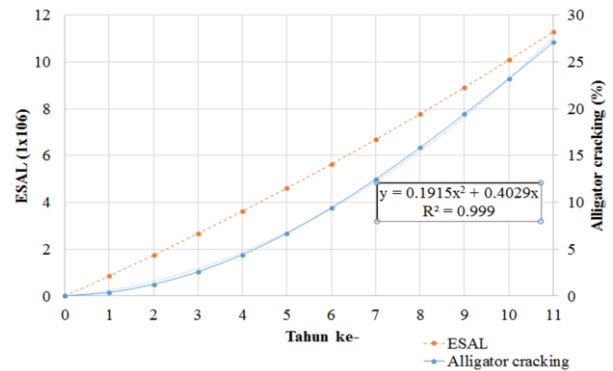


c. Laju kerusakan *rutting* ruas Arteri Utara Barat

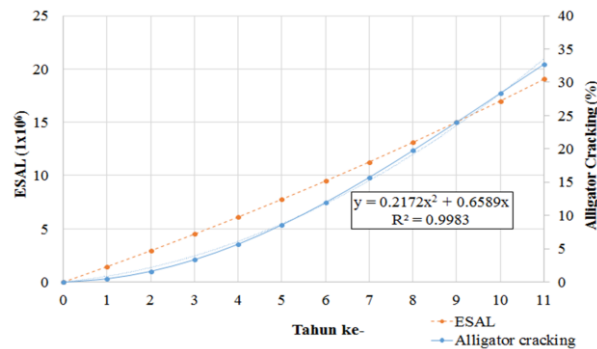
**Gambar 4.** Laju kerusakan *rutting*



a. Laju kerusakan *Alligator Cracking* ruas Milir-Sentolo



b. Laju kerusakan *Alligator Cracking* ruas Pakem-Prambanan



c. Laju kerusakan *Alligator Cracking* ruas Arteri Utara Barat

**Gambar 5.** Laju kerusakan *Alligator Cracking*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Laju Kerusakan

##### a. Rutting

Peningkatan laju kerusakan terjadi disebabkan karena semakin meningkatnya beban lalu lintas dan berkurangnya kapasitas struktural perkerasan. Menurut Gao, dkk. (2018), kinerja perkerasan lentur berkurang berangsur-angsur karena efek kombinasi dari akumulasi beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. Laju kerusakan *rutting* pada ketiga ruas jalan semakin meningkat dengan bertambahnya masa layan dan peningkatan beban lalu lintas (Gambar 4).

Peningkatan beban lalu lintas menyebabkan laju kedalaman *rutting* semakin meningkat. *Rutting* yang terjadi pada perkerasan merupakan akumulasi *rutting* yang terjadi pada tiap lapis perkerasan. Semakin besar beban lalu lintas semakin besar *rutting* yang terjadi pada tiap lapisan, sehingga laju kedalaman *rutting* semakin meningkat.

##### b. Alligator Cracking

Laju kerusakan *alligator cracking* pada ketiga ruas jalan semakin meningkat dengan bertambahnya masa layan dan peningkatan beban lalu lintas (Gambar 5). *Alligator cracking* (retak *fatigue*). adalah rangkaian retak yang tersambung satu dengan yang lain karena kegagalan *fatigue* beton aspal akibat beban lalu lintas yang berulang Laju peningkatan semakin tinggi dengan semakin bertambahnya masa layan dan peningkatan beban lalu lintas yang ditunjukkan dengan gradien grafik yang semakin curam.

Peningkatan beban lalu lintas menyebabkan laju kerusakan *alligator cracking* semakin cepat. Menurut Shahin dan Kohn (1997), kerusakan *alligator cracking* terjadi pada daerah yang menerima beban lalu lintas yang berulang seperti pada lajur roda kendaraan.

Aspal merupakan material *visco-elastic*. Material *visco-elastic* yang dibebani akan mengalami tegangan dan regangan, apabila beban konstan tersebut dihilangkan, maka tegangan dan regangan kembali ke semula, namun masih meninggalkan regangan permanen dan terakumulasi pada setiap pengulangan beban (Maggiore dkk., 2012). Akumulasi regangan permanen lebih cepat terjadi dengan semakin bertambahnya pengulangan beban lalu lintas. Laju kerusakan pada aspal semakin bertambah dengan semakin besarnya akumulasi regangan permanen. Kerusakan yang timbul akibat akumulasi regangan permanen yang telah mencapai batas dapat berupa retak.

##### c. Longitudinal Cracking

Laju kerusakan *longitudinal cracking* ketiga ruas jalan semakin bertambah dengan bertambahnya masa layan dan peningkatan beban lalu lintas (Gambar 6). Masa layan yang bertambah menyebabkan faktor material *'ageing'* menjadi dominan karena material

terpengaruh cuaca dengan durasi yang lebih lama dan lapis HMA menjadi bersifat getas dan mudah retak. Peningkatan beban lalu lintas menyebabkan regangan yang diterima oleh lapis HMA semakin besar dan material semakin mudah retak karena material HMA sudah mengalami *'ageing'*.

#### 3.2 Prediksi Sisa Masa Layan

##### 3.2.1 Sisa masa layan berdasarkan prediksi masing-masing kerusakan

##### a. Rutting

Persamaan laju prediksi kedalaman *rutting* berdasarkan Gambar 4 untuk ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prabanan, dan Arteri Utara Barat berturut-turut adalah  $y = 0,0032x^2 - 0,0011x$ ,  $y = 0,0004x^2 - 0,0002x$ , dan  $y = 0,0008x^2 - 0,0003x$ , dengan variabel "y" adalah kedalaman *rutting* dan variabel "x" adalah masa layan.

Masa atau waktu yang dibutuhkan masing-masing ruas jalan untuk mencapai kedalaman *rutting* 0,45 inch berdasarkan ketiga persamaan di atas adalah pada tahun ke-12, ke-34 dan ke-23 setelah pembukaan, masing-masing untuk ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prabanan dan Arteri Utara Barat.

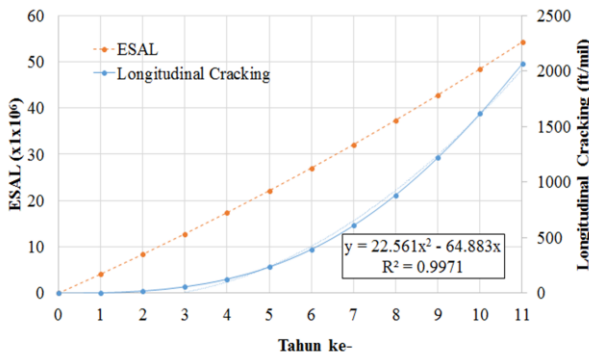
##### b. Alligator cracking

Persamaan prediksi laju persentase luasan *alligator cracking* berdasarkan pada Gambar 5, untuk ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prabanan, dan Arteri Utara Barat berturut-turut adalah  $y = 0,2349x^2 + 0,9507x$ ,  $y = 0,1915x^2 + 0,4029x$ , dan  $y = 0,2173x^2 + 0,6565x$ , dengan variabel "y" adalah persentase *alligator cracking* dan variabel "x" adalah masa layan. Masa yang dibutuhkan masing-masing ruas jalan untuk mencapai persentase luasan *alligator cracking* sebesar 45% berdasarkan ketiga persamaan di atas adalah pada tahun ke-12 untuk ruas jalan Milir-Sentolo, tahun ke-14 untuk ruas jalan Pakem-Prabanan dan tahun ke-13 untuk ruas jalan Arteri Utara Barat; setelah pembukaan lalu lintas pasca overlay

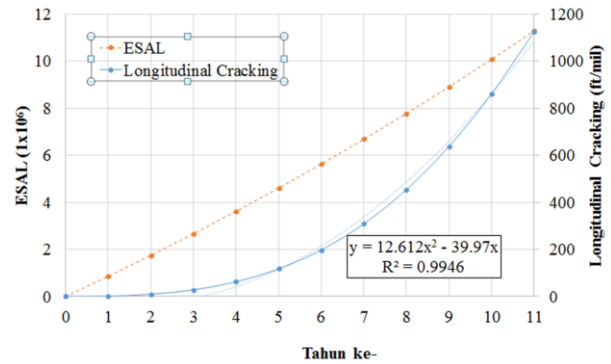
##### c. Longitudinal cracking

Persamaan prediksi laju panjang *longitudinal cracking* per mil panjang jalan berdasarkan Gambar 6, untuk ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prabanan, dan Arteri Utara Barat berturut-turut adalah  $y = 22,561x^2 - 64,883x$ ,  $y = 12,612x^2 - 39,97x$ , dan  $y = 16,493x^2 - 50,531x$ , dengan variabel "y" adalah panjang *longitudinal cracking* per mil panjang jalan dan variabel "x" adalah masa layan.

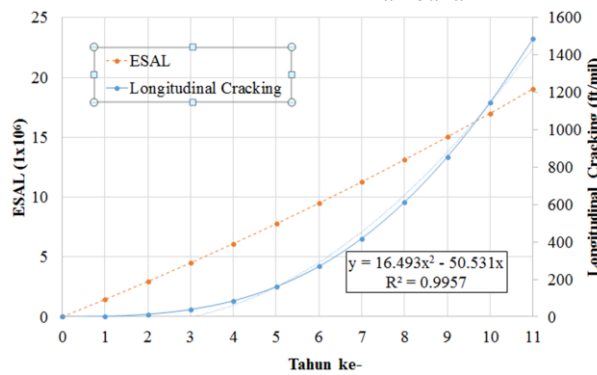
Masa atau waktu yang dibutuhkan masing-masing ruas jalan untuk mencapai panjang *longitudinal cracking* per mil panjang jalan sebesar 2.650 ft/mil berdasarkan ketiga persamaan di atas adalah pada tahun ke-12 untuk ruas jalan Milir-Sentolo, tahun ke-16 untuk ruas jalan Pakem-Prabanan dan tahun ke-14 untuk ruas jalan Arteri Utara Barat, setelah pembukaan lalu lintas (Cahyono, 2019).



a. Laju kerusakan *Longitudinal Cracking* ruas Milir-Sentolo

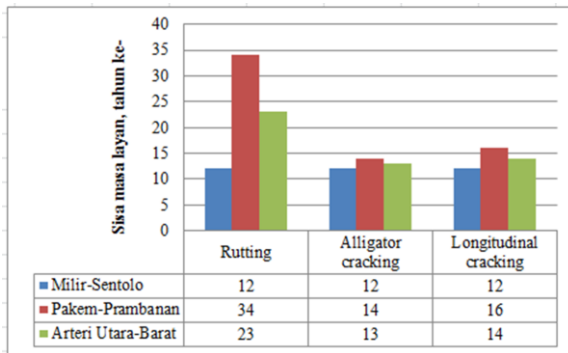


b. Laju kerusakan *Longitudinal Cracking* ruas Pakem-Prambanan



c. Laju kerusakan *Longitudinal Cracking* ruas Arteri Utara Barat

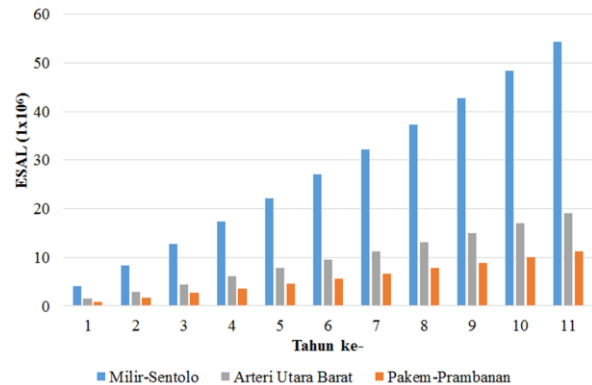
Gambar 6. Laju kerusakan *Longitudinal Cracking*



Gambar 7. Nilai RSL ketiga ruas jalan berdasarkan masing-masing kerusakan

Berdasarkan dari tiga jenis kerusakan yaitu *rutting*, *alligator cracking* dan *longitudinal cracking*, ruas jalan Milir-Sentolo selalu memiliki nilai masa layanan (*Remaining Service Life/RSL*) paling pendek dibandingkan dengan dua ruas jalan yang lain, diikuti oleh ruas jalan Arteri Utara Barat dan ruas jalan Pakem-Prambanan (Gambar 7).

Ruas jalan Pakem-Prambanan mempunyai nilai RSL terbesar karena mempunyai tebal lapis HMA paling

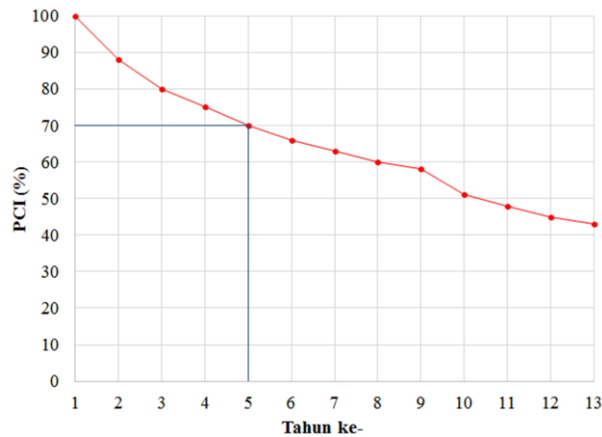


Gambar 8. Beban lalulintas masing-masing ruas jalan

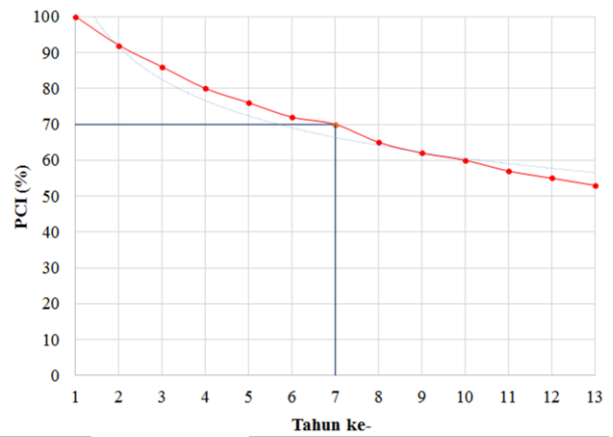
besar dibandingkan dua ruas jalan yang lain dan beban lalulintas paling kecil dibandingkan kedua ruas jalan yang lain (Gambar 8).

Besar beban lalulintas mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap sisa masa layanan perkerasan. Semakin tinggi beban lalulintas semakin pendek sisa masa layanan perkerasan. Menurut Saman (2011), beban lalulintas, terutama beban *overloading* sangat signifikan dalam menurunkan nilai sisa masa layanan perkerasan.

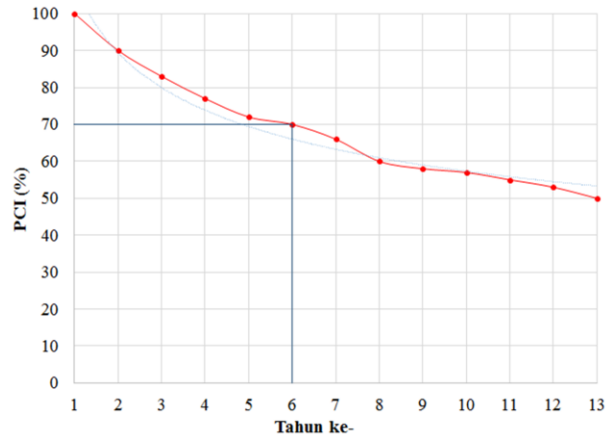




a. Prediksi PCI ruas jalan Milir-Sentolo



a. Prediksi PCI ruas jalan Pakem-Prambanan



a. Prediksi PCI ruas jalan Arteri Utara Barat

Gambar 9. Prediksi PCI ketiga ruas jalan

Pembatasan dan pengaturan beban menjadi sangat efektif dalam upaya untuk memperpanjang nilai sisa masa layan perkerasan

### 3.2.2 Prediksi sisa masa layan berdasarkan nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

Penurunan kondisi perkerasan merupakan kombinasi dari seluruh kerusakan yang terjadi pada perkerasan. Nilai kondisi perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan nilai *Pavement Condition Index* (PCI).

Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) dapat digunakan untuk menghitung sisa masa layan perkerasan. PCI adalah indeks kerusakan jalan yang menyatakan tingkat kerusakan jalan. Nilai PCI dihitung berdasarkan jenis-jenis kerusakan yang terjadi dan tingkat keparahan masing-masing kerusakan. Nilai PCI dinyatakan dengan rentang angka 0 - 100, semakin tinggi nilai PCI menyatakan bahwa kondisi perkerasan semakin baik.

Berdasarkan grafik laju kerusakan *rutting*, *alligator cracking*, dan *longitudinal cracking* (Gambar 4 sampai dengan Gambar 6), nilai besaran kerusakan sepanjang waktu tinjauan dapat diketahui. Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) ketiga ruas jalan sepanjang waktu tinjauan dapat dihitung berdasarkan kerusakan yang terjadi. Perhitungan nilai PCI masing-masing ruas jalan sesuai dengan langkah-langkah perhitungan PCI dalam Shahin dan Kohn (1982).

Laju penurunan nilai PCI masing-masing ruas jalan disajikan pada Gambar 9. Ruas jalan Milir-Sentolo mencapai nilai PCI=70% pada tahun ke-5, ruas jalan Pakem-Prambanan pada tahun ke-7, dan ruas Arteri Utara Barat pada tahun ke-6 setelah pembukaan lalulintas. Ruas Pakem-Prambanan mempunyai nilai sisa masa layan yang lebih panjang dibandingkan dengan ruas jalan yang lain karena mempunyai beban lalulintas paling kecil dibandingkan dengan dua ruas jalan yang lain (Cahyono, 2019).



#### 4. Kesimpulan

Analisis sisa masa layan perkerasan jalan lentur berdasarkan prediksi kerusakan jalan dan prediksi nilai kondisi jalan (PCI) dilakukan pada jalan primer di D.I. Yogyakarta, yaitu ruas jalan Milir-Sentolo, Pakem-Prambanan dan Arteri Utara-Barat. Hasil penelitian menunjukkan ruas jalan Pakem-Prambanan mempunyai sisa masa layan terpanjang, baik berdasarkan prediksi kerusakan perkerasan maupun prediksi nilai PCI.

#### Daftar Pustaka

- AASHTO. (2008). *Mechanistic Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Al-Suleiman, T.I. and Shiyab, A.M.S. (2003). Prediction of Pavement Remaining Service Life Using Roughness Data - Case Study in Dubai. *The International Journal of Pavement Engineering*, 4(2), 121–129
- Cahyono, M.W.B. (2019). Perhitungan Sisa Masa Layan Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Data Falling Weight Deflectometer (FWD). *Tesis S2*. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Cahyono, M.W.B., Suparma, L.B., Mulyono, A.T. (2019). Prediksi Karakteristik Struktural Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Data Falling Weight Deflectometer (FWD). Dalam *Civil Engineering and Environmental Symposium 2019* (I.18-I.23). Semarang Indonesia: LPPM Universitas Negeri Semarang
- Elkins, G.E., Thompson, T.M., Groeger, J.L., Visintine, B. and Rada, G.R. (2013) *Reformulated Pavement Remaining Service Life Framework*. Report No. FHWA-HRT-13-038. Washington: Federal Highway Administration.
- Gao, Y., Geng, D., Huang, X., Cao, R. and Li, G., (2018). Prediction of Remaining Service Life of Asphalt Pavement Using Dissipated Energy Method. *Jurnal of Transport Engineering, Part B: Pavement*, 144(2014), 1–8.
- Gedafa, D., Hossain, M., Miller, R. and Van, T. (2010). Estimation of remaining service life of flexible pavements from surface deflections. *Jurnal of Transportation Engineering*, 136(4), 342–352.
- Huang, Y.H., 2004. *Pavement Analysis and Design*. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Maggiore, C., Grenfell, J. and Collop, A. (2012). Evaluation of Fatigue Life Using Dissipated Energy Methods. *7<sup>th</sup> RILEM International Conference on Cracking in Pavements*, 643–652.
- Putri, C.K. (2014). Prediksi Nilai Kerusakan Perkerasan Lentur dengan Metode Mekanistik-Empirik (Studi Kasus: Rekonstruksi Jl. Arteri Selatan). *Tesis S2*. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- Ratnasari, H., dan Suparma, L.B. (2021). Prediksi Present Serviceability Index Untuk Analisis Sisa Umur Layan Perkerasan Lentur. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 7(2), 153–162
- Saman, E. (2011). Sensitivity Analysis in Flexible Pavement Performance Using Mechanistic Empirical Method (Case Study: Cirebon-Losari Road Segment, West Java). *Journal of Civil Engineering Forum*, XX(I), 1163–1174.
- Shahin, M.Y. and Kohn, S.D., 1982. *Pavement Maintenance Management For Roads and Parking Lots*. New York: Technical Report M-294/ADA110296 (USACERL, 1981)
- Shahin, M.Y. and Kohn, S.D. (1997). *PAVER Asphalt Distress Manual. Tr 97/104*. Illinois: US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory.
- Shahin, M.Y. and Walther, J.A. (1990). *Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System*. CERL-Technical Report (TR)-M-90/05. Illinois: US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory.
- Yang, J. (2011). Forecasting Pavement Remaining Service Life with Limited Causal Data. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 4(5), 301–306.