

PREDIKSI UMUR SISA PERKERASAN LENTUR JALAN TOL SURABAYA-GEMPOL BERDASARKAN IRI

M. Tranggono

Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah
Kementerian PUPR
Jln. Pattimura 20 Jakarta
Tlp. 021-27515801
tranggono@pusjatan.pu.go.id

Wimpy Santosa

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Katolik Parahiyangan
Jln. Ciumbuleuit No. 94, Bandung
Tlp. 022-2033691
wimpy@unpar.ac.id

Abstract

Functional pavement condition analysis conducted on the management of road pavement bending on toll roads in Indonesia is determined based on the Road Condition Value. Such assessment is an amalgamation of pavement condition assessment based roughness, grooves, and major damage to the pavement surface. On the pavement maintenance management, the determination of remaining service life is very important to be used as a decision tool for the road maintenance management program. This research was successfully linked the International Roughness Index to the Remaining Service Life of the Surabaya-Gempol toll road. The time series data obtained in 2007, 2010, 2012, and 2014 were analyzed using statistical methods. The results show that the International Roughness Index and Remaining Service Life have a linear relationship.

Keywords: pavement condition, Road Condition Value, International Roughness Index, Remaining Service Life

Abstrak

Analisis kondisi fungsional perkerasan yang dilakukan pada pengelolaan perkerasan jalan lentur pada jalan tol di Indonesia ditentukan berdasarkan Nilai Kondisi Jalan. Penilaian tersebut merupakan penggabungan penilaian kondisi perkerasan berdasarkan *roughness*, alur, dan kerusakan utama permukaan perkerasan. Pada pengelolaan pemeliharaan perkerasan, penentuan umur sisa perkerasan sangat penting untuk digunakan sebagai alat untuk mengambil keputusan dalam program penanganan pemeliharaan jalan. Penelitian ini berhasil menghubungkan International Roughness Index dengan Umur Sisa Perkerasan pada jalan tol Surabaya-Gempol. Dengan menggunakan data *time series* yang diperoleh tahun 2007, 2010, 2012, dan 2014 dilakukan analisis menggunakan metode-metode statistika. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa International Roughness Index dan Umur Sisa Perkerasan mempunyai hubungan linier.

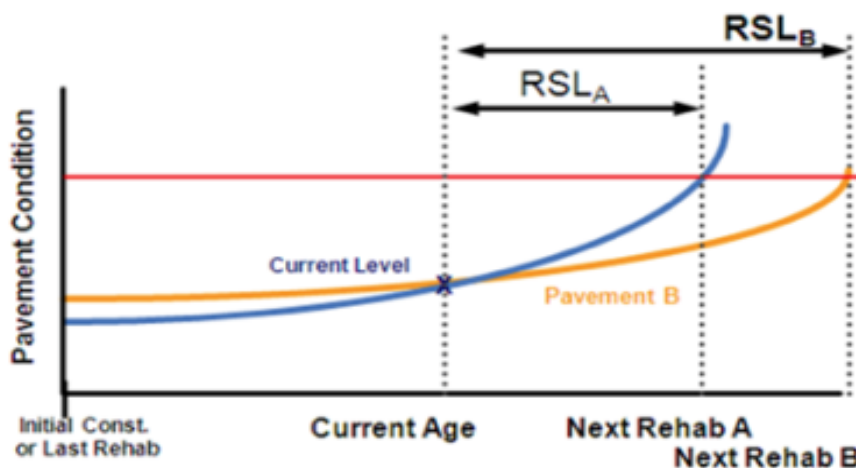
Kata-kata kunci: kondisi perkerasan, Nilai Kondisi Jalan, *International Roughness Index*, Umur Sisa Perkerasan

PENDAHULUAN

International Roughness Index (IRI) mempunyai peranan yang penting pada pengelolaan perkerasan jalan. Salah satunya digunakan pada penentuan kondisi perkerasan jalan untuk penentuan program pemeliharaan perkerasan. Jasa Marga telah mengembangkan model penurunan kondisi berdasarkan Nilai Kondisi Jalan (NKJ) yang menggambarkan kondisi fungsional perkerasan dan merupakan gabungan nilai *roughness*, nilai alur, nilai kekesatan, dan nilai kerusakan permukaan perkerasan (Tranggono, 2005; Surbakti, 2007; Sriwidodo, 2011). Nilai kondisi tersebut mempunyai rentang dari 4 sampai dengan 0 yang menggambarkan kondisi jalan dari kondisi baik sampai kondisi yang rusak.

Umur Sisa Perkerasan

Baladi, et al. (2010) dan Mack and Sullivan (2014) melakukan penilaian kondisi jalan yang dinyatakan dengan Umur Sisa Perkerasan (*Remaining Service Life*, RSL). RSL dapat didefinisikan sebagai perkiraan jumlah tahun yang diukur berdasarkan survei kondisi terakhir sampai dengan proyeksi ketika dibutuhkan kegiatan rehabilitasi perkerasan selanjutnya akan dilakukan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Selain sederhana dan langsung dapat diaplikasikan untuk keperluan pemeliharaan, RSL merupakan alat komunikasi yang baik dan alat perencanaan strategi yang baik dan dapat dengan mudah dimengerti oleh ahli teknik, masyarakat umum, legislator, dan manajer.



Sumber: Mack and Sullivan (2014)

Gambar 1 Penggambaran RSL

RSL dapat digunakan dengan baik sebagai pengukuran aset perkerasan untuk kinerja perkerasan secara nasional. RSL sangat baik digunakan sebagai pengukuran kondisi perkerasan tingkat jaringan secara nasional karena penambahan elemen 'waktu' yang menggambarkan bagaimana jaringan perkerasan tersebut melayani pengguna jalan, perkerasan dengan RSL tinggi melayani pengguna jalan lebih panjang dan akan melayani pengguna jalan dengan baik (Mack and Sullivan 2014). Demikian pula penggunaan RSL menjamin pelaksanaan program yang berbasis risiko dan berbasis kinerja, karena dapat menggambarkan kinerja (10-20) tahun mendatang dan menggambarkan kebutuhan strategi investasi untuk memelihara sistem perkerasan jalan.

Korelasi RSL dengan IRI

Dengan keunggulan-keunggulan RSL tersebut, pada penelitian ini umur sisa perkerasan berdasarkan nilai IRI digunakan sebagai pengukuran nilai kondisi. Umur sisa perkerasan berdasarkan nilai IRI dapat merepresentasikan kerusakan perkerasan dan dapat digunakan sebagai indeks kinerja perkerasan jalan (Megoda and Gao, 2014; Morova, et al., 2013). Korelasi RSL dengan IRI tersebut dapat digunakan sebagai prediksi RSL yang

mempunyai keuntungan yang optimal berdasarkan pelayanan perkerasan. Demikian pula penggunaan parameter IRI lebih handal dibandingkan pengukuran parameter kondisi lainnya karena memberikan pengukuran tingkat pelayanan serta membantu evaluasi yang lebih akurat tingkat pelayanan perkerasan yang ada.

Korelasi RSL dengan IRI dapat dinyatakan sangat baik dengan persamaan linier (Obaidat, 2003). Persamaan linier tersebut dinyatakan secara *time series* berdasarkan umur perkerasan dan siklus pemeliharaan. Analisis data IRI dilakukan dengan menyusun data lapangan IRI dari tahun 2007, 2010, 2012, dan 2014 sehingga informasi umur perkerasan dan siklus pemeliharaan dapat disusun dengan baik. Berdasarkan data IRI lapangan yang dilengkapi dengan informasi umur pemeliharaan serta siklus pemeliharaan digunakan untuk memprediksi umur sisa perkerasan. Batas IRI terminal yang digunakan ditentukan berdasarkan hubungan IRI dengan PSI. Setelah validasi korelasi dilakukan, model dikembangkan tersebut dapat digunakan untuk menghitung umur sisa perkerasan berdasarkan nilai IRI.

Tujuan utama kajian ini adalah:

- 1) mengembangkan dan melakukan validasi model RSL dengan variabel berdasarkan nilai *roughness*; dan
- 2) menyelidiki hubungan antara IRI dengan umur sisa perkerasan.

PENGUMPULAN DATA

Data Roughness

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol, dengan panjang jalan 37 kilometer. Survei fungsional perkerasan jalan dilakukan dengan menilai kondisi fungsional jalan menggunakan alat NAASRA-meter dan alat Hawkeyes untuk tahun observasi 2007, 2010, 2012, dan 2014. Data kondisi fungsional yang dikumpulkan meliputi *roughness*, alur, dan kerusakan permukaan perkerasan. Penilaian kondisi tersebut dilakukan dengan interval 50 meter dan 100 meter.

Kondisi Fungsional PSI

Analisis kondisi fungsional dilakukan dengan menggunakan konsep indeks kondisi perkerasan PSI yang dikembangkan oleh AASHTO dan telah diadaptasi oleh Widayat, et al. (1991) untuk di Indonesia, seperti ditunjukkan pada Persamaan (1). Dengan menggunakan persamaan tersebut, nilai PSI untuk tiap segmen dihitung berdasarkan hasil survei kondisi kerusakan utama perkerasan. Untuk jalan tol, nilai PSI inisial pada waktu jalan pertama kali dibuka adalah 4,2. Sedangkan jalan dalam keadaan rusak atau telah tercapainya nilai PSI terminal adalah 2,5.

$$PSI = 4,78 - 0,4974 \cdot IRI^{1,0593} - 0,004\sqrt{(C + P)} - 0,26(RD)^2 \quad (1)$$

dengan:

IRI = *International Roughness Index* (m/km);

RD = alur (mm);

C = retak (%);

P = tambalan (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan IRI dengan PSI

Model eksponensial dikembangkan seperti ditunjukkan pada Persamaan (2) untuk memprediksi PSI berdasarkan nilai IRI (Paterson, 1987; Obaidat and Shiyab, 2003). Dari hasil uji normalitas terhadap data lapangan yang telah diperoleh, diketahui bahwa data tersebut tidak berdistribusi normal dan perlu dilakukan transformasi dengan menjadikan persamaan tersebut menjadi bentuk linier seperti ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$PSI = a \exp^{(b \text{ IRI})} \quad (2)$$

$$\ln PSI = \ln a + b \text{ IRI} \quad (3)$$

dengan:

IRI = *International Roughness Index* (m/km);

a, b = koefisien.

Dengan menggunakan bantuan program SPSS, dilakukan validasi dengan uji-t berpasangan dan diperoleh koefisien pada model regresi yang dilakukan seperti yang ditunjukkan Tabel . Nilai Ln a adalah 1,97 atau nilai a adalah 7,1922 dan nilai b adalah -0,26. Berdasarkan keluaran tersebut persamaan regresinya ditunjukkan sebagaimana Persamaan (4), dan dapat dikatakan bahwa perubahan pada PSI diikuti dengan perubahan yang tidak tetap terhadap IRI dalam suatu sub-ruas yang ditentukan. Bila dinyatakan PSI merupakan fungsi IRI, persamaan tersebut dapat ditunjukkan pada Persamaan (5).

Tabel 1 Koefisien Regresi IRI dan PSI

Model		Unstandardized Coefficients		Unstandardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1,973	,011			177,980	,000
	IRI	-,259	,003	-,852		-99,131	,000

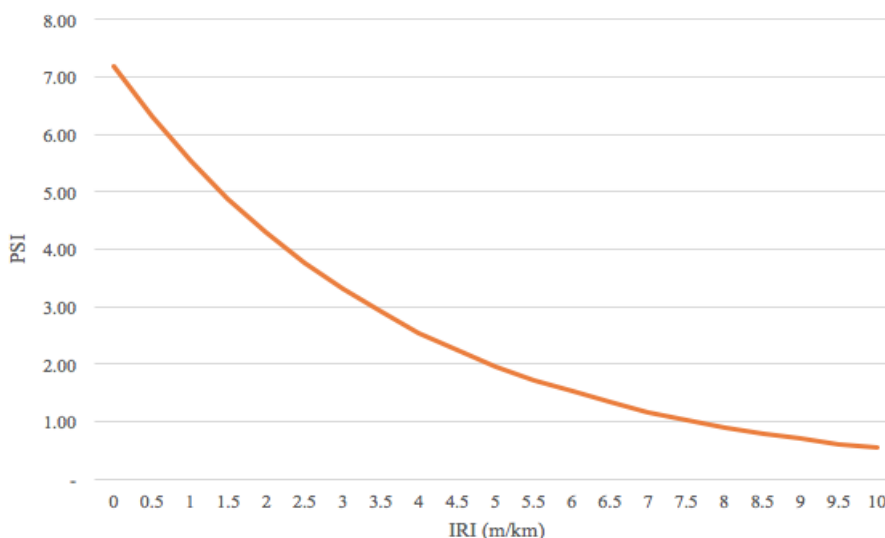
a. *Dependent Variable: LNPSI*

Hubungan PSI dan IRI tersebut adalah:

$$PSI = 7,19 e^{-0,259 \text{ IRI}} \quad (4)$$

$$\text{IRI} = 7,617 - 3,861 \ln \text{ PSI} \quad (5)$$

Persamaan tersebut dapat digambarkan, yang memberikan grafik persamaan regresi seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dengan semakin kecil IRI semakin besar PSI dan, sebaliknya, semakin besar IRI maka semakin kecil PSI. AASHTO menyebutkan bahwa nilai PSI awal dan PSI terminal yang masing-masing adalah 4,2 dan 2,5 sehingga dengan menggunakan Persamaan (4) dapat ditentukan nilai IRI awal dan terminal, yaitu masing-masing adalah sebesar 2,08 dan 4,08. Hasil IRI terminal sebesar 4,08 ini hampir sama dengan nilai IRI maksimum yang diperkenankan oleh PT Jasa Marga pada Standar Pelayanan Minimum yang ada, yaitu menggunakan nilai IRI maksimum adalah 4,0.



Gambar 1 Hubungan PSI dengan IRI

Hubungan IRI dengan Umur Perkerasan dan Siklus Pemeliharaan

Berdasarkan data IRI yang telah disusun berdasarkan umur perkerasan, perkembangan IRI dapat dibedakan atas perkembangan IRI berdasarkan 'antar' siklus pemeliharaan dan 'dalam' siklus pemeliharaan. Masing-masing perkembangan tersebut akan ditentukan regresinya untuk menentukan pola penurunan kondisi fungsional perkerasan lentur berdasarkan nilai IRI. Pengertian 'antar' siklus pemeliharaan adalah perkembangan nilai IRI yang terjadi di antara siklus pemeliharaan yang dilakukan. Sedangkan 'dalam' siklus pemeliharaan adalah perkembangan nilai IRI terhadap umur perkerasan untuk tiap siklus pemeliharaannya.

Analisis perkembangan IRI pada 'antar' siklus pemeliharaan dilakukan menggunakan data tersebut yang diurutkan sesuai dengan program penanganan dan kemudian dapat ditentukan umur perkerasan berdasarkan siklusnya. Demikian juga untuk perkembangan IRI pada 'dalam' siklus pemeliharaan dilakukan dengan data IRI yang diurutkan berdasarkan umur perkerasan untuk seluruh siklus pemeliharaan. Dengan menggunakan bantuan program SPSS juga dilakukan validasi dengan uji-t berpasangan, dan diperoleh regresi IRI dengan Siklus dan regresi IRI berdasarkan Umur Perkerasan berdasarkan persamaan eksponensial ditunjukkan masing-masing pada Persamaan (6) dan

Persamaan (7). Sedangkan bila Umur Perkerasan dinyatakan merupakan fungsi IRI, dapat ditunjukkan sebagai persamaan liner, seperti ditunjukkan pada Persamaan (8).

$$\text{IRI} = 2,392 e^{0,137 \text{ Siklus}} \quad (6)$$

$$\text{IRI} = 2,7019 e^{0,308 \text{ Umur}} \quad (7)$$

$$\text{Umur} = 3,23 (\text{Ln IRI} - 1) \quad (8)$$

dengan:

IRI = International Roughness Index (m/ km);

Siklus = Siklus pemeliharaan perkerasan;

Umur = Umur perkerasan setelah dilakukan pemeliharaan periodik/rehabilitasi(tahun).

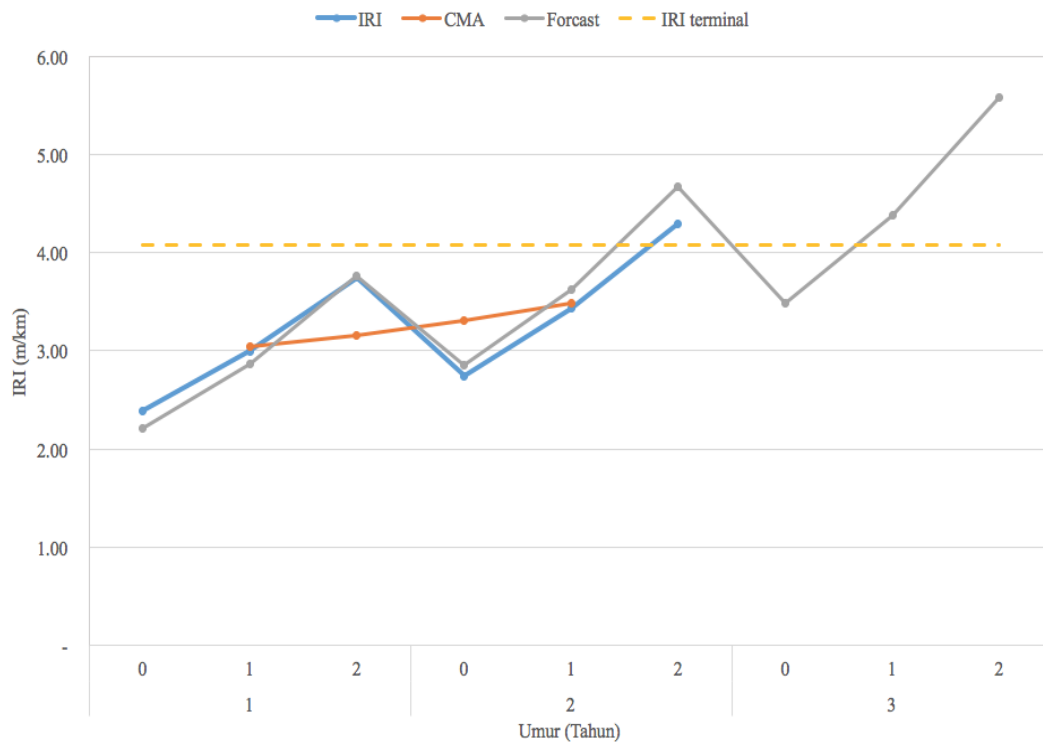
Hasil analisis IRI pada 'antar' dan 'dalam' siklus pemeliharaan yang dilakukan sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2. Pola penurunan kondisi IRI dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis *time series* dan *forecasting* data IRI sesuai dengan hasil analisis IRI pada 'antar' siklus pemeliharaan dan 'dalam' siklus pemeliharaan ditunjukkan pada Gambar 2. Analisis *time series* adalah analisis perbandingan data dengan data IRI periode sebelumnya atau merupakan perbandingan dengan data historis yang ditunjukkan dengan berwarna biru. Sedangkan *forecasting* digunakan untuk memproyeksikan kondisi IRI pada masa mendatang yang ditunjukkan dengan garis berwarna abu-abu.

Tabel 2 Time Series IRI Berdasarkan Umur dan Siklus

Umur	IRI		
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3
0	2.210	2.847	3.485
1	2.872	3.627	4.383
2	3.764	4.674	5.585

Dengan menggunakan Tabel 2, ditunjukkan bahwa pergerakan *time series* tersebut ditentukan untuk jangka 2 tahunan dan siklus yang ada (siklus ke-1 dan siklus ke-2) serta proyeksi siklus selanjutnya (siklus ke-3). Warna kuning menunjukkan nilai IRI yang telah melebihi batas terminal IRI yaitu lebih besar dari 4,08 yang ditentukan berdasarkan nilai PSI terminal 4,2 dengan menggunakan regresi PSI dan IRI. Jika IRI terminal lebih besar dari 4,08 maka perkerasan sudah dianggap rusak dan perlu dilakukan pemeliharaan periodik atau peningkatan perkerasan.

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa pemeliharaan periodik tidak dapat dilakukan sampai dengan 3 siklus, melainkan maksimal dapat dilakukan dengan 2 siklus. Artinya setelah dilakukan pemeliharaan periodik pada Siklus ke-1, setelah selesai Siklus ke-2 harus dilakukan kegiatan Peningkatan perkerasan dengan *overlay*. Hal ini dikarenakan setelah Siklus ke-2, nilai IRI sudah melewati batas terminal IRI dan bila tetap dilakukan dilakukan pemeliharaan periodik tidak akan berpengaruh pada perbaikan nilai IRI.



Gambar 2 Pola Perkembangan Nilai IRI

Hubungan IRI dengan RSL

Umur sisa perkerasan berdasarkan kondisi fungsional (*Remaining Service Life*, RSL_F) merupakan perbedaan umur pada nilai *roughness* sudah tercapai pada kondisi terminal dengan umur pada saat dilakukan pengukuran. Perhitungan nilai RSL_F untuk tiap Siklus dan Umur ditunjukkan pada Tabel . Koefisien a ditentukan berdasarkan inisial IRI dan perkembangan IRI tersebut dengan menggunakan Persamaan (6) dan koefisien b ditentukan dari Tabel 2. Tanda negatif atau kolom yang berwarna kuning menunjukkan nilai IRI yang melewati terminal IRI, atau dapat dikatakan bahwa sudah tidak mempunyai umur sisa perkerasan. Perkerasan tersebut harus dilakukan pemeliharaan periodik atau pelapisan ulang.

Warna kuning atau tanda negatif menunjukkan bahwa sudah tidak terdapat RSL atau sudah tercapainya batas minimal kondisi PSI sama dengan 4,2. Untuk menyatakan IRI merupakan fungsi RSL_F , sesuai yang dinyatakan pada tujuan analisis kondisi fungsional ini, dengan mensubstitusi Umur dengan Persamaan (6), diperoleh hasil perhitungan IRI untuk memprediksi RSL_F , seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Sedangkan pada Gambar 3 ditunjukkan hubungan IRI dengan RSL_F yang menggambarkan kedua hubungan tersebut dengan persamaan garis linier. Persamaan garis linier untuk Siklus ke-1 menggunakan Persamaan (9), sedangkan untuk Siklus ke-2 menggunakan Persamaan (10).

Tabel 3 Perhitungan RSL_F Berdasarkan Variabel IRI

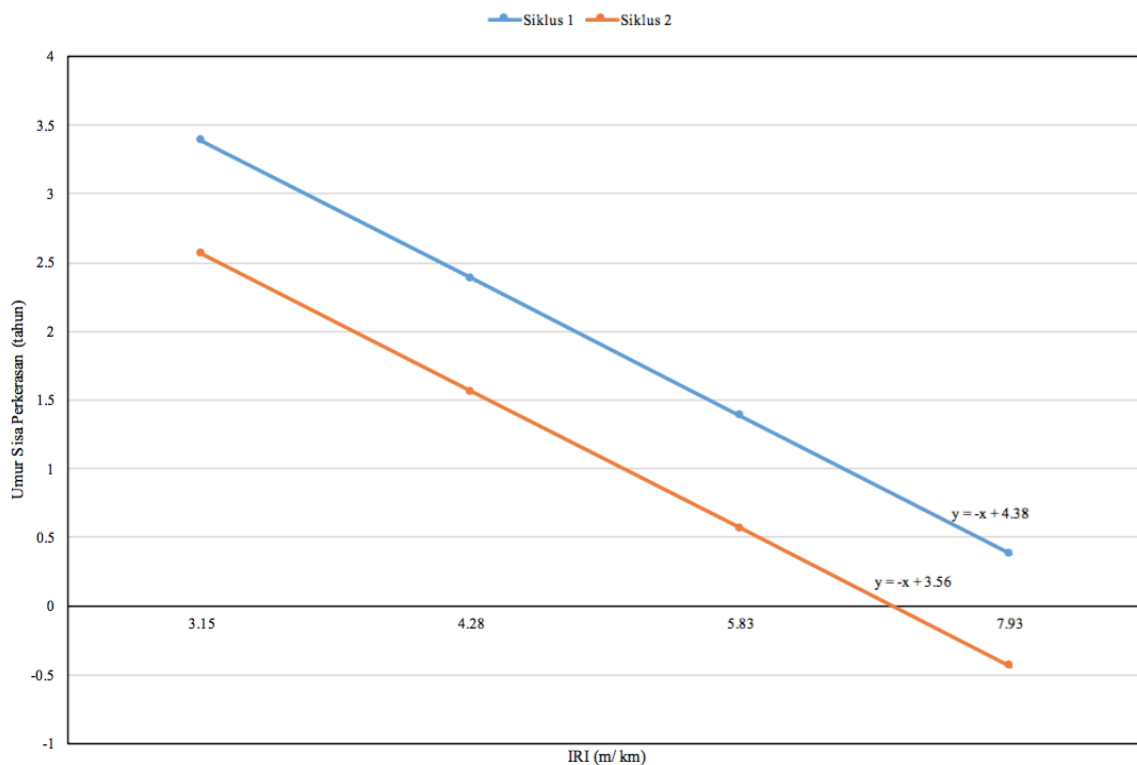
Uraian	RSL (Tahun)		
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3
Koef. a	0,21	2,85	3,48
Koef. b	0,31	0,31	0,31
Umur	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3
0	2,38	1,56	0,90
1	1,38	0,56	(0,10)
2	0,38	(0,44)	(1,10)

Rumus:

$$RSL = 1/b \ln (IRI_{terminal}/a) - Current Age$$

Tabel 4 Prediksi RSL_F dan IRI berdasarkan Umur dan Siklus Pemeliharaan

Umur	RSL		IRI	
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 1	Siklus 2
0	3,38	2,56	2,70	3,15
1	2,38	1,56	3,68	4,28
2	1,38	0,56	5,00	5,83
3	0,38	-0,44	6,81	7,93



Gambar 3 Hubungan RSL_F dengan IRI berdasarkan Siklus Pemeliharaan

Persamaan regresi RSL_F dengan IRI adalah sebagai berikut:

$$RSL_F = -IRI + 4,38 \quad (9)$$

$$RSL_F = -IRI + 3,56 \quad (10)$$

dengan:

RSL_F = *Remaining Service Life* berdasarkan kondisi fungsional (tahun);

IRI = *International Roughness Index*, yang diperoleh melalui pengujian dengan alat Roughness-meter atau NAASRA-meter (m/km).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) model umur sisa perkerasan (*Remaining Service Life*, RSL) telah sesuai dan dapat digunakan untuk memprediksi RSL berdasarkan nilai IRI pada masa yang akan datang; dan
- 2) hubungan antara umur sisa perkerasan (*Remaining Service Life*, RSL) dengan IRI merupakan fungsi linier. Penurunan kondisi fungsional tersebut dapat dengan sangat baik digambarkan dengan garis linier.

DAFTAR PUSTAKA

- American Assosiation of State Highway dan Transportation Officials AASTHO. 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC.
- Baladi, G.Y., Dawson, T.A., Dean, C.M., Haider, S.W., dan Chatti, K. 2010. *The Remaining Service Life A Good Pavement Management Tool*. Transportation and Development Institute Congress, Washington, DC.
- Mack, J.W. dan Sullivan, R.L. 2014. *Using Remaining Service Life as The National Performance Measure of Pavement Assets*. 2014 Annual Meeting of the Transport Research Board, Washington, DC
- Megoda, J.N. dan Gao, S. 2014. *Roughness Progression Model for Asphalt Pavement Using Long-Term Pavement Performance Data*. Journal Transport Engineering 140.
- Morova, N., Serin, S., dan Saltan, M. 2013. *Prediction of The Pavement Serviceability Ratio of Rigid Highway Pavements by Artificial Neural Networks*. Journal of Advanced Technology Sciences, 2 (1): 12-25.
- Obaidat, T.I.A. dan 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.
- Paterson, W.D.O. 1987. *Road Deterioration and Maintenance Effect: Models for Planning and Management*. Baltimore, MD: John Hopkin University Press.
- Sriwidodo. 2010. *Evaluasi Model Pemeliharaan Perkerasan Jalan Tol Semarang-Solo*. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, 1 (12): 51-58.
- Surbakti. 2000. *Evaluasi Model Pemeliharaan Perkerasan Jalan Tol*. Tesis tidak diterbitkan. Bandung: Program Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung.

- Tranggono, M. 2005. *Teknik Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur-Seri Pemeliharaan Jalan Kabupaten*. Departemen Pekerjaan Umum. Pusat Penelitian Pengembangan Prasarana Transportasi, Bandung.
- Widayat, D., Aditya A.J., dan Toole T. 1991. *Roughness Callibration Studies Using Different Measuring Systems*. Overseas Centre-Transport Research Laboratory, Crowthorne Berkshire UK.