

PERAMALAN KETIDAKRATAAN PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN MODEL HDM-IV

Fajar Fauziah Sukamto^{1*}, Latif Budi Suparma², Agus Taufik Mulyono³
Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
**E-mail korespondensi: lbsuparma@ugm.ac.id*

Abstract

International Roughness Index (IRI) is one of the parameters determining the comfort and safety of road users. The standard IRI value categorized as good must be ≤ 4 m/km. The limited historical data for testing the roughness index on the Pondok Aren-Serpong Toll Road makes it difficult to get accurate data to predict future road handling. Therefore forecasting methods are needed that can accommodate limited data. The purpose of this study was to test the forecasting of the roughness index using the HDM-IV model. The data used is secondary data in the form of traffic load data, California Bearing ratio (CBR), road pavement structure, rainfall, and road pavement conditions. The results of forecasting the International Roughness Index (IRI) value using the HDM-IV model on the Pondok Aren-Serpong Toll Road meet the requirements with the MAPE value for the Serpong direction of 10.15%. In comparison, the MAPE value for the Jakarta direction is 13.37%. Forecasting the value of the International Roughness Index (IRI) using the HDM-IV model can be a reference in preparing road maintenance priority programs.

Keywords: HDM-IV, International Roughness Index, Peramalan

Abstrak

International Roughness Index (IRI) merupakan salah satu parameter penentu kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Standar besaran nilai IRI yang dikategorikan baik harus ≤ 4 m/km. Keterbatasan data histori pengujian indeks ketidakrataan pada Jalan Tol Pondok Aren-Serpong, membuat sulit mendapatkan data akurat untuk memprediksi penanganan jalan yang akan datang oleh sebab itu diperlukan metode peramalan yang dapat mengakomodir data terbatas. Tujuan Penelitian ini untuk melakukan pengujian peramalan indeks ketidakrataan dengan menggunakan model HDM-IV. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berupa data beban lalu lintas, California Bearing ratio (CBR), struktur perkerasan jalan, curah hujan dan kondisi perkerasan jalan. Hasil peramalan nilai International Roughness Index (IRI) menggunakan model HDM-IV di Jalan Tol Pondok Aren-Serpong memenuhi syarat dengan nilai MAPE untuk arah Serpong sebesar 10,15 % sedangkan nilai MAPE untuk arah Jakarta sebesar 13,37 %. Peramalan nilai International Roughness Index (IRI) menggunakan model HDM-IV dapat menjadi acuan dalam penyusunan program prioritas pemeliharaan jalan.

Kata Kunci: HDM-IV, International Roughness Index, Peramalan

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan komponen utama dari infrastruktur transportasi yang berhubungan dengan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Perkerasan jalan didesain berdasarkan pada standar pelayanan jalan saat direncanakan. Kondisi jalan yang mantap akan mempercepat mobilitas barang dan jasa. Seiring pertambahan umur layanan kerusakan pada jalan akan terjadi. Faktor dominan penyebab kerusakan perkerasan jalan berupa faktor mutu perkerasan, air drainase permukaan jalan dan repetisi beban kendaraan. Banyak kerugian yang timbul terutama dari segi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Oleh sebab itu diperlukan pemeliharaan yang dapat meningkatkan kondisi jalan kembali mantap hingga umur yang direncanakan.

Adanya batasan anggaran penanganan jalan memerlukan optimalisasi penganggaran berdasarkan data yang akurat untuk menentukan prioritas penanganan jalan yang tepat sasaran. Peramalan kerusakan sejak dini merupakan langkah awal dalam penanganan kerusakan agar tercapai efektifitas waktu dan biaya penanganan jalan. Ketidakrataan permukaan jalan merupakan salah satu parameter kondisi perkerasan jalan yang berpengaruh terhadap kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. *International Roughness Index (IRI)* digunakan untuk mengevaluasi perkerasan jalan sehingga

mendapatkan jenis pemeliharaan yang sesuai. Keterbatasan data histori pengujian indeks ketidakrataan permukaan jalan, membuat sulit mendapatkan data akurat sebagai indeks kondisi jalan untuk memprediksi penanganan jalan yang akan datang. Untuk itu diperlukan penelitian yang dapat memprediksi kondisi tersebut. HDM-IV merupakan program yang dikembangkan oleh Word Bank yang dapat memprediksi perkembangan kerusakan perkerasan jalan ditahun-tahun yang akan datang. Studi kasus pada penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Tol Pondok Aren- Serpong yang menghubungkan antara Jakarta dan Tangerang Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis peramalan indeks ketidakrataan dengan menggunakan model HDM-IV pada perkerasan komposit yang dapat menjadi acuan dalam penyusunan program pemeliharaan jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

Ketidakrataan Perkerasan Jalan

Keterbatasan alat pengujian indeks ketidakrataan perkerasan jalan di Indonesia membuat sistem manajemen perkerasan jalan yang ada belum diterapkan dengan mantap dan memenuhi standar. Model peramalan kinerja perkerasan jalan menjadi salah satu komponen penting dalam manajemen perkerasan jalan (Zouch,2012). Menurut Pandey (2013), HDM-IV dapat membuat model berupa model kerusakan jalan, model dampak kerja yang dapat merepresentasikan dampak pekerjaan jalan terhadap kinerja perkerasan dan menentukan biaya yang tepat, model dampak pengguna jalan. yang dapat menghitung biaya operasional kendaraan, kecelakaan lalu lintas dan waktu tempuh, serta model dampak sosial dan lingkungan yang dapat mengukur dampak emisi kendaraan dan konsumsi energi. Struktur HDM-IV memodelkan kerusakan jalan untuk tipe perkerasan lentur dan kaku. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa HDM-IV dapat merancang penurunan jaringan jalan dengan nilai International Roughness Index, dan konstruksi jalan baru menunjukkan nilai IRI yang bagus dari waktu ke waktu dan dengan bertambahnya lalu lintas. Penurunan nilai IRI menunjukkan kerusakan jalan, jika nilai IRI melebihi nilai batas yang ditentukan maka dapat dilakukan rehabilitasi jalan untuk mengembalikan fungsi jalan.

Uji Validasi Hasil Peramalan

Salah satu metode meminimumkan kesalahan dalam peramalan yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE menghitung kesalahan absolut untuk setiap periode dibagi dengan nilai aktual yang diamati untuk periode tersebut. Rata-rata presentase kesalahan persentase MAPE menunjukkan seberapa banyak kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya.

$$MAPE = \frac{\sum_t^p \frac{|X_t - F_t|}{X_t}}{n} (100\%)$$

Keterangan

X_t = Data aktual pada waktu t

F_t = Ramalan pada periode t

n = Jumlah data

Dibawah ini merupakan tabel kriteria-kriteria MAPE menurut Chang PC dalam jurnal Halimi dkk (2013).

Tabel 1 Kriteria MAPE (Halimi dkk ,2013)

MAPE (X)	Pengertian
$X < 10\%$	Sangat Baik
$10\% < X < 20\%$	Baik
$20\% < X < 50\%$	Cukup
$X > 50\%$	Buruk

METODOLOGI PENELITIAN

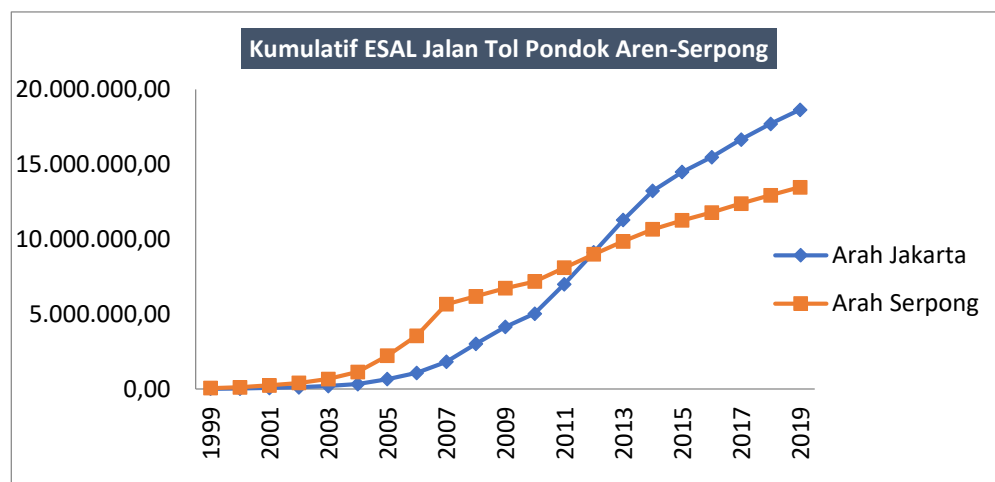
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dengan melakukan pengolahan data sekunder dari data teknis PT. Bintaro Serpong Damai. Data tersebut digunakan untuk menganalisis kinerja perkerasan Jalan Tol Pondok Aren- Serpong. Tahap awal dari penelitian ini dengan melakukan studi literatur dan pengumpulan data sekunder. Prediksi kinerja perkerasan yang akan datang dengan nilai *International Roughness Index* (IRI) untuk menentukan kondisi dan jenis penanganan yang diperlukan.

Teknik pengambilan data pada penelitian ini yaitu dengan cara mengumpulkan beberapa informasi terkait Jalan Tol Pondok Aren – Serpong serta studi literatur yang selanjutnya dapat disebut sebagai data sekunder. Data sekunder yang digunakan berupa data lalu lintas, data ketidakratan jalan, data *California Bearing Ratio* (CBR), *As Built Drawing*, data curah hujan dan data beban sumbu kendaraan. Analisis pada penelitian ini mencakup beberapa aspek yang berpengaruh terhadap kerusakan pada perkerasan jalan. Setiap aspek akan dihitung menggunakan pendekatan metode HDM-IV, kemudian dilihat pengaruhnya terhadap kondisi kinerja perkerasan jalan melalui nilai *International Roughness Index Deterioration* (IRI).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kumulatif ESAL

Data volume lalu lintas yang digunakan berupa data sekunder pada tahun 1999-2019. Hasil survei *Weigh in Motion* (WIM) dan data volume lalu lintas diolah menjadi data *Vehicle Damage Factor* sehingga beban sumbu standar kendaraan menggunakan persentase pembebanan. Hasil kumulatif ESAL dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kumulatif ESAL

Analisis Perhitungan Structural Number (SNC)

Ruas jalan tol Pondok Aren – Serpong saat beroperasi pada tahun 1999 merupakan jalan dengan struktur perkerasan kaku. Penambahan lapis tipis/ *leveling* pada tahun 2009 dengan tebal lapis AC-WC rata-rata 3 cm. Setelah itu pada tahun 2013 juga dilakukan overlay dengan tebal lapis AC-WC sebesar 5 cm.

Perhitungan *Structural Number* (SN)

$$\begin{aligned}
 SN &= ((a_1 \times h_1) + (a_2 \times h_2)) \times 0,0396 \\
 &= ((0,5 \times 270 \times 0,825) + (0,14 \times 100 \times 0,825)) \times 0,0396 = 4,868 \\
 \text{Perhitungan } Structural \text{ Number tanah dasar } (SN_{sg}) &\text{ untuk arah Serpong} \\
 SN_{sg} &= (3,51 \log CBR - 0,86 (\log CBR)^2 - 1,43) \\
 &= (3,51 \log (5,27) - 0,86 (\log 5,27)^2 - 1,43) = 0,655 \\
 \text{Perhitungan } Structural \text{ Number tanah dasar untuk arah Jakarta} \\
 SN_{sg} &= (3,51 \log CBR - 0,86 (\log CBR)^2 - 1,43) \\
 &= (3,51 \log (5,08) - 0,86 (\log 5,08)^2 - 1,43) = 0,619 \\
 \text{Perhitungan } Structural \text{ Number Capacity (SNC) untuk arah Serpong} \\
 SNC &= SN + SN_{sg} \\
 &= 4,868 + 0,655 = 5,523 \\
 \text{Perhitungan } Structural \text{ Number Capacity (SNC) untuk arah Jakarta} \\
 SNC &= SN + SN_{sg} \\
 &= 4,868 + 0,619 = 5,487
 \end{aligned}$$

Analisis Perhitungan Koefisien HDM-IV

Faktor kalibrasi berdasarkan kondisi lingkungan konstruksi jalan dan kondisi drainase. Langkah-langkah untuk mendapatkan nilai faktor kalibrasi yang diuraikan oleh Bennett dan Paterson (2001) sebagai berikut:

1. Identifikasi kondisi lingkungan disekitar lokasi penelitian disesuaikan dengan Tabel 1. Data curah hujan di lokasi penelitian termasuk daerah humid (lembab) dengan curah hujan berkisar antara 1.800 mm/tahun sampai dengan 2.200 mm/tahun.

Tabel 2. Klasifikasi Kondisi Lingkungan

Temperature clasification	Description	Typical Temperature Range (°C)	
Tropical	Warm temperature in small range	20 to 35	
Subtropical-hot	High day cool night temperature, hot-cool seasons	-5 to 45	
Subtropical-cool	Moderate day temperature, cool winters	-10 to 30	
Temperate-cool	Warm summer, shallow, winter freeze	-20 to 25	
Temperate-freeze	Cool summer, deep winter freeze	-40 to 20	
Moisture Classification	Description	Typical moisture index	Typical annual precipitation (mm)
Arid	Very low rainfall, high evaporation	-100 to -61	< 300
Semi-arid	Low rainfall	-60 to -21	300 to 800
Subhumid	Moderate rainfall or strongly seasonal rainfall	-20 to 19	800 to 1600
Humid	Moderate warm seasion rainfall	-20 to 100	1500 to 3000
Perhumid	High rainfall or very many wet-surface days	>100	>2400

Sumber: HDM-IV, 2001

2. Nilai m dihitung berdasarkan kondisi lingkungan lokasi penelitian. Dari Tabel 2 diperoleh nilai koefisien yang direkomendasikan, m sebesar 0,025.

Tabel 3. Nilai Koefisien Lingkungan Berdasarkan Temperatur

Moisture classification	Temperature classification			
	Tropical	Subtropical non-freezing	Temperate shallow freeze	Temperate extended freeze
Arid	0,005	0,010	0,025	0,04
Semi-arid	0,010	0,016	0,035	0,06
Subhumid	0,020	0,025	0,060	0,10
Humid	0,025	0,030	0,100	0,20
Perhumid	0,030	0,040		

Sumber: HDM-IV, 2001

3. Nilai m efektif dihitung dengan mengalikan m dengan k_m berdasarkan standar pembangunan jalan dan drainase seperti pada Tabel 3.

Tabel 4. Faktor Koefisien Lingkungan untuk Drainase

Construction and drainage	Non-freezing environment	Freezing environments
High standards materials and drainger; for example, motorway, raised formation, free draining or non-forst-susceptible materials, special drainage facilities.	0,6	0,5
Material quality to normal engineering standards; drainage and formation adequate for local moisture condition, and moderately maintained	1	1
Variable material quality in pavement including moisture or most-susceptibe material; drainage madequate or poorly maintained or formation height near water table	1,3	1,5
Swelling soil subgrade without remedial treatment	1,3-2	1,2-1,6

Sumber: HDM-IV, 2001

Nilai m efektif (m_{eff}) dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$m_{eff} = m \times k_m = 0,025 \times 1 = 0,025$$

Analisis Peramalan *International Roughness Index*

Peramalan ketidakrataan perkerasan jalan berdasarkan nilai *International Roughness Index* (IRI) menggunakan model HDM-IV. Analisis peramalan kondisi perkerasan jalan digunakan untuk menggambarkan kondisi perkembangan ketidakrataan jalan ditahun-tahun yang akan datang. Data yang digunakan berupa data *International Roughness Index* (IRI) tahun 2015-2019. Hasil peramalan nilai IRI pada masing-masing arah disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Perhitungan *International Roughness Index* arah Serpong.

$$IRI_n = 1.04e^{m.n} [IRI_0 + 263 (1 + SNC)^{-5} \times CESALn]$$

$$IRI_{2016} = 1.04e^{0,025 \times 1} [2,39 + 263 (1 + 5,523)^{-5} \times 11,774]$$

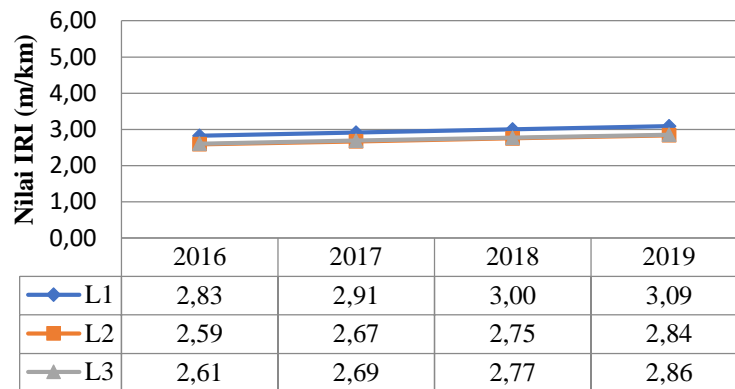
$$= 2,83 \text{ m/km}$$

Perhitungan *International Roughness Index* (IRI) arah Jakarta.

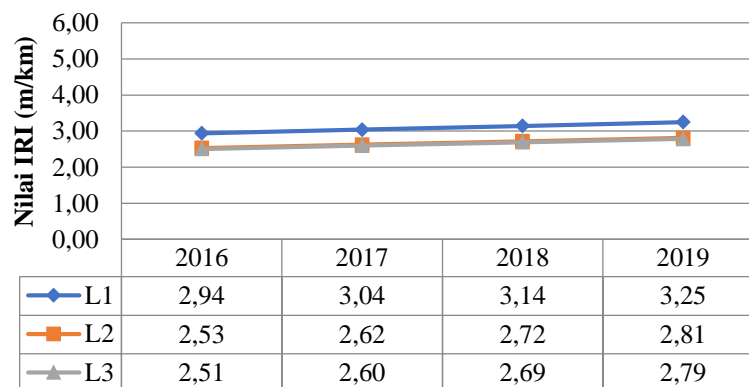
$$IRI_n = 1.04e^{m.n} [IRI_0 + 263 (1 + SNC)^{-5} \times CESALn]$$

$$IRI_{2016} = 1.04e^{0,025 \times 1} [2,40 + 263 (1 + 5,487)^{-5} \times 15,473]$$

$$= 2,94 \text{ m/km}$$



Gambar 1. Hasil Peramalan Nilai IRI Arah Serpong



Gambar 2. Hasil Peramalan Nilai IRI Arah Jakarta

Validasi Hasil Peramalan

Validasi hasil peramalan nilai *International Roughness Index* (IRI) perlu dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari metode tersebut. Pada penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengukur tingkat akurasi hasil peramalan. Validasi hasil peramalan nilai *International Roughness Index* (IRI) dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Validasi Hasil Peramalan Nilai IRI Arah Serpong

Tahun	Arah Serpong			
	L1	L2	L3	Rata-rata
2016	13,50%	12,45%	13,65%	13,20%
2017	11,20%	9,04%	12,16%	10,80%
2018	4,24%	9,88%	9,85%	7,99%
2019	9,53%	8,12%	8,13%	8,59%
MAPE				10,15%

Tabel 6. Validasi Hasil Peramalan Nilai IRI Arah Jakarta

Tahun	Arah Jakarta			
	L1	L2	L3	Rata-rata
2016	17,96%	19,63%	22,90%	20,16%
2017	12,06%	9,94%	8,62%	10,21%
2018	18,35%	8,51%	12,84%	13,23%
2019	16,16%	5,47%	7,96%	9,87%
MAPE				13,37%

Dari Tabel 5 dan 6, dapat dilihat bahwa nilai MAPE untuk arah Serpong sebesar 10,15 % yang dapat diartikan kemampuan peramalan sangat baik sedangkan nilai MAPE untuk arah Jakarta sebesar 13,37 % yang dapat diartikan kemampuan peramalan baik. Rata-rata persentase penyimpangan nilai *International Roughness Index* (IRI) hasil peramalan menggunakan model HDM-IV memenuhi syarat sehingga model yang digunakan untuk memprediksi kondisi jalan ditahun mendatang dapat dianggap valid.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan nilai *International Roughness Index* (IRI) menggunakan model HDM-IV di Jalan Tol Pondok Aren-Serpong memenuhi syarat dengan nilai MAPE untuk arah Serpong sebesar 10,15 % sedangkan nilai MAPE untuk arah Jakarta sebesar 13,37 %. Peramalan nilai *International Roughness Index* (IRI) menggunakan model HDM-IV dapat menjadi acuan dalam penyusunan program prioritas pemeliharaan jalan.

REFERENSI

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. AASHTO, Washington DC.
- Halimi, R., Anggraeni, W., dan Tyasnurita, R. 2013. “Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk dengan Metode Time Series Exponential Smoothing Holts Winter di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk”. *Jurnal Teknik*. 1, No. 1 (2013): 1-6.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Manual Perkerasan Jalan (REVISI Juni 2017) Nomer 04/SE/Db/2017*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Kerali, H. G. R, Odoki, J. B, and Stannard, E. E. 2011. *Volume One: Overview of HDM-4*. The World Road Association (PIARC) on Behalf of The ISOHDM. Washington. DC.
- Mushule, N.K. 2009. *Calibration of HDM-4 for Use in Pavement Manangement System (PMS)*. Departement of Transportation and Engineering. University of Dar es Salaam.
- Pandey S.V, 2013, “Highway Design and Maintenance Standards Model Hdm-4 Overview”, *Tekno Sipil*, 11 No. 58 (April 2013): 49-53. (<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekn/article/view/4299>)
- Paterson, W.D.O. 1992. *Summary Models of Paved Road Deterioration Based On HDM-III*. Transportation Research Record 1344. National Research Council. Washington DC. USA.
- Sihombing A.V.R, Sugeng B, dan Karsaman RH. 2010. “Analisis dan Evaluasi Program Pemeliharaan Jalan Tol Menggunakan Model HDM III”. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana X – ITS, Surabaya* 4 Agustus 2010 ISBN No. 979-545-0270-1