

# MODEL PENURUNAN KETIDAKRATAAN PADA PERKERASAN LENTUR (ROUGHNESS DETERIORATION MODEL FOR FLEXIBLE PAVEMENT)

Neni Kusnianti<sup>1)</sup>, Siegfried<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup>Puslitbang Jalan dan Jembatan

<sup>1),2)</sup>Jl. A.H. Nasution No. 264 Bandung 40294

e-mail: <sup>1)</sup>neni.kusnianti@pusjatan.pu.go.id, <sup>2)</sup>siegfried@pusjatan.pu.go.id

Diterima: 17 Januari 2019; direvisi: 12 Juni 2019; disetujui: 20 Juni 2019

## ABSTRAK

*Di dalam sistem manajemen perkerasan, model penurunan ketidakrataan merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan kinerja fungsional pada tahun-tahun mendatang. Informasi mengenai kinerja fungsional ini bersamaan dengan kinerja struktural akan menentukan tipe perbaikan yang dibutuhkan selama tahun-tahun analisis. Model umum penurunan ketidakrataan ini merupakan model yang kompleks dan fungsi dari beberapa model kerusakan permukaan lainnya seperti retak, rutting, dan lubang. Untuk menjalankan model yang kompleks ini membutuhkan data yang banyak dan secara umum akan berdampak kepada peralatan dan biaya pengumpulan data. Karena keterbatasan peralatan dan biaya maka perlu dirumuskan model penurunan yang sederhana. Model agregat penurunan ketidakrataan adalah produk dari HDM3 yang banyak digunakan di negara-negara Afrika. Model ini cukup sederhana dengan parameter masukan berupa lalu lintas, kekuatan struktural, faktor lingkungan dan umur perkerasan. Untuk mengadopsi model ini supaya bisa dipakai di Indonesia perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil perhitungan menggunakan model agregat ini dengan hasil yang didapat dari program HDM4 yang sudah banyak dipakai di berbagai negara seperti Ghana, Brazillia, Filipina, dan Malaysia. Terlihat dari hasil perhitungan bahwa nilai ketidakrataan yang didapat dari model agregat dengan hasil program HDM4 tidak berbeda secara signifikan terutama untuk nilai ketidakrataan yang lebih kecil dari 12. Hal ini memberikan harapan bahwa model agregat ini bisa dipakai sebagai alternatif karena pada umumnya sistem manajemen perkerasan di Indonesia mensyaratkan bahwa IRI yang lebih besar dari 12 merekomendasikan rekonstruksi.*

**Kata kunci:** IRI, model penurunan ketidakrataan, sistem manajemen perkerasan, model agregat penurunan ketidakrataan, HDM

## ABSTRACT

*In pavement management system, the roughness deterioration model is an important parameter to determine the functional performance in the future. The information of functional and structural performances will set the type of maintenance needed during the analysis period. The general model of roughness deterioration is a combination of some road deffect models such as crack, rutting, and pothole, and this seems a bit complicated. To apply this model, it needs a quite huge data and this will cause to the cost of data collection and equipment used. Because of lack of equipment and to make more efficient, it needs to adopt a simpler model of roughness deterioration. The aggregate model of roughness deterioration is a simple model used in many African countries that is a function of structural strength, environmental factor, and traffic. By adopting this model, it needs a simple calibration by comparing the results of this model to that of HDM4 program which have been applied in some countries like Ghana, Brazilia, Phillipines and Malaysia. The result shows that the roughness values of these two methods are not significantly different especially for the IRI less than 12. This means that the aggregate model of roughness deterioration is acceptable to use in Indonesia, because generally the Indonesian pavement management system suggest that the IRI of 12 will require reconstruction.*

**Keywords:** IRI, model of roughness deterioration, pavement management system, aggregate mode of roughness deterioration, HDM

## PENDAHULUAN

Di dalam sistem manajemen perkerasan terdapat 3 parameter utama yang selalu dipertimbangkan yaitu kekuatan struktural, kondisi fungsional serta kerusakan permukaan. Dari ketiga parameter ini bisa diprediksi program yang dibutuhkan, tipe pemeliharaan, luas perbaikan, serta biaya yang dibutuhkan untuk pemeliharaan tersebut.

Secara umum program pemeliharaan yang umum ada di Indonesia adalah rutin, rehabilitasi minor, rehabilitasi mayor, dan rekonstruksi. Pemeliharaan rutin yang biasa dilakukan adalah potong rumput, pembersihan, dan perbaikan saluran. Rehabilitasi minor pada umumnya dilakukan dengan aplikasi *surface dressing* seperti *burda*, *burtu*, *microsurfacing*, dan *slurry seal*. Rehabilitasi major yang dilakukan adalah penambahan lapis tambah dan *inlay*. Sedangkan rekonstruksi dilakukan dengan pembuatan lapisan sistem perkerasan baru setelah pembongkaran lapisan lama.

Untuk mendapatkan gambaran kondisi pada masa yang akan datang dari ketiga parameter utama tersebut diperlukan model penurunan untuk kekuatan struktural, fungsional, maupun penurunan kerusakan permukaan perkerasan. Model penurunan fungsional yang umum digunakan adalah model yang dibuat oleh *HDM3* (Watanatada et al. 1987) yang merupakan kombinasi dari model penurunan masing-masing tipe kerusakan perkerasan antara lain retak (*crack*), alur (*rutting*), lubang (*pothole*), pelepasan butir (*ravelling*), dan tambalan (*patching*) (Paterson and Okine 1992). Model ini sangat kompleks dan membutuhkan data masukan yang sangat banyak. Untuk itu diperlukan suatu model yang lebih sederhana yang disebut sebagai model agregat. Model ini juga diusulkan oleh *HDM3* yang mengorelasikan antara ketidakrataan pada tahun tertentu sebagai fungsi dari ketidakrataan awal, lalu lintas, kekuatan struktural awal, dan faktor-faktor lingkungan.

Kebutuhan akan model agregat yang jauh lebih sederhana ini sangat diperlukan pada saat ini untuk memberikan arahan buat pengambil keputusan. Hal ini akan menjadi dasar apakah pada tahun tertentu pemeliharaan itu bersifat rutin, rehabilitasi minor, rehabilitasi major, ataupun rekonstruksi dengan perhitungan dan data yang jauh lebih sederhana. Melihat rumus

dasar yang digunakan, maka peralatan yang diperlukan untuk pengumpulan data juga relatif lebih sedikit antara lain *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan *roughometer*. Sebagai alternatif juga bisa digunakan *Light Weight Deflectometer* (LWD) sebagai alternatif alat FWD yang relatif jauh lebih mahal terutama untuk jalan-jalan yang bervolume lalu lintas sedang sampai rendah (Siegfried 2018).

Untuk melihat keakuratan dari model ini, maka hasil yang didapat akan dibandingkan dengan hasil running program *HDM4* yang telah memuat model penurunan ketidakrataan dari hasil penurunan kondisi kerusakan. Model penurunan yang dimuat pada program *HDM4* ini adalah model penurunan yang lebih disempurnakan dari model-model *HDM3*.

Makalah ini membahas penggunaan model agregat untuk memprediksi besarnya nilai ketidakrataan dalam parameter *IRI*. Prediksi nilai *IRI* ini kemudian dibandingkan dengan hasil prediksi menggunakan program *HDM4*.

## KAJIAN PUSTAKA

### Model Agregat Ketidakrataan

Model agregat ketidakrataan merupakan fungsi dari kekuatan struktural awal, ketidakrataan awal, lalu lintas, dan faktor lingkungan seperti diberikan pada persamaan berikut ini (Paterson and Okine 1992).

$$RI_t = e^{mt} [RI_0 + 725 (1 + SNC)^{-4.99} NE_t] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- $RI_t$  : ketidakrataan pada umur t tahun, *IRI*.
- $RI_0$  : ketidakrataan awal, *IRI*.
- $m$  : faktor lingkungan yang berhubungan dengan kelembaban pada lokasi pengujian.
- $t$  : umur perkerasan sejak *overlay* atau rekonstruksi terakhir, tahun.
- $SNC$  : *modified structural number*.
- $NE_t$  : beban gandar kumulatif pada tahun ke t, juta Cummulative Equivalent Standard Axle (CESA)/lajur.

Model ini sangat sederhana karena parameter masukannya relatif sedikit dan tidak mempertimbangkan kerusakan permukaan yang lebih sulit dalam hal pengumpulan datanya. Adapun penghitungan untuk mendapatkan nilai *modified structural number* (*SNC*) dijelaskan pada uraian dibawah ini.

**SNC**

SNC ini didefinisikan sebagai besaran *structural number* (SN) ditambah dengan SN dari pengaruh kekuatan tanah dasar. Secara matematis besaran SNC ini diberikan sebagai berikut.

$$SNC = SN + SNSG \dots\dots\dots (2)$$

$$SNSG = 3,51 \log CBR - 0,85 (\log CBR^2 - 1,43..) (3)$$

Keterangan:

- SNC : *modified structural number*.
- SN : *structural number*.
- SNSG : *structural number* akibat pengaruh tanah dasar.
- CBR : *California Bearing Ratio*, %.

**Effective Structural Number (S<sub>Neff</sub>)**

S<sub>Neff</sub> merupakan suatu indeks yang menunjukkan kemampuan suatu sistem perkerasan secara struktural. Nilai S<sub>Neff</sub> inilah yang akan digunakan pada perhitungan SNC seperti yang diberikan pada persamaan 2 diatas dimana nilai S<sub>Neff</sub> ini akan menggantikan nilai SN.

Nilai S<sub>Neff</sub> ini didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan data lendutan FWD atau LWD serta informasi tebal masing-masing lapisan yang membentuk perkerasan. Rumus-rumus yang digunakan diambil dari AASHTO 1993 seperti berikut ini.

$$S_{Neff} = 0,0045D \sqrt[3]{E_p} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk mendapatkan nilai modulus permukaan (E<sub>p</sub>) dihitung dengan menggunakan persamaan 5 dan persamaan 6. Dimana pada persamaan 6 nilai d<sub>0</sub> yaitu nilai lendutan pada titik pembebanan diperoleh dari data hasil pengujian FWD dan LWD. Selanjutnya nilai E<sub>p</sub> akan diperoleh dengan memasukkan nilai modulus resilien tanah dasar (M<sub>r</sub>) hasil perhitungan persamaan 5 dan nilai d<sub>0</sub> sesuai dengan persamaan 6.

$$M_r = \frac{0,24 P}{d_r r} \dots\dots\dots (5)$$

$$d_0 = 1,5 pa \left\{ \frac{1}{M_r \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_r}}\right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{1 - \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^2}}\right]}{E_p} \right\} (6)$$

Keterangan:

- S<sub>Neff</sub> : *Effective Structural Number*
- D : tebal total perkerasan diatas tanah dasar, inci.
- E<sub>p</sub> : modulus permukaan, Psi.
- M<sub>r</sub> : modulus resilien tanah dasar, Psi.
- P : beban yang diaplikasikan, pounds.
- d<sub>r</sub> : besaran lendutan, inci.
- r : jarak geophone ke titik pembebanan, inci.
- d<sub>0</sub> : besaran lendutan pada titik pembebanan, inci.
- p : tegangan pada pusat pembebanan, psi.
- a : jari-jari pelat pembebanan, inci.

**Pengaruh Lingkungan**

Lingkungan sangat berpengaruh terhadap terjadinya kerusakan pada permukaan jalan. Model penurunan pada HDM mengakomodasi pengaruh lingkungan ini dengan memasukkan faktor lingkungan (m) yang diwakili oleh iklim dari regional dimana ruas jalan tersebut berada. Faktor lingkungan itu diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 ini akan digunakan untuk memilih nilai faktor lingkungan (m) yang akan digunakan pada persamaan penurunan ketidakrataan pada permukaan jalan. Penelitian World Bank di Brazil mengambil nilai m sebesar 0,0153 (Montenegro and Minc 1992).

**Tabel 1.** Besaran faktor lingkungan (m) yang digunakan pada model penurunan ketidakrataan

Klasifikasi kelembaban	Indeks kelembaban	Klasifikasi temperatur		
		Tropis	Sub tropis	Dingin
Kering	-100 s.d -61	0,005	0,010	0,025
Sub kering	-60 s.d -21	0,010	0,016	0,035
Sub lembab	-20 s.d 19	0,023	0,030	0,050
Lembab	20 s.d 100	0,030	0,040	0,070

**Program HDM4**

Program HDM4 (*Highway Management and Development*) merupakan penyempurnaan dari Highway Development and Standard

Models (*HDM3*) yang dikembangkan oleh Bank Dunia (Kerali 2000).

Program HDM4 ini telah banyak digunakan di beberapa negara dalam membantu pengoperasian Sistem Manajemen Perkerasan.

Program ini telah banyak diadopsi oleh negara-negara tropis dalam merencanakan pembiayaan dan standarisasi sistem pemeliharaan jaringan jalan (Bagui and Ghosh 2015).

Di dalam program *HDM4* ini memuat banyak model-model penurunan seperti model penurunan retak, lubang, deformasi, pelepasan butir dan model penurunan ketidakrataan.

### **Adjusted Structural Number (SNP)**

Apabila model agregat penurunan ketidakrataan menggunakan *SNC* sebagai parameter kekuatan strukturalnya, maka program *HDM4* menggunakan parameter yang disebut sebagai *SNP*. Parameter ini diberikan sebagai berikut (Odoki and Kerali 2000)

$$SNP = SNBASU + SNSUBA + SNSUBG \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

- SNP : *Adjusted Structural Number*.
- SNBASU : *Structural Number* sumbangan dari lapis permukaan dan lapis fondasi.
- SNSUBA : *Structural Number* sumbangan dari lapis fondasi bawah atau urugan pilihan.
- SNSUBG : *Structural Number* sumbangan dari tanah dasar.

### **HIPOTESIS**

Model agregat penurunan ketidakrataan tidak berbeda secara signifikan dengan model yang dikembangkan oleh *HDM4*.

### **METODOLOGI**

Metodologi yang dilakukan untuk penelitian ini terdiri dari beberapa langkah antara lain:

- a. Pengumpulan data lendutan *FWD*, ketidakrataan, lalu lintas, serta data fisik lainnya seperti tebal dan tipe lapisan sistem perkerasan lentur.
- b. Perhitungan modulus resilien dari tanah dasar menggunakan persamaan 5 dan kemudian mengonversi modulus tersebut ke dalam nilai *CBR* tanah dasar.
- c. Setelah itu dihitung *SN* sumbangan dari tanah dasar (*SNSG*) dengan menggunakan persamaan 3.
- d. Kemudian hitung *S<sub>Neff</sub>* menggunakan persamaan 6, 5, dan 4.

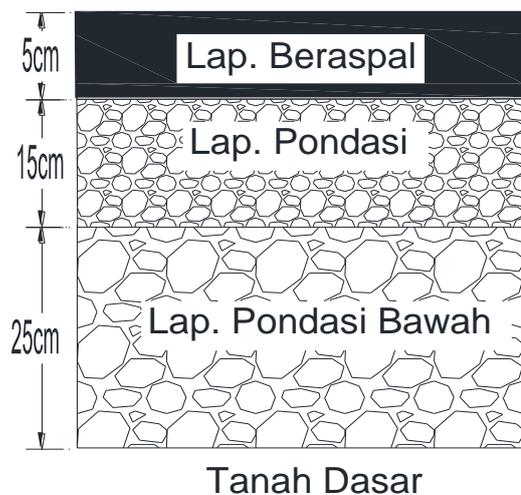
- e. Setelah itu hitung *SNC* menggunakan persamaan 2.
- f. Kemudian bandingkan hasil perhitungan ketidakrataan menggunakan model agregat dengan hasil perhitungan menggunakan program *HDM4*. Kekuatan struktural pada program ini menggunakan *SNP* seperti diberikan pada persamaan 7.

## **HASIL DAN ANALISIS**

### **Data Fisik Ruas Jalan**

Data yang digunakan adalah data pada jalan percobaan di laboratorium Alusan. Data ini terdiri dari data lendutan permukaan menggunakan alat *FWD* ditunjukkan pada Tabel 2 dan data konfigurasi perkerasan, ditunjukkan pada Gambar 2, serta data *CBR* tanah dasar.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa tegangan yang digunakan adalah 560 kPa. Lendutan yang digunakan untuk perhitungan adalah lendutan pada titik pembebanan (*d<sub>0</sub>*) sebesar 449,7 mikron dan lendutan offset sejarak 1500 mm sebesar 37,5 mikron.



**Gambar 1.** Konfigurasi lapisan

Sedangkan untuk sistem perkerasan yang digunakan diberikan pada Gambar 1. Konfigurasinya terdiri atas lapisan beraspal 5 cm, lapis fondasi 15 cm, dan lapis fondasi bawah sebesar 25 cm. Total tebal lapis perkerasan di atas tanah dasar menjadi sebesar 45 cm.

**Tabel 2** - Data lendutan *FWD* pada jalan percobaan Alusan (Pusjatan 2018)

Titik	Stress (kPa)	d <sub>0</sub> (mikron)	d <sub>1</sub> (mikron)	d <sub>2</sub> (mikron)	d <sub>3</sub> (mikron)	d <sub>4</sub> (mikron)	d <sub>5</sub> (mikron)	d <sub>6</sub> (mikron)	d <sub>7</sub> (mikron)	d <sub>8</sub> (mikron)
1	560	589,9	392,3	277,6	170,6	115,7	71,3	50,1	38,6	32,8
2	560	457,8	321,0	223,6	140,7	99,3	65,5	46,3	34,7	28,9
3	560	421,2	310,4	221,7	143,6	102,2	63,6	46,3	36,6	30,8
4	560	443,7	336,2	237,4	151,1	104,6	66,9	48,4	39,7	34,9
5	560	459,6	359,2	243,3	151,6	104,3	63,7	45,4	35,7	30,9
6	560	494,3	341,8	232,7	137,1	95,6	59,9	42,5	33,8	29,9
7	560	460,4	314,9	215,4	135,9	96,7	62,2	45,0	35,4	30,6
8	560	498,1	357,9	232,1	135,4	94,8	60,9	44,5	37,7	32,9
9	560	495,1	358,5	234,5	137,6	93,0	57,2	42,6	35,8	32,0
10	560	489,6	327,7	227,5	147,5	105,1	62,7	43,4	36,6	33,7
11	560	471,8	328,4	228,7	152,1	108,5	63,9	44,6	38,8	33,9
12	560	504,5	366,2	257,1	159,7	106,2	63,3	44,8	35,1	31,2
13	560	502,4	366,9	259,3	161,4	105,7	58,6	40,3	33,6	30,7
14	560	499,7	368,5	263,2	164,6	105,3	59,4	44,0	36,4	32,5
15	560	534,0	370,4	253,1	156,8	108,7	63,5	47,1	38,5	34,6
16	560	517,3	376,6	264,0	160,1	104,8	58,2	43,7	38,8	34,0
17	560	506,7	370,1	265,5	172,5	119,2	66,9	47,5	40,7	37,8
18	560	569,7	396,3	281,0	182,1	130,8	81,4	57,2	45,5	40,7
19	560	578,4	418,5	301,3	193,8	133,7	77,5	55,2	39,7	30,0
Rata-Rata	560	449,7	356,9	248,4	155,5	107,1	64,6	46,3	37,5	32,8

### Perhitungan *SNC* dan Nilai *CBR* Tanah Dasar

Dengan konfigurasi lapisan perkerasan dan data lendutan *FWD* seperti di atas, maka menggunakan persamaan (4), (5), dan (6) akan didapat nilai *S<sub>Neff</sub>* sebesar 3,2 dan nilai *M<sub>r</sub>* tanah dasar sebesar 7958 psi atau setara dengan *CBR* sebesar 5,3%.

Nilai *CBR* tanah dasar 5,3% akan menghasilkan nilai *S<sub>NSG</sub>* sebesar 0,67 dengan menggunakan persamaan (3) sehingga akhirnya didapat nilai *S<sub>NC</sub>* sebesar 3,87 berdasarkan persamaan (2).

### Perhitungan Ketidakrataan Dengan Model Agregat

Aplikasi model agregat (persamaan (1)) dilakukan dengan mengambil faktor lingkungan (*m*) sebesar 0,015 dari Tabel 1. Pengambilan nilai *m* sebesar ini berdasarkan lokasi geografis Indonesia yang terletak di daerah tropis dan kondisi kelembaban berada diantara sub-kering dan sub-lembab.

Untuk nilai *S<sub>NC</sub>* diambil sebesar 3,87. Nilai *IRI* awal (*R<sub>IO</sub>*) diambil sebesar 3,0 serta waktu analisis selama 20 tahun. Jumlah lalu lintas pertahun perlajur (*ELANES*) diambil sebesar 2 juta *CESA*. Selain itu juga diasumsikan bahwa tahun pertama dari simulasi pemodelan ini dimulai pada tahun 2018. Hasil

dari perhitungan menggunakan model agregat ketidakrataan diberikan pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3.** Hasil Prediksi Ketidakrataan Dengan Model Agregat

Tahun	<i>IRI</i>
2018	3,57
2019	3,63
2020	4,77
2021	5,40
2022	6,04
2023	6,71
2024	7,39
2025	8,09
2026	8,81
2027	9,54
2028	10,30
2029	11,08
2030	11,89
2031	12,71
2032	13,55
2033	14,42
2034	15,31
2035	16,23
2036	17,17
2037	18,13

Dari Tabel 3 terlihat bahwa *IRI* yang diprediksi mencapai nilai 18,13 pada tahun 2037.

## Perhitungan Ketidakrataan Menggunakan Program HDM4

Perhitungan nilai ketidakrataan menggunakan program *HDM4* membutuhkan data masukan seperti lendutan dengan *FWD*, *CBR* tanah dasar, lalu lintas perlaian tahun dalam *CESA*, dll.

Dengan menggunakan data yang sama dengan perhitungan model agregat ketidakrataan sebelumnya, maka didapat nilai *SNP* sebesar 4,54. Tabel 4 berikut memuat hasil Ringkasan Penurunan Kondisi Perkerasan Tahunan (*Annual Pavement Deterioration Summary*) dari *HDM4*.

Terlihat dari Tabel 4, nilai *IRI* mencapai 16 terjadi pada tahun 2031. Hal ini sedikit berbeda dengan model agregat ketidakrataan, dimana nilai *IRI* yang dicapai sebesar 16,23 Pada tahun 2035.

Selain itu pada Ringkasan Penurunan Kondisi perkerasan Tahunan ini juga dimuat prediksi timbulnya retak, dan kedalaman alur pada tahun analisis.

**Tabel 4.** Ringkasan Kerusakan Perkerasan Tahunan

Tahun	ESAL juta /ELANE	<i>IRI</i> Rata- rata, m/km	Retak struktur, %	Kedalaman alur, mm
2018	2,0	3,45	0,0	7,4
2019	2,0	3,84	0,0	12,8
2020	2,0	4,23	0,6	18,2
2021	2,0	4,63	2,4	23,6
2022	2,0	5,04	5,6	29,0
2023	2,0	5,47	10,3	34,5
2024	2,0	5,91	16,6	40,1
2025	2,0	6,38	24,4	45,7
2026	2,0	6,86	34,0	51,5
2027	2,0	7,37	45,3	57,5
2028	2,0	7,94	57,4	63,7
2029	2,0	8,79	67,9	70,2
2030	2,0	10,85	76,7	77,2
2031	2,0	16,00	84,0	85,0
2032	2,0	16,00	89,8	94,8
2033	2,0	16,00	94,2	100,0
2034	2,0	16,00	97,2	100,0
2035	2,0	16,00	99,0	100,0
2036	2,0	16,00	98,8	100,0
2037	2,0	16,00	98,1	100,0

## PEMBAHASAN

Penggunaan model ketidakrataan dari *HDM4* membutuhkan data masukan yang kompleks. Model agregat penurunan ketidakrataan terlihat jauh lebih sederhana seperti terlihat dari jumlah parameter masukan

untuk model ini. Untuk itulah model agregat penurunan ketidakrataan ini lebih disukai untuk Sistem Manajemen Perkerasan yang sederhana.

Melihat hasil perhitungan penurunan kondisi untuk sistem perkerasan yang dipilih menggunakan program *HDM4* seperti yang diberikan pada Tabel 4, apabila kedalaman alur menjadi salah satu pertimbangan, maka pada tahun 2021 harus sudah dilakukan perbaikan penambahan lapis tambah. Hal ini terlihat dari nilai kedalaman alurnya sudah melebihi 2 cm.

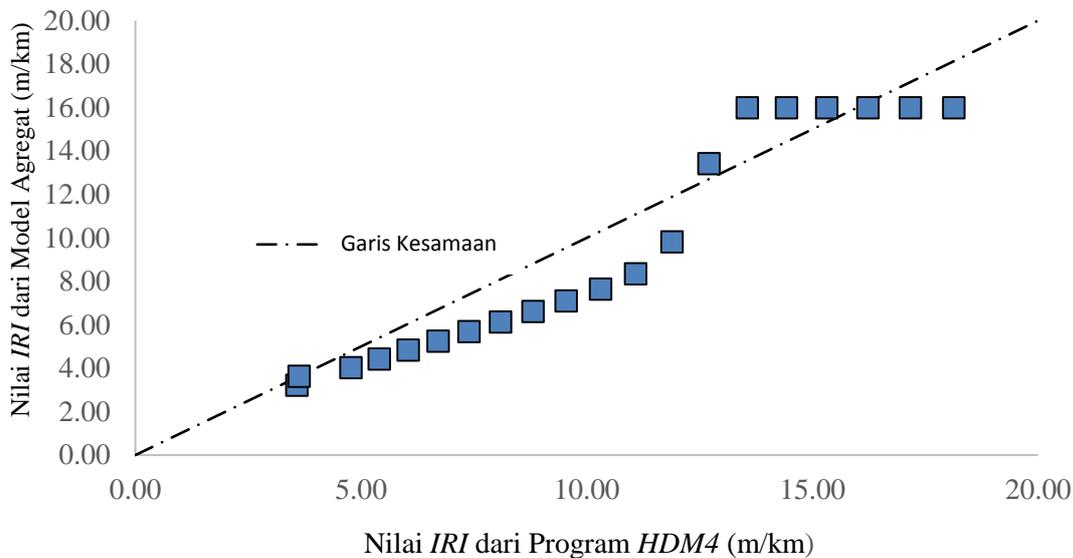
Untuk melihat validitas model agregat penurunan ketidakrataan ini, maka harus dilihat korelasi *IRI* yang didapat dari model ini dengan nilai *IRI* yang didapat dari hasil program *HDM4*. Hal ini didasarkan atas asumsi bahwa program *HDM4* itu satu-satunya program sistem manajemen perkerasan yang dianggap lebih mewakili kondisi penurunan kondisi kerusakan pada umumnya. Hasil plot dari *IRI* yang didapat dari model agregat terhadap *IRI* dari program *HDM4* ditunjukkan pada Gambar 2.

Terlihat dari Gambar 2 bahwa untuk nilai *IRI* yang lebih kecil dari 16 m/km *IRI* yang didapat dari model agregat tidak berbeda jauh dari nilai *IRI* yang didapat dari *HDM4*.

Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa penggunaan model agregat penurunan ketidakrataan dapat diterima karena nilai *IRI* >12 m/km sudah dikategorikan membutuhkan penanganan rekonstruksi. Dengan kata lain bahwa untuk menentukan tipe pemeliharaan dalam sistem manajemen perkerasan lebih banyak mempertimbangkan nilai *IRI* yang < 12.

Pada beberapa negara memilih nilai *IRI* = 3,6 m/km merupakan suatu nilai pemicu (*trigger level*) untuk memulai melakukan evaluasi untuk penentuan tipe preservasi yang dibutuhkan (FHWA 2017). Untuk Indonesia biasanya nilai pemicu untuk preservasi adalah pada *IRI* = 4. Perbedaan ini mungkin terletak pada target kinerja yang dibutuhkan oleh masing-masing pengelola jalan.

Simulasi yang dilakukan oleh Forster and Mensah (2013) pada beberapa ruas jalan di Ghana menyimpulkan bahwa rekonstruksi dilakukan pada nilai *IRI* sebesar 9 m/km s.d. 12 m/km. Aplikasi dari rekonstruksi ini akan menurunkan nilai *IRI* menjadi 1,2 m/km. Simulasi ini juga mendapatkan bahwa pemberian lapis tambah pada jalan-jalan dengan *IRI* sebesar 4,5 m/km bisa menurunkan ketidakrataan menjadi 2,5 m/km.



**Gambar 2.** IRI (Model Agregat) vs IRI (Model HDM4)

Data hasil simulasi ini nantinya bisa dipakai nilai pemicu untuk pembuatan sistem manajemen perkerasan dengan menggunakan model ketidakrataan yang sedang dibangun ini.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Model agregat penurunan ketidakrataan terbukti bisa digunakan untuk pemodelan penurunan ketidakrataan untuk sistem manajemen perkerasan. Hal ini terlihat dari perbandingan hasil yang diberikan tidak berbeda secara signifikan dengan hasil prediksi menggunakan program HDM4.

Dengan menggunakan model agregat penurunan ketidakrataan ini pengumpulan data bisa lebih efisien dan murah karena tipe dan variasi data yang dibutuhkan relatif tidak banyak dibandingkan dengan menggunakan program HDM4.

### Saran

Perlu dilakukan analisis sensitivitas lebih banyak dengan membuat variasi kekuatan struktural serta lalu lintas yang berbeda.

Selain itu juga perlu dibuat korelasi sederhana antara parameter kerusakan lainnya seperti persentasi retak, kedalaman rutting ataupun jumlah lubang dengan nilai IRI, kekuatan struktural, dan jumlah lalu lintas sehingga didapat model-model sederhana

lainnya untuk menunjang pembuatan sistem manajemen perkerasan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Kepala Puslitbang Jalan dan Jembatan, Kepala Balai Litbang Perkerasan Jalan, serta rekan-rekan satu tim yang telah membantu mewujudkan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bagui, S.K. and Ghosh A. 2015. "Level 1 Calibration of HDM4 With Case Study". *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 27 (1): 121-143.
- FHWA, 2017. *Pavement Performance Measure and Forecastings and the Effects of Maintenance and Rehabilitation Strategy on Treatment Effectiveness (Revised)*, Publication No FHWA-HRT-17-095, United States.
- Forster, A. and Mensah C.A. 2013. "Enhancing Urban Urban Roads Maintenance in Ghana: Impli-cations for Sustainable Urban Development". *Civil and Environmental Research*, 3 (2): 63-75.
- Kerali, H.G.R. 2000. Overview of HDM4. In *Highway Development and Management (HDM4)*, Voleme One. France: The World Road Association (PIARC).
- Odoki, J.B. and Henry G.R. Kerali. 2000. "Analitical Framework and Model Descriptions". In *Highway Development and Management*

- (HDM4) Volume One. France: The World Road Association (PIARC).
- Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan). 2018. *Studi Perkerasan Dengan Muka Air Tinggi*. Laporan Internal.
- Montenegro, F.M. and Minc M.J. 1992. *Road Conditions and Maintenance Inputs for Feasibility Studies in Developing Countries*. Washington DC: TRB
- Paterson, W.D. and Okine B.A. 1992. *Simplified Models of Paved Road Deterioration Based on HDM III*, for presentation to the annual meeting of The Transportation Research Board. Washington DC: TRB
- Siegfried. 2018. "Korelasi Modulus Permukaan Perkerasan Lentur Menggunakan Alat FWD dan LWD Pusjatan". *Jurnal Jalan- Jembatan*, 35(2): 75-83.
- Watanatada, T., Harral, Clell G., Paterson, William D.O., Dhareshwar, Ashok M., Bhandari, A., and Koji Tsunokawa. 1987. "Description of HDM III Models". In *The Highway Design and Maintenance Standard Models, Volume I*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/129721468326428758/Description-of-the-HDM-III-model>