



MODEL PENURUNAN KONDISI PERKERASAN DENGAN BETON ASPAL SEBAGAI LAPIS PERMUKAAN: HASIL KALIBRASI MODEL HDM-III

*Salim Mahmud
A. Tatang Dachlan*

RINGKASAN

Untuk keperluan perencanaan umum, penyusunan program dan penetapan biaya dewasa ini di Indonesia digunakan Sistem Manajemen Pemeliharaan Jalan Inter-urban (IRMS), di mana untuk pengoperasian sistem tersebut diperlukan model-model penurunan kondisi perkerasan yang teliti.

Sebagai bagian program kerja sama, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Prasarana Jalan bersama dengan Transport Research Laboratory telah melakukan pengembangan model penurunan kondisi perkerasan untuk kondisi di Indonesia. Hasil pengembangan tersebut menunjukkan bahwa faktor kalibrasi tergantung pada mutu pelaksanaan dan pemeliharaan, terein dan mutu campuran.

Tulisan ini menguraikan model-model untuk memprediksi retak, kedalaman alur dan ketidakrataan sebagai hasil kalibrasi model-model HDM-III untuk lapis permukaan beton aspal.

SUMMARY

The Inter-urban Road Management System (IRMS) is currently used for road maintenance planning, programming and budgeting in Indonesia. The system requires an accurate prediction of the rates of deterioration of road pavements.

As part of a cooperative research programme, the Institute of Road Engineering (IRE) and Transport Research Laboratory (TRL) have developed pavement deterioration models for Indonesian condition. The result indicates that calibration factors are dependent on quality of construction and maintenance, terrain and quality of asphalt mixes.

This paper describes the cracking, rutting and roughness models that have been developed by calibration of HDM-III models for hot asphalt surfacing.

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, manajemen pemeliharaan jalan nasional dan propinsi dilakukan Kimbangwil melalui sistem yang dikenal dengan Inter Urban Road Management System (IRMS). Sejauh ini model-model penurunan kondisi yang ada di dalamnya pada dasarnya diambil dari HDM-III dan nampaknya terbatas pada model yang berkaitan dengan ketidakrataan (roughness). Watanada et al (1987) menyebutkan bahwa penggunaan langsung model-model HDM-III perlu dilakukan secara hati-hati agar tidak memberikan hasil yang keliru; dengan perkataan lain, model-model HDM-III perlu dikalibrasi terhadap kondisi setempat.

Sebagai upaya penyesuaian (kalibrasi) model-model HDM-III terhadap kondisi Indonesia, Pusat Litbang Teknologi Prasarana Jalan bekerja sama dengan Transport Research Laboratory (TRL), telah melakukan kalibrasi model penurunan kondisi jalan yang konstruksi

lapis beraspalnya menggunakan beton aspal sebagai lapis permukaan. Kalibrasi tersebut dilakukan melalui serangkaian pengamatan di beberapa seksi jalan di Jawa Barat. Adapun model yang telah dikalibrasi adalah untuk retak, kedalaman alur dan ketidakrataan.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa faktor kalibrasi tergantung pada mutu pelaksanaan, mutu pemeliharaan (misal, dengan memberi laburan aspal pasir), mutu/kondisi campuran beraspal dan terein. Mengingat hal tersebut, untuk memprediksi kerusakan pada suatu ruas jalan, diperlukan pemilihan model yang dipandang cocok dengan kondisi ruas tersebut.

Karena di lapangan ada kemungkinan digunakan bahan-bahan baru dan terjadi peningkatan mutu hasil pelaksanaan dan mutu pemeliharaan, maka faktor-faktor kalibrasi yang diperoleh perlu disesuaikan (up-date) secara terus menerus. Di samping itu, pengembangan model masih perlu dilakukan untuk jenis-jenis perkerasan lain yang

umumnya digunakan di Indonesia, misal Pene-trasi Macadam, Buton Aspal, dan jalan kerikil.

II. METODOLOGI KALIBRASI

Kalibrasi model dilakukan dengan memantau secara berkala (dua kali per tahun) perkembangan berbagai jenis kerusakan dan ketidakrataan yang terjadi pada 25 seksi pemantauan yang dipilih dari beberapa ruas jalan di Jawa Barat, yaitu, Cirebon-Kuningan, Cirebon-Losari, Tangerang-Merak, Ciawi-Cianjur dan Kopo-Rancabali.

Setelah data hasil pengamatan untuk masing-masing jenis kerusakan disusun dalam seri waktu, data tersebut dibandingkan dengan data hasil prediksi berdasarkan model HDM-III yang menggunakan faktor kalibrasi = 1. Karena pada umumnya data hasil pengamatan berbeda dengan data hasil prediksi, maka faktor kalibrasi dipilih sedemikian rupa sehingga data hasil pengamatan sesuai (fit) dengan data hasil prediksi. Kesesuaian data hasil pengamatan dengan data hasil prediksi dilakukan dengan mengamati secara visual grafik kecenderungan perkembangannya.

III. KAJIAN PUSTAKA: KEKUATAN PERKERASAN

3.1 Parameter Kekuatan Perkerasan

Paterson (1987) menyebutkan bahwa salah satu kesulitan dalam memodelkan perilaku perkerasan adalah mendapatkan kekuatan perkerasan yang mewakili. Perkerasan merupakan suatu kontinum yang "semi-infinite" yang terdiri atas beberapa lapisan bahan. Struktur ini sering kali mempunyai sifat dan perilaku di bawah pengaruh beban yang sangat berbeda. Beban yang ringan menimbulkan pengaruh yang lebih dangkal daripada pengaruh beban yang berat. Oleh sebab itu, dalam pemodelan diperlukan suatu dasar yang seragam untuk menyatakan kekuatan perkerasan.

Berikut ini disajikan tiga katagori parameter kekuatan perkerasan.

a. Parameter tebal ekuivalen

Besaran ini merupakan jumlah daripada tebal lapis perkerasan yang masing-masing diberi bobot berdasarkan pada koefisien kekuatan lapisan. Koefisien-koefisien tersebut diperkirakan berdasarkan prinsip penyebaran beban atau tegangan serta berhubungan dengan kinerja (performance), baik melalui kecenderungan, kedalaman alur (rut depth) atau ketidakrataan (roughness) akibat lalu-lintas. Parameter yang populer adalah yang dikembangkan oleh AASHTO dan dimodifikasi dengan memasukkan kekuatan

tanah dasar. Parameter tersebut dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$SNC = 0,04 \sum_{i=1}^n a_i h_i + SN_{sg}$$

Keterangan:

SNC = indeks kekuatan perkerasan modifikasi

a_i = koefisien kekuatan lapisan ke-i

h_i = tebal lapisan ke-i, dalam mm, dengan $\sum h_i \leq 700$ mm

n = jumlah lapis perkerasan

SN_{sg} = indeks kekuatan perkerasan sumbangan kekuatan tanah dasar

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

CBR = California Bearing Ratio tanah dasar pada kondisi lapangan

b. Lendutan permukaan

Lendutan dan cekung lendutan merupakan ukuran kekakuan perkerasan dan regangan vertikal pada perkerasan. Contoh parameter ini adalah:

- Lendutan maksimum yang diukur dengan Benkelman beam akibat beban roda ganda sebesar 80 kN pada kecepatan rangkai (creep).
- Cekung lendutan yang diukur dengan Dynaflect pada setiap jarak 300 mm di bawah beban sebesar 455 kg dengan siklus pembebanan 8 Hz.
- Cekung lendutan yang diukur dengan Falling Weight Deflectometer (FWD).

c. Parameter mekanistik

Besarnya regangan dan tegangan yang terjadi pada perkerasan dapat ditentukan melalui analisis semi-empiris cekung lendutan. Prediksi kinerja diperoleh dari percobaan di laboratorium yang menghubungkan retak-lelah (fatigue-cracking) dengan regangan tarik pada lapis permukaan serta kedalaman alur dengan regangan tekan vertikal atau tegangan geser yang terjadi pada tanah dasar dan lapisan lain.

Dari ketiga parameter di atas, lendutan merupakan besaran yang paling mudah diperoleh dan paling sering digunakan. Indeks kekuatan perkerasan dapat dihitung, baik berdasarkan data disain atau data pelaksanaan, atau berdasarkan hasil pengukuran tebal dan kekuatan lapisan. Parameter mekanistik tidak dapat diukur langsung di lapangan, tetapi diperkirakan melalui simulasi reaksi perkerasan akibat beban, yaitu dengan menggunakan "multilayer elastic model" yang dikalibrasi

sedemikian rupa sehingga memenuhi besaran-besaran cekung lendutan pada permukaan.

3.2. Hubungan indeks kekuatan perkerasan dengan lendutan

Berdasarkan pada uraian di atas, sampai saat ini masih terdapat perbedaan pendapat mengenai parameter yang paling mewakili kekuatan perkerasan dalam hubungannya dengan kinerja perkerasan, yaitu apakah indeks kekuatan perkerasan atau lendutan. Meskipun kedua parameter tersebut mempunyai korelasi yang baik, tetapi nilainya tidak besar, karena setiap parameter mengukur karakteristik perkerasan yang berbeda.

Indeks kekuatan perkerasan mengukur kekuatan perkerasan, yang kinerjanya ditunjukkan oleh deformasi permanen akibat beban berulang sehingga terkait dengan kekuatan geser (shear strength) sebagai karakteristik bahan. Puncak lendutan permukaan, yang tergantung pada besarnya beban dan periode pembebanan, mengukur kekakuan perkerasan sehingga besarnya tergantung pada kekakuan resilien (resilient stiffness) serta tebal bahan pada setiap lapisan masing-masing.

Berdasarkan penelitian Brazil-UNDP, hubungan antara indeks kekuatan perkerasan modifikasi (SNC) dan lendutan (DEF) berdasarkan Benkelman Beam (BB) adalah sebagai berikut:

- Untuk perkerasan dengan lapis pondasi granular (granular base)
 $DEF = 6,5 \text{ SNC}^{-1,6}$
 $SNC = 3,2 \text{ DEF}^{-0,63}$
- Untuk perkerasan dengan lapis pondasi yang distabilisasi (cemented base)
 $DEF = 3,5 \text{ SNC}^{-1,6}$
 $SNC = 2,2 \text{ DEF}^{-0,63}$

3.3. Lendutan berdasarkan FWD dan BB

Dibandingkan dengan pembebanan pada pengujian dengan Benkelman Beam (kira-kira mirip dengan pembebanan pada kecepatan rangkai), pembebanan pada pengujian dengan FWD dewasa ini dipandang lebih mendekati pembebanan akibat lalu-lintas, baik dalam hal besarnya ataupun waktunya. Lendutan berdasarkan FWD dan BB umumnya sering kali mempunyai korelasi yang tinggi, meskipun perbandingan antara keduanya kadang-kadang sangat besar, tergantung pada struktur perkerasan. Dengan beban yang sama, perbandingan antara lendutan berdasarkan FWD dengan lendutan berdasarkan BB untuk perkerasan beraspal adalah berkisar antara 0,80

dan 1,35. Dengan demikian, apabila hubungan yang dikembangkan secara lokal belum tersedia, maka untuk menghitung indeks kekuatan perkerasan dapat digunakan lendutan berdasarkan FWD sebagai pengganti lendutan berdasarkan Benkelman Beam. Hasil penelitian Pusat Litbang Jalan (Dadang, 1995) menunjukkan bahwa antara lendutan berdasarkan Benkelman Beam (DEF_{BB}) dan lendutan berdasarkan FWD (DEF_{FWD}) mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$DEF_{BB} = 1,306 \text{ DEF}_{FWD}$$

3.4 Parameter Kekuatan pada Studi ini

Parameter kekuatan perkerasan yang digunakan pada studi ini, sesuai dengan yang ditunjukkan pada model-model yang dikalibrasi adalah "indeks kekuatan perkerasan modifikasi (SNC)". Indeks kekuatan perkerasan modifikasi diperoleh berdasarkan lendutan dengan menggunakan rumus untuk lapis pondasi granular adalah sebagai berikut:

$$SNC = 3,2 \text{ DEF}^{-0,63}$$

IV. MODEL HASIL KALIBRASI

4.1. Model untuk memprediksi saat mulai terjadinya dan perkembangan retak

Klasifikasi retak yang didasarkan atas lebar retak adalah sebagai berikut:

- Kelas 1 : Retak rambut yang mempunyai lebar 1 mm atau lebih kecil
- Kelas 2 : Retak yang mempunyai lebar antara 1 dan 3 mm
- Kelas 3 : Retak yang mempunyai lebar 3 mm tanpa disertai gompal
- Kelas 4 : Retak yang disertai gompal

Tingkat keparahan retak dinyatakan dengan persentase luas permukaan perkerasan yang mengalami retak dan dikelompokkan menjadi luas "semua retak" (all cracking) dan luas "retak lebar" (wide cracking). Luas "semua retak" didefinisikan sebagai luas retak Kelas 2 sampai dengan Kelas 4, sedangkan luas "retak lebar" didefinisikan sebagai luas retak Kelas 4 saja.

Model untuk memprediksi retak menyangkut model saat mulai terjadinya dan model perkembangannya. Menurut definisi, retak dipandang mulai terjadi bila luasnya telah mencapai 0,5 persen luas permukaan.

Berikut ini adalah model-model untuk saat mulai terjadinya retak dan perkembangan retak.

a. Saat mulai terjadinya retak

- "Semua retak"
 $TYCRA = K_{cia} \{4,26 \exp (0,14 \text{ SNC}-17,1 \text{ YE}4/\text{SNC}^2)\}$
- "Retak lebar"
 $TYCRW = K_{ciw} \{2,46 + 0,93 \text{ TYCRA}\}$

b. Perkembangan retak

- "Semua retak"
 $\Delta ACRA_d = K_{cpa} z_a \{[z_a a_i b_i \Delta TCRA + SCRA_a^{b_i 1/b_i} - SCRA_a]\}$
- "Retak lebar"
 $\Delta ACRW_d = K_{cpw} z_w \{[z_w c_i d_i \Delta TCRW + SCRWA_a^{d_i 1/d_i} - SCRWA_a]\}$

c. Luas retak pada akhir tahun analisis

- "Semua retak"
 $ACRA_b = \min (100, ACRA_a + \Delta ACRA_d)$
- "Retak lebar"
 $ACRW_b = \min (100, ACRW_a + \Delta ACRW_d)$

Hasil analisis pada setiap seksi pemantauan menunjukkan bahwa masing-masing model di atas mempunyai faktor kalibrasi yang sangat bervariasi.

Setelah seksi pemantauan dipilah-pilah menurut mutu pelaksanaan dan mutu pemeliharaan berdasarkan penilaian selama pengamatan, diperoleh faktor-faktor kalibrasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor kalibrasi model saat mulai dan perkembangan retak

MUTU PELAKSANAAN	MUTU PEMELIHARAAN	SEMUA RETAK		RETAK LEBAR	
		K_{cia}	K_{cpa}	K_{ciw}	K_{cpw}
Baik	Baik	1,8	0,8	-	-
Baik	Jelek	1,8	1,1	-	-
Sedang	Baik	0,9	0,8	1,2	0,6
Sedang	Jelek	0,9	1,4	-	-
Jelek	Baik	0,5	0,8	1,1	0,8
Jelek	Jelek	0,5	1,9	-	-
UNTUK SELURUH MUTU					
Jumlah pengamatan		28	28	10	10
Rata-rata		0,9	1,2	1,1	1,2
Minimum		0,3	0,5	0,6	0,4
Maksimum		2,2	2,0	1,5	3,0

4.2. Model untuk memprediksi kedalaman alur

Sesuai dengan HDM-III, kedalaman alur (diukur dengan menggunakan mistar 1,2 meter) dikelompokkan menjadi kedalaman alur rata-rata (mean rut depth) dan deviasi standar kedalaman alur (standard deviation of rut depth),

yang masing-masing terdiri atas dua model, yaitu model pada tahun pertama (awal) dan model perkembangan pada tahun-tahun selanjutnya.

Berikut ini adalah bentuk model yang disajikan untuk kedalaman alur yang diukur dengan mistar 2 meter.

a. Kedalaman alur rata-rata

- Pada tahun pertama

$$RDM_a = K_{r,awal} \frac{51740 \{YE 4 \cdot 10^{-6}\}^{ERM}}{SNC^{0,422} COMP^{1,000}}$$

- Perkembangan (pertambahan)

$$\Delta RDM_a = K_{r,perk} \left[\frac{0,166 + ERM}{AGE 3} + 0,0219 \text{ MAMP} \Delta CRV_a \ln [\max (1, AGE 3, YE 4)] \right] RDM_a$$

- Pada akhir tahun analisis

$$RDM_b = \min (50, RDM_a + \Delta RDM_d)$$

b. Deviasi standar kedalaman alur

- Pada tahun pertama

$$RDS_a = K_{r,awal} \frac{4390 RDM_a^{0,542} (YE 4 \cdot 10^{-6})^{ERM}}{SNC^{0,422} COMP^{1,000}}$$

- **Perkembangan (pertambahan)**

$$\Delta RDS_d = K_{rdsd} \left[\frac{0,532(RDM_h - RDM_a)}{RDM_a} + \frac{ERS}{AGE3} + 0,0159 MMP \Delta CRX_d \cdot L \cdot \max(1; AGE3.YE4) \right] RDS_a$$

- **Pada akhir tahun analisis :**

$$RDS_b = \min (RDM_b; RDS_a + \Delta RDS_d)$$

Faktor kalibrasi yang ditunjukkan pada Tabel 2 diperoleh dari pemilahan seksi pemantauan berdasarkan kondisi campuran.

Table 2. Faktor kalibrasi model kedalaman alur

KONDISI CAMPURAN	RATA-RATA		DEVIASI STANDAR	
	K_{rdmi}	K_{rdmd}	K_{rdsi}	K_{rdsd}
Tidak plastis	0,5	1,0	0,4	0,7
Plastis	0,8	2,4	0,7	1,8
UNTUK KEDUA KONDISI				
Jumlah pengamatan	40	40	40	40
Rata-rata	0,6	1,6	0,5	1,2
Minimum	0,3	0,6	0,2	0,4
Maksimum	1,5	5,0	1,5	4,2

4.3. Model untuk memprediksi ketidakrataan (roughness)

Di dalam HDM-III, model ketidakrataan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta QI_d = 13 K_{gp} [134 EMT (SNCK + 1)^{-5,0} YE4 + 0,114 (RDS_b - RDS_a) + 0,0066 \Delta CRX_d + 0,42 \Delta APOT_d] + K_{ge} 0,023 QI_a$$

$$QI_b = \min (150; QI_a + \Delta QI_d)$$

Model untuk memprediksi ketidakrataan dinyatakan dalam "International Roughness Index" (IRI) adalah sebagai berikut :

$$\Delta IRI_d = K_{gp} [134 EMT (SNCK+1)^{-5,0} .YE4 + 0,114 (RDS_b - RDS_a) + 0,0066 \Delta CRX_d + 0,42 \Delta APOT_d] + K_{ge} 0,023 IRI_a$$

$$IRI_b = \min (12; IRI_a + \Delta IRI_d)$$

Setelah dilakukan pemilahan seksi pemantauan menurut terain dan kondisi campuran, diperoleh faktor kalibrasi ketidakrataan seperti ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah. IRI pada awal tahun pertama berdasarkan studi ini adalah 1,7 m/km.

Tabel 3. Faktor kalibrasi model ketidakrataan

TEREIN DAN KONDISI CAMPURAN	K_{gp}	K_{ge}
Datar-tidak plastis	1,8	1,0
Datar-plastis	2,3	1,0
Perbukitan-tidak plastis	4,5	1,0
Perbukitan-plastis	7,7	1,0
UNTUK SELURUH KONDISI		
Jumlah	30	30
Rata-rata	3,2	1,0
Minimum	1,0	1,0
Maksimum	8,0	1,0

V. KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

5.1 Faktor Kalibrasi Model Saat Mulai dan Perkembangan Retak

- Faktor kalibrasi model saat mulai dan perkembangan retak, tergantung pada mutu pelaksanaan dan mutu pemeliharaan yang mutu pelaksanaannya dikelompokkan ke dalam "baik", "sedang" dan "jelek", sedangkan mutu pemeliharaan dikelompokkan ke dalam "baik" dan "jelek"
- Karena secara praktis pemilihan faktor kalibrasi berdasarkan mutu pelaksanaan dan pemeliharaan kemungkinan sulit maka faktor kalibrasi dapat diambil nilai rata-rata untuk semua mutu pelaksanaan dan pemeliharaan, yaitu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Faktor Kalibrasi Model Retak untuk Semua Mutu Pelaksanaan dan Pemeliharaan

Kelas Retak	Faktor Kalibrasi	
	Saat mulai	Perkembangan
Semua retak	0,9	1,2
Retak lebar	1,1	1,2

5.2 Faktor Kalibrasi Model Kedalaman Alur

- Faktor kalibrasi tergantung pada mutu campuran, yang dikelompokkan ke dalam "tidak plastis" dan "plastis".
- Tanpa memperhatikan mutu campuran, faktor kalibrasi yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Faktor Kalibrasi Model Kedalaman Alur untuk Semua Mutu Campuran

Kelas Retak	Faktor Kalibrasi	
	Saat Mulai	Perkembangan
Alur rata-rata	0,6	1,6
Deviasi standar alur	0,5	1,2

5.3 Faktor Kalibrasi Model Ketidakrataan

- Faktor kalibrasi tergantung pada terein dan mutu campuran, yang tereinnya dikelompokkan ke dalam "datar" dan "perbukitan", sedangkan mutu campurannya dikelompokkan ke dalam "tidak plastis" dan "plastis".
- Tanpa memperhatikan terein dan mutu campuran, faktor kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor Kalibrasi Model Ketidakrataan untuk Semua Terein dan Semua Mutu Campuran

Kelas Retak	Faktor Kalibrasi
Akibat pengaruh struktural	3,2
Akibat pengaruh lingkungan	1,0

VI. DAFTAR PUSTAKA

Dasang A. S. (1995), Pengkajian Metode Perhitungan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Berdasarkan Hasil Pengukuran dengan FWD. Laporan Pengkajian Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan No. 12-001-PK- 94. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Prasarana Jalan, Bandung.

Mahmud, S. (1999), Studi Kinerja Perkerasan Lentur Untuk Menunjang IRMS. Laporan Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Prasarana Jalan No. 11-002-PK- 98. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Prasarana Jalan, Bandung.

Morosiuk and T. Toole (1998), Road deterioration modelling of bituminous pavements in Indonesia - interim report. Unpublished Project Report PR/ORC/13/1998. Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

Paterson, W.D.O. (1987), Road Deterioration and Maintenance Effects, Models for Planning and Management. The Highway Design and Maintenance Standards Series. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.

Watanada, T, C.G. Harral, W.D.O. Paterson, A.M. Dhareshwar, A. Bhandari and K. Tsunokawa (1987). The Highway Design and Maintenance Standards Model. Volume 1, Description of HDM-III Model. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.

Penulis:

Ir. Salim Mahmud, Koordinator Pelaksana Tugas Harian Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pemimpin Kelompok Bidang Keahlian Perkerasan Jalan, Perekayasa, Puslitbang Teknologi Prasarana Jalan.

Ir.A.Tatang Dachlan, MEngSc, Peneliti Madya, Puslitbang Teknologi Prasarana Jalan.

DAFTAR NOTASI

a_i, b_i, c_i, d_i	Koefisien untuk memprediksi perkembangan luas retak (untuk beton aspal: $a_i=1,84$; $b_i=0,45$; $c_i=2,94$; $d_i=0,56$)	MMP	Curah hujan rata-rata tahunan, dalam m/bulan
ACRA _a , ACRA _b	Luas "semua retak, dalam persen luas permukaan (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)	QI _a , QI _b	Ketidakrataan jalan diperkeras, dalam satuan QI (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)
Δ ACRA _d , Δ ACRW _d	Perkembangan/peningkatan luas "semua retak" dan "retak lebar" selama tahun analisis, dalam persen luas permukaan	Δ QI _d	Perkembangan/peningkatan ketidakrataan, dalam satuan QI QI = 13 RI
ACRW _a , ACRW _b	Luas "retak lebar", dalam persen luas permukaan (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)	RDM _a , RDM _b	Kedalaman alur rata-rata (sepanjang jejak roda), dalam mm (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)
AGE3	Umur konstruksi, yaitu jumlah tahun sejak pemberian lapis tambah, rekonstruksi atau konstruksi baru	Δ RDM _d	Perkiraan perkembangan/ peningkatan kedalaman alur rata-rata selama tahun analisis, dalam mm
Δ APOT _d	Perkembangan/peningkatan luas lubang" selama tahun analisis, dalam persen luas permukaan	RDS _a , RDS _b	Deviasi standar kedalaman alur, dalam mm (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)
COMP	Kepadatan relatif pondasi atas, pondasi bawah dan tanah dasar terpilih, dalam persen	RDM _i , RDO	Kedalaman alur rata-rata (sepanjang jejak roda) pada akhir tahun pertama, dalam mm
Δ CRX _d	Perkiraan perkembangan/ peningkatan luas retak gabungan akibat penurunan kondisi	Δ RDS _d	Perkiraan perkembangan/ peningkatan deviasi standar kedalaman alur selama tahun analisis, dalam mm
DEF	Lendutan perkerasan dengan Benkelman Beam, mm	RDS _i	Deviasi standar kedalaman alur rata-rata pada akhir tahun pertama, dalam mm
EMT	Exp (0,23 K _{ge} AGE3)	Δ RDST _{cr}	Perkiraan perkembangan/ peningkatan kedalaman alur rata-rata struktural dengan memperhatikan pengaruh re-tak selama tahun analisis, dalam mm
ERM	Exponen yang merupakan fungsi daripada karakteristik permukaan dan curah hujan: $ERM = 0,09 - 0,009 RH + 0,384 DEF + 0,00158 MMP CRX_a$	SCRA, SCRW	Variabel sementara yang menyatakan fungsi sigmoidal untuk "semua retak" dan "retak lebar" SCRA = min (ACRA _a , 100 - ACRA _a) atau SCRA = maks (SCRA _a , 0,5) apabila ACRA _a >0,5 SCRW = min (ACRW _a , 100 - ACRW _a) atau SCRW = maks (SCRW _a , 0,5) apabila ACRW _a >0,5
ERS	Exponen yang merupakan fungsi daripada karakteristik permukaan dan curah hujan: $ERS = - 0,0086 RH + 0,00115 MMP CRX_a$	SNC	Indeks kekuatan perkerasan modifikasi (modified structural number)
IRI _a , IRI _b	Ketidakrataan permukaan perkerasan, dalam m/km International Roughness Index (indeks a dan b menyatakan awal dan akhir tahun analisis)	SNCK	Indeks kekuatan perkerasan modifikasi yang disesuaikan dengan adanya retak: SNCK = maks (1,5, SNC - \sqrt{SNK})
Δ IRI _d	Perkembangan/peningkatan ketidakrataan, dalam m/km	Δ TCRA, Δ TCRW	Pecahan tahun analisis di mana perkembangan "semua retak" dan "retak lebar" berlaku
K _{cia} , K _{cpa}	Faktor kalibrasi model saat mulai terjadi dan model perkembangan "semua retak"	TYCRA, TYCRW	Saat mulai terjadinya "semua retak" dan "retak lebar" yang dinyatakan dalam jumlah tahun sejak pelapisan terakhir
K _{ciw} , K _{cpw}	Faktor kalibrasi model saat mulai terjadi dan model perkembangan "retak lebar"	YE4	Jumlah beban sumbu standar pada tahun analisis, dalam juta/lajur
K _{ge}	Faktor kalibrasi model ketidakrataan sebagai akibat pengaruh lingkungan	Z _a	Z _a = 1 apabila ACRA<50; Z _a = -1 untuk nilai ACRA lainnya
K _{gp}	Faktor kalibrasi model ketidakrataan akibat pengaruh struktural dan kerusakan lainnya	Z _w	Z _w = 1 apabila ACRA<50; Z _w = -1 untuk nilai ACRA lainnya
K _{rdmi} , K _{rid}	Faktor kalibrasi model kedalaman alur rata-rata pada tahun pertama		
K _{rdmd}	Faktor kalibrasi model perkembangan kedalaman alur rata-rata		
K _{rdsi}	Faktor kalibrasi model deviasi standar kedalaman alur pada tahun pertama		
K _{rdsd}	Faktor kalibrasi model perkembangan deviasi standar kedalaman alur		
K _{rpd}	Faktor kalibrasi model perkembangan kedalaman alur akibat deformasi plastis		
K _{rst}	Faktor kalibrasi model perkembangan kedalaman alur rata-rata akibat pengaruh struktural		