

PENILAIAN KONDISI PERKERASAN JALAN BERBASIS PERANGKAT LUNAK PADA RUAS JALAN YOGYAKARTA–MAGELANG

Wan Aswin Winardi
MSTT-DTSL Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
Tlp. (0274) 524712
wanlibra15winardi@gmail.com

Agus Taufik Mulyono
MSTT-DTSL Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
Tlp. (0274) 524712
agus.taufik.mulyono@ugm.ac.id

Suryo Hapsoro Tri Utomo
MSTT-DTSL Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
Tlp. (0274) 524712
suryohapsoro@ugm.ac.id

Abstract

In this study a software-based modeling study that can accommodate the needs to determine the surface conditions of pavement, plan for handling road damage, and predict the remaining life of pavement services. The data used in this study are primary data from the Pavement Condition Index survey on a Yogyakarta–Magelang road segment Magelang, KM 10+000–KM 11+000, and secondary data, in the form of Surface Distress Index data, International Roughness Index data, and traffic data obtained from the National Road Planning and Supervision of the Special Province of Yogyakarta. The software used in this study is Borland Delphi 7.0 software. From this study, a software called Modrova was produced. This study shows that the Modrova software is valid to use because the resulting error is relatively small.

Keywords: road surface conditions, road damage, road pavement, remaining life of road pavement

Abstrak

Pada studi ini dikaji suatu pemodelan berbasis perangkat lunak yang dapat mengakomodir kebutuhan untuk menentukan kondisi permukaan perkerasan jalan, merencanakan penanganan kerusakan jalan, serta memprediksi sisa umur layanan perkerasan jalan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer hasil survei Pavement Condition Index pada ruas jalan Yogyakarta–Magelang, KM 10+000–KM 11+000 dan data sekunder, berupa data Surface Distress Index, data International Roughness Index, serta data lalu lintas yang diperoleh dari Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Perangkat lunak yang digunakan pada studi ini adalah perangkat lunak Borland Delphi 7.0. Dari studi ini dihasilkan suatu perangkat lunak yang diberi nama Modrova. Studi ini menunjukkan bahwa perangkat lunak Modrova valid untuk digunakan karena kesalahan yang dihasilkan relatif kecil.

Kata-kata kunci: kondisi permukaan jalan, kerusakan jalan, perkerasan jalan, sisa umur perkerasan jalan

PENDAHULUAN

Desakan terhadap infrastruktur yang selamat, nyaman, aman, dan berkekuatan (mutu) sudah sangat menjadi komoditi penting saat ini. Lajunya pertumbuhan penduduk, sosial kultural, serta ilmu pengetahuan akan berimbas pada laju aktivitas penduduk di dalam suatu wilayah yang bermuara akhir pada tuntutan penyediaan prasarana infrastruktur yang mengutamakan prinsip keselamatan, kenyamanan, keamanan, dan berkekuatan mutu. Pengguna sarana infrastruktur sudah sangat memberlakukan "kritisasi massal" apabila didapainya infrastruktur yang tidak mengutamakan prinsip-prinsip tersebut. Terlebih lagi untuk infrastruktur jalan yang melibatkan banyak elemen pengguna, baik itu pengguna kendaraan,

pejalan kaki, dan sebagainya. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2004 tentang Jalan, telah mensyaratkan penyelenggaraan jalan yang memenuhi aspek keselamatan, kenyamanan, keamanan, dan kekuatan (mutu) agar diperoleh umur pelayanan yang mendekati umur perencanaan sehingga akan didapatkan efektivitas dan efisiensi biaya pembangunan dan pemeliharannya.

Prasarana jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang akan menyebabkan terjadi penurunan kualitas jalan. Sebagai indikatornya dapat diketahui dari kondisi permukaan jalan, baik kondisi struktural maupun fungsionalnya yang mengalami kerusakan. Kondisi permukaan jalan yang mengalami defisiensi atau kerusakan juga memberikan kontribusi terhadap keselamatan pengguna ruas jalan. Terdapat beberapa sistem pengukur kerusakan perkerasan yang dikenal dengan nama Sistem Penilaian Kondisi Kerusakan Perkerasan atau Pavement Condition Index (PCI), Surface Distress Index (Indeks Kerusakan Permukaan), dan Indeks Kerataan Permukaan, yang dinyatakan dengan nilai International Roughness Index (IRI).

Nilai SDI dan nilai PCI bergantung pada subjektivitas surveyor, sedangkan nilai IRI bergantung pada kemampuan alat yang digunakan untuk survei kerataan permukaan jalan. Secara garis besar, nilai PCI didapat dari pembacaan grafik-grafik tertentu sesuai dengan jenis kerusakan perkerasan yang disurvei. Namun akibat pembacaan grafik secara manual, tentunya akan memakan waktu yang cukup lama dibandingkan dengan adanya suatu aplikasi atau pemodelan yang memodelkan hal tersebut. Nilai SDI didapat dari identifikasi kerusakan yang berpedoman pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011, tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan. Sedangkan nilai IRI didapat dari *output* dengan bermacam-macam peralatan survei yang digunakan. Adanya pemodelan terhadap ketiga nilai ini diharapkan dapat mempermudah praktisi atau pengambil keputusan dalam menentukan tindakan terbaik untuk memperbaiki kerusakan atau defisiensi jalan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi nilai kondisi permukaan jalan Yogyakarta–Magelang pada ruas KM 10+000 sampai dengan KM 11+000. Hasilnya dapat digunakan untuk penanganan kerusakan permukaan pada STA tersebut, menyediakan suatu pemodelan berbasis perangkat lunak, yang di dalamnya mengakomodir kebutuhan untuk menentukan nilai kondisi permukaan perkerasan dengan menggunakan data PCI, SDI, dan IRI, menyediakan suatu pemodelan untuk kondisi permukaan jalan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0, yang di dalamnya memuat penanganan kerusakan baik untuk perkerasan kaku atau lentur, serta menyediakan suatu pemodelan awal yang dapat dikembangkan sampai pada tahapan sisa umur layanan perkerasan jalan.

Mulyono (2007) mengemukakan bahwa kerusakan struktural perkerasan jalan di Indonesia sering terjadi sebelum umur layanan selesai. Karena itu, diperlukan monitoring dan evaluasi pemberlakuan standar mutu yang dibangun sebagai *structure logic model* yang hierarkis, komprehensif, dan sistemik sebagai suatu alternatif untuk menyempurnakan beberapa konsep model yang sudah ada. Terdapat 5 faktor dominan yang signifikan memenga-

ruhi pemberlakuan standar mutu secara sistemik, yaitu sumber daya manusia, sosialisasi standar mutu, pencapaian mutu, kekuatan struktural, dan kemandirian jalan.

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi pustaka berdasarkan penelitian terdahulu dan referensi atau literatur yang relevan. Pengumpulan data berupa data primer maupun data sekunder dilakukan setelah studi pustaka selesai. Beberapa data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang akan digunakan untuk mengetahui nilai kondisi perkerasan dan lalu lintas di ruas Jalan Magelang–Yogyakarta, tepatnya pada KM 10±000 sampai dengan KM 11±000. Data sekunder yang didapat, antara lain, adalah data lalu lintas, berupa Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR), data IRI, data SDI, dan data histori penanganan. Pelaksanaan survei PCI dilakukan dengan mengukur jenis dan tingkat kerusakan ruas jalan serta dilakukan dokumentasi foto lapangan. Data sekunder dan data primer ini menjadi bahan masukan untuk program yang dibuat.

Analisis kondisi perkerasan jalan dilakukan dengan menggunakan metode PCI secara manual. Manual ini dilakukan dengan cara membaca grafik-grafik kerusakan perkerasan sesuai dengan jenis dan tingkat kerusakan untuk mendapatkan nilai kondisi perkerasan. Analisis secara manual juga dilakukan terhadap data SDI, data IRI, dan data LHR.

Analisis data pemodelan yang dilakukan pada studi ini berbasis aplikasi, yang dirancang menggunakan perangkat lunak Borland Delphi 7.0. Pembacaan grafik-grafik PCI dilakukan oleh pemodelan tersebut. Hal yang sama juga dilakukan terhadap data SDI dan data IRI serta data LHR yang merupakan data sekunder. Dari analisis akan dihasilkan penilaian kondisi jalan, baik dengan metode PCI, metode SDI, maupun metode IRI serta usulan penanganan kerusakan jalan.

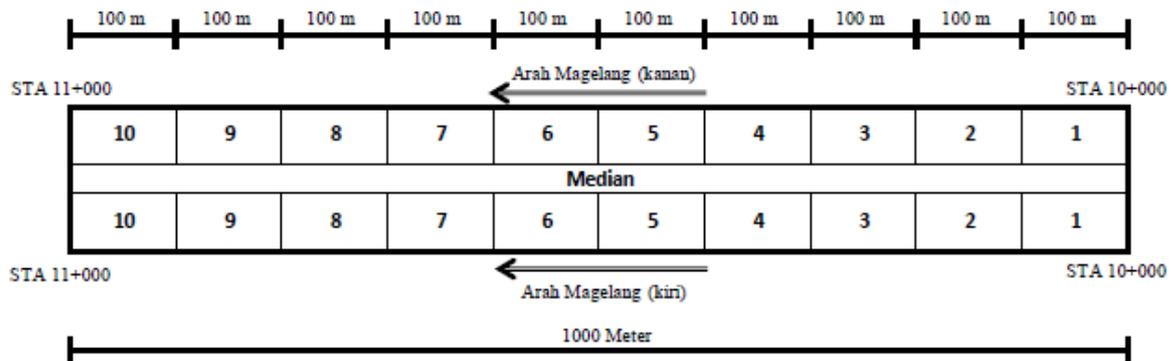
Tahapan validasi program dilakukan untuk mengetahui apakah pemodelan yang dilakukan berhasil atau tidak. Pemodelan dikatakan berhasil apabila dalam uji validasi antara hitungan manual dan hitungan program tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Observasi visual dilakukan secara langsung ke lapangan. Setelah menentukan jenis kerusakan, diberikan tanda atau *station* setiap segmen pengamatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Rekapan nilai Corrected Deduct Value (CDV), nilai PCI, dan kondisi perkerasan dapat dilihat pada Tabel 1. Jenis kerusakan yang banyak terdapat pada ruas jalan yang diamati adalah kerusakan *patching*, *alligator cracking*, *bump and sags*, serta *longitudinal cracking*. *Patching* merupakan perbaikan pada bagian permukaan perkerasan jalan yang bergelombang dengan cara menambal. Bahan yang digunakan harus mempunyai modulus bahan yang sama dengan bahan pembentuk perkerasan yang lama. Karena penambalan ini bersifat monolit, suatu waktu *patching* tersebut akan terlepas kembali. Jenis kerusakan *alligator cracking* terjadi akibat repitisi beban berulang pada lintasan roda, sedangkan

bump and sags (turun dan naik) terjadi akibat infiltrasi dan penumpukan material dalam retakan yang diikuti dengan pengaruh beban lalu lintas. Komposisi proporsi kerusakan dapat dilihat pada Gambar 2.

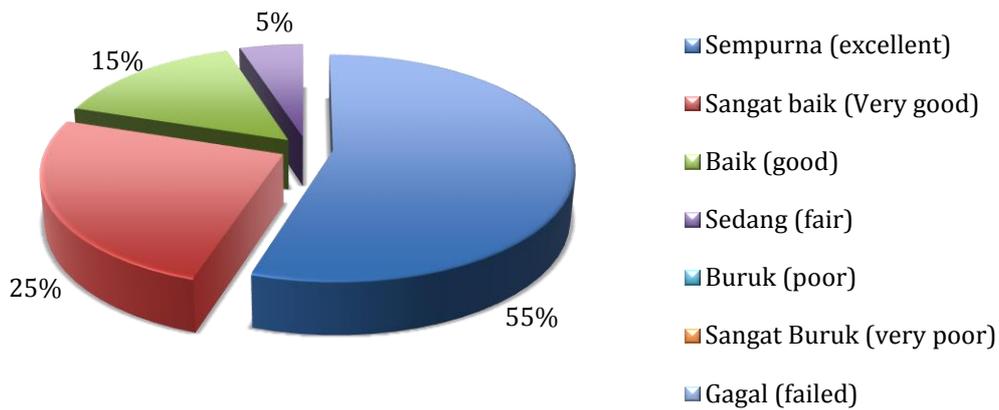


Gambar 1 Penomoran Segmen Jalan

Tabel 1 Nilai PCI dan Kondisi Perkerasan Masing-Masing Segmen

No. STA	Arah	No. Segmen	Nilai CDV Maks	Nilai PCI	Kondisi Perkerasan
10+000–10+100	Jogja–Magelang (Kanan)	1	0,00	100,00	Sempurna
10+100–10+200	Jogja–Magelang (Kanan)	2	0,00	100,00	Sempurna
10+200–10+300	Jogja–Magelang (Kanan)	3	0,00	100,00	Sempurna
10+300–10+400	Jogja–Magelang (Kanan)	4	14,00	86,00	Sempurna
10+400–10+500	Jogja–Magelang (Kanan)	5	20,50	79,50	Sangat baik
10+500–10+600	Jogja–Magelang (Kanan)	6	26,20	73,80	Sangat baik
10+600–10+700	Jogja–Magelang (Kanan)	7	35,00	65,00	Baik
10+700–10+800	Jogja–Magelang (Kanan)	8	35,00	65,00	Baik
10+800–10+900	Jogja–Magelang (Kanan)	9	52,00	48,00	Sedang
10+900–11+000	Jogja–Magelang (Kanan)	10	4,73	94,90	Sempurna
10+000–10+100	Jogja–Magelang (Kiri)	1	18,00	82,00	Sangat baik
10+100–10+200	Jogja–Magelang (Kiri)	2	0,00	100,00	Sempurna
10+200–10+300	Jogja–Magelang (Kiri)	3	16,00	84,00	Sangat baik
10+300–10+400	Jogja–Magelang (Kiri)	4	14,10	85,90	Sempurna
10+400–10+500	Jogja–Magelang (Kiri)	5	0,00	100,00	Sempurna
10+500–10+600	Jogja–Magelang (Kiri)	6	26,00	74,00	Sangat baik
10+600–10+700	Jogja–Magelang (Kiri)	7	0,00	100,00	Sempurna
10+700–10+800	Jogja–Magelang (Kiri)	8	10,00	90,00	Sempurna
10+800–10+900	Jogja–Magelang (Kiri)	9	7,50	92,50	Sempurna
10+900–11+000	Jogja–Magelang (Kiri)	10	40,00	60,00	Baik

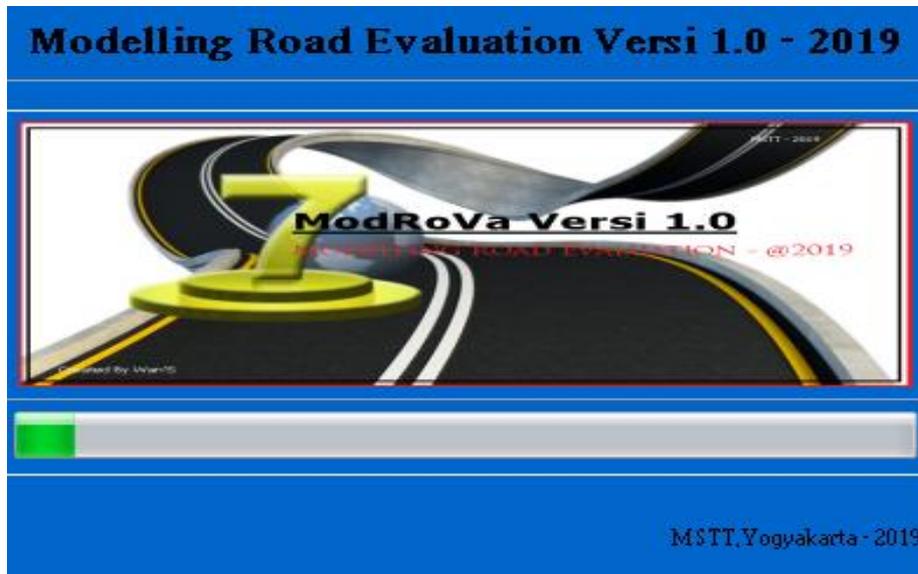
Setelah pelaksanaan survei kondisi perkerasan di lapangan dan estimasi penentuan kondisi perkerasan jalan dengan metode PCI selesai dilakukan, dilanjutkan dengan kegiatan perbaikan agar efektivitas anggaran dapat terlaksana dalam rangka mencegah timbulnya kerusakan yang lebih parah. Sebaiknya upaya perbaikan ini dilakukan sesegera mungkin pada unit-unit segmen pada ruas jalan Yogyakarta–Magelang yang mengalami kerusakan. Metode perbaikan kerusakan terdapat pada Tabel 3.



Gambar 2 Proporsi Kerusakan Nilai Kondisi Jalan

Tabel 3 Perbaikan Kondisi Perkerasan

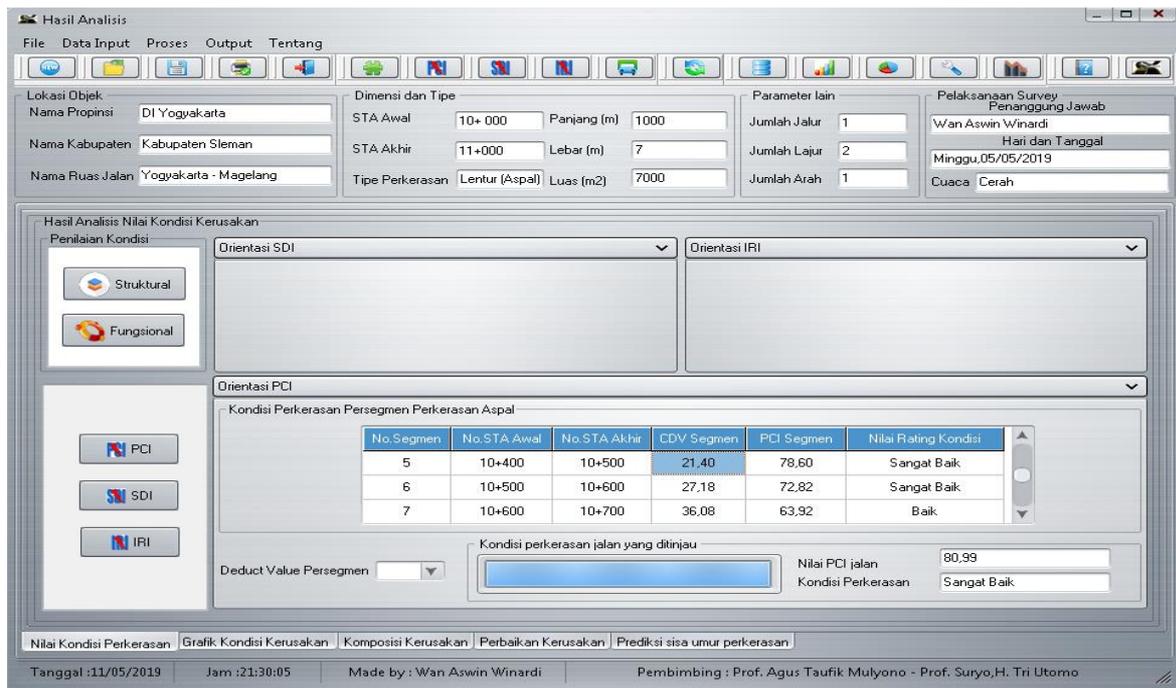
No.	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	No. Segmen	Metode Perbaikan
1	<i>Alligator cracking</i>	L	6,8,11,13,14,18,19,20	P1
2	<i>Bump and sags</i>	L	6,7,8,9,20	P1
3	<i>Long. and transv. cracking</i>	L	4,5,7,8	P1
4	<i>Patching and utility cut patching</i>	L, M	4,5,6,9,10,14,16,19	P5
5	<i>Potholes</i>	L	9,10,16	P5



Gambar 3 Tampilan Pembuka Perangkat Lunak Modrova Versi 1.0

Perangkat lunak yang dihasilkan dari penelitian ini bernama Modrova versi 1.0, yang merupakan singkatan dari Modelling Road Evaluation, yang memanfaatkan perangkat lunak Borland Delphi 7.0. Tampilan pembuka Modrova versi 1.0 diperlihatkan pada Gambar 3. Setelah *input* data dilakukan dengan benar, *output* kondisi perkerasan dapat dilihat pada

Gambar 4. Validasi program dilakukan untuk membandingkan nilai manual dan *output* perangkat lunak Modrova. Validasi program ini dilakukan pada tahapan penentuan nilai *Deduct Value* (DV) suatu jenis kerusakan yang nilainya merupakan hasil pembacaan dari suatu grafik kerusakan tertentu dan validasi program terhadap *Corrective Deduct Value* (CDV), yang akhirnya akan memberi nilai PCI suatu ruas jalan. Uji validasi program ini diperlihatkan pada Tabel 4, yang dimaksudkan untuk uji validasi nilai PCI perkerasan lentur.



Gambar 4 *Output* Hasil Analisis

Perbandingan uji validasi nilai PCI disajikan pada Tabel 4. terlihat bahwa bias kesalahan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan secara manual. Angka terbesar bias kesalahan adalah 2,79%, yang menunjukkan bahwa perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak aplikasi Modrova memberikan hasil yang cukup baik. Timbulnya bias kesalahan pembacaan dari kurva jenis kerusakan dan kurva Total Deduct Value (TDV) dapat terjadi karena pembacaan kurva cenderung mengambil nilai penuh atau nilai integer, akibat skala kurva jenis kerusakan dan kurva TDV yang menjadi acuan pembacaan tidak mempunyai skala yang jelas dari kondisi sumber asli.

Tampilan *output* untuk hasil SDI dan IRI dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 setelah *form input* terisi dengan benar. *Output* perangkat lunak Modrova untuk jenis penanganan berdasarkan nilai IRI dan SDI ditunjukkan pada Gambar 7.

Besaran bias kesalahan antara hasil perangkat lunak Modrova dengan hasil perhitungan manual untuk penentuan *Remaining Service Life* (RSL) dapat dilihat pada Tabel 5. Contoh salah satu *output perangkat lunak* Modrova untuk RSL ditunjukkan pada Gambar 8, dengan menggunakan data hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraheni

et al. (2018). Terlihat pada Tabel 5 bahwa perhitungan sisa umur perkerasan dari perangkat lunak Modrova cukup valid, dengan persentase bias kesalahan yang sangat kecil. Dengan demikian perangkat lunak Modrova versi 1.0 layak digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan prediksi sisa umur perkerasan jalan.

Tabel 4 Uji Validasi Nilai PCI (Segmen 1–10) (Kanan-Kiri)

No. Segmen	No. STA Awal	No. STA Akhir	Manual	Software	Selisih	Persentase
			PCI Segmen	PCI Segmen		
Bagian Kanan						
1	10 + 000	10 + 100	100,00	100,00	0,00	0,00%
2	10 + 100	10 + 200	100,00	100,00	0,00	0,00%
3	10 + 200	10 + 300	100,00	100,00	0,00	0,00%
4	10 + 300	10 + 400	86,00	85,26	0,74	0,86%
5	10 + 400	10 + 500	79,50	78,60	0,90	1,13%
6	10 + 500	10 + 600	73,80	72,82	0,98	1,33%
7	10 + 600	10 + 700	65,00	63,92	1,08	1,66%
8	10 + 700	10 + 800	65,00	65,29	0,29	0,45%
9	10 + 800	10 + 900	48,00	48,78	0,78	1,63%
10	10 + 900	11 + 000	94,90	95,27	0,37	0,39%
Bagian Kiri						
1	10 + 000	10 + 100	82,00	81,91	0,09	0,11%
2	10 + 100	10 + 200	100,00	100,00	0,00	0,00%
3	10 + 200	10 + 300	84,00	84,00	0,00	0,00%
4	10 + 300	10 + 400	85,90	83,50	2,40	2,79%
5	10 + 400	10 + 500	100,00	100,00	0,00	0,00%
6	10 + 500	10 + 600	74,00	73,93	0,07	0,09%
7	10 + 600	10 + 700	100,00	100,00	0,00	0,00%
8	10 + 700	10 + 800	90,00	90,40	0,40	0,44%
9	10 + 800	10 + 900	92,50	93,01	0,51	0,55%
10	10 + 900	11 + 000	60,00	59,75	0,25	0,42%

No. Segmen	STA Awal	STA Akhir	Nilai SDI	Kondisi Perkerasan
1	10+000	10+100	55	Sedang
2	10+100	10+200	57,5	Sedang
3	10+200	10+300	65	Sedang

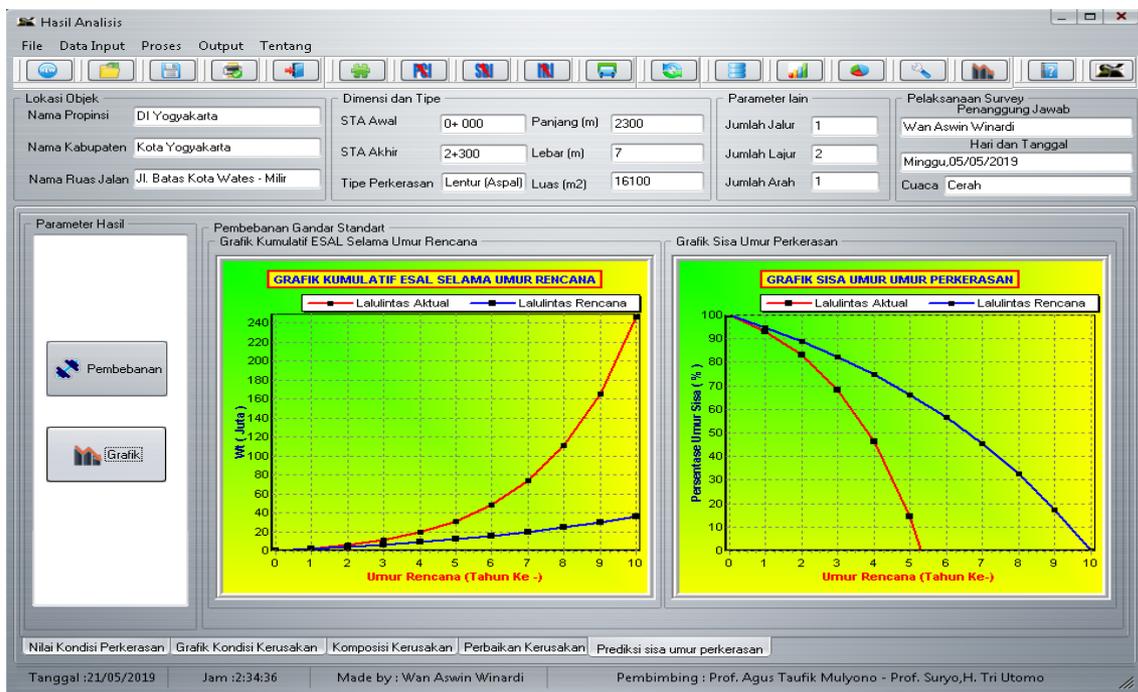
Gambar 5 Output SDI

No. Segmen	STA Awal	STA Akhir	Nilai IRI	Kondisi Perkerasan
1	10+000	10+100	3	Baik
2	10+100	10+200	3	Baik
3	10+200	10+300	3,80	Baik

Gambar 6 Output IRI

Nomor Segmen	STA Awal	STA Akhir	Nilai IRI	Nilai SDI	Penanganan
1	10+000	10+100	3	55	Pemeliharaan Rutin
2	10+100	10+200	3	57,5	Pemeliharaan Rutin
3	10+200	10+300	3,80	65	Pemeliharaan Rutin
4	10+300	10+400	3	55	Pemeliharaan Rutin
5	10+400	10+500	3,90	55	Pemeliharaan Rutin
6	10+500	10+600	3,60	55	Pemeliharaan Rutin
7	10+600	10+700	2,10	55	Pemeliharaan Rutin
8	10+700	10+800	2,10	55	Pemeliharaan Rutin
9	10+800	10+900	2,30	55	Pemeliharaan Rutin

Gambar 7 Penentuan Jenis Penanganan Menggunakan Perangkat Lunak Modrova



Gambar 8 Output Grafik RSL Perangkat Lunak Modrova Versi 1.0

Tabel 5 Uji Validasi Pembebanan Rencana dan Pembebanan Aktual

No.	Tahun	Bias Kesalahan Pembebanan Rencana					
		Selisih W_t	% Kesalahan W_t	Selisih W_t Kumulatif	% Kesalahan W_t Kumulatif	Selisih <i>Remaining Life</i> (%)	% Kesalahan <i>Remaining Life</i> (%)
1	2013	146	0,01%	146	0,01%	0,00	0,00%
2	2014	2350,6	0,11%	2.497	0,06%	0,01	0,01%
3	2015	2160,8	0,09%	4.657	0,07%	0,02	0,02%
4	2016	87,6	0,00%	4.745	0,05%	0,02	0,02%
5	2017	3620,8	0,12%	1.124	0,01%	0,01	0,02%
6	2018	1708,2	0,05%	584	0,00%	0,01	0,01%
7	2019	262,8	0,01%	847	0,00%	0,01	0,02%
8	2020	1489,2	0,03%	642	0,00%	0,02	0,05%
9	2021	2263	0,04%	1.621	0,01%	0,01	0,08%
10	2022	6263,4	0,10%	7.884	0,02%	0,00	0,00%

Tabel 5 Uji Validasi Pembebanan Rencana dan Pembebanan Aktual (lanjutan)

No.	Tahun	Bias Kesalahan Pembebanan Aktual					
		Selisih W_t	% Kesalahan W_t	Selisih W_t Kumulatif	% Kesalahan W_t Kumulatif	Selisih <i>Remaining Life</i> (%)	% Kesalahan <i>Remaining Life</i> (%)
1	2013	453	0,02%	452,6	0,02%	0,00	0,00%
2	2014	453	0,01%	905,2	0,01%	0,01	0,01%
3	2015	599	0,01%	1503,8	0,01%	0,01	0,02%
4	2016	292	0,00%	1795,8	0,01%	0,02	0,04%
5	2017	1489	0,01%	3285	0,01%	0,03	0,19%
6	2018	467	0,00%	3752,2	0,01%	0,04	0,12%
7	2019	1460	0,01%	5212,2	0,01%	0,06	0,06%
8	2020	4570	0,01%	9782	0,01%	0,09	0,05%
9	2021	219	0,00%	10001	0,01%	0,13	0,04%
10	2022	2205	0,00%	12205,6	0,00%	0,18	0,03%

KESIMPULAN

Hasil penelitian dan pembahasan terkait penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan PCI, SDI, dan IRI berbasis perangkat lunak adalah sebagai berikut:

- 1) Pengukuran dan pengamatan secara visual yang dilakukan pada ruas jalan Yogyakarta–Magelang, STA 10+000 sampai dengan STA 11+000, menunjukkan bahwa terdapat 4 jenis kerusakan utama pada ruas jalan tersebut, yaitu kerusakan berupa *alligator cracking*, *bump and sags*, *longitudinal and transversal cracking*, dan *patching and utility patching*.
- 2) Dari penilaian terhadap kondisi perkerasan jalan berdasarkan PCI, SDI, dan IRI pada penelitian ini dihasilkan suatu perangkat lunak aplikasi yang diberi nama Modelling Road Evaluation (Modrova) versi 1.0. Perangkat lunak ini memiliki nilai bias kesalahan yang kecil. Uji validasi terhadap komponen nilai PCI pada perkerasan lentur memberikan nilai bias kesalahan terbesar hanya 2,79%.
- 3) Pada uji validasi terhadap Remaining Service Life (RSL) yang menggunakan metode AASHTO 1993, bias kesalahan terbesar terhadap subkomponen *remaining life* adalah 0,08% pada pembebanan rencana, dan bias kesalahan terbesar terhadap subkomponen *remaining life* adalah 0,19% pada pembebanan aktual.
- 4) Perbedaan hasil perhitungan yang mengakibatkan timbulnya bias kesalahan pembacaan kurva jenis kerusakan dapat terjadi karena pembacaan kurva cenderung mengambil nilai penuh atau nilai integer, karena kurva jenis kerusakan yang menjadi acuan tidak mempunyai skala yang jelas dari berbagai sumber asli yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Jakarta.

- Mulyono, A. T. 2007. *Model Monitoring dan Evaluasi Pemberlakuan Standar Mutu Perkerasan Jalan Berbasis Pendekatan Sistemik*. Disertasi tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nugraheni, A.N., Setyawan, A., dan Suryoto. 2018. *Analisis Kondisi Fungsional Jalan dengan Metode PSI dan RCI serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan: Studi Kasus Jalan Batas Kota Wates–Milir*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 6 (1): 105-119.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Jakarta.