

ANALISIS KONDISI FUNGSIONAL JALAN DENGAN METODE PSI DAN RCI SERTA PREDIKSI SISA UMUR PERKERASAN JALAN

STUDI KASUS : JALAN BATAS KOTA WATES - MILIR

Novia Ayu Nugraheni¹⁾, Ary Setyawan²⁾, Suryoto³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Pengajar Program studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp.0271647069. Email : noviayunugraheni@student.uns.ac.id

Abstract

Economic growth has an impact on the need for increased movement of goods and services by land. This also occurs on the South Line of Java Island, especially on the Wates City Border – Milir which is damaged faster than the age of the plan. The first step to prevent the decline of road conditions is to conduct inspections to assess the road conditions. From the value of road conditions can be used to predict the remaining life of pavement. This study aims to assess the functional condition of the road based on Present Serviceability Index (PSI) and Road Condition Index (RCI), and also predict the remaining life of pavement on City Border of Wates – Milir road.

In this study, the road condition is assessed by the analysis of the road functional condition based on the level of the road flatness (International Roughness Index, IRI) obtained from P2JN Yogyakarta data . Parameters of road conditions analyzed include Present Serviceability Index (PSI) for road service function and Road Condition Index (RCI) for surface conditions. As for the remaining life of pavement prediction using daily traffic data with AASHTO 1993 Method from the same data source.

Based on the assessment of road condition, the average value of PSI 1.79 indicated poor service function, while the average value of RCI 7.51 showed excellent surface condition. The results of the analysis on the remaining life of pavement for 2017, road pavement still has a remaining life percentage of 14,35% and the road predicted will end in year 6 is in 2018.

Keywords: PSI, RCI, Remaining Life of Pavement.

Abstrak

Pertumbuhan ekonomi memberi dampak pada meningkatnya kebutuhan pergerakan barang dan jasa melalui jalur darat. Ini juga terjadi pada Jalur Selatan Pulau Jawa terutama di ruas Batas Kota Wates – Milir yang mengalami kerusakan lebih cepat dari umur rencana. Langkah awal untuk mencegah penurunan kondisi jalan tersebut adalah dengan melakukan inspeksi untuk menilai kondisi jalan. Dari nilai kondisi jalan tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi sisa umur perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kondisi fungsional jalan berdasarkan indeks permukaan (PSI) dan indeks kondisi jalan (RCI), serta memprediksi sisa umur perkerasan pada ruas jalan Batas Kota Wates – Milir.

Pada penelitian ini dilakukan penilaian kondisi jalan dengan analisis nilai kondisi fungsional jalan berdasarkan tingkat kerataan jalan (*International Roughness Index*, IRI) yang didapatkan dari data P2JN Yogyakarta. Parameter kondisi jalan yang dianalisis antara lain Indeks Permukaan (*Present Serviceability Index*, PSI) untuk fungsi pelayanan jalan dan Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index*, RCI) untuk kondisi permukaan. Sedangkan untuk prediksi sisa umur perkerasan menggunakan data lalu lintas dengan Metode AASHTO 1993 dari sumber data yang sama.

Berdasarkan analisis penilaian kondisi jalan didapatkan hasil rata-rata nilai PSI sebesar 1,79 yang menunjukkan fungsi pelayanan kurang, sedangkan rata-rata nilai RCI sebesar 7,51 menunjukkan kondisi permukaan yang sangat baik. Hasil analisis terhadap umur perkerasan jalan menyatakan bahwa untuk tahun 2017, perkerasan jalan masih memiliki persentase umur sisa sebesar 14,35% dan umur sisa jalan diprediksi akan berakhir pada tahun ke 6 yaitu pada tahun 2018.

Kata Kunci: PSI, RCI, Sisa Umur Perkerasan.

PENDAHULUAN

Jalan nasional merupakan jalan penghubung antar provinsi untuk memperlancar transportasi nasional dan menjadi tanggung jawab negara. Jalan Batas Kota Wates-Milir termasuk dalam ruas jalan Nasional Rute 3 yang terletak di Kabupaten Kulon Progo dengan kelas jalan Arteri I. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pergerakan barang dan jasa terutama untuk transportasi darat mengakibatkan kerusakan jalan akan lebih cepat dari umur rencana. Kerusakan jalan yang telah terjadi pada ruas jalan Batas Kota Wates-Milir diantaranya retak, alur, dan lubang. Faktor penyebab kerusakan jalan tersebut dapat disebabkan karena jumlah kendaraan yang melintas melebihi jumlah lalu lintas rencana. Langkah awal untuk menginspeksi penurunan tingkat pelayanan jalan tersebut salah satunya dengan melakukan penilaian terhadap kondisi jalan dengan analisis kondisi fungsional jalan berdasarkan tingkat kerataan jalan.

Nilai kerataan jalan (*International Roughness Index*, IRI) merupakan salah satu fungsi pelayanan (*functional performance*) dari suatu perkerasan jalan yang sangat berpengaruh pada kenyamanan pengemudi (*riding quality*). Dua parameter kondisi pelayanan yang dianalisis adalah Indeks Permukaan (*Present Serviceability Index*, PSI) dan Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index*, RCI).

Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) diperkenalkan oleh AASHTO berdasarkan pengamatan kondisi jalan yang meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak, alur, lubang, lendutan pada lajur roda, dan sebagainya. Dari nilai PSI akan didapatkan fungsi pelayanan jalan dengan nilai IP untuk jalan baru dibuka adalah 4,2 sedangkan IP akhir umur rencana untuk jalan arteri adalah 2,0. Sedangkan Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index*, RCI) adalah skala tingkat kenyamanan jalan yang dapat diperoleh dari pengukuran alat *Roughometer* maupun secara visual. Dari nilai RCI akan didapatkan kondisi permukaan jalan.

Akibat kondisi ruas jalan Batas Kota Wates-Milir saat ini banyak mengalami kerusakan setelah dilakukan perbaikan (*overlay*) pada tahun 2012 lalu. Hal ini menyebabkan ketidakpastian terhadap sisa umur layan dari perkerasan. Untuk memprediksi sisa umur perkerasan berakhir, maka dilakukan prediksi sisa umur perkerasan menggunakan data lalu lintas dengan Metode AASHTO 1993.

TINJAUAN PUSTAKA

Utama, Rangga M., dan Ida Farida (2016) melakukan evaluasi kondisi struktural pada jalan berdasarkan hubungan antara ketidakrataan permukaan jalan (IRI) dan indeks kondisi jalan (RCI) pada Ruas Jalan Selajambe-Cibeet sepanjang 28,591 km. Dari hasil analisis didapat nilai IRI = 4,00 m/km, IP/PSI = 1,824 dan RCI = 6,87. Artinya ruas jalan memiliki kondisi yang baik (RCI 6-7), namun fungsi pelayanan kurang baik (nilai IP/PSI < 2). Dengan tingkat kerusakan jalan rata-rata adalah 5,130%.

Purwingga, Enji P. (2016) melakukan evaluasi kerusakan dini akibat beban berlebih pada perkerasan lentur untuk Ruas Jalan Kartasura-Batas Kota Klaten Km 11+900 – Km 12+300 dari arah Jogja ke Solo. Metode yang digunakan dengan melakukan pemeriksaan perkerasan lentur, pemeriksaan jembatan timbang, serta pemeriksaan jenis kerusakan jalan akibat beban berlebih. Pengolahan data yang didapat antara lain menyatakan ruas jalan mengalami *overloading*, menghitung umur sisa perkerasan lentur akibat beban berlebih dengan metode AASHTO 1993. Berdasarkan perhitungan terdapat penyusutan umur sisa perkerasan antara keadaan normal dengan sisa perkerasan yang terkena dampak overload sebesar 14,75% dan umur rencana jalan akan berakhir pada tahun ke-6. Solusi untuk meminimalisir kerusakan jalan akibat beban berlebih yaitu: mengganti jalan dengan dengan perkerasan kaku, perlu dibuat jembatan timbang dan dibuat peraturan yang tegas.

LANDASAN TEORI

Kinerja Perkerasan

Kinerja perkerasan menurut Suwardo (2004) meliputi keamanan/kekuatan perkerasan (*structural pavement*), maupun

fungsi (*functional performance*) dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) dan Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index* = RCI).

Menurut Suherman (2008) secara umum kinerja perkerasan dapat ditentukan dengan dua cara yaitu cara objektif dan cara subjektif. Dengan cara objektif diperoleh dari suatu pengukuran menggunakan alat seperti *Roughometer* NAASRA contohnya *International Roughness Index* (IRI), sedangkan dengan cara subjektif didasarkan kepada hasil pengamatan beberapa orang ahli misal *Road Condition Index* (RCI).

Kerusakan Perkerasan

Kerusakan jalan dapat dibedakan atas retak (*cracking*), distorsi (*distortion*) atau perubahan bentuk, cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*polished aggregate*), kegemukan (*bleeding or flushing*), dan penurunan pada bekas penanaman utilitas (*utility cut depression*).

International Roughness Index (IRI)

International Roughness Index (IRI) atau ketidakrataan permukaan adalah parameter ketidakrataan yang dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak/panjang permukaan yang diukur. Nilai IRI merupakan output dari alat survei canggih yaitu NAASRA *Roughnessmeter* yang digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan nilai kondisi fungsional jalan yang sangat berpengaruh pada kenyamanan (*riding quality*) pada ruas Jalan Nasional.

Present Serviceability Index (PSI)

Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak (*crack*), alur (*rutting*), lubang (*pothole*), lendutan pada lajur roda, kekasaran permukaan, dan lain sebagainya yang terjadi selama umur pelayanan. Dikutip dari NHCRP (2001) IP dinyatakan sebagai fungsi dari IRI untuk perkerasan beraspal melalui persamaan berikut:

$$PSI = 5 - 0,2937X^4 + 1,1771X^3 - 1,4045X^2 - 1,5803X \dots\dots\dots [1]$$

- Dengan: X = Log (1 + SV)
- SV = Slope Variance = 2,2704 IRI²
- PSI = Present Serviceability Index
- IRI = International Roughness Index, m/km

Indeks Permukaan bervariasi dari angka 0 – 5 yang menunjukkan fungsi pelayanan seperti pada Tabel 1 Indeks Permukaan sebagai berikut.

Tabel 1 Indeks Permukaan

No.	Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
1	4 – 5	Sangat baik
2	3 – 4	Baik
3	2 – 3	Cukup
4	1 – 2	Kurang
5	0 – 1	Sangat Kurang

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

Road Condition Index (RCI)

Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index*, RCI) adalah skala dari tingkat kenyamanan atau kinerja dari jalan, dapat diperoleh sebagai hasil dari pengukuran dengan alat *Roughometer* ataupun secara visual. Menurut Silvia Sukirman (1999) korelasi antara RCI dan IRI untuk Indonesia adalah sebagai berikut.

$$RCI = 10 * \text{Exp}(-0,0501 * IRI^{1,220920}) \dots\dots\dots [2]$$

Skala RCI bervariasi dari 2 – 10, dengan pengertian seperti pada Tabel 2 Kondisi Permukaan secara Visual sebagai berikut.

Tabel 2 Kondisi Permukaan secara Visual

RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
6 – 7	Baik
5 – 6	Cukup, sedikit/tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
4 – 5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3 – 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2 – 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
≤ 2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4WD jeep

Sumber: Silvia Sukirman (1999)

Sisa Umur Perkerasan Jalan (*Remaining Life*)

Umur sisa perkerasan merupakan konsep kerusakan kelelahan aspal yang diakibatkan oleh beban repetisi kendaraan secara berulang-ulang yang merusak perkerasan dan mengurangi kapasitas beban repetisi yang dapat ditanggung oleh suatu perkerasan hingga perkerasan tersebut mengalami keruntuhan (*failure*). Ketidakpastian umur layan akan mempengaruhi integritas perencanaan yang menjadi rujukan, serta mempengaruhi rencana prioritas penanganan rehabilitasi jalan jangka panjang di suatu ruas jalan tertentu. Metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi terhadap umur sisa perkerasan jalan salah satunya adalah Metode AASHTO 1993.

- 1) Umur Rencana, untuk perkerasan lentur jalan baru adalah 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun.
- 2) Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas, dihitung berdasarkan rumus:

$$i = \left(\frac{LHR_n}{LHR_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots [3]$$

Dengan:

- i* = Faktor pertumbuhan
- n* = Tahun ke-*n*
- LHR₁ = LHR tahun awal
- LHR_{*n*} = LHR tahun ke-*n*

Sehingga LHR pada umur rencana didapatkan dengan rumus:

$$LHR_n = LHR_1 \times (1 + i)^n \dots\dots\dots [4]$$

- 3) *Vehicle Damage Factor* (VDF) menggambarkan seberapa besar pengaruh suatu kendaraan terhadap perkerasan apabila melintas di atas lapisan perkerasan. Nilai VDF Standar mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2013 seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Nilai VDF Standar

No	Klas	Jenis	Sumbu	VDF
1	1	Sepeda Motor	1,1	0,00
2	2.3.4	Sedan/Angkot/pickup/station wagon	1,1	0,00
3	5.a	Bus Kecil	1,2	0,30
4	5.b	Bus Besar	1,2	1,00
5	6,1	Truk 2 Sumbu Cargo Ringan	1,1	0,30

No	Klas	Jenis	Sumbu	VDF
6	6,2	Truk 2 Sumbu Ringan	1,2	0,80
7	7,1	Truk 2 Sumbu Cargo Sedang	1,2	0,70
8	7,2	Truk 2 Sumbu Sedang	1,2	1,60
9	8,1	Truk 2 Sumbu Berat	1,2	0,90
10	8,2	Truk 2 Sumbu Berat	1,2	7,30
11	9,1	Truk 3 Sumbu Ringan	1,22	7,60
12	9,2	Truk 3 Sumbu Sedang	1,22	28,10
13	9,3	Truk 3 Sumbu Berat	1.1.2	28,90
14	10	Truk 2 Sumbu dan Trailer Penarik 2 Sumbu	1.2-2.2	36,90
15	11	Truk 4 Sumbu-Trailer	1.2 - 22	13,60
16	12	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.22-22	19,00
17	13	Truk 5 Sumbu-Trailer	1.2-222	30,30
18	14	Truk 6 Sumbu-Trailer	1.22-222	41,60

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013

4) Beban Gandar Standar Kumulatif (W_t)

Lalu lintas pada lajur rencana diberikan dalam bentuk kumulatif beban gandar standar (W_t).

$$ESAL = \sum(\text{kendaraan}_i/\text{hari}) \times E_i \dots\dots\dots [5]$$

$$W_t = ESAL \times D_D \times D_L \times 365 \dots\dots\dots [6]$$

Keterangan:

ESAL = Perhitungan Repetisi Beban Lalu Lintas

E_i = Angka ekivalen beban kendaraan i

D_D = Faktor distribusi arah (diambil 0,5)

D_L = Faktor distribusi lajur (2 lajur = 0,8)

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif

Umur sisa atau *Remaining Life* (RL) yang dipengaruhi oleh beban lalu lintas terhadap penambahan waktu dapat dihitung dengan persamaan:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_2} \right) \right] \dots\dots\dots [7]$$

Dengan:

RL = Umur sisa perkerasan atau Remaining life (%)

N_p = Kumulatif ESAL pada akhir tahun ke- n

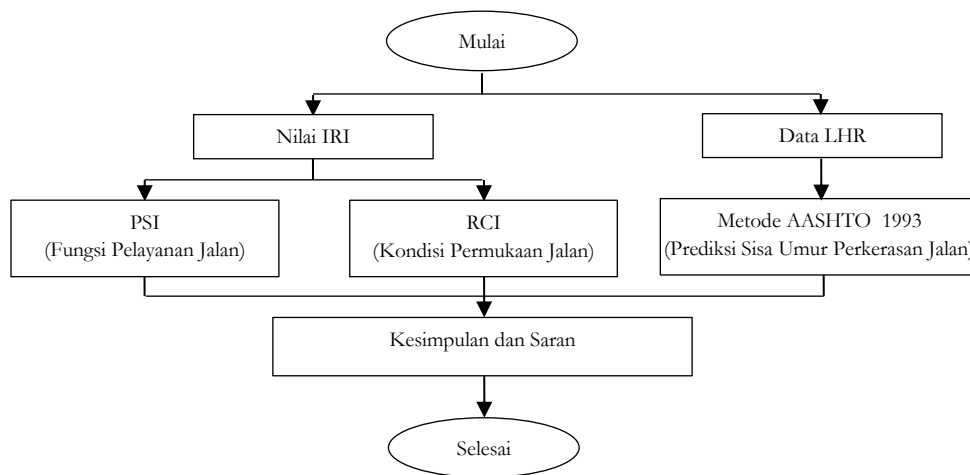
N_2 = Kumulatif ESAL pada akhir tahun rencana untuk jalan arteri

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa nilai IRI dan data lalu lintas yang didapatkan dari survei Satker P2JN Daerah Istimewa Yogyakarta pada Ruas Batas Kota Wates-Milir Sta. 0+000 s/d Sta. 3+300. Analisis kondisi fungsional jalan menggunakan data nilai IRI yang meliputi analisis fungsi pelayanan dengan metode PSI serta analisis kondisi permukaan jalan dengan metode RCI. Sedangkan untuk mengetahui umur sisa perkerasan menggunakan data lalu lintas yang dianalisis dengan Metode AASHTO 1993.

Tahap Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 Diagram Alir Penelitian berikut ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Fungsional Jalan

Kondisi fungsional jalan yang dianalisis adalah fungsi pelayanan dan kondisi permukaan jalan. Analisis fungsi pelayanan jalan dilakukan dengan menghitung nilai *Present Serviceability Index* (PSI) dengan contoh perhitungan sebagai berikut. Untuk Sta 0+000 s.d. 0+100 dengan nilai IRI = 3,4 menggunakan persamaan [1] dengan contoh perhitungan sebagai berikut.

$$SV = 2,28704 \times (3,4)^2$$

$$SV = 26,25$$

$$X = \text{Log}(1 + 26,25)$$

$$X = 1,44$$

$$PSI = 5 - 0,2937(1,44)^4 + 1,1771(1,44)^3 - 1,4045(1,44)^2 - 1,5803(1,44)$$

$$PSI = 2,07$$

Dengan nilai PSI = 2,07 berdasarkan Tabel 1 Indeks Permukaan menunjukkan kondisi permukaan “cukup”. Selanjutnya hasil perhitungan nilai PSI secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah.

Sedangkan untuk analisis kondisi permukaan jalan dilakukan dengan menghitung nilai *Road Condition Index* (RCI) dengan contoh perhitungan sebagai berikut.

Untuk Sta 0+000 s.d. 0+100 dengan nilai IRI = 3,4 menggunakan persamaan [2] sebagai berikut.

$$RCI = 10 \times \text{Exp}(-0,0501 \times (3,4)^{1,220920})$$

$$RCI = 8,00$$

Dengan nilai RCI = 8,00 berdasarkan Tabel 2 Kondisi Permukaan secara Visual menunjukkan kondisi permukaan “sangat baik, umumnya rata”. Selanjutnya hasil perhitungan nilai RCI secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4 Hasil Analisis Kondisi Fungsional Jalan berikut ini.

Tabel 4 Hasil Analisis Kondisi Fungsional Jalan

No.	Sta.		IRI	Kondisi	PSI	Fungsi Pelayanan	RCI	Kondisi Permukaan
	Awal	Akhir						
1	0+000	0+100	3.4	Baik	2,07	Cukup	8,00	Sangat baik
2	0+100	0+200	3.6	Baik	1,99	Kurang	7,87	Sangat baik
3	0+200	0+300	2.9	Baik	2,31	Cukup	8,32	Sangat rata
4	0+300	0+400	3.6	Baik	1,99	Kurang	7,87	Sangat baik

No.	Sta.		IRI	Kondisi	PSI	Fungsi Pelayanan	RCI	Kondisi Permukaan
	Awal	Akhir						
5	0+400	0+500	4.6	Sedang	1,60	Kurang	7,24	Sangat baik
6	0+500	0+600	3.4	Baik	2,07	Cukup	8,00	Sangat baik
7	0+600	0+700	4.3	Sedang	1,71	Kurang	7,43	Sangat baik
8	0+700	0+800	6.0	Sedang	1,13	Kurang	6,40	Baik
9	0+800	0+900	3.9	Baik	1,86	Kurang	7,68	Sangat baik
10	0+900	1+000	3.4	Baik	2,07	Cukup	8,00	Sangat baik
11	1+000	1+100	3.1	Baik	2,21	Cukup	8,19	Sangat rata
12	1+100	1+200	3.6	Baik	1,99	Kurang	7,87	Sangat baik
13	1+200	1+300	3.4	Baik	2,07	Cukup	8,00	Sangat baik
14	1+300	1+400	3.6	Baik	1,99	Kurang	7,87	Sangat baik
15	1+400	1+500	3.6	Baik	1,99	Kurang	7,87	Sangat baik
16	1+500	1+600	7.4	Sedang	0,68	Sangat Kurang	5,62	Cukup
17	1+600	1+700	4.1	Sedang	1,79	Kurang	7,55	Sangat baik
18	1+700	1+800	4.6	Sedang	1,60	Kurang	7,24	Sangat baik
19	1+800	1+900	6.7	Sedang	0,91	Sangat Kurang	6,00	Cukup
20	1+900	2+000	6.0	Sedang	1,13	Kurang	6,40	Baik
21	2+000	2+100	5.8	Sedang	1,20	Kurang	6,52	Baik
22	2+100	2+200	3.9	Baik	1,86	Kurang	7,68	Sangat baik
23	2+200	2+300	5.3	Sedang	1,36	Kurang	6,81	Baik
24	2+300	2+400	4.1	Sedang	1,79	Kurang	7,55	Sangat baik
25	2+400	2+500	4.6	Sedang	1,60	Kurang	7,24	Sangat baik
26	2+500	2+600	5.3	Sedang	1,36	Kurang	6,81	Baik
27	2+600	2+700	3.1	Baik	2,21	Cukup	8,19	Sangat rata
28	2+700	2+800	4.1	Sedang	1,79	Kurang	7,55	Sangat baik
29	2+800	2+900	2.7	Baik	2,42	Cukup	8,45	Sangat rata
30	2+900	3+000	4.1	Sedang	1,79	Kurang	7,55	Sangat baik
31	3+000	3+100	4.3	Sedang	1,71	Kurang	7,43	Sangat baik
32	3+100	3+200	2.9	Baik	2,31	Cukup	8,32	Sangat rata
33	3+200	3+300	2.8	Baik	2,37	Cukup	8,39	Sangat rata
23	2+200	2+300	5.3	Sedang	1,99	Kurang	6,81	Baik
Rata-rata			4,2	Sedang	1,79	Kurang	7,51	Sangat baik

Dari rata-rata nilai IRI = 4,2 untuk analisis fungsi pelayanan jalan pada Batas Kota Wates–Milir didapatkan rata-rata nilai PSI sebesar 1,79 yang menyatakan bahwa ruas jalan memiliki kondisi pelayanan yang kurang. Sedangkan rata-rata nilai RCI sebesar 7,51 menyatakan bahwa ruas jalan memiliki kondisi permukaan secara visual yang tergolong sangat baik, pada umumnya rata. Dengan menggunakan data IRI yang sama dapat menghasilkan nilai PSI yang rendah dalam rentang nilai 0-5, namun menghasilkan nilai RCI yang tinggi dalam rentang nilai 2-10. Hal tersebut mengindikasikan bahwa antara nilai PSI dan RCI tidak memiliki korelasi satu sama lain dan keduanya merupakan metode yang berbeda.

Analisis Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan

Untuk melakukan prediksi sisa umur perkerasan adalah dengan data lalu lintas. Skenario yang digunakan adalah menggunakan lalu lintas rencana dan lalu lintas aktual. Jenis kendaraan yang digunakan untuk analisis adalah kendaraan yang dapat merusak perkerasan, yaitu kendaraan dengan nilai VDF \neq 0.

1). Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana merupakan lalu lintas yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan peningkatan jalan pada tahun 2012. Data lalu lintas yang digunakan adalah mulai tahun 2010 s.d. 2012. Angka pertumbuhan lalu lintas (i) untuk tiap tahun dengan menggunakan persamaan [3] dapat dihitung seperti pada contoh perhitungan berikut.

Untuk jenis kendaraan Bus Kecil (Gol. 5a).

$$i_{2011} = \left(\frac{\sum \text{kendaraan/hari}_{2011}}{\sum \text{kendaraan/hari}_{2010}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$i_{2011} = \left(\frac{134}{193} \right)^{\frac{1}{1}} - 1$$

$$i_{2011} = -0,31$$

Selanjutnya dihitung angka pertumbuhan rata-rata untuk tahun 2010 s.d. 2012, apabila nilai $i_{\text{rata-rata}} \leq i_{\text{minimum desain}}$, maka menggunakan $\leq i_{\text{minimum desain}}$ yaitu untuk tahun 2011-2010 = 5% dan untuk tahun 2021-2022 = 4%. Selanjutnya angka pertumbuhan lalu lintas (i) rencana yang digunakan untuk analisis dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Tahun 2010 s.d. 2012

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	\sum Kendaraan/Hari			$i(\%)$			i untuk Analisis(%)	
			2010	2011	2012	2011	2012	Rata-rata	2011 - 2020	2021 - 2022
1	Bus Kecil	5a	193	134	214	-31	60	14,78	14,78	
2	Bus Besar	5b	316	167	218	-47	30	-8,25	5,00	4,00
3	Truck Ringan 2 As	6a	187	116	200	-38	73	17,30	17,30	
4	Truck Berat 2 As	6b	673	352	472	-48	34	-6,80	5,00	4,00
5	Truck Berat 3 As	7a	180	153	145	-15	-5	-10,05	5,00	4,00
6	Truck Gandeng 4 As	7b	58	53	82	-9	56	23,20	23,20	
7	Truck Semi Trailer	7c	37	40	55	6	39	22,92	22,92	

Berdasarkan nilai i , kemudian dilakukan prediksi terhadap jumlah lalu lintas selama umur rencana. Data lalu lintas awal adalah lalu lintas tahun 2012 (tahun dilakukan *overlay*), contoh perhitungan adalah sebagai berikut.

Prediksi jumlah kendaraan/hari untuk Bus Kecil (Gol. 5a) dengan nilai $i = 14,78\%$ menggunakan persamaan [4]

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = \sum \text{kendaraan/hari}_{2012} \times (1 + i)^n$$

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = 214 \times (1 + 0,1478)^1$$

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = 246$$

Selanjutnya perhitungan prediksi jumlah kendaraan untuk masing-masing golongan selama umur rencana ditampilkan dalam Tabel 6 Prediksi Lalu Lintas Rencana sebagai berikut.

Tabel 6 Prediksi Lalu Lintas Rencana

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	\sum Kendaraan/Hari										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Bus Kecil	5a	214	246	282	324	372	427	490	562	645	741	850
2	Bus Besar	5b	218	229	241	253	265	279	293	307	323	336	323
3	Truck Ringan 2 As	6a	200	234	275	322	378	444	520	610	716	840	985
4	Truck Berat 2 As	6b	472	495	520	546	573	602	632	664	697	725	698
5	Truck Berat 3 As	7a	145	152	160	168	176	185	195	204	215	223	215
6	Truck Gandeng 4 As	7b	82	101	125	154	189	233	287	354	436	538	662
7	Truck Semi Trailer	7c	55	68	83	103	126	155	190	234	288	354	435

Dari prediksi jumlah kendaraan/hari selama umur rencana selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ESAL, W_t kumulatif selama umur rencana dan umur sisa perkerasan jalan (*Remaining Life*) sebagai berikut.

Untuk Bus Kecil (Gol. 5a) tahun 2013 dengan prediksi jumlah kendaraan/hari sebesar 246 dan nilai VDF berdasarkan Tabel 3 adalah 0,30, maka perhitungan jumlah ESAL berdasarkan persamaan [5] adalah sebagai berikut.

$$ESAL = \sum \text{Kendaraan}_i \times E_i$$

$$ESAL = 246 \times 0,30$$

$$ESAL = 74$$

Selanjutnya perhitungan perhitungan ESAL untuk masing-masing golongan selama umur rencana ditampilkan dalam Tabel 7 ESAL Rencana berikut.

Tabel 7 ESAL Rencana

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	ESAL									
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Bus Kecil	5a	74	85	97	112	128	147	169	194	222	255
2	Bus Besar	5b	229	241	253	265	279	293	307	323	336	323
3	Truck Ringan 2 As	6a	187	220	258	303	355	416	488	573	672	788
4	Truck Berat 2 As	6b	3.615	3.796	3.985	4.185	4.394	4.614	4.844	5.086	5.290	5.096
5	Truck Berat 3 As	7a	4.406	4.626	4.858	5.101	5.356	5.623	5.905	6.200	6.448	6.212
6	Truck Gandeng 4 As	7b	3.737	4.604	5.672	6.988	8.610	10.607	13.068	16.100	19.836	24.438
7	Truck Semi Trailer	7c	923	1.134	1.394	1.714	2.107	2.590	3.183	3.913	4.810	5.913
Total			13.171	14.706	16.518	18.667	21.228	24.290	27.965	32.389	37.613	43.025

Lalu lintas pada lajur rencana selama satu tahun dihitung dalam beban gandar standar kumulatif (W_t) berdasarkan persamaan [6] dengan nilai $D_D=0,5$ dan $D_L=0,8$. Contoh perhitungan W_t adalah sebagai berikut.

$$W_{t 2013} = ESAL \times D_D \times D_L \times 365$$

$$W_{t 2013} = 13.171 \times 0,5 \times 0,8 \times 365$$

$$W_{t 2013} = 1.922.997 \text{ ESAL}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2013} = W_{t 2013}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2013} = 1.922.997 \text{ ESAL}$$

$$W_{t 2014} = ESAL \times D_D \times D_L \times 365$$

$$W_{t 2014} = 14.706 \times 0,5 \times 0,8 \times 365$$

$$W_{t 2014} = 2.147.021 \text{ ESAL}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2014} = W_{t 2013} + W_{t 2014}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2014} = 1.922.997 + 2.147.021 \text{ ESAL}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2014} = 4.070.018 \text{ ESAL}$$

Selanjutnya perhitungan perhitungan W_t kumulatif selama umur rencana ditampilkan dalam Tabel 8.

Perhitungan prediksi sisa umur perkerasan berdasarkan persamaan [7] adalah sebagai berikut.

$$RL_{2013} = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_2} \right)^* \right]$$

$$RL_{2013} = 100 \left[1 - \left(\frac{1.922.997}{36.437.342} \right) \right]$$

$$RL_{2013} = 94,72 \%$$

*) N_p = Kumulatif W_t pada tahun i

N_2 = Kumulatif W_t pada akhir tahun rencana

Selanjutnya perhitungan prediksi sisa umur perkerasan untuk lalu lintas rencana ditampilkan pada Tabel 8 W_t Kumulatif Rencana dan *Remaining Life* berikut.

Tabel 8 W_t Kumulatif Rencana dan *Remaining Life*

UR	Tahun	W_t	W_t Kumulatif	<i>Remaining Life</i> (%)
1	2013	1.922.997	1.922.997	94,72
2	2014	2.147.021	4.070.018	88,83
3	2015	2.411.560	6.481.578	82,21
4	2016	2.725.379	9.206.957	74,73
5	2017	3.099.233	12.306.190	<u>66,23</u>
6	2018	3.546.322	15.852.512	56,49
7	2019	4.082.861	19.935.373	45,29
8	2020	4.728.766	24.664.139	32,31
9	2021	5.491.560	30.155.699	17,24
10	2022	6.281.642	36.437.342	0,00

Dari perhitungan didapatkan hasil nilai W_t kumulatif saat akhir umur rencana yaitu sebesar 36.437.342 ESAL.

2). Lalu Lintas Aktual

Lalu lintas aktual merupakan lalu lintas yang melewati jalan setelah dilakukan peningkatan pada tahun 2012. Data lalu lintas yang digunakan adalah data lalu lintas mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2016. Contoh perhitungan angka pertumbuhan lalu lintas (i) aktual untuk jenis kendaraan Bus Kecil (Gol. 5a) tahun 2013 menggunakan persamaan [3] sebagai berikut.

$$i_{2013} = \left(\frac{\sum \text{kendaraan/hari}_{2013}}{\sum \text{kendaraan/hari}_{2012}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$i_{2013} = \left(\frac{135}{214} \right)^{\frac{1}{1}} - 1$$

$$i_{2013} = -0,37$$

Selanjutnya dihitung angka pertumbuhan rata-rata untuk tahun 2012 s.d. 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 9 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Tahun 2012 s.d. 2016 berikut.

Tabel 9 Angka Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Tahun 2012 s.d. 2016

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	\sum Kendaraan/Hari					i (%)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	Rata-rata
1	Bus Kecil	5a	214	135	135	185	427	-37	0	37	130	32,61
2	Bus Besar	5b	218	272	272	346	758	24	0	27	119	42,72
3	Truck Ringan 2 As	6a	200	227	227	290	653	14	0	28	125	41,64
4	Truck Berat 2 As	6b	472	713	713	844	1,849	51	0	18	119	47,16
5	Truck Berat 3 As	7a	145	112	112	163	393	-23	0	45	141	40,88
6	Truck Gandeng 4 As	7b	82	71	71	112	280	-14	0	58	151	48,71
7	Truck Semi Trailer	7c	55	64	64	116	287	16	0	81	147	61,13

Berdasarkan nilai i untuk masing-masing jenis kendaraan, kemudian dilakukan prediksi terhadap jumlah lalu lintas aktual selama umur rencana menggunakan persamaan [4]. Contoh perhitungan jumlah kendaraan/hari untuk jenis kendaraan Bus Kecil (Gol. 5a) adalah sebagai berikut.

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = \sum \text{kendaraan/hari}_{2012} \times (1 + i)^n$$

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = 214 \times (1 + 0,3261)^1$$

$$\sum \text{kendaraan}_{2013} = 284$$

Selanjutnya perhitungan prediksi lalu lintas aktual dapat dilihat pada Tabel 10 Prediksi Lalu Lintas Aktual berikut.

Tabel 10 Prediksi Lalu Lintas Aktual

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	\sum Kendaraan/Hari										
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Bus Kecil	5a	214	284	377	500	662	879	1.165	1.545	2.049	2.717	3.603
2	Bus Besar	5b	218	312	445	635	906	1.293	1.846	2.634	3.759	5.365	7.657
3	Truck Ringan 2 As	6a	200	283	401	568	804	1.139	1.613	2.285	3.236	4.584	6.492
4	Truck Berat 2 As	6b	472	694	1.021	1.503	2.212	3.255	4.790	7.050	10.375	15.268	22.469
5	Truck Berat 3 As	7a	145	205	288	406	572	806	1.135	1.600	2.254	3.175	4.473
6	Truck Gandeng 4 As	7b	82	122	182	270	402	598	889	1.322	1.966	2.923	4.347
7	Truck Semi Trailer	7c	55	89	143	231	372	600	966	1.557	2.508	4.041	6.512

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai ESAL menggunakan persamaan [5]. Contoh perhitungan jumlah ESAL aktual untuk Bus Kecil (Gol. 5a) tahun 2013 adalah sebagai berikut.

$$ESAL = \sum \text{Kendaraan}_i \times E_i$$

$$ESAL = 284 \times 0,30$$

$$ESAL = 85$$

Selanjutnya hasil perhitungan nilai ESAL actual selama umur rencana dapat dilihat pada Tabel 11 ESAL Aktual berikut.

Tabel 11 ESAL Aktual

No.	Jenis Kendaraan	Gol.	ESAL									
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Bus Kecil	5a	85	113	150	199	264	350	464	615	815	1.081
2	Bus Besar	5b	312	445	635	906	1.293	1.846	2.634	3.759	5.365	7.657
3	Truck Ringan 2 As	6a	226	321	454	643	911	1.290	1.828	2.589	3.667	5.194
4	Truck Berat 2 As	6b	5.066	7.456	10.972	16.147	23.763	34.970	51.464	75.736	111.456	164.022
5	Truck Berat 3 As	7a	5.912	8.329	11.734	16.531	23.290	32.812	46.227	65.127	91.753	129.265
6	Truck Gandeng 4 As	7b	4.511	6.708	9.975	14.833	22.059	32.803	48.781	72.541	107.875	160.419
7	Truck Semi Trailer	7c	1.210	1.949	3.141	5.060	8.154	13.138	21.170	34.111	54.962	88.561
Total			17.322	25.320	37.061	54.321	79.733	117.209	172.566	254.477	375.892	556.198

Lalu lintas pada lajur rencana selama satu tahun dihitung dalam beban gandar standar kumulatif (W_t) berdasarkan persamaan [6] dengan nilai $D_D=0,5$ dan $D_L=0,8$. Contoh perhitungan W_t adalah sebagai berikut.

$$W_{t 2013} = ESAL \times D_D \times D_L \times 365$$

$$W_{t 2013} = 17.322 \times 0,5 \times 0,8 \times 365$$

$$W_{t 2013} = 2.528.983 \text{ ESAL}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2013} = W_{t 2013}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2013} = 2.528.983 \text{ ESAL}$$

$$W_{t 2014} = ESAL \times D_D \times D_L \times 365$$

$$W_{t 2014} = 25.320 \times 0,5 \times 0,8 \times 365$$

$$W_{t 2014} = 3.696.721 \text{ ESAL}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2014} = W_{t 2013} + W_{t 2014}$$

$$W_{t \text{ kumulatif } 2014} = 2.528.983 + 3.696.721$$

$$W_t \text{ kumulatif } 2014 = 6.225.703 \text{ ESAL}$$

Selanjutnya perhitungan perhitungan W_t kumulatif selama umur rencana ditampilkan dalam Tabel 12 Kumulatif Aktual dan *Remaining Life*.

Perhitungan prediksi sisa umur perkerasan berdasarkan persamaan [7] adalah sebagai berikut.

$$RL_{2013} = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_2} \right)^{*)} \right]$$

$$RL_{2013} = 100 \left[1 - \left(\frac{2.528.983}{36.437.342} \right) \right]$$

$$RL_{2013} = 93,06 \%$$

*) N_p = Kumulatif W_t pada tahun i

N_2 = Kumulatif W_t pada akhir tahun perencanaan awal

W_t kumulatif rencana adalah sebesar 36.437.342 ESAL

Selanjutnya perhitungan prediksi sisa umur perkerasan untuk lalu lintas rencana ditampilkan pada Tabel 12 W_t Kumulatif Aktual dan *Remaining Life* berikut.

Tabel 12 W_t Kumulatif Aktual dan *Remaining Life*

UR	Tahun	W_t	W_t Kumulatif	<i>Remaining Life</i> (%)
1	2013	2.528.983	2.528.983	93,06
2	2014	3.696.721	6.225.703	82,91
3	2015	5.410.865	11.636.568	68,06
4	2016	7.930.812	19.567.380	46,30
5	2017	11.641.057	31.208.437	14,35
6	2018	17.112.545	48.320.982	-32,61
7	2019	25.194.684	73.515.666	-101,76
8	2020	37.153.594	110.669.260	-203,72
9	2021	54.880.299	165.549.559	-354,34
10	2022	81.204.947	246.754.506	-577,20

Dari hasil analisis dinyatakan bahwa lalu lintas aktual jauh lebih besar daripada lalu lintas yang rencana sehingga umur perkerasan akibat besarnya lalu lintas aktual diprediksi akan berakhir pada tahun ke 6 yaitu pada tahun 2018 dengan prosentase umur sisa sebesar 14,35% pada tahun 2017.

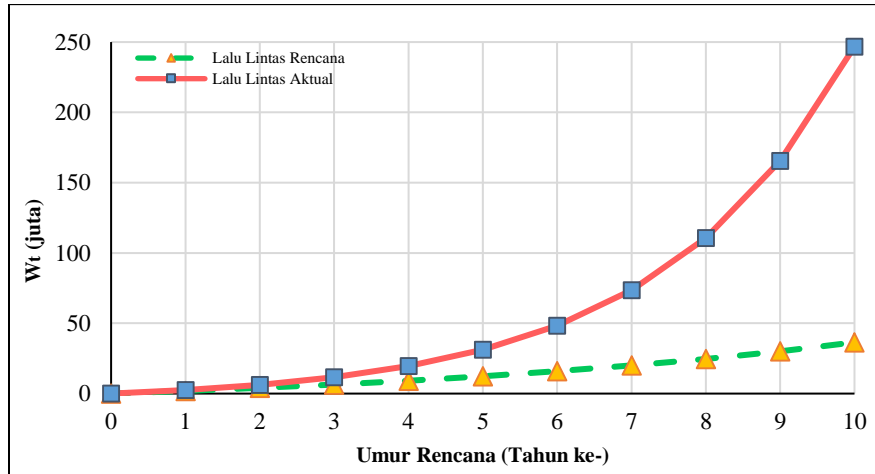
Berdasarkan hasil analisis sampai dengan tahun 2017 untuk lalu lintas rencana dan lalu lintas aktual, didapatkan penurunan sisa umur perkerasan sesuai Tabel 13 Perbandingan Umur Sisa Perkerasan (*Remaining Life*) Tahun 2017 sebagai berikut.

Tabel 13 Perbandingan Umur Sisa Perkerasan (*Remaining Life*) Tahun 2017

No.	Lalu Lintas	<i>Remaining Life</i> (%)	Penurunan Umur Rencana (%)
1	Rencana	66,23	-
2	Aktual	14,35	51,88

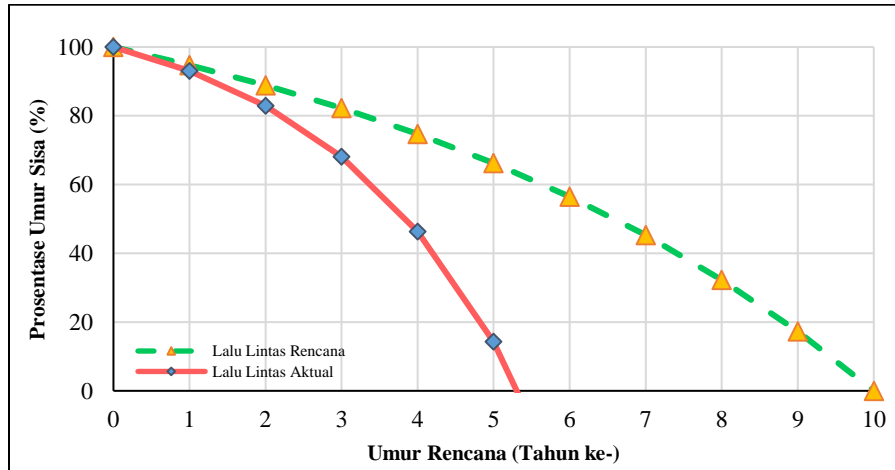
$$\begin{aligned} \text{Penurunan sisa umur perkerasan akibat lalu lintas aktual} &= RL_{\text{rencana}} - RL_{\text{aktual}} \\ &= 66,23 - 14,35 \\ &= 51,88\% \end{aligned}$$

Perhitungan kumulatif ESAL selama umur rencana disajikan dalam bentuk Grafik Kumulatif ESAL seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Kumulatif ESAL Selama Umur Rencana

Grafik perbandingan prosentase sisa umur perkerasan dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2022 untuk lalu lintas rencana dan lalu lintas aktual adalah seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Grafik Sisa Umur Perkerasan

Dari analisis prediksi sisa umur perkerasan didapatkan hasil bahwa untuk tahun 2017, perkerasan jalan masih memiliki prosentase umur sisa sebesar 14,35% dan umur perkerasan diprediksikan akan berakhir pada tahun ke 6 yaitu pada tahun 2018, atau 4 tahun lebih cepat dari umur rencana akhir perkerasan yaitu pada tahun 2022.

KESIMPULAN

Dari analisis data yang dilakukan pada ruas jalan Batas Kota Wates-Milir Sta 0+000 s.d. Sta. 3+300 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- Dari analisis kondisi fungsional jalan dengan rata-rata nilai IRI = 4,2 menunjukkan fungsi pelayanan jalan dalam kategori kurang yaitu dengan rata-rata nilai PSI = 1,79. Sedangkan hasil kondisi permukaan secara visual sangat baik dan pada umumnya rata yang ditunjukkan dengan rata-rata nilai RCI = 7,51.
- Untuk prosentase sisa umur perkerasan pada tahun 2017 adalah sebesar 14,35% dan umur perkerasan diprediksikan mencapai ESAL rencana pada tahun ke 6 yaitu pada tahun 2018.

REKOMENDASI

Setelah dilakukan analisis, pembahasan, dan didapatkan kesimpulan dari kondisi fungsional jalan menggunakan metode PSI dan RCI serta prediksi sisa umur perkerasan maka dapat disampaikan bahwa kondisi data pertumbuhan lalu lintas yang terlihat tidak wajar (jauh lebih besar daripada pertumbuhan lalu lintas yang umum terjadi di Indonesia) perlu dicermati. Untuk itu penelitian selanjutnya perlu melakukan survei volume lalu lintas pada ruas jalan yang ditinjau, daripada menggunakan data sekunder.

REFERENSI

- Bidang Perencanaan. (2013). *Training Penggunaan Alat Survey IRMS SNVT P2JN Provinsi Bengkulu*. <https://balai3.wordpress.com/2011/06/11/training-penggunaan-alat-survey-irms-snvt-p2jn-provinsi-bengkulu/>. Diakses 29 April 2017
- Bina Marga. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B*. Jakarta.
- Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS. 2012. *Buku Pedoman Penulisan Skripsi/Tugas Akhir*. Depository Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Morisca, W. (2014). *Evaluasi Beban Kendaraan Terhadap Derajat Kerusakan dan Umur Sisa Jalan (Studi Kasus: PPT. Simpang Nibung dan PPT. Merapi, Sumatera Selatan)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2(4), pp-692.
- Nainggolan, Jolis (2015). *Evaluasi Kondisi Perkerasan Lentur dan Prediksi Umur Layan Jalintim Provinsi Sumatera Selatan (Studi Kasus: Ruas Batas Prov. Jambi – Peninggalan)*. Jurnal Teknik Sipil, Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- NCHRP. (2001). *Rehabilitation Strategies for Highway Pavements*. Transportation Research Board (TRB) of the National Research Council. Washington.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1993). *Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan*. Jakarta.
- Purwingga, Enji P. *Evaluasi Kerusakan Dini Akibat Beban Berlebih Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Kartasura Batas Kota Klaten Km 11+ 900–Km 12+ 300)*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Republik Indonesia. (2004). *Undang-Undang No 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Jakarta: Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia.
- Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia.
- Setyowati, S. (2011). *Penilaian kondisi Perkerasan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI), Peningkatan jalan dan Perhitungan rencana Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Solo Karanganyar Km 4+ 400–11+ 050*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Siahaan, Doan A. (2014). *Analisis Perbandingan Nilai Iri Berdasarkan Variasi Rentang Pembacaan Naasra*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Suherman, S. (2009). *Studi Persamaan Korelasi Antara Ketidakteraturan Permukaan Jalan Dengan Indeks Kondisi Jalan Studi Kasus Ruas Jalan Labuan–Cibaliung*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Suriyatno, S. (2016). *Analisis Tebal Lapis Tambah dan Umur Sisa Perkerasan Akibat Beban Berlebih Kendaraan (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional di Provinsi Sumatera Barat)*. Doctoral Dissertation Universitas Andalas.
- Suswandi, Agus., Sartono Wardhani, dan Hary Christady. (2009). *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) untuk Menunjang Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Jalan Lingkar Selatan, Yogyakarta)*. Civil Engineering Forum Teknik Sipil.
- Syafriana, dkk. (2015). *Evaluasi Umur Layan Jalan Dengan Memperhitungkan Beban Berlebih Di Ruas Jalan Lintas Timur Provinsi Aceh*. Jurnal Transportasi 15.2.

- Utama, Rangga M., dan Ida Farida. (2016). *Evaluasi Kondisi Struktural Pada Jalan Berdasarkan Hubungan Antara Ketidakrataan Permukaan Jalan (IRI) dan Indeks Kondisi Jalan (RCI) (Studi Kasus Ruas Jalan Selajambe-Cibogo-Cibeet, Cianjur)*. Jurnal Konstruksi 14.1.
- Wibowo, Hadi B. (2014). *Kegiatan Pemutakhiran Data Jalan Dan Jembatan*. <http://hadiberantaswibowo.blogspot.co.id/2014/09/>. Diakses 22 Juli 2017
- Wicaksono, Andyas N. (2016). *Evaluasi Perencanaan Tebal Lapis Tambah Metode PD-T-05-2005-B dan Metode SPDJL Menggunakan Program Kenpave pada Jalan Nasional di Yogyakarta*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.