

ANALISIS JENIS KERUSAKAN DENGAN METODE INDEKS KERUSAKAN PERMUKAAN PADA RUAS JALAN GATOT SUBROTO DI KOTA TANGERANG

Ni Luh Shinta Putu Eka Setyarini¹, Monica Sudjadi²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: niluhs@ft.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: monica.325180012@stu.untar.ac.id

Masuk : 24-11-2022, revisi: 12-12-2022, diterima untuk diterbitkan : 14-12-2022

ABSTRAK

Jalan yang rusak akan mengganggu dan membahayakan pengguna, serta menyebabkan kecelakaan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan preservasi untuk menjaga atau meningkatkan kondisi jalan tetap optimal dalam pelayanan lalu lintas serta umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai. Metode yang digunakan untuk mencari tingkat kerusakan jalan yaitu Indeks kondisi perkerasan (IKP). Dengan metode IKP, dilakukan penilaian kondisi perkerasan pada jalan dengan hasil akhir yaitu: klasifikasi kualitas perkerasan pada ruas jalan tersebut, yang selanjutnya menentukan program preservasi yang diperlukan. Selanjutnya, akan dilakukan desain perencanaan struktur perkerasan jalan tersebut menggunakan metode Bina Marga 2003 untuk perkerasan kaku. Jalan yang dievaluasi adalah ruas jalan Gatot Subroto di kota Tangerang yang memiliki struktur perkerasan kaku dengan hasil analisis IKP berkondisi baik yang memerlukan pemeliharaan berkala.

Kata kunci: Jenis Kerusakan Jalan, Indeks Kondisi Perkerasan (IKP), Perkerasan Kaku

ABSTRACT

Damaged roads will disturb and endanger users, and cause accidents. Therefore, it is necessary to do preservation to maintain or improve road conditions to remain optimal in traffic services and the specified plan life can be achieved. The method used to find the level of road damage is the Pavement Condition Index (IKP). With the IKP method, an assessment of the condition of the pavement is carried out with the final result: classification of the quality of the pavement on the road section, which in turn determines the required preservation program. After that, the design of the pavement structure will be carried out using the 2003 Bina Marga method for rigid pavements. The road being evaluated and analyzed is the Gatot Subroto Road in Tangerang city which has a rigid pavement structure with the results of the IKP analysis being in good condition which requires periodic maintenance.

Keywords: *Type of Road Damage, Preservation, Pavement Condition Index (PCI), Rigid Pavement*

1. PENDAHULUAN

Ruas jalan Gatot Subroto, merupakan salah satu jalan dengan struktur perkerasan kaku di Kota Tangerang. Jalan ini masuk kelas jalan arteri primer yang merupakan jalan nasional. Sistem Transportasi Jalan dalam buku Rekayasa Keselamatan Jalan, Bina Marga tahun 2012, transportasi darat terdiri dari tiga komponen utama yaitu: kendaraan, pengguna jalan, dan jalan termasuk lingkungan di sekitarnya. Faktor tersebut dapat menjadi penyebab kecelakaan lalu lintas.

Berdasarkan peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Nomor 523 Tahun 2015, mengenai Pedoman Pelaksanaan Inspeksi Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Bidang Angkutan Umum, penyebab kecelakaan lalu lintas di Indonesia, akibat faktor: kendaraan sebesar 2,76%, manusia sebesar 93,52%, jalan sebesar 3,23% dan lingkungan sebesar 0,49%. Interaksi manusia

dengan kondisi permukaan jalan, diketahui memberikan kontribusi 35%, sebagai penyebab kecelakaan (Treat et al., 1977). Kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi melewati jalan berlubang, dapat mengalami kecelakaan akibat selip atau ketidakseimbangan dengan resiko yang lebih tinggi (Ertanto, 2011). Faktor lingkungan dengan kendaraan, akibat hujan, yang menyebabkan genangan air pada kerusakan maupun lubang yang tidak terlihat dapat menjadi penyebab kecelakaan fatal (Jehadus, 2019).

Jika perkembangan pembangunan, dan perbaikan prasarana jalan tidak diimbangi dengan kondisi jalan, hal ini akan menjadi penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas dengan fatalitas tinggi (Tjahjono & Subagio, 2011). Kondisi jalan yang rusak akan mengganggu dan membahayakan pengguna jalan, menjadi penyebab kecelakaan, dan mengakibatkan hilangnya nyawa. Akibat jalan yang berlubang di jalan tol Palembang-Kayuagung pada tanggal 7 Januari 2022, satu korban meninggal karena mencoba menghindari jalan berlubang di jalur dua tol tersebut. Menurut Sanggor (2018), penanganan kerusakan jalan perlu dilakukan secepatnya, yaitu sebelum kondisi perkerasan memburuk, sehingga biaya penanganan yang dikeluarkan tidak besar. Dengan bertambahnya umur layan dan beban lalu lintas, kondisi perkerasan jalan mengalami penurunan dalam kualitas dan tingkat pelayanannya. Metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat kerusakan jalan yaitu metode Indeks Kondisi Perkerasan (IKP). Metode IKP memberikan hasil berupa klasifikasi kualitas perkerasan dan program penanganan pada ruas jalan tersebut.

Metode perbaikan jalan yang digunakan adalah Panduan Pemilihan Teknologi Pemeliharaan Preventif Perkerasan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga (2017). Metode lainnya dengan menggunakan pelapisan tambah metode Bina Marga 2003. Lapis tambah dilaksanakan setelah semua kerusakan yang terjadi pada ruas jalan ditangani.

Penelitian ini memiliki tujuan, yaitu: menganalisis jenis dan tingkat kerusakan jalan, memberikan alternatif penanganan, serta menganalisis penilaian kondisi prioritas penanganan dengan metode Bina Marga pada ruas Jalan Gatot Subroto, kota Tangerang. Kerusakan jalan dapat terjadi karena beberapa sebab seperti lemahnya pemeliharaan, perencanaan yang kurang tepat, tidak tepatnya mutu pelaksanaan, lemahnya *quality control* konstruksi, dan salah penggunaan pada saat operasional (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, 2020).

Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) menunjukkan tingkat kondisi permukaan perkerasan saat survei, metode ini tidak dapat mengukur secara langsung kekesatan atau ketidakrataan. IKP merupakan dasar rasional dan objektif untuk menentukan program pemeliharaan, perbaikan yang diperlukan, juga prioritas penanganan (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016; Federal Highway Administration dalam Puslitbang Sumber Daya Air, 2011).

Perkerasan kaku merupakan struktur yang terdiri dari pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, dan terletak di atas tanah dasar atau lapis fondasi bawah, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2003).

2. METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan tahapan dan diagram alir penelitian yang dilakukan:

Tahapan awal yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari studi literatur dengan mempelajari jurnal, buku, dan peraturan. Setelah memahami literatur maka dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan atau identifikasi kerusakan yang terjadi di lapangan baik secara langsung maupun dengan bantuan *google earth/google street view*. Data

sekunder, seperti informasi peta ruas jalan diambil dari *Google Maps* untuk memberi gambaran lokasi dan informasi awal seperti penampang melintang yang meliputi tata guna lahan, panjang dan lebar jalan, jumlah lajur, median, marka, bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan lainnya.

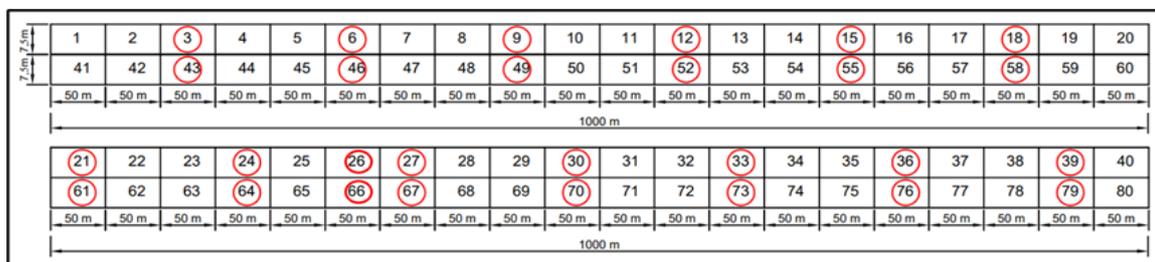
Tahap ke 2, hasil data survei yang diperoleh dianalisis kondisi jalan menggunakan metode IKP, terbagi menjadi 19 jenis dengan 3 tingkat kerusakan, langkah perhitungannya sebagai berikut: menentukan unit sampel dengan jumlah minimum yang tercapai, menentukan jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi, menentukan nilai pengurang yang diperoleh dari kurva hubungan antara kerapatan dan nilai pengurang, menghitung nilai pengurang total (NP total), menentukan nilai pengurang terkoreksi (NPT) yang diperoleh dari kurva hubungan antara NP total dan NPT, kemudian akan didapat hasil nilai IKP untuk menentukan klasifikasi kualitas perkerasan terhadap jenis penanganan yang diperlukan.

Tahap 3, Pemilihan metode preservasi ditinjau dari Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) dan buku manual pelaksanaan preservasi jalan tahun 2019 oleh Bina Marga yang terbagi kedalam 6 penanganan, yaitu: *joint and crack sealing*, *cross stitching*, *dowel retrofit*, *partial depth repair*, *full depth repair*, dan *slab stabilization and jacking*. Alternatif preservasi lainnya yaitu dengan menggunakan lapis tambah. Metode yang digunakan adalah metode Bina Marga tahun 2003.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kerusakan jalan metode indeks kondisi perkerasan. Berdasarkan hasil identifikasi kerusakan pada Jalan Gatot Subroto, 2 km setiap 50 meter, berikut ini analisis kerusakan yang terjadi:

(a) Sketsa unit sampel yang ditinjau



Gambar 1. Sketsa nomor unit sampel dan sampel yang diambil

(b) Jumlah unit sampel

$$n = \frac{Nd^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + d^2} = 25.04 \text{ (diambil 28 unit sampel)}$$

dengan n = jumlah total unit perkerasan dalam seksi, e = penyimpangan atau kesalahan yang diijinkan dalam mengestimasi IKP seksi, biasanya ± 5 poin IKP, d = deviasi standar IKP satu unit sampel ke unit sampel lainnya dalam seksi. Untuk perkerasan kaku diasumsikan 15.

(c) Interval jarak pengambilan sampel

$$i = \frac{N}{n} = 3.2 \text{ (interval jarak pengambilan sampel adalah 3)}$$

n = jumlah unit sampel disurvei, N = jumlah total unit sampel dalam seksi, i = interval jarak unit sampel. Dari hasil perhitungan dipilih unit survei awal yaitu nomor 3, yang diikuti oleh nomor kelipatan 3 yaitu 6, 9, 12, 15, dst.

(d) Mengukur jenis kerusakan dan tingkat keparahannya

Kerusakan terbagi menjadi 19 jenis dengan 3 tingkat keparahan yaitu rendah (R), sedang (M), dan tinggi (T). Hasil survei lapangan, contoh kerusakan yang terjadi pada unit sampel 43:

Tabel 1. Identifikasi jenis kerusakan & tingkat keparahannya

Gambar Kerusakan	No. Kode	Jenis Kerusakan	Tingkat Keparahan
	28 22	Retak Linier Retak sudut	Sedang (S) Sedang (S)
	28 36	Retak Linier Scalling, map cracking dan crazings	Tinggi (T) Sedang (S)
	38 28	Gompal Sudut Retak Linier	Rendah (R) Sedang (S)
	39 28	Gompal Sudut Retak Linier	Sedang (S) Sedang (S)

(e) Nilai kerapatan/densitas

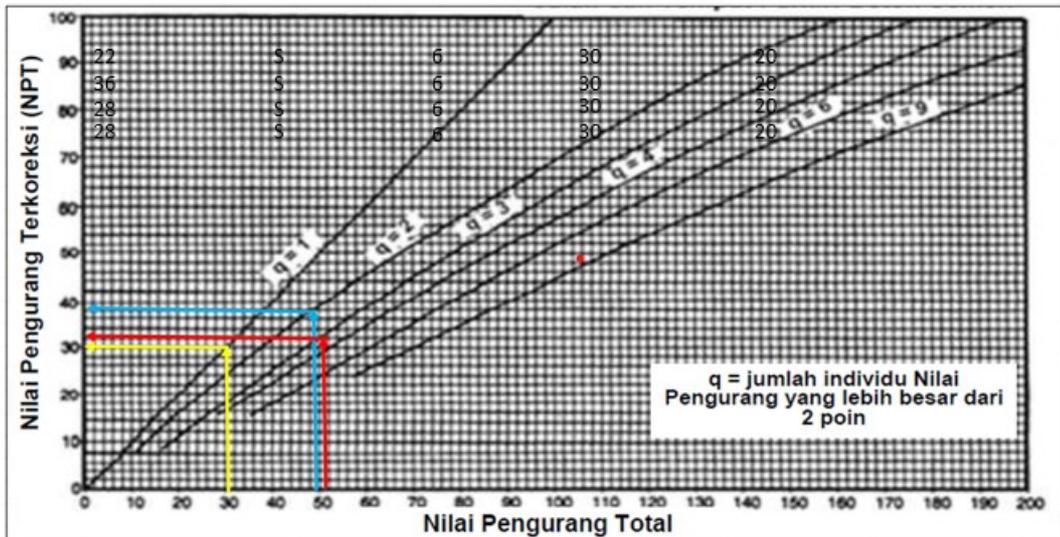
Berikut ini merupakan rumus dan hasil perhitungan nilai kerapatan yang terjadi pada unit sampel 43:

$$Densitas = \frac{A_I}{A_u} \times 100\%$$

dengan A_I = jumlah panel yang rusak, A_u = jumlah total panel pada unit sampel

Tabel 2. Perhitungan nilai kerapatan berdasarkan jenis kerusakannya

Jenis Kerusakan	Nilai Kerapatan	Jenis Kerusakan	Nilai Kerapatan
Retak Linier – Sedang (Kode: 28S)	6/20 x 100 = 30%	Retak Sudut – Sedang (Kode: 22S)	6/20 x 100 = 30%
Retak Linier – Tinggi (Kode: 28T)	3/20 x 100 = 15%	Scalling, map cracking dan crazings (Kode: 36S)	6/20 x 100 = 30%
Gompal Sudut – Rendah (Kode: 38R)	1/20 x 100 = 5%	Retak linier – Sedang (Kode: 28S)	6/20 x 100 = 30%
Gompal Sambungan – Sedang (Kode: 39S)	1/20 x 100 = 5%	Retak linier – Sedang (Kode: 28S)	6/20 x 100 = 30%



Gambar 4. Kurva NPT Perkerasan Kaku unit sampel 43 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016)

Tabel 3. Perhitungan nilai IKP terkoreksi unit sampel 43

#	NILAI PENGURANG (NP)						NP TOTAL	q	NPT
	2	3	4	5	6				
1	2	3	4	5	6	12	13	14	
1	26	20	4	1		51	3	32	
2	26	20	2	1		49	2	38	
3	26	2	2	1		31	1	31	
4									
		NPT Maksimum						38	
		IKP = 100 - NPT Maksimum						62	
		Kelas Kondisi						Peningkatan Struktural	
	m	=	<	10					
		7,79591							
		8							

(h) Nilai IKP

Nilai IKP untuk menentukan klasifikasi kualitas perkerasan dan program pemeliharaan atau perbaikan yang diperlukan, serta prioritas penanganannya.

$$IKP = 100 - NPT \text{ maksimum}$$

$$= 100 - 38 = 62$$

Pada nomor unit contoh 43 (STA 7+100–STA 7+150) diperoleh nilai IKP sebesar 62, angka ini dikategorikan dalam kondisi jalan cukup baik/sedang (Fair) dengan jenis penanganan berupa peningkatan struktural.

(i) Rekapitulasi kerusakan

Terdiri dari tabel banyaknya jenis kerusakan yang terjadi sepanjang 2 km ruas jalan dan kondisi jalan berdasarkan nilai IKP yang diperoleh.

Tabel 4. Identifikasi jenis kerusakan & tingkat keparahan

Kode	Jenis Kerusakan	Banyak Kerusakan		
		Jalur 1	Jalur 2	Jalur 3
22	Retak Sudut	4	5	9
26	Kerusakan Bahan Penyumbat	8	6	14
28	Retak Linear	12	14	26
29	Tambalan Besar	4	3	7
31	Pengausan Agregat	12	9	21
34	<i>Punch Out</i>	0	2	2
36	<i>Scaling</i>	3	2	5
37	Retak Susut	5	1	6
38	Gompal Sudut	8	7	15
39	Gompal Sambungan	12	20	32

Tabel 5. Kondisi dan nilai indeks kondisi perkerasan sepanjang ruas jalan

STA	Jalur 1			Jalur 2		
	No. Sampel	IKP	Kondisi	No. Sampel	IKP	Kondisi
7+100 - 7+150	3	82	Baik	43	62	Sedang
7+250 - 7+300	6	83		46	70	
7+400 - 7+450	9	73	Baik	49	76	
7+550 - 7+600	12	84		52	81	
7+700 - 7+750	15	78,5		55	72	
7+850 - 7+900	18	84		58	71	
8+000 - 8+050	21	82		61	85	
8+150 - 8+200	24	78,5		64	79	
8+250 - 8+300	26	84		66	82	
8+300 - 8+350	27	84		67	85	
8+450 - 8+500	30	80		70	79	
8+600 - 8+650	33	82		73	82	
8+750 - 8+800	36	84	76	77		
8+900 - 8+950	39	83	79	77		

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa kondisi jalur 1 adalah baik. Pada jalur 2, stasiun 7+100 sampai 7+300 km, jalan berkondisi sedang yang membutuhkan peningkatan struktural. Sedangkan stasiun 7+300 sampai 8+950 km, jalan berkondisi baik yang membutuhkan pemeliharaan berkala.

Preservasi atau penanganan. Berdasarkan data yang diperoleh berdasarkan identifikasi kerusakan jalan Gatot Subroto di Kota Tangerang, berikut ini merupakan jenis kerusakan yang terjadi dan penanganannya yang harus dilaksanakan.

Tabel 6. Jenis penanganan berdasarkan jenis kerusakannya

Jenis Kerusakan	I	Jenis Penanganan
Retak Sudut	R, S, T	<i>Joint and crack sealings</i>
Kerusakan Bahan Penyumbat	R, S, T	<i>Joint and crack sealings</i>
Retak Linear	R	<i>Joint and crack sealings</i>
	S	<i>Partial depth repair,</i>
	T	<i>Full depth repair</i>
Tambalan Besar	R, S	<i>Partial depth repair</i>
	T	<i>Full depth repair</i>

Jenis Kerusakan	I	Jenis Penanganan
Punch Out	R, S, T	<i>Full depth repair</i>
Scalling	R	<i>Joint and crack sealings</i>
	S, T	<i>Full depth repair</i>
Retak Susut	R, S, T	<i>Joint and crack sealings</i>
Gompal Sudut	R, S	<i>Partial depth repair</i>
	T	<i>Full depth repair</i>
Gompal Sambungan	R, S	<i>Partial depth repair</i>
	T	<i>Full depth repair</i>
Pengausan Agregat	R, S, T	<i>Joint and crack sealings</i>

Jenis dan Langkah penanganan berdasarkan Manual Pelaksanaan Preservasi Jalan 2019:

(a) *Joint and crack sealing*

Peralatan, pelaksanaan dan bahan yang diperlukan seperti: aspal karet, bahan penyokong. Kemudian mengupas bahan sealant lama, membentuk ulang sambungan, membersihkan reservoir, memasang bahan penyokong, dan memasang lapis penutup baru.

(b) *Partial depth repair*

Peralatan, pelaksanaan dan bahan yang diperlukan: tambalan beton yang bersifat adhesive-epoxy, menghancurkan beton, mempersiapkan sambungan, menggunakan bonding agent, mencampur material perbaikan, mengecor dan mengkonsolidasi material, melakukan screeding serta finishing, melakukan curing, kemudian melakukan tambalan pada sambungan yang mengalami kerusakan.

(c) *Full depth repair*

Pelaksanaan dengan ketentuan: Panjang minimum perbaikan 1,8 m atau lebar satu lajur, jarak sambungan ke batas penggergajian minimal 0,6 m, tambalan perlu diperluas ke sambungan terdekat yang jaraknya kurang dari 1,8 m. Langkah penanganan yaitu: mempersiapkan alat dan bahan seperti bahan tambalan atau bahan perekat beton bersifat adhesive-epoxy. Memotong dan menghancurkan beton, melakukan pekerjaan tanah dasar dan lapis pondasi, menentukan load transfer, mencampurkan material perbaikan, mengecor dan pemadatan, screeding juga finishing, curing, serta penambalan pada sambungan atau joint sealing.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Jalan Gatot Subroto di Kota Tangerang, maka dapat disimpulkan bahwa:

Jenis dan tingkat kerusakan jalan, menunjukkan, terdapat 10 jenis kerusakan yang terjadi yaitu retak sudut, kerusakan bahan penyumbat, retak linear, tambalan besar, *punch out*, *scalling*, retak susut, gompal sudut, gompal sambungan, dan pengausan agregat. Kerusakan yang paling banyak terjadi adalah gompal sambungan sebesar 23%, retak linear 19%, dan pengausan agregat 15%.

Analisis jenis dan tingkat kerusakan jalan metode IKP:

(a) Untuk jalur 1 yang tertinggi sebesar 84 sedangkan yang terendah 73 dengan nilai rata-rata 81,57 termasuk dalam kondisi baik. Sedangkan untuk jalur 2, nilai IKP tertinggi 85 dan terendah 62 dengan rata-rata nilai IKP 77 berkategori baik. Pemeliharaan yang direkomendasikan adalah pemeliharaan berkala.

(b) Untuk jalur 2 nomor sampel 43 dengan nilai sebesar 62 dan nomor 46 dengan nilai sebesar 70 yang terjadi banyak kerusakan seperti: retak linear intensitas sedang sebanyak 6 kerusakan dan retak linear intensitas tinggi sebanyak 3 kerusakan sehingga kondisi jalan tidak cukup

baik yang membutuhkan peningkatan struktural dan menjadi prioritas penanganan dari unit sampel lainnya.

Penilaian kondisi dan prioritas penanganan, jalur 2 lebih perlu untuk menjadi prioritas penanganan daripada jalur 1. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata IKP jalur 2 sebesar 77 yang lebih rendah dan menyatakan jalan mengalami lebih banyak kerusakan daripada jalur 1 sebesar 81,57. Jalur 2, terdapat 2 unit sampel yang mengalami rusak struktur dan beberapa unit sampel yang mengalami rusak berintensitas sedang hingga tinggi namun masih termasuk dalam kondisi jalan yang baik seperti pada unit sampel 55 dengan nilai IKP sebesar 72 dan nomor unit sampel 58 nilai IKP sebesar 71.

Analisis penanganan preservasi jalan pada setiap kerusakannya, terdapat 2 macam alternatif penanganan yaitu penanganan setiap jenis kerusakan yang terjadi dan penanganan secara menyeluruh dengan memberi lapis tambah dengan lapis pemisah sejauh 2 km setelah melakukan penanganan setiap kerusakan yang ada.

Berdasarkan hasil penelitian pada Jalan Gatot Subroto di Kota Tangerang, berikut saran yang ingin disampaikan:

Jalan Gatot Subroto, di Kota Tangerang merupakan jalan nasional dengan fungsi arteri primer, tipe jalan 4/2 UD. Tata guna lahannya merupakan daerah industri, pertokoan, dan permukiman yang banyak dilalui oleh kendaraan niaga sedang dan besar seperti bus, truk, dan truk gandeng. Disarankan melakukan pemeliharaan rutin dan berkala untuk meningkatkan kinerja perkerasan dan menjaga kondisi kemantapan jalan sebagai upaya memperpanjang umur perkerasan.

Jika memilih penanganan menggunakan lapis tambah dan terjadi perbedaan tebal lapis tambah, perlu dipertimbangan dengan melihat apakah kerusakan yang terjadi tersebar di berbagai segmen atau tidak merata dan dilihat sepanjang 2 km, jalan dalam kondisi baik kecuali pada stasiun 7100 sampai 7300 km jalur 2 jalan berkondisi kurang baik/sedang dan membutuhkan peningkatan struktural.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Penelitian ini dapat selesai dengan tepat waktu karena didukung oleh banyak pihak maka dengan demikian dengan rasa tulus penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada seluruh pihak yang telah mendukung dalam penelitian serta penulisan artikel ini.

REFERENSI

- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (2020). *Rencana kinerja tahunan*. Kementerian Perhubungan.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2017). *Panduan pemilihan teknologi pemeliharaan preventif perkerasan jalan*. <https://keselamatanjalan.files.wordpress.com/2017/12/se-dirjen-panduan-preventif-jalan-stempel-1.pdf>
- Ertanto, R. (2011). *Dampak kerusakan jalan terhadap kecelakaan*. Universitas Udayana.
- Jehadus, S. (2019). *Analisis faktor penyebab kerusakan jalan raya lintas labuan bajo – lembor flores nusa tenggara timur*. Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2003). *Pedoman Perkerasan Jalan Beton Semen*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/pedoman-perencanaan-perkerasan-jalan-beton-semen>

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2016). *Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP)*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/pedoman-penentuan-indeks-kondisi-perkerasan-ikp>
- Puslitbang Sumber Daya Air (2011). *Puslitbang jalan dan jembatan badan penelitian dan pengembangan departemen pekerjaan umum*. Puslitbang Jalan dan Jembatan. <https://pustaka.pu.go.id/biblio/puslitbang-jalan-dan-jembatan-badan-penelitian-dan-pengembangan-departemen-pekerjaan-umum/E1D48>
- Sanggor, P. E., Waani, J. E., & Lalamentik, L. G. J. (2018). Studi pengaruh beban gandar dan drainase terhadap indeks kondisi perkerasan jalan pada ruas jalan manado-amurang. *Jurnal Tekno*, 16(70), 55-60.
- Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stanisfer, R. L., & Castellan, N. J. (1977). *Tri-level study of the causes of traffic accidents*. Final Report. NHTSA. <https://doi.org/10.21949/1525022>.
- Tjahjono, T. & Subagio, I. (2011). *Analisis keselamatan lalu lintas jalan*. Lubuk Agung.