

## ANALISIS KINERJA STRUKTURAL *FLEXIBLE PAVEMENT* TERHADAP KERUSAKAN JALAN SERTA TINDAKAN PRESERVASI

Resma Meilani<sup>1)</sup>, Falderika<sup>2)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia  
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung, 40132, Indonesia  
E-mail: resmameilani08@gmail.com<sup>1)</sup>, faldeunikom17@gmail.com

### ABSTRAK

Studi kasus dilakukan pada Jalan Pelabuhan II Kertaraharja, Kecamatan Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Jalan ini memiliki peran penting dalam pembangunan wilayah Sukabumi, terbukti dari adanya kawasan industri di sekitarnya. Namun, peningkatan lalu lintas telah menyebabkan berbagai kendala, salah satunya adalah kerusakan pada perkerasan jalan yang berdampak negatif pada kinerja struktural perkerasan. Mayoritas kerusakan jalan di Sukabumi disebabkan oleh lambatnya proses perbaikan atau kurangnya respon cepat terhadap kerusakan. Di lokasi penelitian, banyak kendaraan berat yang melebihi muatan yang melintas, seperti truk 3 sumbu dengan golongan 7a. Ini menyebabkan penurunan kinerja perkerasan jalan. Studi melibatkan analisis kondisi perkerasan dengan Metode Pedoman IKP PD-01-2016-B. Kerusakan yang umum terjadi meliputi pelepasan butiran dan lubang, yang disebabkan oleh beban kendaraan dan kurangnya pemeliharaan drainase. Indeks kondisi perkerasan rata-rata adalah 57, dikategorikan sebagai kondisi sedang (fair). Jenis penanganan yang direkomendasikan meliputi pelapisan ulang, pekerjaan galian, timbunan, dan perbaikan struktural. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kondisi perkerasan jalan di Jalan Pelabuhan II, Kertaraharja, adalah sedang (fair) dengan berbagai jenis kerusakan yang mempengaruhi kinerjanya. Persentase kondisi perkerasan bervariasi dari 31 % sangat baik, 9 % baik, 9 % sedang, 21 % jelek, 6 % parah, dan 12 % hancur. Berdasarkan indeks kondisi perkerasan, rekomendasi penanganan mencakup 31 % pemeliharaan rutin, 6 % berkala, 10 % peningkatan struktural, dan 53 % rekonstruksi daur ulang.

**Kata kunci:** IKP, kerusakan jalan, kinerja perkerasan jalan.

### 1. Pendahuluan

Kinerja perkerasan jalan merupakan fungsi dari kemampuan relative perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam suatu periode tertentu. Kinerja perkerasan jalan salah satunya ditentukan berdasarkan persyaratan kondisi structural (Sasuwuk dkk, 2019). Dimana struktur perkerasan jalan dalam melaksanakan fungsinya berkurang sebanding dengan bertambahnya umur perkerasan dan bertambahnya beban lalu lintas yang dipikul dari kondisi awal desain perkerasan tersebut (Firdaus dkk, 2018). Hal ini mengakibatkan kerusakan yang menimpa lapisan perkerasan.

Jalan pelabuhan II Kertaraharja kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi merupakan salah satu jalan yang penting, karena keberadaan jalan ini sangat membantu dalam pembangunan wilayah Sukabumi, hal ini dibuktikan dengan adanya kawasan industri seperti industri kayu (furniture), industri listrik, permesinan, garmen, serta sepatu dan merupakan akses menuju pusat perkotaan. Pembangunan jalan ini telah memberikan sumbangan yang tinggi terhadap perkembangan ekonomi di wilayah Sukabumi. Perkembangan

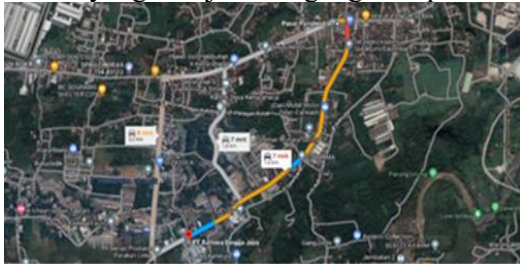
ekonomi tersebut diikuti dengan pertumbuhan lalu lintas yang terjadi baik dari segi jumlah kendaraan dan juga beban yang diangkut. Peningkatan tersebut mengakibatkan berbagai kendala, salah satunya adalah terjadi kerusakan pada bagian konstruksi perkerasan jalan yang berakibat menurunnya kinerja struktural perkerasan jalan.

Berdasarkan permasalahan diatas diperlukan tinjauan mendalam tentang penilaian kinerja perkerasan jalan serta pemetaan tingkat kerusakan jalan baik dari jenis kerusakan dan penyebab kerusakan sehingga prioritas tindakan preservasi dapat ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan jalan yang ada dengan menggunakan metode Pedoman IKP PD-01-2016-B. Dalam metode IKP ini mempunyai pedoman yang sangat spesifik seperti cara menentukan unit sampel, prosedur survei kondisi perkerasan, serta cara mengolah data untuk menentukan indeks kondisi perkerasan pada suatu ruas jalan.

### 2. Metode Penelitian

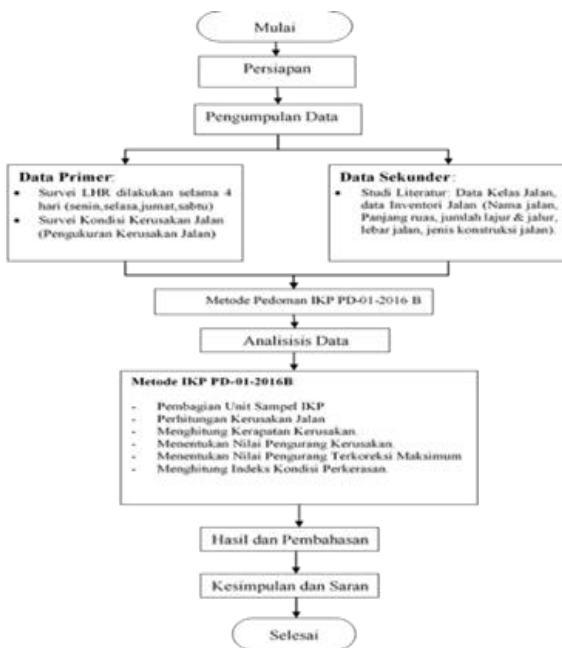
Penelitian ini dilakukan pada Jl. Pelabuhan II, Kertaraharja, Kec. Cikembar, Kabupaten

Sukabumi, Jawa Barat dengan ruas jalan sepanjang 1600 m yang dibagi menjadi 32 unit sampel dengan interval 50 meter. Dibawah ini adalah lokasi penelitian yang ditinjau dari google maps.



**Gambar 1** Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat data primer dan data sekunder. Data primer meliputi survei lalu lintas harian (LHR) dan survei kondisi kerusakan jalan, sedangkan data sekunder meliputi data kelas jalan dan data inventori jalan. Untuk mempermudah penelitian ini, peneliti merancang tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam sebuah desain penelitian. Adapun desain penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut ini:



**Gambar 2** Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menganalisis hasil perhitungan kerusakan jalan dan mengidentifikasi kondisi lingkungan seperti bangunan drainase yang ada pada lokasi penelitian dengan tahapan – tahapan yang telah ditentukan. Tahapan pertama yaitu melakukan pembagian unit sampel yang akan

disurvei, hasil yang didapat yaitu sebanyak 32 unit sampel. Unit Sampel tersebut akan disurvei kondisi kerusakannya dan diukur untuk menentukan jenis kerusakan dan tingkat keparahan kerusakan, selain itu peneliti juga melakukan survei pada bangunan drainase yang ada pada lokasi penelitian.

Tahapan selanjutnya yaitu menghitung nilai kerapatan yang didapat dari kuantitas setiap jenis kerusakan, nilai kerapatan tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai pengurang kerusakan. Nilai pengurang kerusakan akan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai pengurang terkoreksi, setelah mendapatkan nilai pengurang terkoreksi maka akan didapatkan nilai indeks kondisi perkerasan dari setiap unit sampel. Setelah mendapatkan hasil perhitungan, maka dapat ditentukan persentase kondisi kerusakan dari setiap unit sampel dan persentase rekomendasi penanganannya dari setiap unit sampel berdasarkan metode Pedoman IKP PD-01-2016-B. Berikut ini merupakan skala standar kelas IKP dan prioritas jenis penanganan yang diberikan.

**SKALA STANDAR KELAS IKP**

100	<b>Sangat Baik (Good)</b>
85	<b>Baik (Satisfactory)</b>
70	<b>Sedang (Fair)</b>
55	<b>Jelek (Poor)</b>
40	<b>Parah (Very Poor)</b>
25	<b>Sangat Parah (Serious)</b>
10	<b>Hancur (Failed)</b>
0	

**Gambar 3** Hubungan IKP Dengan Kelas Kondisi

IKP	Jenis Penanganan
≥85	Pemeliharaan rutin
70–85	Pemeliharaan berkala
55–70	Peningkatan struktural
<55	Rekonstruksi/daur ulang

**Gambar 4** Penggunaan IKP Untuk Menentukan Jenis Penanganan

### 3. Hasil Dan Pembahasan

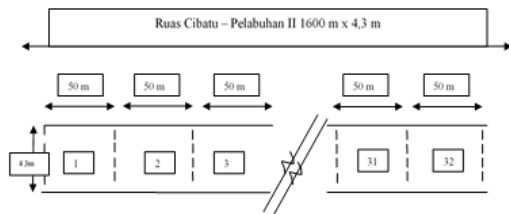
#### 3.1 Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Berdasarkan hasil survei penelitian lalu lintas harian yang dilakukan selama 12 jam didapat lalu lintas harian rata rata sebanyak 11.996 kendaraan, dimulai pada tanggal 27-28 Maret dan 23-24 juni 2023 yaitu hari senin, selasa, jumat, dan sabtu. Maka didapat jumlah total kendaraan yang melintas di jalan tersebut selama 4 hari yaitu sebanyak 47.984 kendaraan, untuk hari senin-selasa

didapat kendaraan sebanyak 23.976 kendaraan dan untuk hari jumat-sabtu didapat kendaraan sebanyak 23.288 kendaraan.

### 3.2 Pembagian Unit Sampel IKP

Pada survei kerusakan jalan yang ditinjau harus dilakukan pembagian unit sampel terlebih dahulu, dalam pengambilan unit sampel mengacu pada Pedoman IKP yaitu dengan interval 50meter. Dimulai dari PT. Bahtera Dingga Jaya – Pasar Pangleseran STA 0+000 – 0+1600 sepanjang 1.6 km, maka didapat hasil unit sampel yaitu sebanyak 32unit sampel (N).



**Gambar 5** Pembagian Unit Sampel Pada Ruas Cibu- Pelabuhan II

### 3.3 Perhitungan Kerusakan Jalan Menurut Tingkat Keparahan Kerusakan

Berdasarkan hasil survei kerusakan dan kondisi lingkungan pada semua unit sampel yang telah ditentukan sebanyak 32unit sampel yang harus dinilai kondisi kerusakannya. Setiap unit sampel akan dihitung dan ditetapkan jenis kerusakannya, serta total kuantitas kerusakannya. Adapun contoh hasil dari survei kerusakan dan kondisi lingkungan pada unit sampel 1 adalah sebagai berikut:

Dari hasil survei pada lokasi penelitian didapat kondisi lingkungan pada lajur sebelah kanan yaitu drainase yang dipenuhi oleh gulma dan pada lajur sebelah kiri tidak adanya drainase.



**Gambar 6** Kondisi Lingkungan Pada Unit Sampel 1

Kondisi lingkungan pada Gambar 6 dapat mengakibatkan permasalahan pada jalan sekitar, seperti permasalahan terjadinya kerusakan pelepasan butiran yang terjadi pada unit sampel 1.



**Gambar 7** Kerusakan Pelepasan Butiran

**Tabel 1** Penentuan Kondisi Pada Unit Sampel 1

No	Kondisi Kerusakan	Tingkat Keparahan	Kuantitas
1	Pelepasan Butiran (19)	Tinggi (T)	22 x 2,15
2	Pelepasan Butiran (19)	Tinggi (T)	22 x 2,15

Hasil survei penelitian pada unit sampel 1 didapat jenis kerusakan pelepasan butiran dengan tingkat keparahan tinggi. Adapun kondisi lingkungan yang terjadi pada lokasi penelitian didapat pada lajur sebelah kanan drainase yang tidak terawat sehingga banyak gulma yang tumbuh disekitar drainase tersebut, sedangkan pada lajur sebelah kiri tidak terdapat bangunan drainase. Dari kondisi lingkungan yang tidak terawat bisa mengakibatkan adanya kerusakan pada jalan, seperti kerusakan pelepasan butiran yang terjadi pada unit sampel 1.

### 3.4 Perhitungan Nilai Kerapatan

Perhitungan nilai kerapatan yaitu persentase kuantitas suatu jenis kerusakan yang didapatkan dari hasil penjumlahan masing – masing kuantitas kerusakan yang terjadi, lalu dibagi dengan luas unit sampel dalam satuan persen. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai kerapatan pada unit sampel 1.

Kerapatan Pelepasan Butiran (T):

$$\frac{94,6 \text{ m}^2}{215 \text{ m}^2} \times 100 \% = 44 \% \quad (\text{pers.1})$$

### 3.5 Perhitungan Nilai Pengurang Kerusakan

Nilai pengurang (NP) untuk suatu jenis kerusakan dihasilkan dari kurva hubungan kerapatan dan tingkat keparahan kerusakan. Nilai – nilai pengurang (NP) untuk kerusakan pelepasan butiran yaitu dengan nilai kerapatan = 44 % dan tingkat keparahan kerusakan



Tinggi (T), maka nilai – nilai pengurang (NP) adalah 70.

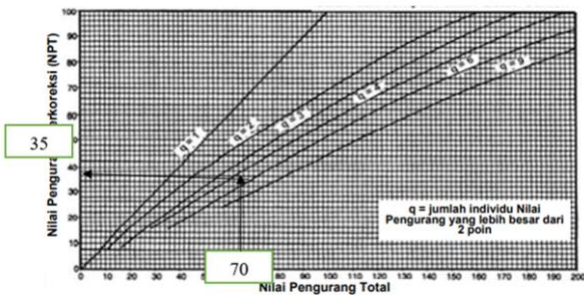
**3.6 Perhitungan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT)**

Nilai pengurang terkoreksi didapat dari kurva hubungan antara nilai pengurang total dan q (m). Berikut ini contoh perhitungan nilai pengurang terkoreksi (NPT) pada unit sampel 1.

$$m = 1 + 9/98 (100 - 70) \leq 10 \quad (\text{pers.2})$$

$$m = 3.75 \sim 4 \leq 10$$

Maka dari hasil perhitungan diatas didapat q (m) = 4 ≤ 10 dan nilai pengurang total sebesar 70, setelah itu dihasilkan nilai pengurang terkoreksi sebesar 42 yang didapat dari kurva hubungan antara nilai pengurang total dan q (m).



**Gambar 8** Kurva Untuk Menentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) Sampel 1

**3.7 Perhitungan Indeks Kondisi Perkerasan**

Nilai indeks kondisi perkerasan (IKP) pada segmen 1 didapat nilai (IKP) sebesar 65, dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi ruas jalan tersebut sedang (Fair). Tahapan perhitungan yaitu sebagai berikut:

$$IKP = 100 - NPT_{maksimum} \quad (\text{pers.3})$$

$$IKP = 100 - 35$$

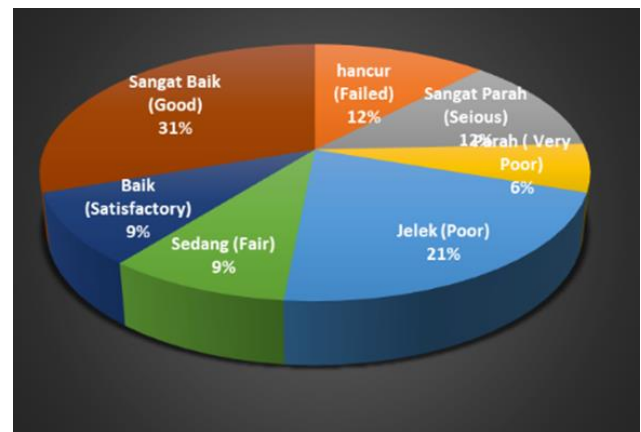
$$IKP = 65$$

**3.8 Analisis Persentase Kondisi Perkerasan**

Dari hasil survei lapangan terdapat beberapa kerusakan, seperti kerusakan pelepasan butiran, kerusakan retak kulit buaya, kerusakan lubang, kerusakan pengausan agregat, kerusakan tambalan, kerusakan retak tepi, dan kerusakan alur. Berdasarkan data kerusakan yang telah dihitung pada setiap unit sampel, terdapat kerusakan pelepasan butiran yang dominan terjadi pada unit sampel 1 dengan luas 47,3 m<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil survei terkait bangunan

drainase yang ada pada lokasi penelitian, terdapat beberapa kondisi yang terjadi, seperti bangunan drainase yang terkikis dan dipenuhi oleh gulma (tumbuhan liar). Adapun nilai indeks kondisi perkerasan rata rata sebesar 57 dengan skala standar kelas IKP sedang (Fair). Setelah mendapatkan nilai indeks kondisi perkerasan jalan dari setiap sampelnya, maka didapat hasil persentase dari kondisi perkerasan jalan berdasarkan skala standar kelas IKP yang bisa dilihat pada gambar dibawah ini:

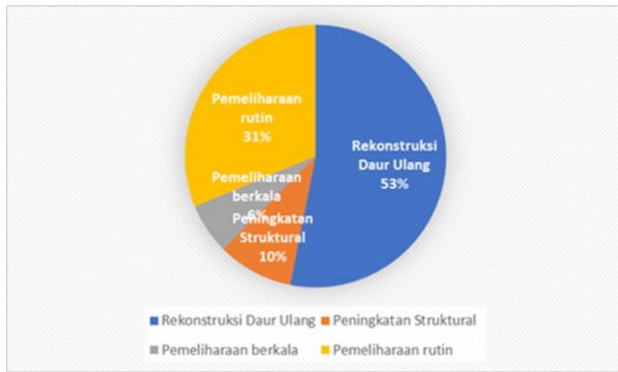


**Gambar 9** Persentase Kondisi Perkerasan Jalan Sesuai Standar Kelas IKP

Pada Gambar 9 didapat persentase kondisi perkerasan jalan sesuai standar kelas ikp, dimana kondisi jalan 31 % sangat baik, 9 % baik, 9 % sedang, 21 % jelek, 6 % parah, 12 % sangat parah, dan 12 % hancur. Dari sampel 1 – 32 dapat ditemukan indeks kondisi perkerasan jalan yang besar atau sangat baik (good) yaitu pada sampel 2, 10, 16, 17, 18, 21, 29,30, 31, 32, sedangkan nilai indeks kondisi perkerasan jalan yang kecil atau hancur (failed) yaitu pada sampel 6, 7, 23 dengan nilai IKP sebesar 0.

**3.9 Analisis Persentase Penanganan Kerusakan Jalan**

Setelah mendapatkan hasil persentase kondisi perkerasan jalan, kerusakan yang ada harus segera diberi penanganan yang tepat agar kondisi jalan berfungsi secara optimal dalam melayani lalu lintas. Peneliti telah menganalisis terkait preservasi kerusakan jalan yang diperlukan baik struktural maupun nonstruktural untuk peningkatan perbaikan pada setiap sampelnya. Adapun persentase penanganan pada Jl. Pelabuhan II kertaraharja bisa dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10** Persentase Rekomendasi Penanganan Kerusakan Jalan

Dari Gambar 10 didapatkan hasil analisis persentase jenis penanganan yang di rekomendasikan yaitu 31 % pemeliharaan rutin, 6 % pemeliharaan berkala, 10 % peningkatan structural, dan 53 % rekonstruksi daur ulang. Dimana pada unit sampel 6, 7, 23 memiliki nilai indeks kondisi perkerasan 0 (hancur) dengan jenis penanganan rekonstruksi/daur ulang.

Dari hasil perhitungan dan analisa yang sudah dilakukan pada studi kasus di Jl. Pelabuhan II, Kertaraharja, Kec. Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat ini dengan tingkat kerusakan terbesar yaitu dalam kondisi hancur sehingga penanganan yang perlu dilakukan adalah rekonstruksi daur ulang, dengan tindakan berupa perbaikan seluruh struktur perkerasan (drainase, bahu jalan, dan talud), dan peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan dan bahu jalan sesuai umur rencananya kembali. Dari kondisi dilapangan terlihat kerusakan jalan mengakibatkan kecelakaan dan keterlambatan kecepatan kendaraan sehingga mengakibatkan antrian atau kemacetan.

#### 4. Kesimpulan

Adapun dari hasil penelitian yang sudah dilakukan Pada Jl. Pelabuhan II, Kertaraharja, Kec. Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain yaitu:

1. Didapat beberapa jenis kerusakan seperti kerusakan: pelepasan butiran; retak kulit buaya; lubang; tambalan; retak tepi, dan alur. Kerusakan tersebut diindikasikan diakibatkan oleh repetisi kendaraan yang melintas serta kondisi saluran air atau drainase yang kurang baik. Saluran drainase memperlihatkan permasalahan terkait

manajemen air permukaan dan pemeliharaan infrastruktur jalan. Ketidakmampuan untuk mengalirkan air hujan secara efektif pada area yang tidak memiliki saluran drainase dapat menyebabkan genangan air di permukaan jalan. Ini bisa merendam area jalan, menciptakan lingkungan yang berpotensi merusak struktur jalan dan menyebabkan erosi. Karena kurangnya *maintenance* atau pemeliharaan yang terjadi mengakibatkan kinerja perkerasan jalan menurun.

2. Besaran nilai indeks kondisi perkerasan pada Jl. Pelabuhan II, Kertaraharja, Kec. Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat yaitu sebesar 57 dengan skala standar kondisi sedang (fair). Sedangkan persentase kondisi perkerasan pada Jl. Pelabuhan II, Kertaraharja, Kec. Cikembar, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat yaitu 31 % sangat baik, 9 % baik, 9 % sedang, 21 % jelek, 6 % parah, 12 % sangat parah, dan 12 % hancur.

- Unit sampel 6, 7, 23: IKP = 0 (hancur) dengan Jenis penanganan rekonstruksi/daur ulang.
- Unit sampel 19, 25, 26, 27: IKP = 10-25 (sangat parah) dengan jenis penanganan rekonstruksi/daur ulang.
- Unit sampel 9 dan 13: IKP = 25-40 (parah) dengan jenis penanganan rekonstruksi/daur ulang
- Unit sampel 3, 22, 4, 24, 8, 5, 15: IKP = 40-55 (jelek) dengan jenis penanganan rekonstruksi/daur ulang
- Unit sampel 1, 11 dan 12: 55-70 (sedang) dengan jenis penanganan peningkatan structural
- Unit sampel 14, 28, 20: IKP = 70-85 (baik) dengan jenis penanganan pemeliharaan berkala
- Unit sampel 2, 10, 16, 17, 18, 21, 29, 30, 31 dan 32: IKP = 85-100 (sangat baik) dengan jenis penanganan pemeliharaan rutin.

3. Persentase jenis penanganan yang di rekomendasikan yaitu 31 % pemeliharaan rutin, 6 % pemeliharaan berkala, 10 % peningkatan structural, dan 53 % rekonstruksi daur ulang. Ada beberapa

sampel yang perlu diperhatikan yaitu sebagai berikut:

- unit sampel 6, 7, 35 dengan nilai IKP sebesar 0 menunjukkan kondisi jalan tersebut hancur, dan penanganan yang tepat untuk kondisi tersebut menurut indeks kondisi perkerasan yaitu rekonstruksi daur ulang dengan lingkup peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan, bahu jalan sesuai umur rencananya kembali dan pemeliharaan atau perbaikan bangunan drainase yang kurang baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Birasungi, C. F., Waani, J. E., & Manoppo, M. R. E. (2019). Evaluasi Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(1), 137–146.
- [2] Chasanah, F, and D A Wijaya. "... Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci) Untuk Menentukan Prioritas Penanganan Pada Jalan ...." Prosiding Forum Studi Transportasi Antar ..., no. October (2016): 11–13. <https://ojs.fstpt.info/index.php/ProsFSTPT/article/view/34>.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga. (1990). Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Kota No. 018/T/BNKT/1990. 018, 47. <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/018-tbnkt-1990.pdf>.
- [4] Firdaus, D., Isya, M., & Saleh, S. M. (2018). Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Desain Perkerasan (Studi Kasus Jalan Nasional Lambaro – Batas Pidie Provinsi Aceh). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(3), 10–18. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i3.11758>
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP). SE Menteri PUPR, i–79.
- [6] Kusmaryono, I., & Sepinggan, C. R. D. (2020). Analisis Kondisi Kerusakan Permukaan Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Pedoman Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan Dan Penanganannya Pada Jalan Raya Bogor Di Kota Depok. *Teknik Sipil*, X(1), 25–33. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/cline/article/view/898>
- [7] Perkerasan, Kerusakan, Jalan ( Studi, Kasus Segmen, Jalan Banjarbaru -Bati-Bati, Jihan Alya Nabillah, and Iphan F Radam. "Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap" 2, no. 1 (2018): 1–10.
- [8] Prayitno, E., & Triana, E. (2020). Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga STA 140 + 000 – STA 150 + 000 Batas Sumatera Barat – Riau. *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun*, 6(2), 72. <https://doi.org/10.33506/rb.v6i2.1147>
- [9] Sasuwuk, G. K. G., Waani, J. E., & Rumayar, A. L. E. (2019). Analisa Kinerja Perkerasan Jalan Ditinjau Dari Besarnya Volume Kumulatif Lalu Lintas Dan Faktor Lingkungan Studi Kasus: Ruas Jalan Worang Bypass-Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(1), 93–102.
- [10] Sentosa, L. (2011). Sebagai Faktor Perusak Konstruksi Jalan ( Studi Kasus Ruas Jalan Pekanbaru-Dumai Segmen Kandis-Duri pada km 122 + 000 s / d km 123 + 000 ). Simposium XIV FSTPT, November, 11–12.
- [11] Sihombing, A. V. R., Sirait, T., Prayogo, R. D. R. B., & Ruth Esther Ambat. (2021). Kinerja Perkerasan Jalan Menurut Pedoman IKP Pd-01-2016-B (Studi Kasus: Jalan Nasional Losari – Cirebon KM 26+500 – 30+000). *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 23(2), 102–111. <https://doi.org/10.35313/potensi.v23i2.3653>
- [12] Sukirman. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Institut Teknologi Nasional, Bandung (Vol. 53, Issue 9)*.