

PENILAIAN KERUSAKAN PERKERASAN KAKU MENGGUNAKAN METODE PCI DI RUAS DENAI-MANDALA BYPASS KOTA MEDAN

Aldyoki Firmansyah Matondang¹, Defry Basrin², dan Haikal Fajri³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416
aldyoki25@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416
defrybasrin@unsam.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416
haikal.fajri@unsam.ac.id

Masuk: 21-05-2024, revisi: 07-06-2024, diterima untuk diterbitkan: 26-07-2024

ABSTRACT

Road pavement is one of the important aspects of transportation infrastructure that requires regular maintenance and care. Assessing pavement conditions is key to identifying the types of damage that occur so that appropriate repair actions can be taken. The purpose of this study is to assess the condition of rigid pavement damage using the Pavement Condition Index (PCI) method on the Denai-Mandala Bypass road section in Medan City. The findings of the research indicate that the rigid pavement conditions on the Denai-Mandala Bypass road section in Medan City have various types of damage, including linear cracks (78 damages), spalling joint (30 damages), patching large (11 damages), shrinkage cracks (10 damages), joint seal damages (10 damages), faulting (6 damages), polished aggregate (5 damages), spalling corner (5 damages), scaling (4 damages), corner cracks (2 damages), durability cracks (2 damages), punchout (2 damages), divided slabs (1 damage), and patching small (1 damage). Average PCI value on the Denai road section studied along ± 1.4 km is 78.53, classified as "satisfactory" with the priority for handling being periodic maintenance, and the Mandala bypass road section studied along ± 800 m, average PCI value is 89.93, classified as "good" with the priority for handling being routine maintenance.

Keywords: PCI; rigid pavement; distress type; handling priority

ABSTRAK

Perkerasan jalan merupakan salah satu aspek penting dalam infrastruktur transportasi yang memerlukan pemeliharaan dan perawatan secara teratur. Menilai kondisi perkerasan adalah kunci untuk mengenali jenis kerusakan yang terjadi, memungkinkan tindakan perbaikan yang sesuai dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menilai kondisi kerusakan perkerasan kaku menggunakan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) di ruas jalan Denai-Mandala Bypass Kota Medan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi perkerasan kaku di ruas jalan Denai-Mandala Bypass Kota Medan mengalami berbagai jenis kerusakan, yaitu retak linier (78 kerusakan), gompal sambungan (30 kerusakan), tambalan besar (11 kerusakan), retak susut (10 kerusakan), penyumbat sambungan (10 kerusakan), patahan (6 kerusakan), keausan agregat (5 kerusakan), gompal sudut (5 kerusakan), *scaling* (4 kerusakan), retak sudut (2 kerusakan), retak daya tahan (2 kerusakan), remuk (2 kerusakan), pelat terbagi (1 kerusakan) dan tambalan kecil (1 kerusakan). Nilai PCI rata-rata pada ruas jalan denai yang diteliti sepanjang $\pm 1,4$ km adalah 78,53 tergolong kedalam rating baik (*satisfactory*) dengan prioritas penanganan yaitu pemeliharaan berkala dan ruas jalan mandala bypass yang diteliti sepanjang ± 800 m, nilai PCI rata-rata adalah 89,93 yang termasuk kedalam rating sangat baik (*good*) dengan prioritas penanganan yaitu pemeliharaan rutin.

Kata kunci: PCI; perkerasan kaku; jenis kerusakan; prioritas penanganan

1. PENDAHULUAN

Jalan raya adalah sistem transportasi yang menghubungkan berbagai daerah dan berperan penting dalam memfasilitasi berbagai kegiatan manusia serta memenuhi kebutuhan mobilitas untuk mencapai tujuan ekonomi dan non-ekonomi. Sebagai bagian dari infrastruktur transportasi darat, jalan harus memberikan pelayanan optimal untuk mendukung semua kegiatan yang terkait dengan transportasi darat (Simeon Marpaung et al., 2018). Dalam hal ini, kenyamanan

dan keamanan bagi pengguna lalu lintas sangat dipengaruhi oleh kondisi dari prasarana jalan yang dilalui. Kondisi jalan yang mengalami kerusakan tentunya akan menghambat kelancaran pergerakan barang dan layanan jasa. Menurut Sukirman (1999), secara umum kerusakan jalan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti usia jalan yang telah melebihi rencana, genangan air di permukaan jalan karena sistem drainase yang tidak memadai, beban lalu lintas yang terlalu berat sehingga mempercepat kerusakan jalan, perencanaan yang kurang akurat, pelaksanaan yang tidak sesuai dengan rencana awal, dan kurangnya pemeliharaan jalan.

Pada tahun 2017 ruas jalan Denai-Mandala Bypass yang terletak di Kecamatan Medan Denai, Kota Medan ini dilakukan penanganan kerusakan yaitu berupa rekonstruksi ulang dimana yang semula jalan tersebut bertipe perkerasan lentur (*flexible pavement*) menjadi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Peningkatan struktur perkerasan itu dilaksanakan untuk memperbaiki kondisi jalan yang rusak untuk menjaga jalan tetap beroperasi dengan baik dalam melayani lalu lintas sehingga mencapai umur rencana yang diinginkan. Namun kerusakan jalan yang baru ditemukan setelah perbaikan merupakan masalah yang seringkali muncul kembali dan keberadaan kerusakan tersebut mengindikasikan perlunya evaluasi guna mengetahui berbagai kerusakan yang terjadi dan teknik pemeliharaan yang sesuai dengan jenis kerusakan yang teridentifikasi.

Untuk dapat mengetahui berbagai jenis kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan, maka perlu dilakukan survei secara visual agar dapat menganalisa kerusakan yang terdapat pada jalan berdasarkan jenis dan tingkat kerusakannya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan jalan yaitu menggunakan metode PCI (*pavement condition index*). Menurut Shahin (2005), *Pavement Condition Index* (PCI) merupakan indeks penilaian perkerasan yang nilainya berkisar 0 sampai 100, dimana nilai PCI dihitung berdasarkan survei secara visual terhadap jenis kerusakan, tingkat kerusakan dan kuantitas kerusakan yang teridentifikasi. Informasi kerusakan yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan solusi penanganan terhadap kerusakan yang terjadi pada konstruksi jalan.

Dari konteks yang telah disebutkan, penelitian ini akan mengevaluasi kerusakan berdasarkan jenis, tingkat, dan jumlahnya. Evaluasi kerusakan jalan akan dilakukan menggunakan pendekatan Indeks Kondisi Perkerasan (*Pavement Condition Index*, PCI). Keunggulan metode PCI dibandingkan dengan pendekatan lainnya yaitu pendekatan ini telah diadopsi secara luas dan memiliki standar yang diterima secara internasional untuk penilaian kondisi jalan (Shahin, 2005). Dan dengan menggunakan PCI, tindakan perbaikan atau pemeliharaan jalan dengan prioritas tertinggi berdasarkan skor PCI yang rendah dapat dilakukan, hal ini membantu dalam alokasi sumber daya dengan lebih efektif untuk memperbaiki jalan yang paling membutuhkan perhatian.

2. METODE PENELITIAN

Rumusan Masalah

Langkah pertama dalam sebuah penelitian adalah mengidentifikasi masalah, yang merupakan tahap awal dalam proses penelitian, di mana peneliti mengenali dan mendefinisikan masalah yang akan diangkat dalam penelitian. Identifikasi masalah membantu dalam menetapkan arah penelitian dan menetapkan batasan-batasan penelitian yang selanjutnya akan disusun menjadi sebuah rumusan masalah, yang kemudian akan menjadi dasar dari penelitian ini (Sinaga & Buana, 2021).

Studi Literatur

Studi literatur dimulai dengan mengumpulkan data dan informasi ilmiah dari berbagai sumber informasi seperti buku, jurnal ilmiah, peraturan, dan lain-lain untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang teori, metode serta pendekatan yang relevan dengan penelitian. Demi meninjau dan memperluas pengetahuan peneliti terhadap rumusan masalah, peneliti mengambil beberapa referensi jurnal terdahulu mengenai penelitian kondisi kerusakan jalan, meliputi:

- 1) Jurnal Universitas Wiralodra (2021) dengan judul: "Analisis Jenis Dan Kerusakan Jalan Dengan Metode *Pavement Condition Index* (PCI) Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)". Dari hasil penelitian, jenis kerusakan yang paling dominan pada setiap unit sampel dengan tingkatan yang berbeda-beda yaitu, retak linier (*linear cracking*) sebesar 100%, pecah sudut (*corner break*) sebesar 1,81%, patahan pada slab (*faulting*) sebesar 59,09%, *popouts* sebesar 18,18%, gompal sambungan (*spalling joint*) sebesar 68,18%, gompal sudut (*spalling corner*) sebesar 27,27%, pelat terbagi (*divided slab*) sebesar 68,18%, retak susut (*shrinkage*) sebesar 50% dan *punchout* 45,45%. Untuk nilai PCI rata-rata pada ruas jalan Cikamurang-Jangga dengan Panjang 2 Km adalah 53 dengan rating sedang (*fair*) (Maulina D & Hasyim W, 2021).
- 2) Jurnal Universitas Lampung (2016) dengan judul: "Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Kaku (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung)". Dari hasil penelitian, jenis kerusakan yang teridentifikasi yaitu retak sudut (9,34%), slab terbagi oleh retak (3,86%), retak akibat beban lalu lintas (2,81%), patahan (0,51%), kerusakan pengisi sambungan (10,89%), penurunan bagian bahu jalan (1,5%), retak lurus (13,17%), tambalan besar (3,63%), tambalan kecil (4,48%), keausan agregat (27,86%), berlubang (2,46%), remuk (2,45%), keausan

- akibat lepasnya mortar dan agregat (4,93%), retak susut (3,39%), keausan akibat lepasnya agregat di sudut (3,39%), keausan akibat lepasnya agregat di sambungan (4,23%). Untuk nilai *PCI* keseluruhan pada ruas jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung dibagi kedalam beberapa kategori yaitu, segmen 1 = 79,50 (sangat baik), segmen 2 = 74,00 (sangat baik), segmen 3 = 76,92 (sangat baik), segmen 4 = 83,88 (sangat baik), segmen 5 = 94,89 (sempurna), segmen 6 = 93,56 (sempurna), segmen 7 = 91,04 (sempurna), segmen 8 = 83,54 (sangat baik), segmen 9 = 93,11 (sempurna), segmen 10 = 92,17 (sempurna), segmen 11 = 61,25 (baik), segmen 12 = 77,71 (sangat baik), segmen 13 = 88,41 (sempurna), segmen 14 = 84,52 (sangat baik) (Putra et al., 2016).
- 3) Jurnal Universitas Teknologi Sumbawa (2023) dengan judul: “Analisis Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Kaku Menggunakan Metode *PCI* (*Pavement Condition Index*)”. Dari hasil penelitian, jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Q-R4 MUTIP 1 (*Mandalika Urban Tourism and Infrastructure Project Package 1*) adalah retak lurus 26%, retak sudut 23%, pengisi sambungan 35%, pemompaan 6% dan keausan akibat lepasnya mortar dan agregat 10%. Nilai *PCI* untuk ruas Q-R4 jalan MUTIP 1 (*Mandalika Urban Tourism and Infrastructure Project Package 1*) adalah 90,875 dengan klasifikasi sempurna (*excellent*). Berdasarkan nilai *PCI* tersebut, ruas jalan ini secara keseluruhan tergolong dalam program pemeliharaan (Rizaldi et al., 2023).
 - 4) Jurnal Dinas Pekerjaan Umum Kota Palopo (2016) dengan judul: “Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Metode *PCI* (*Pavement Condition Index*) Studi Kasus Jl. Ahmad Razak, Jl. Tandipau & Jl. KHM. Kasim Kota Palopo”. Dari hasil penelitian, jenis kerusakan pada ruas jalan itu adalah *Longitudinal cracks* 95 kerusakan, *Cornor break* 63 kerusakan, *Joint seal damage* 2 kerusakan, *patching* 10 kerusakan, *popouts* 35 kerusakan, *shrinkage crack* 24 kerusakan, *spalling joint* 63 kerusakan, *spalling corner* 5 kerusakan. Untuk nilai *PCI* di tiap-tiap masing jalan yaitu: 1. Ruas jalan A.Razak memiliki nilai *PCI* sebesar 87 (*good*). 2. Ruas jalan Tandipau memiliki nilai *PCI* sebesar 85 (*Satisfactory*). 3. Ruas jalan M.Kasim memiliki nilai *PCI* sebesar 91 (*good*) (Arrang, 2016).
 - 5) Jurnal Universitas Dr. Soetomo Surabaya (2021) dengan judul: “Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode *PCI* Dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro)”. Pada penelitian ini jenis kerusakan yang terjadi pada jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro yang merupakan jalan bertipe perkerasan lentur adalah tambalan dan tambalan galian utilitas (*patching and utility cut patch*) sebesar 29,20%, Lubang (*potholes*) sebesar 17,88% pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*) sebesar 6,20%, agregat licin (*polished aggregate*) sebesar 6,57%, retak berkelok-kelok (*meandering crack*) sebesar 25,91% dan retak kulit buaya (*alligator cracks*) sebesar 14,23%. Hasil penilaian kondisi ruas jalan dengan metode *PCI* dan metode Bina Marga menghasilkan penilaian yang relatif sama dengan metode *PCI* dihasilkan penelitian yang lebih detail dengan hasil “Baik”, sedangkan metode Bina Marga dihasilkan penilaian yang lebih baik dengan hasil “Prioritas 7” (Santosa et al., 2021).

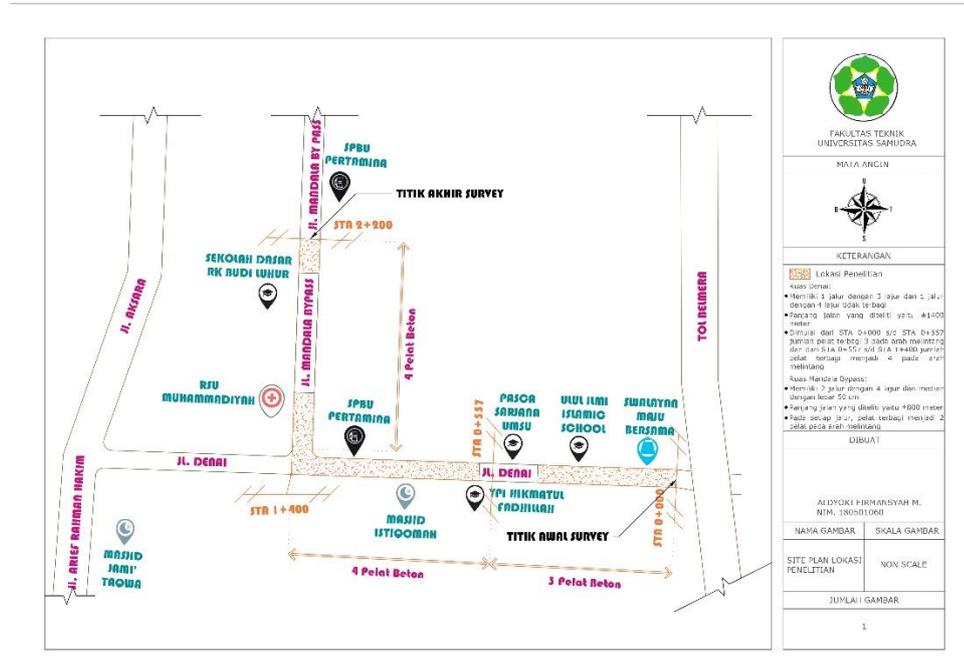
Pengumpulan Data

Salah satu tahapan dalam penelitian adalah proses pengumpulan data yang menjadi kunci utama untuk mendapatkan data yang digunakan dalam penelitian ini. Pada tahap ini, data yang dibutuhkan untuk penelitian ini dibedakan menjadi data primer dan data sekunder.

1) Data primer

Data primer pada penelitian ini diperoleh berdasarkan survei visual yang dilakukan di lapangan. Dalam penelitian ini diperlukan beberapa data primer berupa data jenis kerusakan yang terdiri dari jenis kerusakan dan tingkat keparahan, kuantitas kerusakan, dan koordinat dari setiap kerusakan. Mekanisme dalam pengambilan data primer dijelaskan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dilaksanakan pada jalan yang memiliki perkerasan kaku di ruas jalan Denai-Mandala Bypass Medan. Ruas jalan yang akan diteliti dibatasi dengan panjang 2,2 km, dimana pada jalan denai di survei sepanjang $\pm 1,4$ km dan jalan mandala bypass dengan panjang ± 800 m. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

- b. Dalam pelaksanaan survei, pengukuran dilakukan pada masing-masing unit sampel yang telah dipilih mengacu pada *ASTM D6433-11*. Unit sampel yang telah ditentukan, kemudian dapat dibuat sketsa unit sampel termasuk orientasinya (nama ruas, nomor unit sampel dll) pada contoh formulir survei yang diambil dari Pedoman Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kementerian PUPR, 2016).

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi yang didapat dari sumber data yang telah ada sebelumnya. Dalam penelitian ini data sekunder yang diperlukan salah satunya data SIG berupa *shapefile*. *Shapefile* merupakan format data geografis yang digunakan dalam sistem informasi geografis (SIG) untuk menyimpan informasi tentang lokasi geografis dan atribut terkait. Nantinya data ini digunakan untuk membantu membuat Peta Jenis Kerusakan di lokasi penelitian.

Pengolahan Data

Pada tahap ini terdapat beberapa teknik pengolahan data dalam menghitung nilai PCI, meliputi:

- 1) Menghitung kadar kerusakan (*density*).
- 2) Menentukan nilai pengurang (*deduct value*) setiap jenis kerusakan.
- 3) Menghitung nilai izin maksimum (m).
- 4) Menentukan nilai pengurang terkoreksi (*corrected deduct value*).
- 5) Menghitung nilai PCI (*Pavement Condition Index*) setiap unit sampel dan menghitung nilai PCI (*Pavement Condition Index*) ruas.

Dilihat dari cara analisis dan jenis datanya, metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik (Sugiyono, 2017). Berdasarkan definisi tersebut, penelitian ini merujuk kepada penilaian kerusakan pada jalan perkerasan kaku dengan metode PCI, data yang didapat dari survei visual berupa data jenis kerusakan jalan dan tingkat kerusakan serta data kuantitas kerusakan jalan yang terjadi pada perkerasan jalan yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode PCI untuk mendapatkan hasil analisa berupa kondisi indeks permukaan perkerasan jalan. Nilai dari indeks kondisi perkerasan yang telah dihitung kemudian akan digunakan dalam menentukan tindakan penanganan pemeliharaan jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan Data Survei

Dalam pengambilan data survei di lokasi penelitian, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

1) Penentuan Unit Sampel

Syarat dalam penentuan unit sampel perkerasan kaku (*ASTM D6433-11 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys 1, 2011*) sesuai dengan pada halaman 1 pasal 2.1.7 adalah 20 pelat berdekatan (± 8 pelat jika jumlah pelat di lokasi yang ditinjau tidak bisa dibagi dengan 20 atau untuk mengakomodasi kondisi lapangan yang spesifik) dan pada halaman 2 pasal 7.3 dijelaskan apabila pelat perkerasan kaku mempunyai jarak sambungan lebih dari 8 m (*25 feet*), maka setiap pelat perlu dibagi menjadi pelat-pelat imajiner yang masing-masing mempunyai panjang sama dengan atau lebih kecil dari 8 m (*25 feet*), dengan sambungan-sambungan imajiner yang memisahkan pelat-pelat imajiner harus dianggap mempunyai kondisi yang sempurna. Mengacu pada syarat tersebut, penentuan unit sampel perkerasan kaku sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian tertera pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Unit sampel ruas denai

Sampel	Stationing	Panjang (m)	Sampel	Stationing	Panjang (m)
1	0+000 – 0+052	52	8	0+365 – 0+417	52
2	0+052 – 0+107	55	9	0+417 – 0+467	50
3	0+107 – 0+154	47	10	0+467 – 0+515	48
4	0+154 – 0+207	53	11	0+515 – 0+558	43
5	0+207 – 0+255	48	12	0+558 – 0+591	33
6	0+255 – 0+309	54	13	0+591 – 0+629	38
7	0+309 – 0+365	56	14	0+629 – 0+669	40
15	0+669 – 0+705	36	24	0+998 – 1+037	39
16	0+705 – 0+743	38	25	1+037 – 1+074	37
17	0+743 – 0+779	36	26	1+074 – 1+107	33
18	0+779 – 0+815	36	27	1+107 – 1+145	38
19	0+815 – 0+850	35	28	1+145 – 1+185	40
20	0+850 – 0+888	38	29	1+185 – 1+222	37
21	0+888 – 0+924	36	30	1+222 – 1+259	37
22	0+924 – 0+963	39	31	1+259 – 1+296	37
23	0+963 – 0+998	35	32	1+296 – 1+323	27

Tabel 2. Unit sampel ruas mandala bypass

Sampel	Stationing	Panjang (m)	Sampel	Stationing	Panjang (m)
1	0+000 – 0+029	29	13	0+356 – 0+385	29
2	0+029 – 0+061	32	14	0+385 – 0+414	29
3	0+061 – 0+090	29	15	0+414 – 0+445	31
4	0+090 – 0+120	30	16	0+445 – 0+474	29
5	0+120 – 0+149	29	17	0+474 – 0+504	30
6	0+149 – 0+178	29	18	0+504 – 0+534	30
7	0+178 – 0+207	29	19	0+534 – 0+564	30
8	0+207 – 0+238	31	20	0+564 – 0+592	28
9	0+238 – 0+267	29	21	0+592 – 0+623	31
10	0+267 – 0+297	30	22	0+623 – 0+653	30

Sampel	Stationing	Panjang (m)	Sampel	Stationing	Panjang (m)
11	0+297 – 0+327	30	23	0+653 – 0+681	28
12	0+327 – 0+356	29			

2) Penentuan Jumlah Minimum Unit Sampel Yang Disurvei (n)

Jumlah minimum unit sampel (n) yang harus disurvei pada seksi tertentu perlu dihitung agar estimasi *PCI* yang secara statistika memadai (memberikan 95% tingkat kepercayaan) (Kementerian PUPR, 2016), dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{Nd^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + d^2} \quad (1)$$

dengan n = jumlah minimum unit sampel, N = total unit sampel, d = deviasi standar (nilainya 15 untuk perkerasan kaku) dan e = penyimpangan (kesalahan) yang diijinkan dalam mengestimasi *PCI*, (nilainya 5).

Maka dengan menggunakan persamaan tersebut, sehingga:

Untuk ruas denai

n adalah $32 \times 15^2 / ((5^2 / 4)(32 - 1) + 15^2)$

n adalah $17,2 \approx 17$ unit sampel

Untuk ruas mandala bypass

n adalah $23 \times 15^2 / ((5^2 / 4)(23 - 1) + 15^2)$

n adalah $14,3 \approx 14$ unit sampel

3) Penentuan Interval Jarak Pengambilan Sampel (i)

Penentuan interval jarak unit-unit dilakukan dengan menggunakan cara acak sistematis, yaitu dihitung dengan persamaan berikut:

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

dengan i = interval jarak pengambilan sampel, N = total unit sampel, dan n = jumlah minimum unit sampel.

Maka dengan menggunakan persamaan tersebut, sehingga:

Untuk ruas denai

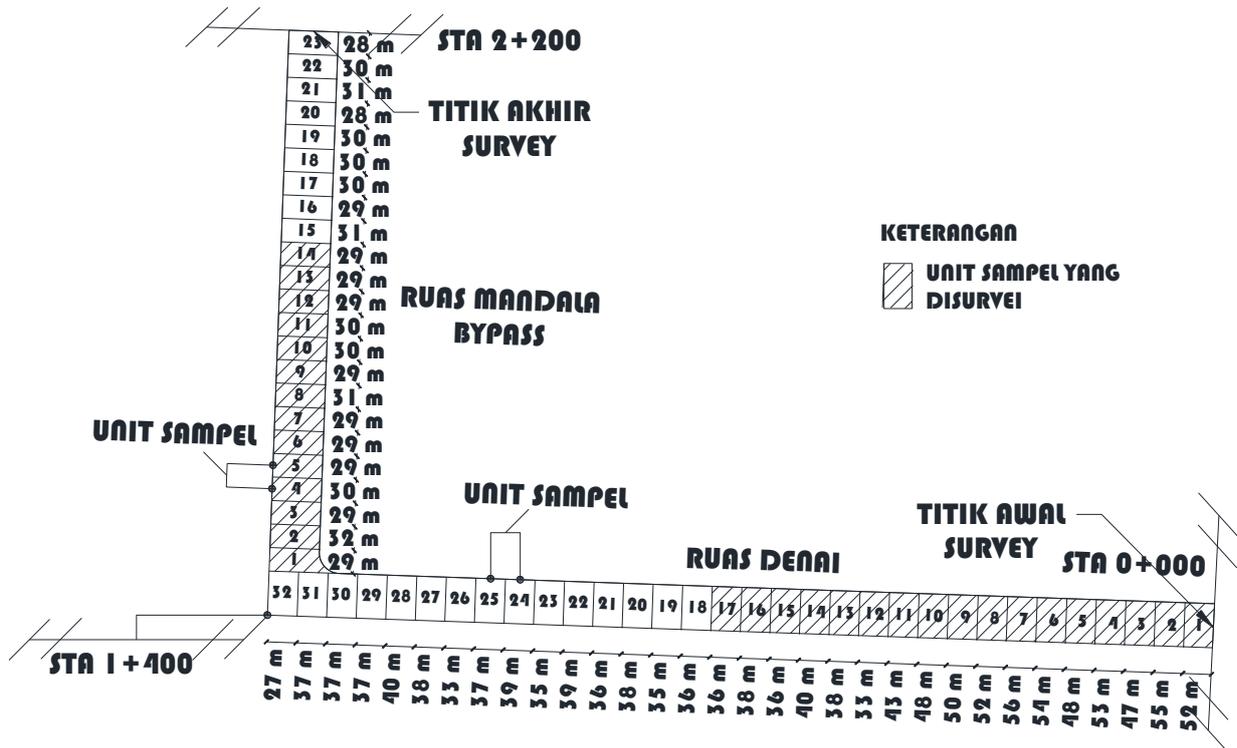
$i = N/n = 32/17 = 1,9 \approx 1$ (dibulatkan kebawah)

Nilai $i = 1$, permulaan acak unit sampel (s) yang dipilih adalah misalnya 1. Maka unit sampel yang disurvei adalah nomor: s , $s + (i)$, $s + (2i)$, $s + (3i)$, $s + (4i)$ dan seterusnya sehingga penomoran unit sampel menjadi: 1, $1+(1) = 2$, $1+(2 \times 1) = 3$, $1+(3 \times 1) = 4$, $1+(4 \times 1) = 5$ dan seterusnya seperti terlihat pada Gambar 2.

Untuk ruas mandala bypass

$i = N/n = 23/14 = 1,6 \approx 1$ (dibulatkan kebawah)

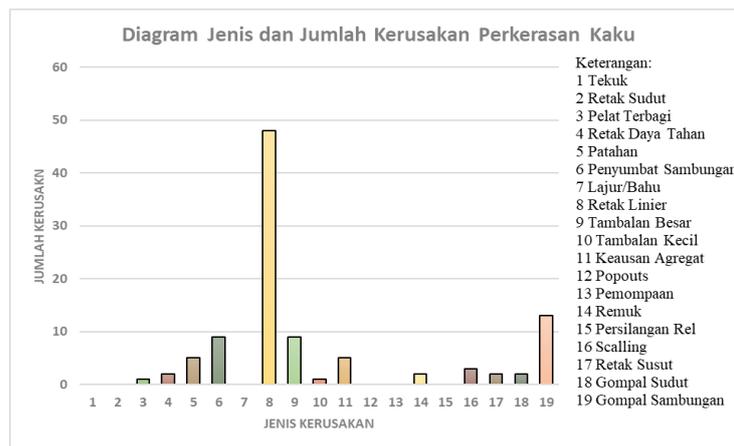
Nilai $i = 1$, permulaan acak unit sampel (s) yang dipilih adalah misalnya 1. Maka unit sampel yang disurvei adalah nomor: s , $s + (i)$, $s + (2i)$, $s + (3i)$, $s + (4i)$ dan seterusnya sehingga penomoran unit sampel menjadi: 1, $1+(1) = 2$, $1+(2 \times 1) = 3$, $1+(3 \times 1) = 4$, $1+(4 \times 1) = 5$ dan seterusnya seperti terlihat pada Gambar 2.



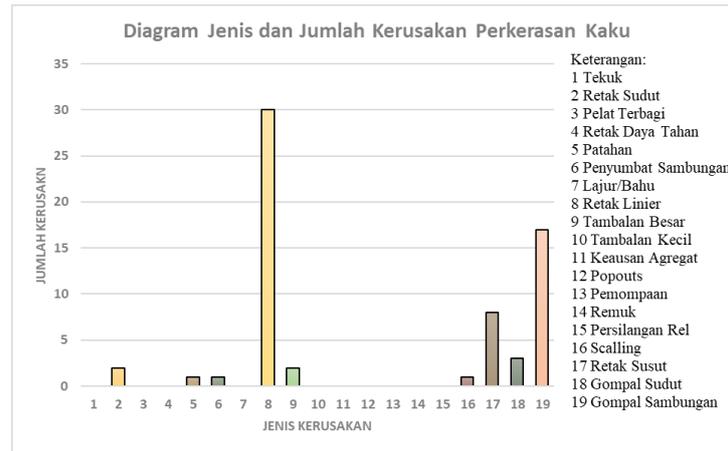
Gambar 2. Sistematika pengambilan unit sampel ruas denai dan ruas mandala bypass

4) Survei Kerusakan Perkerasan Kaku

Setelah menentukan jumlah unit sampel yang akan disurvei, selanjutnya dilakukan survei visual pada setiap unit sampel. Data yang disurvei mencakup jenis kerusakan, tingkat keparahan, dan kuantitas kerusakan berupa jumlah panel/pelat beton yang mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian, berikut merupakan gambaran diagram jenis dan jumlah kerusakan yang terdapat pada perkerasan kaku di jalan Denai-Mandala Bypass Medan yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Diagram jenis dan jumlah kerusakan di ruas denai



Gambar 4. Diagram jenis dan jumlah kerusakan di ruas mandala bypass

Perhitungan Nilai PCI Perkerasan Kaku

Setelah melakukan survei di lapangan, kemudian kondisi dari rusaknya jalan dapat dianalisis dengan menggunakan nilai *Pavement Condition Index* (PCI). Contoh penilaian akan diambil unit sampel 1 di ruas denai. Hasil survei kondisi kerusakan pada unit sampel 1 ruas denai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil survei, *density*, dan *deduct value* unit sampel 1 ruas denai

Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Jumlah Pelat	Density (%)	Deduct Value
Keausan Agregat	-	1	4,76	2
Remuk	Low	1	4,76	8
Retak Linier	Low	1	4,76	3
Tambalan Besar	Medium	1	4,76	3
Retak Linier	High	2	9,52	20
Retak Daya Tahan	Low	1	4,76	3

1) Menghitung Kadar Kerusakan (*Density*)

Density dihitung dengan cara menjumlah tiap-tiap kuantitas kerusakan pada jenis kerusakan yang sama lalu dibagi jumlah total panel/pelat pada unit sampel.

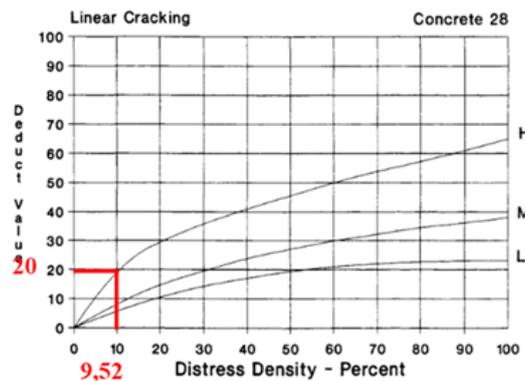
$$\frac{\text{Jumlah pelat beton yang mengalami kerusakan tipe tertentu}}{\text{Jumlah pelat beton dalam unit tertentu}} \times 100 \quad (3)$$

Diambil contoh satu jenis kerusakan pada unit sampel 1 ruas denai yaitu Retak Linier (High), sehingga nilai *density* untuk jenis kerusakan tersebut yaitu:

$$Density = (2 / 21) \times 100 = 9,52\%$$

2) Menentukan Nilai Pengurang (*Deduct Value*)

Nilai pengurang didapatkan dengan menggunakan grafik hubungan antara *distress density* dengan *deduct value*. Contoh berikut merupakan penentuan nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan retak linier tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Penentuan nilai *deduct value* jenis kerusakan retak linier

3) Menghitung Nilai Izin Maksimum (m)

Nilai izin maksimum (m) dihitung untuk menentukan jumlah *deduct value* maksimal yang perlu diperhitungkan dalam menentukan nilai PCI (Ghulamasyah, 2023). Untuk menghitung nilai izin maksimum (m), maka digunakan Persamaan berikut:

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - NPMaksimum) \tag{4}$$

dengan m = nilai izin maksimum, N = total unit sampel, dan $NPMaksimum$ = jumlah nilai pengurang/*deduct value* terbesar.

Pada contoh unit sampel 1 ruas denai, nilai *deduct value* tertinggi yaitu 20, sehingga nilai izin maksimum (m) yaitu:

$$m = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - 20)$$

$$m = 8,35 > 6 \text{ (angka 6 merupakan jumlah data deduct value dalam unit sampel)}$$

Karena nilai m lebih dari jumlah *deduct value* yang ditinjau, maka semua nilai *deduct value* dapat digunakan.

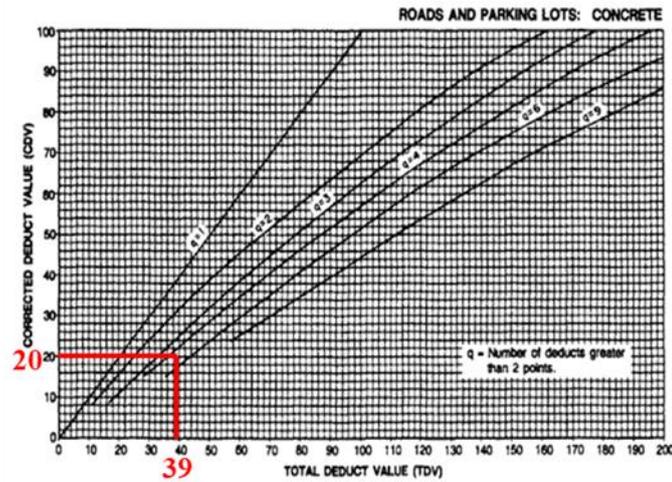
4) Menentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (*Corrected Deduct Value*)

Nilai *corrected deduct value* diperoleh dengan cara mengoreksi nilai *Total Deduct Value* terhadap nilai q melalui kurva (Hardiyatmo, 2015). Adapun langkah-langkah menentukan nilai *corrected deduct value*, meliputi:

- Seluruh nilai *deduct value* pada unit sampel dibuat urutan dari yang terbesar hingga terkecil, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh *total deduct value*. Diambil contoh unit sampel 1 ruas denai, nilai *deduct value* yang diurut yaitu 20, 8, 3, 3, 3, 2. Nilai semua individu *deduct value* tersebut dijumlahkan sehingga diperoleh *total deduct value* yaitu sebesar 39.
- Selanjutnya Nilai q ditentukan melalui jumlah nilai *deduct value* yang lebih besar dari 2 (untuk perkerasan kaku). Sehingga nilai q diperoleh berjumlah 5 (20, 8, 3, 3, 3).
- Tentukan nilai *corrected deduct value* dengan menggunakan grafik kurva *total deduct value* terhadap nilai q . Sehingga diperoleh nilai CDV sebesar 20. Grafik kurva dapat dilihat pada Gambar 6.
- Lakukan cara iterasi dengan mereduksi nilai DV terkecil yang lebih besar dari 2 menjadi 2 dan ulangi langkah-langkah diatas, sampai $q=1$. Dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil iterasi *corrected deduct value* unit sampel 1 ruas denai

Iterasi	Nilai Pengurang (<i>Deduct Value</i>)						TDV	q	CDV
1	20	8	3	3	3	2	39	5	20
2	20	8	3	3	2	2	38	4	21
3	20	8	3	2	2	2	37	3	23
4	20	8	2	2	2	2	36	2	29
5	20	2	2	2	2	2	30	1	30



Gambar 6. Grafik *corrected deduct value* iterasi ke-1

5) Menentukan Nilai PCI Unit Sampel dan PCI Ruas

Setelah memperoleh nilai *corrected deduct value* maksimum, selanjutnya dapat dihitung nilai PCI unit sampel dengan persamaan berikut:

$$PCI = 100 - CDV_{maksimum} \quad (5)$$

Pada contoh unit sampel 1 ruas denai, nilai *corrected deduct value* maksimum yaitu 30, sehingga nilai PCI unit sampel $PCI = 100 - 30$

$PCI = 70$ (Fair)

Sehingga nilai hasil PCI seluruh unit sampel yang disurvei pada ruas denai dan ruas mandala dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. *Pavement condition index* unit sampel ruas denai

Unit Sampel	Nilai PCI	Keterangan	Unit Sampel	Nilai PCI	Keterangan
1	70	Sedang (Fair)	4	86	Sangat Baik (Good)
2	62	Sedang (Fair)	5	80	Baik (Satisfactory)
3	84	Baik (Satisfactory)	6	73	Baik (Satisfactory)
7	70	Sedang (Fair)	13	80	Baik (Satisfactory)
8	73	Baik (Satisfactory)	14	76	Baik (Satisfactory)
9	80	Baik (Satisfactory)	15	81	Baik (Satisfactory)
10	82	Baik (Satisfactory)	16	100	Sangat Baik (Good)
11	79	Baik (Satisfactory)	17	84	Baik (Satisfactory)
12	90	Sangat Baik (Good)			

Tabel 6. *Pavement condition index* unit sampel ruas mandala bypass

Unit Sampel	Nilai PCI	Keterangan	Unit Sampel	Nilai PCI	Keterangan
1	90	Sangat Baik (Good)	8	96	Sangat Baik (Good)
2	85	Baik (Satisfactory)	9	85	Baik (Satisfactory)
3	90	Sangat Baik (Good)	10	81	Baik (Satisfactory)
4	97	Sangat Baik (Good)	11	89	Sangat Baik (Good)
5	90	Sangat Baik (Good)	12	86	Sangat Baik (Good)
6	93	Sangat Baik (Good)	13	87	Sangat Baik (Good)
7	96	Sangat Baik (Good)	14	94	Sangat Baik (Good)

Selanjutnya dapat dihitung nilai PCI untuk tiap-tiap ruas dengan menggunakan persamaan berikut:

$$PCI_r = \overline{PCI_s} = \frac{\sum_{j=1}^I (PCI_{s-j} * A_{s-j})}{A_r} \quad (6)$$

dengan PCI_r = *pavement condition index* ruas, $\overline{PCI_s}$ = rata-rata *PCI* unit sampel, dan PCI_{s-j} = indeks kondisi perkerasan seksi ke-j, A_{s-j} = luas seksi ke-j, dan A_r = luas ruas.

Maka hasil nilai *PCI* ruas denai dan ruas mandala bypass dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. *Pavement condition index* ruas denai

Unit Sampel	Nilai PCI	Luas Unit Sampel A (m ²)	PCI * A	Unit Sampel	Nilai PCI	Luas Unit Sampel A (m ²)	PCI * A
1	70	728	50960	7	70	784	54880
2	62	774	47988	8	73	728	53144
3	84	653	54852	9	80	693	55440
4	86	747	64242	10	82	672	55104
5	80	672	53760	11	79	595	47005
6	73	753	54969	12	90	462	41580
13	80	532	42560	16	100	532	53200
14	76	557	42332	17	84	504	42336
15	81	504	40824				
TOTAL		10890	855176				
RERATA		855176/10890 = 78,53 (Satisfactory)					

Dari perhitungan nilai *PCI* untuk ruas denai, jika dilihat secara menyeluruh, jalan yang menjadi objek dalam penelitian ini dikategorikan dalam keadaan baik (*satisfactory*). Selanjutnya untuk nilai *PCI* pada ruas mandala bypass diperoleh yaitu:

Tabel 8. *Pavement condition index* ruas mandala bypass

Unit Sampel	Nilai PCI	Luas Unit Sampel A (m ²)	PCI * A	Unit Sampel	Nilai PCI	Luas Unit Sampel A (m ²)	PCI * A
1	90	406	36540	8	96	428	41088
2	85	401	37485	9	85	408	34680
3	90	407	36630	10	81	415	33615
4	97	422	40934	11	89	415	36935
5	90	403	36270	12	86	408	35088
6	93	410	38130	13	87	406	35322
7	96	410	39360	14	94	408	38352
TOTAL		5787	520429				
RERATA		520429/5787 = 89,93 (Good)					

Dari perhitungan nilai PCI untuk ruas mandala bypass, jika dilihat secara menyeluruh, jalan yang menjadi objek dalam penelitian ini dikategorikan dalam keadaan sangat baik (*good*).

6) Perbaikan & Penanganan Kerusakan Jalan

Jenis-jenis kerusakan yang telah teridentifikasi pada ruas jalan Denai-Mandala Bypass dapat diberikan rekomendasi berupa metode perbaikan yang dapat dilakukan sebagai bentuk dari pemeliharaan kondisi jalan. Adapun beberapa metode perbaikan yang dapat dilakukan pada kerusakan yang terdapat pada perkerasan kaku di ruas tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Metode perbaikan pada perkerasan beton (Kementerian PUPR, 2006)

Jenis Kerusakan	Metode Perbaikan
Tekuk (<i>Blow Up</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Seluruh pelat diganti. Tanah dasar diganti dan ditambal material yang disukai untuk mengembalikan kekuatan semula.
Retak Sudut (<i>Corner Break</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Jika kerusakan tergolong kecil maka cukup diisi dengan sealant atau material joint. Jika kerusakan tergolong besar maka perlu dibongkar dan diganti dengan yang baru.
Patahan (<i>Faulting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Pelat diganti baru.
Tambalan (<i>Patching</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Ditambal dengan material yang lebih kuat (super joint, friction).
Retak Linier (<i>Linear Cracks</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Setiap retak yang dijumpai segera ditambal dengan sealant yang rapat air.
Keuasan Agregat	<ul style="list-style-type: none"> Bisa dilakukan dengan grooving. Dilapis dengan beton aspal tipis (15 s/d 30 mm), menggunakan tack coat jenis non-ionic.
Retak Susut	<ul style="list-style-type: none"> Ditutup dengan sealant Dilapis dengan tack coat non ionic

Sebagai indikator numerik kondisi perkerasan, PCI menunjukkan tingkat kondisi permukaan perkerasan. PCI menunjukkan ukuran kondisi perkerasan pada saat disurvei, berdasarkan kerusakan yang terpantau pada permukaan perkerasan. PCI merupakan dasar yang obyektif dan rasional untuk menentukan program pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan serta prioritas penanganan. Contoh penggunaan PCI untuk menentukan jenis penanganan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Penggunaan PCI untuk menentukan jenis penanganan (Kementerian PUPR, 2016)

PCI	Jenis Penanganan
>85	Pemeliharaan rutin
70 - 85	Pemeliharaan berkala
55 - 70	Peningkatan struktural
<55	Rekonstruksi/daur ulang

Selanjutnya pada masing-masing ruas yang telah dinilai melalui penilaian indeks kondisi perkerasan, maka didapat jenis penanganan yaitu:

- Untuk ruas denai dengan nilai rating *PCI* 78,53 (*satisfactory*), maka jenis penanganan yang dilaksanakan yaitu pemeliharaan berkala.
- Untuk ruas mandala bypass dengan nilai rating *PCI* 89,93 (*good*), maka jenis penanganan yang dilaksanakan yaitu pemeliharaan rutin.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dipaparkan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, antara lain:

- 1) Dari hasil survei identifikasi jenis kerusakan pada ruas jalan Denai-Mandala Bypass Kota Medan didapatkan beberapa jenis kerusakan, yaitu retak linier (78 kerusakan), gompal sambungan (30 kerusakan), tambalan besar (11 kerusakan), retak susut (10 kerusakan), penyumbat sambungan (10 kerusakan), patahan (6 kerusakan), keausan agregat (5 kerusakan), gompal sudut (5 kerusakan), scalling (4 kerusakan), retak sudut (2 kerusakan), retak daya tahan (2 kerusakan), remuk (2 kerusakan), pelat terbagi (1 kerusakan) dan tambalan kecil (1 kerusakan).
- 2) Pada ruas denai dari keseluruhan unit sampel yang diteliti hanya 3 unit sampel saja yang mengalami kerusakan dan tergolong kedalam rating sedang (*fair*), yaitu unit sampel 1, 2, dan 7. Selebihnya pada unit sampel lain yang mengalami kerusakan terdapat 11 unit sampel yang masih tergolong kedalam rating baik (*satisfactory*) dan 3 unit sampel tergolong kedalam rating sangat baik (*good*). Pada ruas mandala bypass terdapat 3 unit sampel tergolong kedalam rating baik (*satisfactory*) dan selebihnya yaitu 11 unit sampel lain masih tergolong kedalam rating sangat baik (*good*).
- 3) Nilai *PCI* rata-rata pada ruas jalan denai yang diteliti sepanjang $\pm 1,4$ km adalah 78,53 tergolong kedalam rating baik (*satisfactory*) dengan prioritas penanganan yaitu pemeliharaan berkala. Pada ruas jalan mandala bypass yang diteliti sepanjang ± 800 m, nilai *PCI* rata-rata adalah 89,93 yang termasuk kedalam rating sangat baik (*good*) dengan prioritas penanganan yaitu pemeliharaan rutin.

Saran

Dari evaluasi penelitian ini, ada beberapa rekomendasi dan masukan yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas penelitian ini, termasuk diantaranya:

- 1) Untuk menjaga fungsi pelayanan yang baik pada ruas jalan denai-mandala bypass diperlukan survei kerusakan jalan yang dilakukan secara berkala untuk menilai tingkat pelayanan jalan serta tindakan yang perlu diambil oleh pemerintah daerah setempat, maka perlu adanya pemeliharaan secara teratur dan berkala guna menjaga kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.
- 2) Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami lebih dalam mengenai kerusakan yang terjadi di lokasi penelitian, khususnya dalam hal kerusakan linier yang paling dominan.
- 3) Untuk beberapa jenis kerusakan seperti retak sudut, retak linier, retak susut, gompal sudut dan gompal sambungan dapat diperbaiki dengan mengisi celah retakan beton aspal. Kemudian untuk jenis kerusakan patahan dapat diperbaiki dengan penggantian pelat baru. Selanjutnya untuk jenis kerusakan joint seal damage dapat diperbaiki

dengan mengganti bahan pengisi sambungan/seal. Dan untuk jenis kerusakan pada tambalan dapat diperbaiki dengan menambal ulang kerusakan dengan bahan yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrang, A. T. (2016). *Evaluasi Tingkat Pelayanan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Metode PCI (Pavement Condition Index) Studi Kasus Jl. Ahmad Razak, Jl. Tandipau & Jl. KHM. Kota Palopo*.
- ASTM D6433-11 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys 1 (2011).
- Ghulamsyah, K. (2023). *Penilaian Kondisi Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Kaku Dengan Menggunakan Metode PCI (Pavement Condition Index) Di Kabupaten Lamongan (Studi Kasus: Jalan Raya Sungelebak-Kendalkemlagi)*.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya Edisi Kedua: Perkerasan Drainase Longsor*. UGM Press.
- Kementerian PUPR. (2006). *Modul 4 Pemeliharaan Perkerasan Beton*.
- Kementerian PUPR. (2016). *Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP)*.
- Maulina D, & Hasyim W. (2021). *Analisis Jenis Dan Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Pada Perkerasan Kaku*.
- Putra, S., Diana, W., & Susanto, M. (2016). *Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Kaku (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung)*.
- Rizaldi, Hermansyah, & Mawardin, A. (2023). *Analisis Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Kaku Menggunakan Metode PCI (Pavement Condition Index) (Vol. 7, Issue 2)*.
- Santosa, R., Sujatmiko, B., & Aditya Krisna, F. (2021). *Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Jalan Ahmad Yani Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro)*.
- Shahin, M. Y. (2005). *Pavement Management For Airports, Roads, And Parking Lots*. Springer.
- Simeon Marpaung, M., Setyawan, A., & Suryoto. (2018). *Evaluasi Nilai Kondisi Perkerasan Jalan Nasional Dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Menggunakan Aplikasi Road Evaluation And Monitoring System (REMS) (Studi Kasus : Ruas Jalan Surakarta-Sragen)*.
- Sinaga, D. P., & Buana, C. (2021). *Analisis Kondisi dan Perbaikan Perkerasan pada Ruas Jalan R. E. Martadinata, Kecamatan Tanjung Priok, Kota Administrasi Jakarta Utara*.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.

