

EVALUASI KINERJA PERKERASAN JALAN DI KECAMATAN

MUARA BADAK

Muhammad Raja Al-Amin¹, Viva Oktaviani², Suharto³

¹Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

^{2,3}Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: makangogleselalu@gmail.com

ABSTRAK

Jalan lingkungan di Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan jalur penghubung antara Desa yang memiliki jarak +28,446 km dan rata - rata lebar ruas jalan kurang dari 6 m. Jika dilihat secara kasat mata kondisi jalan di Kecamatan Muara Badak kurang baik melihat volume lalu lintas harian dan beban kendaraan yang melewati Jalan dapat di katakan rendah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan di cari tingkat kelayakan perkerasan jalan di Kecamatan Muara Badak menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).

Jenis-jenis0 kerusakan yang banyak dijumpai di lapangan yaitu *aligator cracking* 2,596%, *patching* 1,445%, dan *weathering ravelling* 0,369% juga ada beberapa bagian yang mengalami kerusakan *depression* 0,245%, *edge cracking* 0,035%, *shoulder drop off* 0,016% dan *potholes* 0,185%. Nilai kinerja perkerasan secara visual *PCI* didapatkan hasil nilai terendah berada pada seksi 14 sebesar 18 dengan kategori *very poor* sedangkan rating tertinggi berada pada seksi 15 sebesar 79 dengan kondisi *very good*. Kerusakan yang didominasi oleh retakan tersebut terjadi karena aspal telah mengalami lelah (*fatigue*) sehingga tidak mampu lagi menahan beban kendaraan yang melewatinya.

Kata Kunci: Jalan, Tingkat Kelayakan Perkerasan Jalan, *Pavement Condition Index (PCI)*

ABSTRACT

The environmental road in Muara Badak District, Kutai Kartanegara Regency is a connecting route between villages that has a distance of +28,446 km and the average width of the road section is less than 6 m. If seen with the naked eye, road conditions in Muara Badak District are not good, seeing the daily traffic volume and vehicle load passing through the road can be said to be low. Therefore, in this study, the feasibility level of road pavement in Muara Badak District will be found using the PCI (*Pavement Condition Index*) method.

The types of damage that are commonly found in the field are *alligator cracking* 2.596%, *patching* 1.445%, and *weathering ravelling* 0.369% there are also some parts that experience *depression damage* of 0.245%, *edge cracking* 0.035%, *shoulder drop off* 0.016% and *potholes* 0.185%. PCI's visual pavement performance score obtained the lowest score was in section 14 of 18 with the *very poor* category while the highest rating was in section 15 of 79 with *very good* conditions. The damage dominated by cracks occurs because the asphalt has experienced fatigue (*fatigue*) so that it is no longer able to withstand the weight of vehicles passing through it.

Keywords: Road, Pavement Feasibility Rate, *Pavement Condition Index (PCI)*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana dalam mendukung laju perekonomian serta berperan sangat besar dalam kemajuan dan perkembangan suatu daerah. Indonesia sebagai salah satu negara yang berkembang sangat membutuhkan kualitas dan kuantitas jalan dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat untuk melakukan berbagai jenis kegiatan perekonomian baik itu aksesibilitas maupun perpindahan barang dan jasa.

Jalan yang dibebani oleh tingginya volume lalu lintas serta berulang - ulang dapat menyebabkan kerusakan pada jalan sehingga menyebabkan kualitas jalan menurun yang dapat dilihat dari kondisi permukaan jalan, baik dari kondisi struktural maupun fungsionalnya yang mengalami kerusakan.

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia yang tumbuh pesat, kesejahteraan yang merata, serta pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah berdampak pada tingginya peningkatan jumlah kendaraan terutama pada moda transportasi darat. Selain itu masuknya kendaraan murah sangat mendukung meningkatnya jumlah kendaraan di Indonesia, di tambah lagi sekarang memiliki kendaraan pribadi sudah bukan merupakan barang mewah, melaikan sebuah kebutuhan primer untuk menunjang kegiatan sehari hari. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut menyebabkan pada turunya tingkat pelayanan jalan, kurangnya fasilitas yang memadai, serta hilangnya fungsi dari jalan itu sendiri. Hal tersebut harus di atasi dengan menambah jaringan jalan baru, memperbaiki fasilitas yang sudah rusak, ataupun meningkatkan fungsi jalan agar dapat lebih memberi kenyamanan pada pengguna jalan tersebut seperti pelebaran jalan, penambahan rambu dan lampu, pembuatan drainase, penambahan talud atau gorong gorong.

Jalan lingkungan di Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan jalur penghubung antara Desa yang memiliki jarak +28,446 km dan rata - rata lebar ruas jalan kurang dari 6 m. Jika dilihat secara kasat mata kondisi jalan di Kecamatan Muara Badak kurang baik melihat volume lalu lintas harian dan beban kendaraan yang melewati Jalan dapat di katakan rendah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan di cari tingkat kelayakan perkerasan jalan di Kecamatan Muara Badak menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*).

Lokasi studi berada di wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara, Kecamatan Muara Badak, Desa Badak Baru, yaitu Jalan Insani Raya.

Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kondisi existing jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara ?
2. Bagaimana menghitung kondisi lalu lintas dan kinerja jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara?
3. Bagaimana menganalisa kinerja dan kerusakan jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara ?

Batasan Masalah

untuk penelitian ini agar lebih terarah, maka penulis membatasi masalah ini sebagai berikut :

1. Daerah yang ditinjau yaitu ruas jalan insani raya STA 0+000-0+480.
2. menghitung kondisi lalu lintas dan kinerja jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara.
3. menganalisa kinerja dan kerusakan jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara

Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuannya adalah :

1. Mengetahui kondisi existing dan kerusakan jalan insani raya.
2. Mengetahui nilai kondisi lalu lintas dan kinerja jalan insani raya.
3. menganalisa kinerja dan kerusakan jalan insani raya di Kecamatan Muara Badak Desa Badak Baru Kabupaten Kutai Kartanegara dengan metode PCI.

Manfaat Penelitian

Dari penyusunan tugas akhir in manfaat yang dapat diambil :

1. Secara akademis sebagai ilmu pengetahuan dan proses belajar untuk bahan masukan serta pertimbangan dalam melakukan kajian yang sejenis
2. Sebagai gambaran tentang kondisi Jalan yang ada di jalan Insani Raya.
3. Sebagai informasi para pembaca dapat mengetahui kondisi dan kinerja jalan yang ideal.
4. Menambah informasi terhadap pengguna jasa/pemerintah agar bisa diaplikasikan di dunia perencanaan jalan raya khususnya perencanaan jalan

TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan, dimana di Indonesia jalan di klasifikasikan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan (status jalan), berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan (Kelas Jalan), berdasarkan medan jalan. Menurut TGPJAK No.:038/T/BM/1997.

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Menurut Undang-Undang 38 Tahun 2004 dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 bahwa suatu jalan dikelompokkan berdasarkan sistem jaringan, fungsi, kelas dan statusnya.

Tingkat Pelayanan Jalan

Kinerja atau tingkat pelayanan jalan menurut US-HCM adalah ukuran kualitatif yang digunakan di Amerika dan menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu-lintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan. Dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi lalu-lintas, keenakan kenyamanan, dan keselamatan. (MKJI, 1997)

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2005 tentang Karakteristik Tingkat Pelayanan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Karakteristik Tingkat Pelayanan

Tingkat	Karakteristik
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, Q/C masih dapat ditolerir
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti
F	Arus yang dipaksakan/macet, kecepatan rendah, V diatas kapasitas, antrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2005

Evaluasi Existing Jalan

Untuk melakukan perencanaan Jalan Insani Raya Kapupaten Kutai Kartanegara yang baru, langkah pertama kali yang dilakukan adalah mengevaluasi existing jalan. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain mengevaluasi kondisi fisik jalan, tebal perkerasan, kondisi tata guna lahan disekitar jalan existing, dan daya dukung tanah dasar.

Kondisi Fisik Jalan Existing

Menurut Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Teknik, (1995), Manual Pemeliharaan Rutin untuk Jalan Nasional dan Jalan Propinsi, Jilid I Metode Survai, dan Jilid II Metode Perbaikan Standar, Jakarta kerusakan jalan dapat berupa :

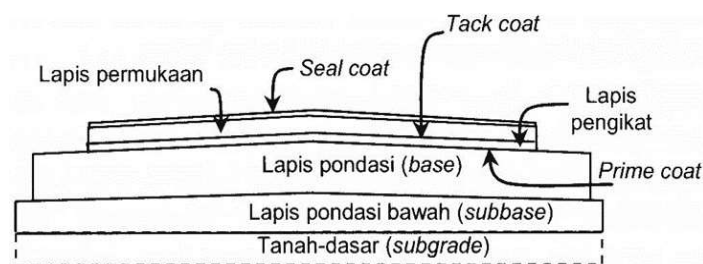
1. Retak (*cracking*)
2. Distorsi (perubahan bentuk)
3. Cacat permukaan (*disintegration*)
4. Pengausan (*polished aggregate*)
5. Kegemukan (*bleeding or flushing*)
6. Penurunan (*utility cut depression*)

Kondisi fisik jalan harus dievaluasi terlebih dahulu untuk melihat seberapa besar kerusakan yang terjadi pada badan jalan sebelum dilakukan perencanaan ulang jalan. Langkah pengevaluasian kondisi fisik jalan antara lain menentukan jenis kerusakan, tingkat kerusakan, dan jumlah kerusakan yang ada pada jalan.

Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)



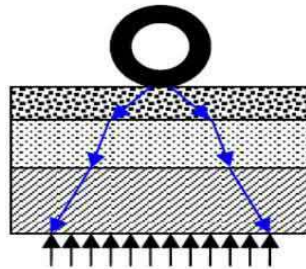
Gambar 2.1. Perkerasan Lentur.

Lapis perkerasan adalah merupakan lapis permukaan yang mencangkup lapisan padat dari lapisan merata, lapisan pondasi atau lapis campuran aspal yang terdiri dari aggregate dan bahan aspal yang dicampur, serta penghamparan dan pemadatan campuran tersebut. (Surandono dan Rinaldi, 2015). Keuntungan menggunakan perkerasan lentur, yaitu:

1. Tidak silau, sehingga mengurangi resiko kecelakaan.
2. Memiliki tahanan geser yang yang baik.
3. Lebih murah dari perkerasan kaku
4. Mudah diberi lapisan *Overlay*.

Sementara itu kerugian dalam menggunakan perkerasan lentur yaitu :

1. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku, tetapi lebih mudah rusak.
2. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan.
3. Biaya perawatan lebih mahal dari perkerasan kaku dan perawatan lebih sering.
4. Lebih licin jika tergenang air.
5. Membutuhkan agregat yang lebih banyak. Berikut adalah distribusi beban pada perkerasan lentur :



Gambar 2.2. Distribusi Beban untuk Perkerasan Lentur.

Dalam Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B menjelaskan bahwa struktur perkerasan lentur terdiri atas lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*).

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang dibangun di atas tanah dasar (*subgrade*). Susunan struktur lapisan perkerasan lentur jalan dari bagian atas ke bawah, perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal dan agregat ditebar dijalan pada suhu tinggi (sekitar 100° C). (Surandono dan Rinaldi, 2015).

Perkerasan lentur umumnya didesain untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan. Menurut Pt T-01-2002-B struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan – lapisan yang semakin ke atas memiliki daya dukung yang semakin besar, dan ketebalan yang semakin kecil. Lapisan – lapisan tersebut adalah:

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan struktur pekerasan lentur terdiri atas campuran mineral agregat dan bahan pengikat yang ditempatkan sebagai lapisan paling atas dan biasanya terletak di atas lapis pondasi (Tenriajeng, 2002). Fungsi lapis permukaan antara lain:

1. Sebagai bagian pekerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar- besarnya dari biaya yang dikeluarkan, menurut Sukirman (1999).

b. Lapis pondasi atas (*Base Course*)

Menurut Suprpto (2000), lapisan ini terletak di antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi atas akan langsung diletakkan di atas permukaan tanah dasar jika tidak ada lapis pondasi bawah.

Menurut Sukirman (1999) fungsi dari lapis pondasi atas adalah :

1. Bagian struktur pekerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
2. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
3. Sebagai perletakan (lantai kerja) lapis permukaan.

c. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Dalam Pedoman Perencanaan Tebal Pekerasan Lentur Pt T-01-2002B menjelaskan bahwa lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur pekerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Lapisan pondasi bawah biasanya terdiri dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi ataupun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi. Lapis pondasi bawah berfungsi untuk:

1. Menyalurkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah.

3. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
4. Untuk sesegera mungkin melapisi tanah dasar dari faktor cuaca maupun beban alat berat.
5. Mencegah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

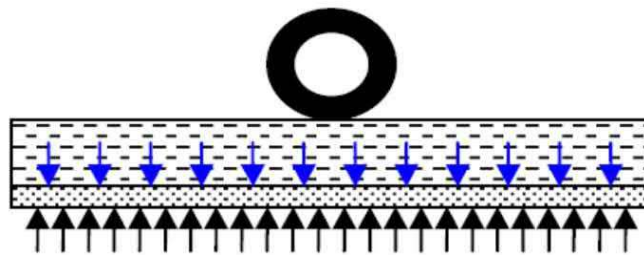
d. Lapis pondasi dasar (*Subgrade Course*)

Dalam Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002B menjelaskan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. berdasarkan elevasi muka tanah, lapis tanah dasar dapat dibedakan menjadi:

1. Lapis tanah dasar asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut.
2. Lapis tanah dasar timbunan, terletak diatas muka tanah asli.
3. Lapis tanah dasar galian, terletak dibawah muka tanah asli.

2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan pelat beton yang dicor diatas suatu lapisan pondasi (*base course*) atau langsung diatas tanah dasar. Sebagai bahan pengikatnya digunakan *Portland Cement*.



Gambar 2.3. Distribusi Beban untuk Perkerasan Kaku

3. Perkerasan komposit (*Composte Pavement*)

Perkerasan komposit adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku maupun sebaliknya (Sukirman, 1999).

Metode PCI

Inspeksi visual permukaan perkerasan merupakan informasi yang sangat berguna, karena menurut (Brotten dan Sombre, 2001) dapat digunakan untuk:

1. mengevaluasi kondisi perkerasan saat dilakukan inspeksi,
2. menentukan prioritas pemeliharaan perkerasan dan kebutuhan rehabilitasi,
3. mengestimasi kuantitas pemeliharaan, dan

4. mengevaluasi kinerja cara pemeliharaan dan rehabilitasi yang berbeda.

Metode *PCI* memberikan informasi kondisi perkerasan hanya pada saat survei dilakukan, tapi tidak dapat memberikan gambaran prediksi masa datang, sehingga perlu dilakukan survei kondisi secara periodik agar informasi kondisi perkerasan dapat berguna untuk prediksi kinerja perkerasan di masa datang.

Indeks Kondisi Perkerasan (*PCI*)

Indeks Kondisi Perkerasan atau *PCI* adalah tingkatan dari kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi. *PCI* ini merupakan indeks numerik yang nilainya berkisar antara 0 sampai 100. Nilai 0 menunjukkan perkerasan dalam kondisi sangat rusak, dan nilai 100 menunjukkan perkerasan perkerasan masih sempurna. *PCI* ini didasarkan pada hasil survei kondisi visual. Tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan ukurannya diidentifikasi saat survei kondisi tersebut. *PCI* dikembangkan untuk memberikan indeks dari integritas struktur perkerasan dan kondisi operasional permukaannya. Dalam metode *PCI*, tingkat keparahan kerusakan perkerasan merupakan fungsi dari 3 faktor utama yaitu;

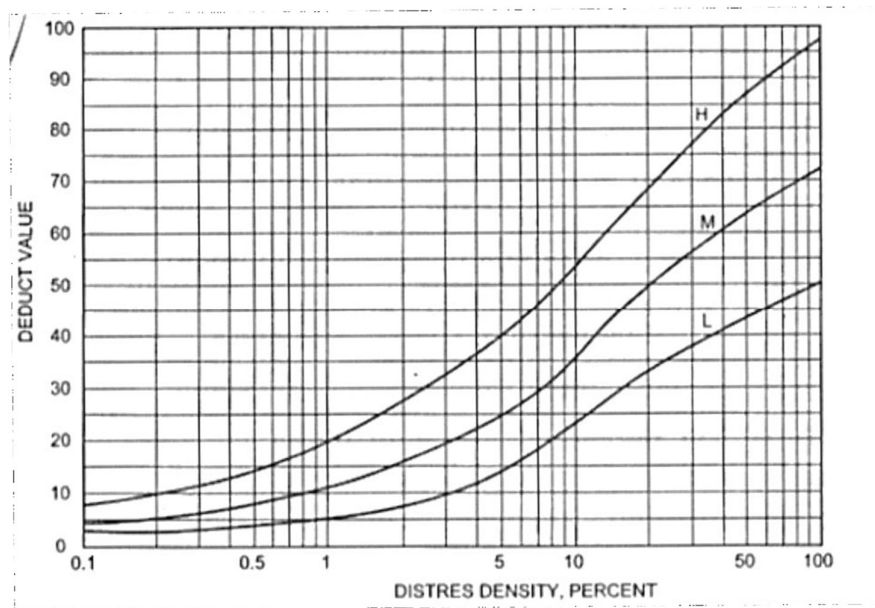
1. tipe kerusakan,
2. tingkat keparahan kerusakan, dan
3. jumlah atau kerapatan kerusakan.

Hitungan *PCI*

Dalam hitungan *PCI*, terdapat istilah-istilah sebagai berikut ini.

1. Nilai pengurang (*Deduct Value, DV*)

Nilai pengurang (*deduct value*) adalah suatu nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*) kerusakan. Nilai pengurang pada grafik dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 2.4 Nilai Pengurang (*Deduct Value*)

(Sumber: Shahin dalam Hardiyatmo, 2015)

2. Kerapatan (*density*)

Perbedaan dalam menghitung *PCI* untuk unit sampel perkerasan aspal dan perkerasan beton adalah cara dalam menghitung kerapatan kerusakan. Kerapatan adalah persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang diukur, bisa dalam ft^2 atau m^2 . Dengan demikian, kerapatan kerusakan pada perkerasan aspal dinyatakan dalam persamaan:

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 \quad (3.1)$$

A_d = Luas total dari jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (ft^2 atau m^2),

A_s = Luas total unit sampel (ft^2 atau m^2), dan

L_d = Panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan (ft atau m).

Persamaan 3.1 dan Persamaan 3.2 digunakan untuk kerusakan yang bisa diukur, misalnya retak pinggir, retak memanjang, melintang, *bump*, retak refleksi sambungan, dan *lane shoulder drop off*.

Untuk kerusakan tertentu seperti lubang, maka dihitung dengan

$$\text{Kerapatan (density) (\%)} = \frac{\text{jumlah lubang}}{A_s} \times 100 \quad (3.3)$$

3. Nilai Pengurang Total (*Total Deduct Value, TDV*)

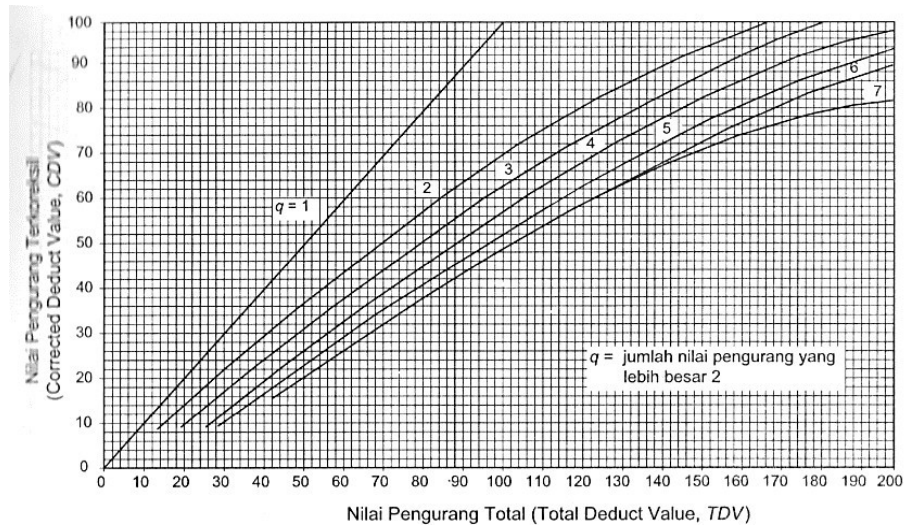
Nilai pengurang total atau *TDV* adalah jumlah total dari nilai-nilai pengurang

(Deduct Value) pada masing-masing unit sampel.

4. Nilai pengurang terkoreksi (Corrected Deducted Value, CDV)

Nilai pengurang terkoreksi diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total (TDV) dan nilai pengurang (DV) dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurang tertinggi (Highest Deduct Value, HDV) maka CDV yang digunakan adalah nilai pengurang individual yang tertinggi.

Nilai maksimum CDV ditentukan secara iterasi sebagai berikut:



Gambar 2.5 Koreksi Kurva untuk Jalan dengan Permukaan Aspal
(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

5. Nilai PCI

Setelah CDV diperoleh, maka PCI untuk setiap unit sampel dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$PCI_s = 100 - CDV \quad (3.4)$$

Dengan $PCI_s = PCI$ untuk setiap unit sampel atau unit penelitian, dan CDV adalah CDV dari setiap unit sampel.

Nilai PCI perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan tertentu adalah :

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \quad (3.5)$$

dengan,

PCI_f = nilai PCI rata-rata dari seluruh area penelitian,

PCI_s = nilai PCI untuk setiap unitsampel, dan N = jumlah unit sampel

Penilaian Kondisi Perkerasan PCI

Hitungan PCI didasarkan pada nilai pengurang DV (Deduct Value) yang berat nilainya 0 sampai 100. Nilai pengurang ini menunjukkan pengaruh setiap kerusakan pada kondisi atau kinerja

perkerasan. Nilai pengurang 0 mengindikasikan bahwa kerusakan tidak mempunyai pengaruh buruk pada kinerja perkerasan, sebaliknya nilai 100 Menunjukkan kerusakan serius pada perkerasan. Kondisi *PCI* yang diperoleh kemudian digunakan untuk penilaian kondisi perkerasan. Pembagian nilai kondisi perkerasan yang disarankan oleh FAA (1982) dan Shahin (1994), ditunjukkan dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 2.14 *PCI* dan Nilai Kondisi

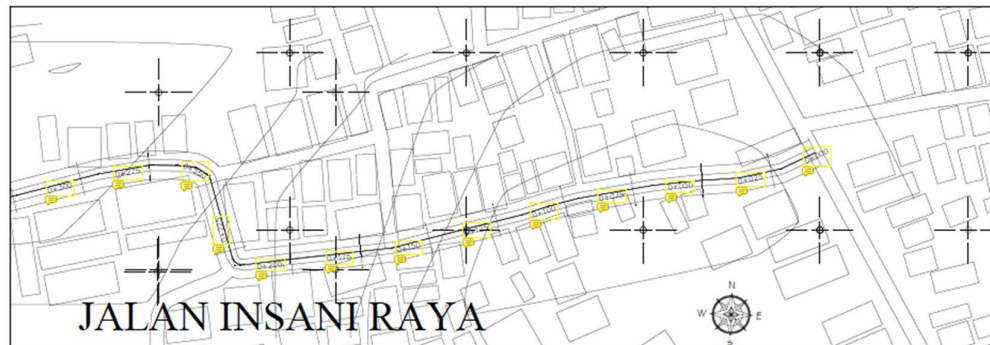
Nilai PCI	Kondisi
0-10	Gagal (<i>failed</i>)
11-25	Sangat buruk (<i>very</i>
26-40	<i>poor</i>) Buruk
41-55	(<i>poor</i>) Sedang
56-70	(<i>fair</i>)
71-85	Baik (<i>good</i>)
86-100	Sangat baik (<i>very good</i>)
	Sempurna (<i>excellent</i>)

Sumber : FAA dan Shahin dalam Hardiyatmo (2015)

METOLOGI PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi Penelitian berada di Insani Raya. Adapun lokasi pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Secara geografis Kabupaten Kutai Kartanegara terletak antara 115°26'28" sampai dengan 117°36'43" Bujur Timur serta diantara 1°28'21" Lintang Utara dan 1°08'06" Lintang Selatan. Kecamatan Muara Badak memiliki luas wilayah mencapai 939,09 km² dengan jumlah penduduk mencapai 57.712 jiwa yang tersebar di 13 desa.

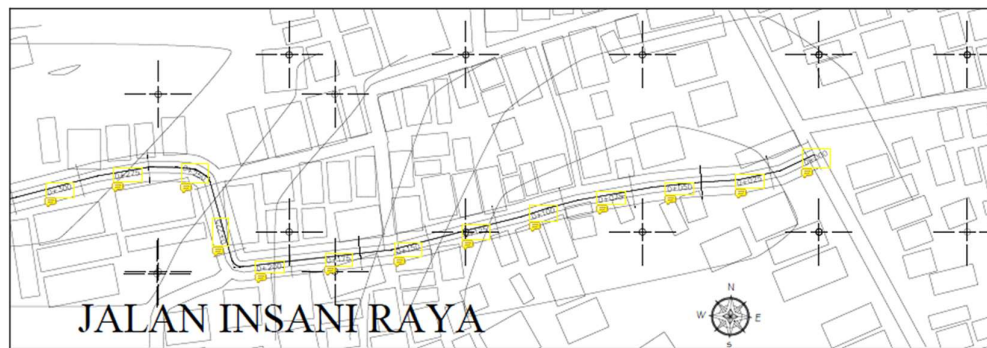
Desain Penelitian

Desain penelitian yang dipilih menggunakan Metode Penelitian Kuantitatif, yaitu metode perhitungan perhitungan kerusakan jalan dengan PCI yang dilakukan dengan pengamatan titik-titik kerusakan jalan kemudian dituliskan dalam form data pengamatan untuk kemudian diolah menjadi nilai kerusakan jalan. Untuk perhitungan keseragaman lendutan, dilakukan perhitungan sepanjang seksi jalan. Beberapa metode pendukung digunakan dengan menggunakan studi literatur atau kepustakaan dengan mengutip dari buku, jurnal, berita dan survei lapangan dengan observasi langsung ke lokasi yang akan dikaji.

Populasi dan Sampel

- Populasi

Lokasi penelitian yang diambil dalam penelitian ini adalah terletak pada jalan Insani Raya dengan Panjang ruas Jalan 480 Meter yang akan di kaji, untuk metode pengukuran panjang saluran yang di teliti, penulis menggunakan hasil pengukuran dilokasi penelitian yang telah di gambar menggunakan AutoCad seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Panjang Ruas Jalan Insani Raya

- Sampel

Dalam penelitian ini, pengambilan sampel diuraikan pada masing masing metode sebagai berikut

- Sampel Untuk PCI

Unit sampel adalah bagian atau seksi dari suatu perkerasan yang didefinisikan hanya untuk keperluan pemeriksaan. Berikut ini akan disampaikan cara pembagian dan penentuan unit-unit sampel yang akan disurvei.

1. Cara pembagian unit sampel.

Unit sampel didefinisikan sebagai luasan sekitar $233 \pm 93 \text{ m}^2$ ($2500 \pm 1000 \text{ sq.ft}$) (Shahin, 1994). Ukuran unit sampel sebaiknya mendekati nilai rata-rata yang direkomendasikan agar hasilnya akurat. Untuk studi kasus penelitian adalah sebagai berikut:

panjang jalan	= 480 m (dibagi menjadi 2 bagian yaitu dibagi menjadi 240m/segmen),
bagian pertama	= 240 m (sta.0+000 s/d 0+240),
bagian kedua	= 240 m (sta.0+240 s/d 0+480), dan
lebar jalan	= 3,5 m.

Perhitungan luas sampel dipakai 960m^2 dengan panjang 240m tiap segmen sehingga terdapat 2 total segmen.

2. Penentuan unit sampel yang disurvei

Tujuan dari penentuan sampel ini adalah untuk mengevaluasi bagian perkerasan spesifik pada tingkat-proyek. Jaringan jalan yang dibagi ke dalam beberapa unit sampel, kemudian dipetakan jaringan jalan untuk dibagi ke dalam beberapa unit sampel.

Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data memegang peranan penting sebagai alat penelitian dan bukti untuk mencapai tujuan penelitian. Berikut ini ada 2 jenis data yang digunakan yaitu dengan cara :

1. Data Primer

Berikut merupakan uraian langkah langkah penelitian metode *PCI* yang meliputi alat-alat yang dibutuhkan, dan pengambilan data di lapangan.

- **Alat yang Dibutuhkan**

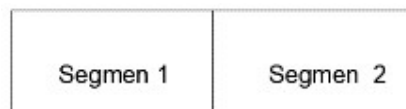
Peralatan yang digunakan dalam penelitian *PCI* adalah sebagai berikut

1. rol meter,
2. mistar untuk mengukur kedalaman kerusakan jalan,
3. kamera untuk dokumentasi, dan
4. formulir data survei kondisi jalan (manual kerusakan *PCI*).

- **Langkah-Langkah Pengambilan Data di Lapangan**

Berikut adalah langkah-langkah pengujian *PCI* yaitu:

1. memeriksa satu unit sampel dengan mengukur tipe kerusakan dan tingkat kerusakannya. Satu lembar formulir data digunakan untuk satu unit sampel. Perkerasan dibagi untuk setiap jarak 240 m. dengan luasan tiap segmen 960 m^2 ,
2. jalan Insani Raya dengan panjang 480 m dibagi menjadi 2 segmen. Untuk pembagian segmen jalan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 Pembagian Segmen Jalan

3. setiap unit sampel diperiksa tipe kerusakan, tingkat keparahan dan kerapatannya kemudian dicatat pada formulir data survei.

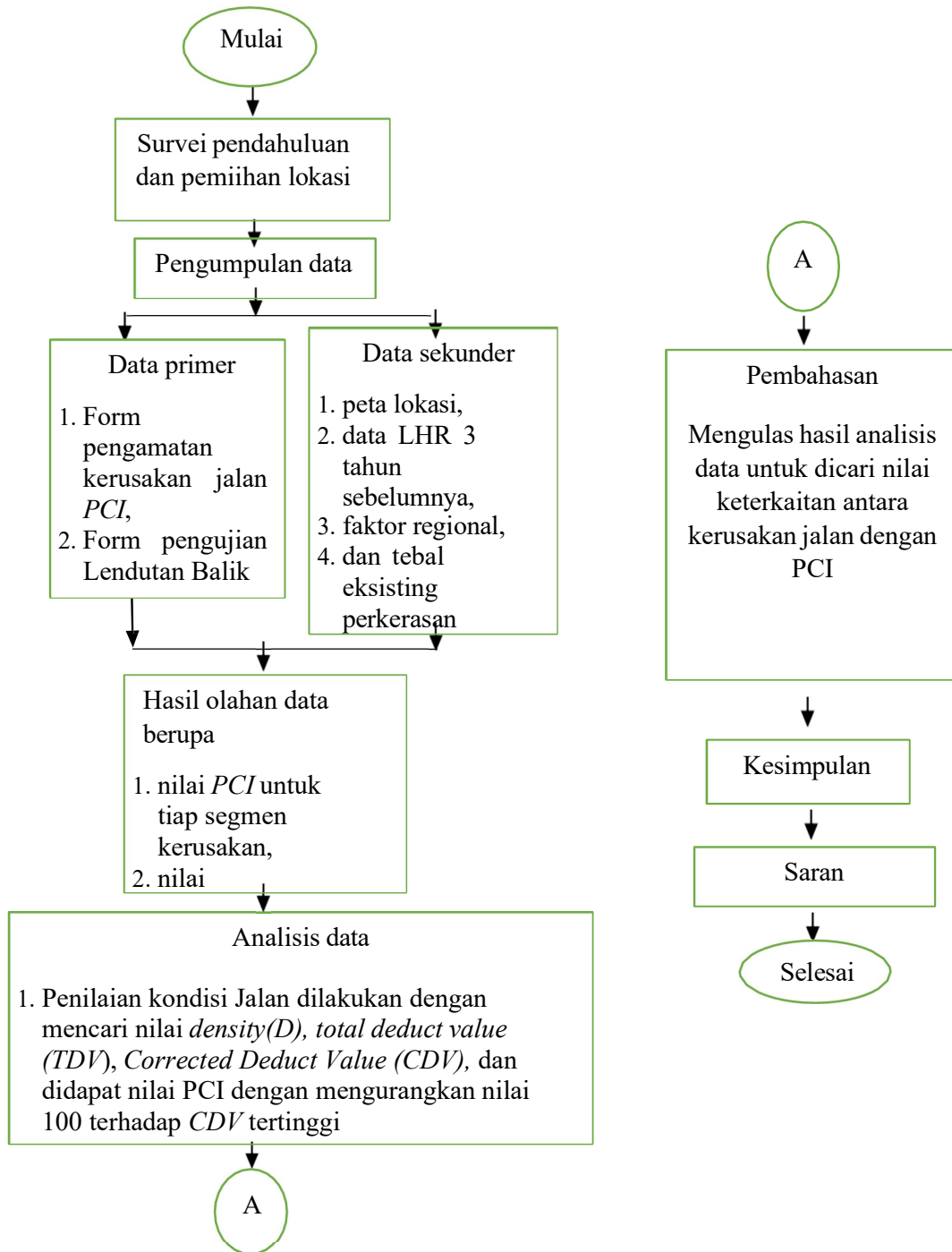
2. Data Sekunder

Laporan yang sifatnya menunjang dan melengkapi data primer yang diperoleh dari dinas terkait.

Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan peneliti untuk ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya ijin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 3 (tiga) bulan, 1 bulan pengumpulan data dan 2 bulan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung.

Bagan Alir



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *PCI*

Dalam melakukan penelitian perlu dilakukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Analisis yang baik memerlukan data atau informasi yang lengkap dan akurat disertai dengan teori atau konsep dasar yang relevan ruas jalan yang akan diteliti. Metode dalam survei ini merupakan metode deskriptif yang berarti survei yang memfokuskan pada masalah-masalah yang ada pada saat sekarang (keadaan kerusakan perkerasan jalan saat diteliti), sedangkan analisis berarti data yang dikumpulkan dan disusun, kemudian dianalisis dengan menggunakan prinsip-prinsip analisis Metode *PCI*.

Dari hasil pengamatan visual di lapangan diperoleh luas kerusakan, kedalaman ataupun lebar retak yang nantinya dipergunakan untuk menentukan kelas kerusakan jalan. Densitas kerusakan ini dipengaruhi oleh kuantitas tiap jenis kerusakan dan luas segmen jalan yang ditinjau. Penentuan *Deduct Value* dapat segera dihitung setelah kelas kerusakan dan densitas diperoleh. *Total Deduct Value (TDV)* dan *Corrected Deduct Value (CDV)* dapat dihitung segera setelah tahapan-tahapan di atas sudah diketahui nilainya. Tahap akhir dari analisis nilai kondisi perkerasan adalah menentukan nilai *Pavement Condition Index (PCI)*, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan prioritas penanganan kerusakan. Langkah-langkah perhitungan dengan metode *PCI* diuraikan pada sub- bab berikut.

Membuat Peta Kerusakan Jalan

Peta kerusakan jalan dibuat berdasarkan *walkround survey* sehingga diperoleh panjang dan luas kerusakan. Kedalaman ataupun lebar retak yang nantinya dipergunakan untuk menentukan kelas kerusakan jalan.

Membuat Catatan Kondisi dan Kerusakan Jalan

Catatan kondisi dan kerusakan jalan berupa tabel yang berisi jenis, dimensi, tingkat, dan lokasi terjadinya kerusakan.

Memasukkan Nilai-Nilai Luasan Kerusakan

Hasil survei kondisi kerusakan jalan berupa panjang, dan luasan kerusakan jalan dituliskan pada formulir survei. Berikut adalah contoh formulir pada seksi 1 yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut

Tabel 5.1 Formulir Survei PCI Seksi 1

ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEI DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT					SKETSA			
Seksi 1		Sta : 0+000 s/d 0+240						
1. Retak buaya (m ²)		9. Pinggir jalan turun vertikal (m)			15. Alur (m ²)			
2. Kegemukan (m ²)		10. Retak memanjang /melintang (m)			16. Sungkur (m ²)			
3. Retak blok (m ²)		11. Tambalan (m)			17. Patah slip (m ²)			
4. Benjol dan turun(m)		12. Pengausan agregat (m)			18. Mengembang jembul (m ²)			
5. Keriting (m ²)		13. Lubang (jumlah)			19. Pelepasan butir (m ²)			
6. Ambblas (m ²)		14. Perpotongan rel (m ²)						
7. Retak pinggir (m)								
8. Retak sambung (m)								
KEADAAN TIPE KERUSAKAN								
Distress Severity	Quantity (m)				Total (ft, ft ²)	Density (%)	Deduct Value	
1L	1x2	1x5	2x3		42,65	1,13	12	
11M	2x1	2x2	1x1		22,96	0,61	7	
1M	3x4				39,37	1,04	22	
1H	1x1				3,28	0,09	12	
PERHITUNGAN PCI								
Deduct Value					Total	q	CDV	
22	12	12	7		53	4	28	
22	12	12	2		48	3	30	
22	12	2	2		38	2	28	
22	2	2	2		28	1	28	
CDV terbesar = 30 PCI = 100-30 = 70 dengan rating baik (<i>good</i>)								

Menentukan Nilai Pengurang (*Deduct Value*)

Nilai pengurang (*Deduct Value*) adalah suatu nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*Severity Level*) kerusakan. Karena banyaknya kemungkinan kondisi perkerasan, untuk menghasilkan suatu indeks yang memperhitungkan ketiga faktor tersebut umumnya menjadi masalah. Untuk mengatasi hal ini, nilai pengurang dipakai sebagai faktor pemberat yang mengindikasikan derajat pengaruh kombinasi tiap-tiap tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, dan kerapatannya. Didasarkan pada kelakuan perkerasan, masukan dari pengalaman, hasil uji lapangan, dan evaluasi prosedur, serta deskripsi akurat dari tipe-tipe kerusakan, maka tingkat keparahan kerusakan dan nilai pengurang diperoleh, sehingga suatu indeks kerusakan gabungan *PCI* dapat ditentukan. Cara mencari nilai *Deduct Value* dapat dilihat pada langkah-langkah berikut.

1. Jumlahkan tipe kerusakan pada setiap tingkat keparahan kerusakan yang terlihat, dan catat kerusakan pada kolom "Total".

Contoh pada sta. 0+000 s/d 0+240 terjadi kerusakan sebagai berikut.

- a. Retak buaya ringan = 13 m² atau 42,65ft²
- b. Tambalan Sedang = 7 m² atau 22,96 ft²
- c. Retak buaya sedang = 12 m² atau 39,37 ft²
- d. Retak buaya berat = 1 m² atau 3,28 ft²

2. Menghitung Densitas

Densitas (%) = (Luas atau panjang kerusakan / Luas perkerasan) x 100%. Berikut adalah nilai kerapatan kerusakan pada sta. 0+000 s/d 0+240 dengan lebar jalan 3,5m (11,483ft) dan panjang sebesar 240m (328,08ft). Contoh perhitungan densitas dalam feet pada seksi 1 dapat dilihat pada halaman berikut.

$$\begin{aligned} \text{a. Retak buaya ringan} &= \frac{42,65}{11,48 \times 328,08} \times 100\% \\ &= 1,13\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Tambalan sedang} &= \frac{22,96}{11,48 \times 328,08} \times 100\% \\ &= 0,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Retak buaya sedang} &= \frac{39,37}{11,48 \times 328,08} \times 100\% \\ &= 1,04\% \end{aligned}$$

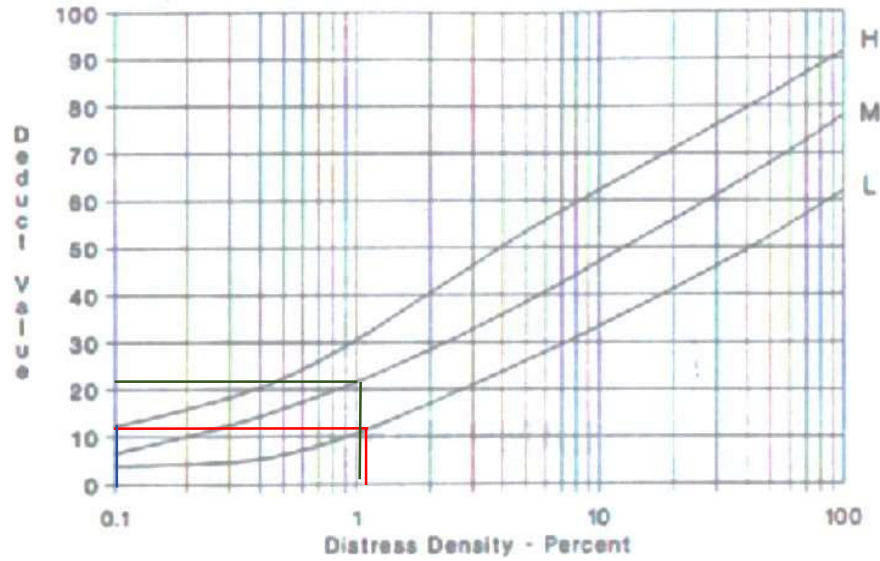
$$\begin{aligned} \text{d. Retak buaya berat} &= \frac{3,28}{11,48 \times 328,08} \times 100\% \\ &= 0,09\% \end{aligned}$$

3. Mencari *Deduct Value (DV)*

Mencari *Deduct Value* yang berupa grafik jenis-jenis kerusakan. Adapun cara untuk menentukan *DV* yaitu dengan memasukkan persentase densitas pada grafik masing-masing jenis kerusakan kemudian menarik garis vertikal sampai memotong tingkat kerusakan (*low, medium, high*), selanjutnya pada titik potong tersebut ditarik garis horizontal dan didapat nilai *DV*.

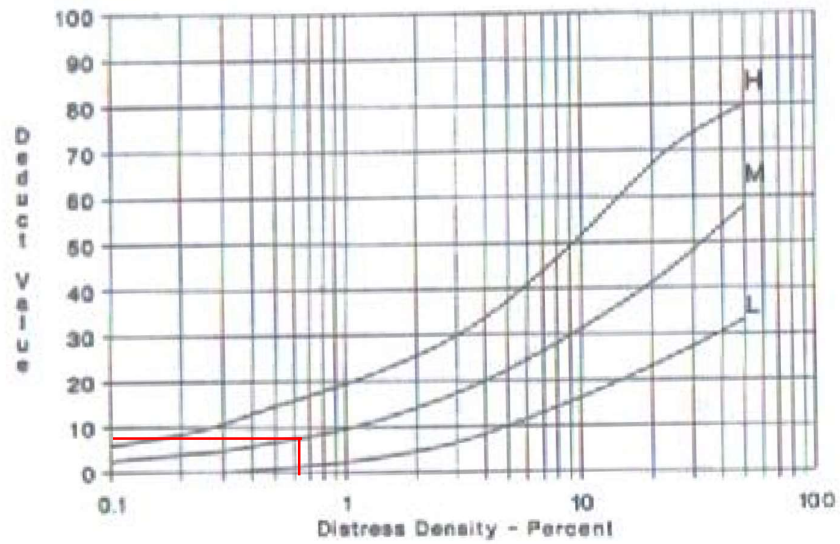
Berikut adalah contoh mencari *Deduct Value* pada sta. 0+000 s/d 0+240

a. Retak Buaya (*aligator cracking*) sedang (*low*)



Gambar 5.1 Grafik Retak Kulit Buaya

b. Tambalan (*depression*)



Gambar 5.2 Grafik Tambalan

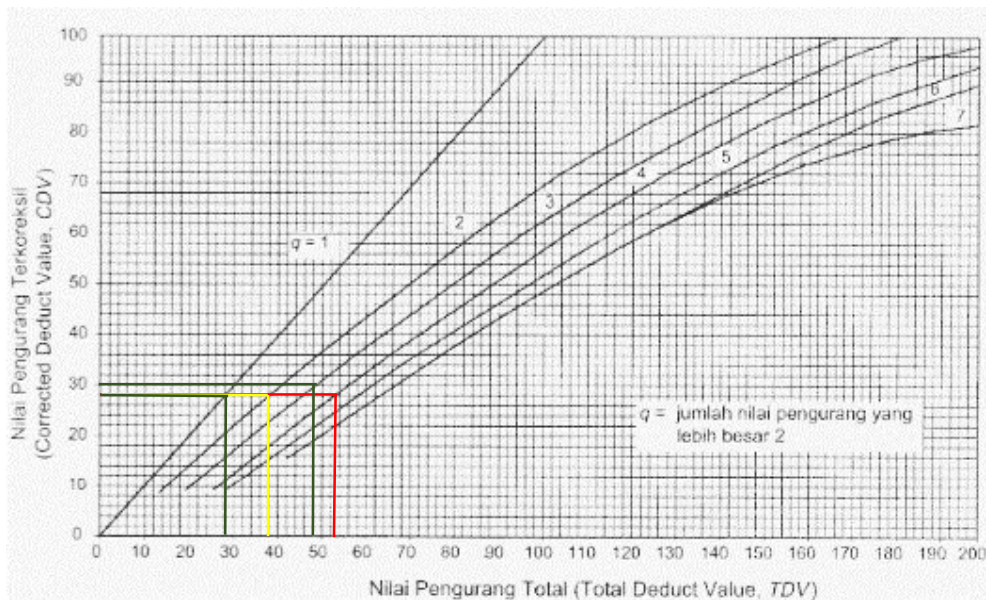
Dari grafik tersebut, didapatkan nilai *Deduct Value* pada sta. 0+000 s/d 0+240 sebesar 12 untuk retak buaya ringan, 7 untuk tambalan sedang, 22 untuk retak buaya sedang, dan 12 untuk retak buaya berat.

4. Melakukan iterasi sampai mendapatkan $q=1$, dengan cara mengurangi nilai- nilai pengurang (DV) yang nilainya lebih besar 2 diubah menjadi 2, untuk jalan dengan perkerasan aspal atau beton, sedangkan nilai pengurang individual minimum adalah 2. Untuk mendapatkan nilai $q=1$ (yaitu saat $TDV=CDV$), maka ulangi langkah tersebut sampai didapat nilai $q=1$. Perhitungan iterasi dapat dilihat pada tabel 5.2.
5. Mencari *Total Deduct Value (TDV)* dengan menambah seluruh nilai pengurang individual. Perhitungan dalam sta 0+000 s/d 0+240, nilai TDV dapat dilihat pada tabel 5.2 pada kolom total.
6. Mencari *Corrected Deduct Value (CDV)*
 Untuk mendapatkan nilai CDV yaitu dengan cara memasukkan nilai TDV ke dalam nilai koreksi dalam grafik CDV dengan cara menarik garis vertikal pada nilai CDV sampai memotong garis q kemudian ditarik garis horizontal. Nilai q merupakan jumlah DV yang lebih dari 2 untuk jalan dengan perkerasan permukaan aspal dan tempat parkir. Pada sta. 0+000 s/d 0+240 terdapat 5 *Deduct Value*, dan *Deduct Value* yang bernilai lebih dari 2 ada 4 maka q yang dipakai adalah $q=4$,
7. Nilai maksimum CDV adalah nilai CDV terbesar hasil hitungan. Pada sta. 0+000 s/d 0+240 didapat CDV maksimum sebesar 30. Perhitungan CDV dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Perhitungan Iterasi *Corrected Deduct Value*

No.	Deduct Value					TOTAL	q	CDV
1	22	12	12	7	-	53	4	28
2	22	12	12	2	-	48	3	30
3	22	12	2	2	-	38	2	28
4	22	2	2	2	-	28	1	28

Dari hasil tabel *Corrected Deduct Value*, didapat nilai iterasi CDV terbesar sebesar 30 yang diperoleh dengan memasukkan nilai TDV ke grafik *Corrected Deduct Value* pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Kurva CDV

Pada gambar diatas dapat dilihat nilai pengurang terkoreksi maksimum (*CDV*) pada sta. 0+000 s/d 0+240 adalah 30.

Menghitung Nilai *PCI*

Hitungan *PCI* dapat dihitung dengan mengurangi nilai 100 dengan *CDV* maksimum. Sehingga, nilai *PCI* pada sta. 0+000 s/d 0+240 adalah 70 ($PCI=100- 30$) dengan kategori tingkat Sangat Baik (*Very Good*). Berikut adalah hasil perhitungan nilai *PCI* tiap segmen dari sta.0+000 s/d 0+240 untuk bagian pertama, dan sta 0+240 s/d 0+480 untuk bagian kedua.

Tabel 5.3 Nilai *PCI* Sta.0+000 s/d 0+480

Seksi	Stasiun	Jenis dan Tingkat Kerusakan																					Nilai PCI	Rating		
		<i>Alligator Cracking</i>			Amblas			<i>Edge Cracking</i>			<i>Patching Utility</i>			<i>Pothole</i>			<i>Ravelling</i>			Bahu Turun						
		L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H				
1	0+000 s/d 0+240	12	22	12	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	<i>Very good</i>
2	0+240 s/d 0+480	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	79	<i>Very good</i>
Nilai PCI rata-rata untuk bagian pertama sta 0+000 s/d 0+480																						74,5	<i>Very good</i>			

Dari tabel tersebut, diperoleh nilai *PCI* rata rata pada bagian pertama (sta. 0+000 s/d 0+240) sebesar 70 dan kedua (sta.0+000 s/d 0+480) sebesar 79 dengan rata-rata kedua bagian sebesar 74,5 dengan kondisi Sangat Baik (*very good*). Rekapitulasi persentase rating nilai *PCI* pada ruas jalan Insani Raya dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Persentase Kualitas Perkerasan

Kualitas Perkerasan	Jumlah Segmen	Persentase %
<i>Very Good</i>	2	100
Jumlah	2	100

Diketahui bahwa nilai persentase jenis kerusakan atau *Total Density* dari ruas jalan Insani Raya terbesar adalah retak kulit buaya sebesar 2,596%. Sedangkan *Density* terendah terjadi pada kerusakan jalur bahu turun sebesar 0,016% yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Persentase Jenis dan Tingkat Kerusakan

Jenis dan Tingkat Kerusakan	
Jenis Kerusakan	<i>Total Density</i> %
1. Retak Kulit Buaya	2,27
2. Tambalan dan Galian	0,61

Dari hasil pengujian dan perhitungan tersebut, didapat grafik antara stasiun dan nilai *PCI* yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

Dapat dilihat bahwa nilai *PCI* yang diteliti pada bagian pertama sebesar 70 dengan kategori *verygood* dan nilai *PCI* bagian kedua sebesar 79 dengan kategori *verygood*, sehingga nilai rerata *PCI* pada kedua bagian sebesar 74,5 dengan kategori *very good* yang berarti kondisi jalan pada ruas jalan Insani Raya masih cukup layak untuk di lintasi kendaraan dengan memerlukan perbaikan di beberapa titik.

Pembahasan dan Analisis

Persentase nilai kerusakan dalam perhitungan *PCI* pada setiap rating adalah *very good* sebanyak 2 segmen sebesar 100%, *good* sebesar 0% dengan, *fair* sebesar 0%, *poor* sebesar 0, dan *very poor* sebesar 0% sebanyak. Dari persentase tersebut, terlihat bahwa rating *fair* mendominasi tingkat kerusakan *PCI* dengan jumlah sebanyak 2 segmen. Menurut acuan dalam penelitian ini, terdapat 19 jenis kerusakan jalan, akan tetapi, hanya ada 4 macam kerusakan jalan yang terjadi pada ruas jalan Insani Raya, diantaranya adalah *alligator*

Secara umum, perhitungan penelitian kerusakan jalan dengan *PCI* ini menunjukkan bahwa

kondisi kualitas perkerasan lentur pada ruas jalan Insani Raya Kabupaten Kutai Kartanegara adalah sedang (*fair*) dengan kerusakan maksimum yang dicapai adalah 18 dengan kategori *very poor* dan tertinggi 79 dengan kategori *very good*.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di lapangan serta analisis dan pembahasan terhadap hasil-hasil penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut ini.

1. Jenis-jenis dan tipe kerusakan yang banyak dijumpai di lapangan yaitu *aligator cracking* 2,596%, *patching* 1,445%, dan *weathering ravelling* 0,369% juga ada beberapa bagian yang mengalami kerusakan *depression* 0,245%, *edge cracking* 0,035%, *shoulder drop off* 0,016% dan *potholes* 0,185%. Nilai kinerja perkerasan secara visual *PCI* didapatkan hasil nilai terendah berada pada seksi 14 sebesar 18 dengan kategori *very poor* sedangkan rating tertinggi berada pada seksi 15 sebesar 79 dengan kondisi *very good*. Kerusakan yang didominasi oleh retakan tersebut terjadi karena aspal telah mengalami lelah (*fatigue*) sehingga tidak mampu lagi menahan beban kendaraan yang melewatinya.

Saran

Berdasarkan hasil yang didapat dalam penelitian ini, peneliti memberikan beberapa saran untuk perbaikan sebagai berikut.

1. Agar kerusakan jalan yang terjadi tidak semakin parah, maka kondisi jalan yang rusak agar segera dilakukan perbaikan baik struktural maupun non struktural. Karena kerusakan jalan yang terjadi, selain mengurangi kemampuan jalan untuk melayani lalu lintas, membahayakan pengemudi, juga akan mengakibatkan kerusakan berlangsung terus menerus hingga semakin parah.
2. Pada ruas jalan yang rusak secara fungsional, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui jenis kebutuhan perbaikan struktural ataupun non struktural.
3. Pemerintah atau dinas terkait agar mendokumentasikan riwayat kerusakan pemeliharaan jalan dan pelaksanaan survei perbaikan maupun pemeliharaan jalan dalam bentuk sistem database, sehingga bagian kerusakan yang memerlukan perhatian bisa mendapatkan perhatian khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriadi, O. 2012. Evaluasi Kinerja Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai PCI dan Lendutan Balik dengan Alat Benkelman Beam. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur dengan Metode Lendutan*. Pd T-05-2005-B
- Hardiyatmo, C.,H. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*. 2nded. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Jamalurusid, A., 2009. Sistem Manajemen Pemeliharaan Jalan Lingkungan di Kota Probolinggo dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (*Doctoral dissertation*, Universitas Sebelas Maret).
- Kanggumun, A. (2015). Evaluasi Kondisi Jalan untuk Keperluan Rehabilitasi dan Pemeliharaan. *Doctoral dissertation*, Universitas Sebelas Maret
- Kota, D. P. J. (1990). *Tata Cara Penyusunan Pemeliharaan Jalan Kota* (No. 018/T/BNKT/1990). Direktorat Jendral Bina Marga Departemen PU. Jakarta.
- Kurniawan, R. (2015). *Analisis Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI)*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mulyono, A. T. (2007). *Model Monitoring dan Evaluasi Pemberlakuan Standar Mutu Perkerasan Jalan Berbasis Pendekatan Sistemik*. (*Doctoral dissertation*, program Pascasarjana Universitas Diponegoro).
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung
- Suswandi, A., Sartono, W., & Hardiyatmo. (2009, November). 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* Vol. 18. No.3.2009
- Suroso, T. W. (2008). Faktor-faktor penyebab kerusakan dini pada perkerasan jalan. *Jurnal Jalan dan Jembatan*, 25(3).
- Standar Nasional Indonesia. 2011. *Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur dengan Alat Benkelman Beam*. SNI 2416. Manggala Wanabakti. Jakarta