

ANALISIS KERUSAKAN PERKERASAN JALAN DENGAN METODE PAVEMENT CONDITION INDEX(PCI) PADA JALAN RAYA DRINGU KABUPATEN PROBOLINGGO

Muhammad Fakriyan¹, Johannes Asdhi Poerwanto², Dwi Ratnaningsih³

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}
mhmdfahriyan@gmail.com¹, JohanesApung99@gmail.com², dwiratnaningsih@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur mengakibatkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas yang melewati ruas Jalan Kabupaten Probolinggo, terutama Jalan Raya Dringu yang merupakan jalan nasional (Jalur Pantai Utara). Akan tetapi pelayanan jalan pada ruas Jalan Raya Dringu mengalami penurunan akibat peningkatan volume kendaraan serta terjadi kerusakan di beberapa titik sehingga mengurangi kenyamanan pengendara yang melintas. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui jenis, tingkat kerusakan, penyebab kerusakan, bentuk penanganan kerusakan, dan biaya yang dibutuhkan untuk menangani kerusakan. Lokasi Studi terletak pada Ruas Jalan Raya Dringu, Kecamatan Dringu, Kabupaten Probolinggo sepanjang 4,3 KM. Penelitian ini menggunakan beberapa data yaitu data primer seperti survei kerusakan jalan dengan metode Pavement Condition Index, Inventaris jalan, Data Nilai CBR, dan data sekunder seperti Lalu lintas harian rata-rata yang di dapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur - Bali, HSPK tahun 2021 Kab.Probolinggo dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 64 Tahun 2020. Hasil analisa di peroleh, Jenis kerusakan yaitu retak kulit buaya, retak blok, cekungan, amblas, retak pinggir, retak memanjang, tambalan, lubang, alur, sungkur, mengembang jembul, pelepasan butir. Bentuk penanganan yaitu dengan mengelupas permukaan dengan *Cold Miling Machine / Jack Hammer* dan menambal dengan lapisan baru (*AC-WC*), Mengisi kerusakan retak dengan emulsi (*Slurry Seal*), melakukan pembersihan drainase dan inletnya, mengendalikan tanaman liar yang mengganggu. Biaya Penanganan Kerusakan sebesar Rp 318.374.000,00 atau Tiga Ratus Delapan Belas Juta Tiga Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Rupiah.

Kata kunci : Kerusakan, Bentuk Penanganan, *Pavement Condition Index*

ABSTRACT

Economic growth in Probolinggo Regency, East Java Province resulted in an increase in the volume of traffic passing through the Probolinggo Regency Road, especially Jalan Raya Dringu which is a national road (Jalur Pantai Utara). However, road services on Jalan Raya Dringu have decreased due to the increase in vehicle volume and damage has occurred at several points, thereby reducing the comfort of passing motorists. The purpose of this study is to know the type, extent of damage, cause of damage, form of damage management, and costs needed to deal with damage. The study site is located on the Jalan Raya Dringu section, Dringu District, Probolinggo along 4.3 KM. This study uses some data, namely primary data such as a road damage survey using the Pavement Condition Index method, road inventory, CBR Value Data, and secondary data such as average daily traffic obtained from the Central Java-Bali National Road Implementation Center, HSPK 2021 Probolinggo Regency from East Java Governor Regulation No. 64 Year 2020. The results of the analysis are obtained, the types of damage is alligator cracking, block cracking, bump and sags, depression, edge cracking, longitudinal cracking, patching, potholes, rutting, shoving, swell, weathering/raveling. The form of treatment is by peeling the surface with a Cold Miling Machine / Jack Hammer and patching with a new layer (AC-WC), Filling the cracked damage with emulsion (Slurry Seal), cleaning the drainage and inlet, controlling disturbing weeds. Damage Handling Fee is IDR 318,374,000.00 or Three Hundred Eighteen Million Three Hundred Seventy Four Thousand Rupiah.

Keywords : *Damage, Handling, Pavement Condition Index*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur mengakibatkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas yang melewati ruas Jalan Kabupaten Probolinggo, terutama Jalan Raya Dringu yang merupakan jalan nasional (Jalur Pantai Utara). Akan tetapi pelayanan jalan pada ruas Jalan Raya Dringu mengalami penurunan akibat peningkatan volume kendaraan serta terjadi kerusakan di beberapa titik sehingga mengurangi kenyamanan pengendara yang melintas.

Masalah yang terjadi tersebut perlu adanya tindak lanjut, tindak lanjut yang dapat dilakukan yaitu dengan upaya untuk meningkatkan kualitas jalan yang layak secara fungsional dan layak secara struktural, dalam penanganannya harus sesuai dengan jenis kerusakan yang dialami jalan tersebut. Dengan menggunakan metode Pavement Condition Index yaitu penilaian kondisi kerusakan permukaan jalan yang di tetapkan secara visual, dengan hasil penilaian tersebut dapat menentukan bentuk pemeliharaan jalan yang harus dilakukan.

2. METODE

Deskripsi Daerah Studi

Daerah studi untuk pengambilan data analisis kerusakan perkerasan jalan ini dilaksanakan pada ruas Jalan Raya Dringu, Kecamatan Dringu, Kabupaten Probolinggo. Panjang daerah studi adalah 4,3 km. Titik awal lokasi studi tersebut terletak di gapura batas Kota Probolinggo dengan Kabupaten Probolinggo, dan untuk titik akhir lokasi studi terletak di patok batas Kecamatan Dringu dengan Kecamatan Gending atau terletak sebelum Pantai Bentar

Pengamatan dan Pengukuran Kerusakan Jalan

Pengamatan dan pengukuran kerusakan jalan dilaksanakan langsung di lokasi studi yaitu ruas Jl.Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo setiap 100 meter yang akan dilakukan analisis kerusakan perkerasan jalan tersebut.

Metode Pavement Condition Index

Pavement Condition Index adalah tingkat kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya ditinjau dari fungsi kegunaan yang mengacu pada kondisi dan kerusakan yang terjadi pada permukaan perkerasan (Hardiyatmo, 2007).

Berdasarkan ASTM D 6433-09, Standar Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, Indeks Kondisi Perkerasan merupakan salah satu indikator untuk mengevaluasi kondisi perkerasan jalan. Untuk memperoleh Indeks Kondisi Perkerasan perlu dilakukan

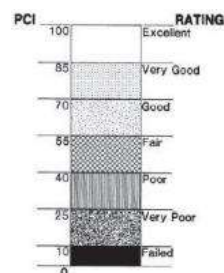
identifikasi keadaan perkerasan yang dilakukan dengan cara survei secara manual, yaitu pengamatan visual atau secara otomatis menggunakan kendaraan yang dilengkapi dengan alat perekam data yang diperlukan.

Adapun beberapa jenis jenis kerusakan yang terjadi pada jalan dengan perkerasan lentur menurut Manual Pemeliharaan Jalan Bina Marga No.03/MN/B/1983, Sebagai berikut :

1. Retak Kulit Buaya (Alligator Cracking)
2. Kegemukan (Bleeding)
3. Retak Blok (Block Cracking)
4. Cekungan (Bumps and Sags)
5. Keriting (Corrugation)
6. Amblas (Depression)
7. Retak Pinggir (Edge Cracking)
8. Retak Sambung (Joint Reflection Cracking)
9. Pinggiran Jalan Turun Vertikal (Lane/Shoulder Drop Off)
10. Retak Memanjang/Melintang (Longitudinal/Transverse Cracking)
11. Tambalan (Patching and Utility Cut Patching)
12. Pengausan Agregat (Polished Aggregate)
13. Lubang (Potholes)
14. Rusak Perpotongan Rel (Railroad Crossing)
15. Alur (Rutting)
16. Sungkur (Shoving)
17. Patah Slip (Slippage Cracking)
18. Mengembang Jambul (Swell)
19. Pelepasan Butir (Weathering/Raveling)

Penilaian Kondisi Perkerasan

Indeks Kondisi perkerasan merupakan indikator kuantitatif (numerik) dari kondisi perkerasan yang memiliki rentang nilai dari 0 sampai dengan 100, dimana nilai 0 mewakili kondisi perkerasan paling buruk dan nilai 100 mewakili kondisi perkerasan yang paling baik, seperti yang di ilustrasikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hubungan nilai PCI dan kondisi
 Sumber : Hardiyatmo,2007

1. Kerapatan (Density)

Kerapatan merupakan persentase luas atau panjang total dari satu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang dijadikan sampel.

$$\text{Kerapatan (density, \%)} = Ad/As \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan (density, \%)} = Ld/As \times 100 \quad (2)$$

Dengan :

Ad = luas total dari satu jenis kerusakan perkerasan untuk setiap tingkat (ft² atau m²)

Ld = panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan (ft atau m)

As = luas total unit sampel (ft² atau m²)

2. Nilai Pengurangan (Deduct Value)

Deduct Value merupakan nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari suatu kurva hubungan kerapatan (density) dan tingkat keparahan (severity level). Nilai Deduct Value didapatkan dengan memasukkan presentase densitas pada grafik masing-masing jenis kerusakan kemudian menarik garis vertikal hingga memotong

tingkat keparahan kerusakan. Kemudian menarik garis horizontal dan akan mendapatkan nilai DV. Berikut adalah contoh grafik yang digunakan untuk menetapkan deduct value.

3. Nilai pengurangan total (Total Deduct Value)

Total Deduct Value adalah nilai total pengurangan pada setiap unit sampel, atau nilai total individual deduct value setiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada unit sampel.

4. Nilai pengurangan terkoreksi (Corrected Deduct Value)

Corrected Deduct Value adalah nilai yang diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurangan total dan nilai pengurangan.

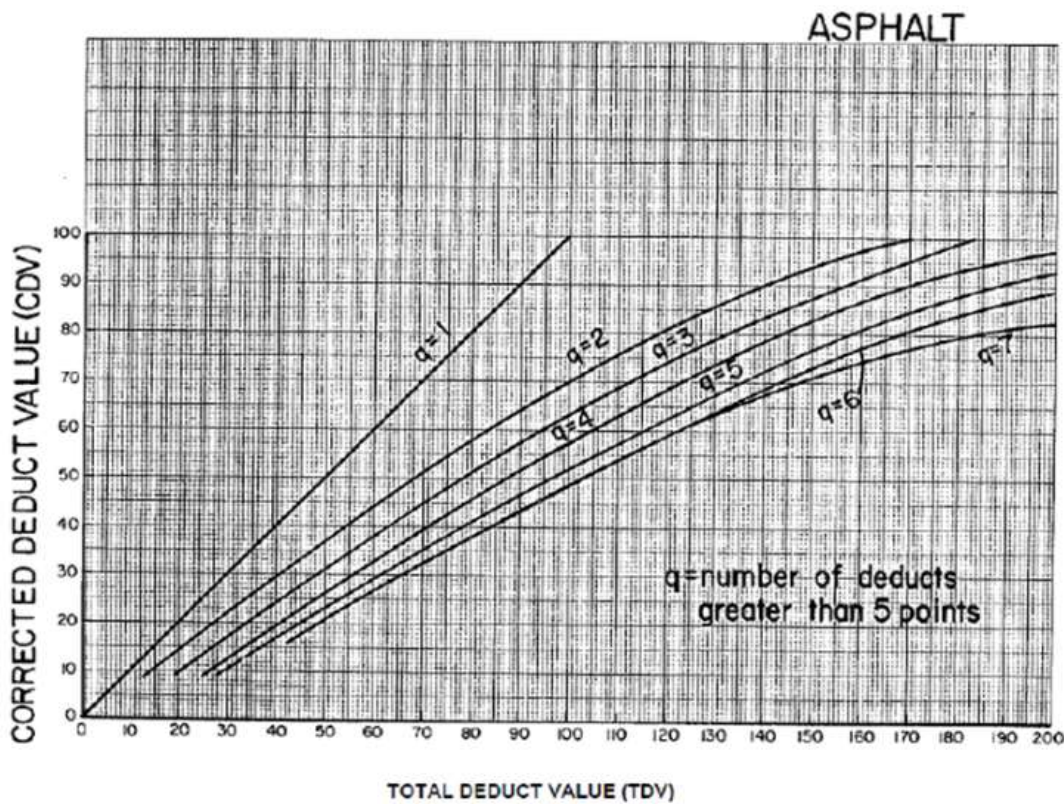
$$CDV = TDV - DV \quad (3)$$

Dengan :

CDV = Corrected Deduct Value

TDV = Total Deduct Value

DV = Deduct Value



Gambar 2. Kurva nilai pengurangan terkoreksi (CDV)

Sumber : ASTM D 6433-07

5. Nilai Pavement Condition Index (PCI)

Setelah didapatkan nilai CDV maka nilai PCI setiap unit sampel dapat dihitung menggunakan rumus:

$$PCI (s) = 100 - CDV \tag{4}$$

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:

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \tag{5}$$

Dengan :

PCI_f = Nilai PCI rata-rata dari keseluruhan area penelitian

PCI_s = Nilai PCI untuk setiap unit sampel

N = Jumlah unit sampel

Penanganan Kerusakan Perkerasan Jalan

Pemeliharaan jalan dapat dikategorikan ke dalam empat hal yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi jalan, dan rekonstruksi jalan. Pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan

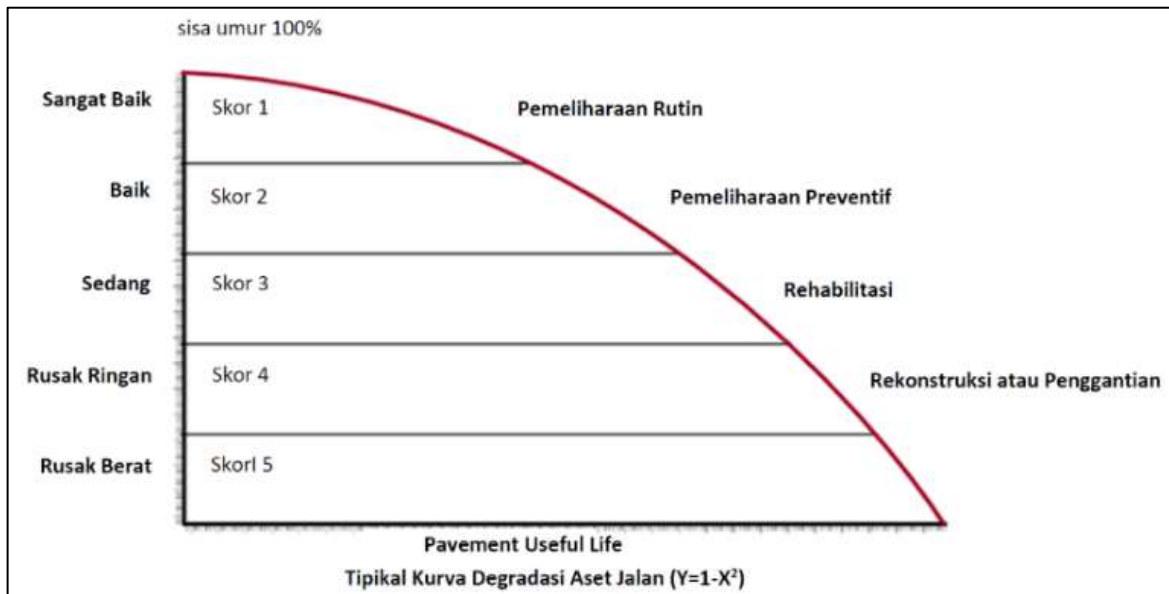
dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai. (Permen PU No.13/PRT/M/2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan).

Penentuan jenis penanganan kerusakan jalan dari hasil penilaian kondisi kerusakan jalan dengan metode Pavement Condition Index berdasarkan berikut :

Tabel 1. Penggunaan PCI untuk menentukan jenis penanganan

Indeks Kondisi Perkerasan	Kondisi	Jenis Penangan
≥ 85	Sangat Baik	Pemeliharaan Rutin
70 – 85	Baik	Pemeliharaan Berkala
55 – 70	Sedang	Rehabilitasi Jalan
25 – 55	Rusak Ringan	Rekonstruksi/Daur Ulang
≤ 25	Rusak Berat	Rekonstruksi/Daur Ulang

Sumber : Pedoman N0.07/P/BM/2021



Gambar 3. Kurva Rating Kondisi Jalan dan Kurva Penurunan Kondisi Jalan

Sumber : Pedoman N0.07/P/BM/2021

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pavement Condition Index

Berdasarkan permasalahan dan metode penelitian yang digunakan, maka didapatkan dari hasil survei yang

selanjutnya dilakukan pembahasan, sehingga dapat diperoleh jenis dan tingkat kerusakan jalan sesuai dengan kondisi yang ada.

Hasil yang didapat dari survei pada ruas Jalan Raya Dringu Kabupaten Probolinggo menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI) dibagi menjadi beberapa bagian dengan setiap segmen berjarak 100 meter mulai dari STA 0+000 sampai dengan STA 4+300. Berikut salah satu contoh hasil survei dengan metode PCI yaitu pada segmen 1 dapat dilihat tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Segmen 1 (STA 0+000-0+100)

Tipe, Luas, dan Kualitas Kerusakan			
Tipe	1	11	13
Luas dan Kualitas	1,4 x 23,3 H	3,3 x 1,38 L	0,4x1,2 H
	1,35 x 2,4 M		
	1,4 x 18,1 M		
Total Kerusakan	L	4,554	
	M	28,58	

	H	32,62		0,48
--	---	-------	--	------

Density dan Deduct Value

Dari hasil pengamatan kemudian dilakukan analisis untuk menghitung tingkat kerusakan sesuai dengan jenis kerusakan. Pada segmen 1 (STA 0+000 – 0+100) memiliki luas area (As) sebesar 1040 m².

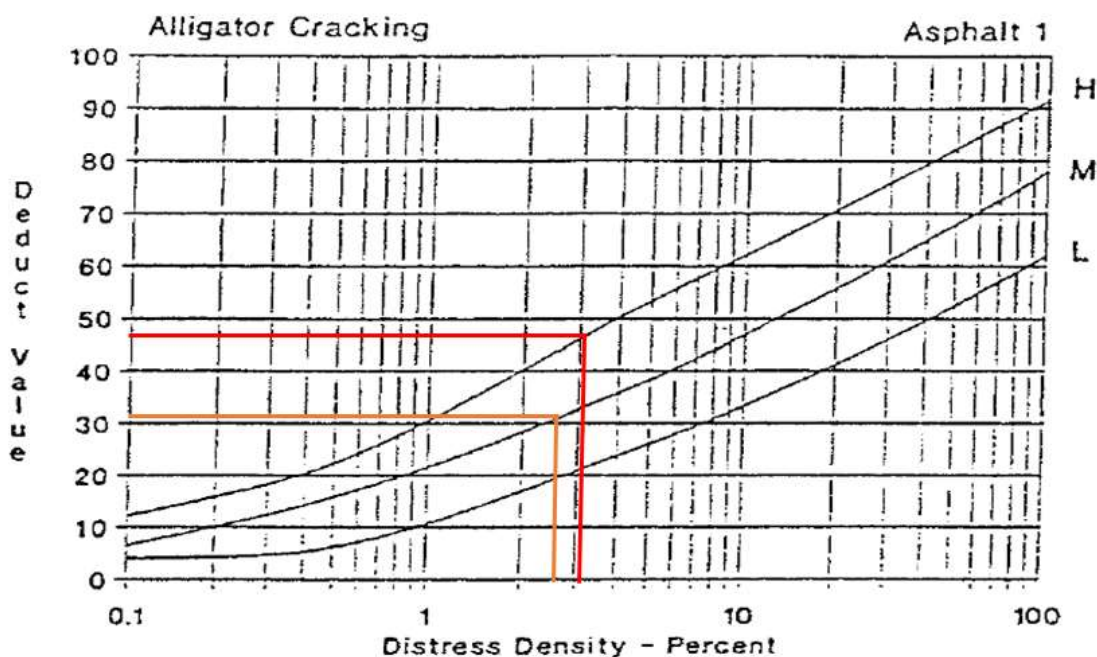
a. Retak Kulit Buaya (Alligator Cracking)

Persentase luasan dari jenis retak kulit buaya terhadap luasan unit segmen yang telah diukur dalam meter persegi, untuk hasil perhitungan density dilihat pada Tabel 4.2 dibawah berikut.

Tabel 3. Nilai Density dan Deduct Value pada Retak Kulit Buaya

Tipe Kerusakan	Severity Level	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	Density (%)
1	M	28,58	2,748
1	H	32,62	3,137

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai deduct value untuk jenis kerusakan Retak Kulit Buaya dapat diperoleh dari kurva hubungan antara Density dan Deduct Value berdasarkan tingkat kerusakan, dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Penentuan Nilai Deduct Value untuk Retak Kulit Buaya

Berdasarkan Gambar 4 maka diketahui nilai Deduct Value dari masing-masing Severity Level sebagai berikut.

- a. Tingkat Medium, Density = 2,748%, maka didapat nilai Deduct Value = 31
- b. Tingkat High, Density = 3,137%, maka didapat nilai Deduct Value = 47

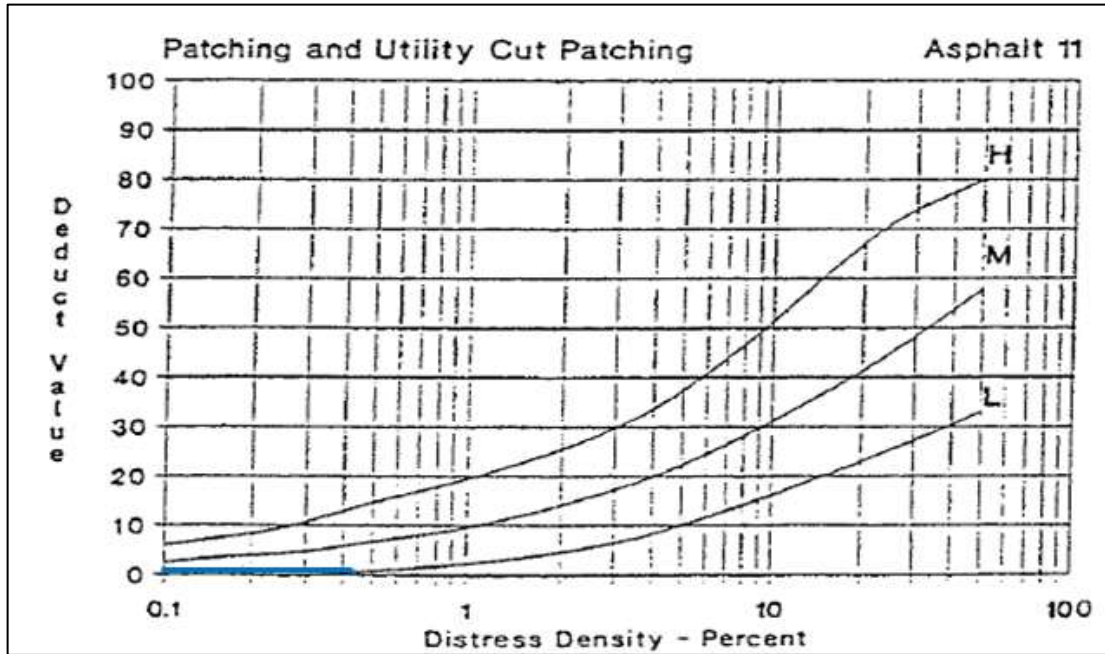
b. Tambalan (Patching)

Persentase luasan dari jenis tambalan terhadap luasan unit segmen yang telah diukur dalam meter persegi, untuk hasil perhitungan density dilihat pada Tabel 5 dibawah berikut.

Tabel 4. Nilai *Density* dan *Deduct Value* pada Tambalan

Tipe Kerusakan	Severity Level	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	Density (%)
11	L	4,554	0,438

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai deduct value untuk jenis kerusakan Retak Kulit Buaya dapat diperoleh dari kurva hubungan antara Density dan Deduct Value berdasarkan tingkat kerusakan, dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Penentuan Nilai Deduct Value untuk Tambalan

Berdasarkan Gambar 5 maka diketahui nilai Deduct Value dari masing-masing Severity Level sebagai berikut.

- a. Tingkat Low, Density = 0,438%, maka didapat nilai Deduct Value = 0,5

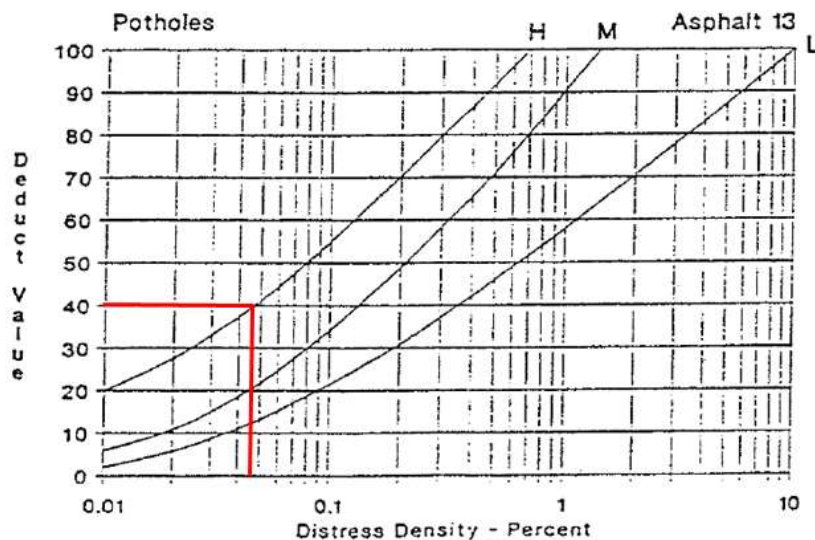
c. Lubang (Pothole)

Persentase luasan dari jenis lubang terhadap luasan unit segmen yang telah diukur dalam meter persegi, untuk hasil perhitungan density dilihat pada Tabel 4.4 dibawah berikut.

Tabel 5. Nilai Density dan Deduct Value pada Lubang

Tipe Kerusakan	Severity Level	Luas Kerusakan (Ad) (m ²)	Density (%)
13	H	0,48	0,046

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai deduct value untuk jenis kerusakan Retak Kulit Buaya dapat diperoleh dari kurva hubungan antara Density dan Deduct Value berdasarkan tingkat kerusakan, dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Penentuan Nilai Deduct Value untuk Lubang

Berdasarkan Gambar 4.3 maka diketahui nilai Deduct Value dari masing-masing Severity Level sebagai berikut.

- a. Tingkat High, Density = 0,046%, maka didapat nilai Deduct Value = 40

Total Deduct Value

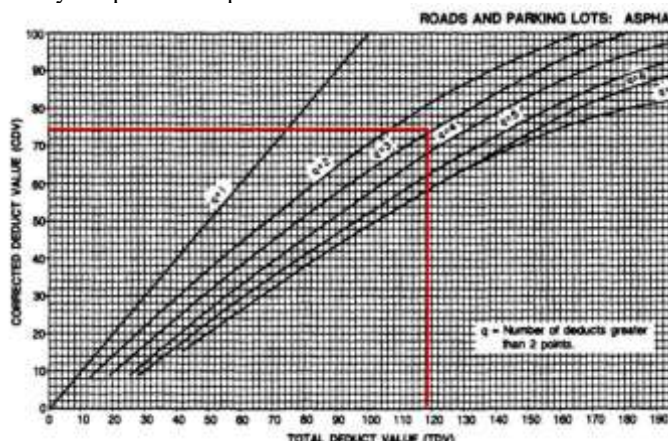
Total Deduct Value digunakan untuk mengetahui jenis kerusakan dan tingkat kerusakan secara keseluruhan atau total pada suatu unit segmen, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Total Deduct Value pada segmen 1

Distress Type	Severity Level	Density (%)	Deduct Value
1	M	2,748	31,00
1	H	3,137	47,00
11	L	0,438	0,50
13	H	0,046	40,00
Total Deduct Value (TDV)			118,50

Corrected Deduct Value

Corrected Deduct Value diperoleh 73,5 dengan nilai q (Jumlah Data Individual Deduct Value) sebesar 3 dengan kurva hubungan antara nilai TDV dengan CDV, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Kurva Hubungan Corrected Deduct Value dan TDV

Nilai Pavement Condition Index

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka diketahui nilai Pavement Condition Index (PCI) pada segmen 1 (STA 0+000 – 0+100) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 100 - \text{CDV} \\
 &= 100 - 73,5 \\
 &= 26,5 \text{ (Indeks Kondisi Perkerasan Rusak Berat)}
 \end{aligned}$$

Nilai PCI rata-rata dari kondisi perkerasan pada Jalan Raya Dringu dari STA 0+000 – 4+300 yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= \frac{\sum \text{PCI}(s)}{N} \\
 &= \frac{2746,5}{43} \\
 &= \mathbf{63,872 \text{ (IKP Sedang)}}
 \end{aligned}$$

Penyebab Kerusakan

Berdasarkan hasil survei adapun penyebab dari kerusakan yang terjadi pada Jalan Raya Dringu Kabupaten Probolinggo, seperti berikut :

- a. Penyebab kerusakan retak tersebut terjadi karena inlet yang tersumbat dan terdapat tanaman liar sehingga terjadi genangan air hujan yang tidak mengalir kedalam drainase jalan.
- b. Penyebab kerusakan tambalan karena kurangnya pemadatan saat pelaksanaan sehingga terdapat tambalan yang bergelombang.
- c. Penyebab kerusakan pelepasan butir akibat terjadinya penurunan kualitas jalan yang sudah melebihi umur pakai.

Bentuk Pananganan

Berdasarkan Rata Rata Indeks Kondisi Perkerasan menurut Pedoman N0.07/P/BM/2021 tentang Perencanaan Dan Pemrograman Pekerjaan Preservasi Jaringan Jalan pada Jalan Raya Dringu Kabupaten Probolinggo termasuk dalam jenis penanganan Rehabilitasi Jalan, sehingga perlu dilakukan pencegahan terjadinya kerusakan yang lebih luas, Yaitu dengan mengelupas permukaan dengan *Cold Miling Machine / Jack Hammer* dan menambal dengan lapisan baru (*AC-WC*), Mengisi kerusakan retak dengan emulsi (*Slurry Seal*), melakukan pembersihan drainase dan inletnya, mengendalikan tanaman liar yang mengganggu.

Rencana Anggaran Biaya

Setelah menentukan bentuk penanganan kerusakan pada Jalan Raya Dringu Kabupaten Probolinggo dan berdasarkan hasil analisis harga satuan setiap item pekerjaan sehingga menghasilkan total anggaran biaya yang dipakai untuk penanganan kerusakan pada ruas Jalan Raya Dringu Kabupaten Probolinggo sebesar Rp 318.374.000,00 (Tiga Ratus Delapan Belas Juta Tiga Ratus Tujuh Puluhan Empat Ribu Rupiah).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo adalah seperti berikut :
 - a. Retak Kulit Buaya Tingkat Low, Medium, dan High.
 - b. Retak Blok Tingkat Low dan High.
 - c. Cekungan Tingkat Low.
 - d. Amblas Tingkat High.
 - e. Retak Pinggir Tingkat Medium.
 - f. Retak Memanjang Tingkat Low dan Medium.
 - g. Tambalan Tingkat Low, Medium, dan High.
 - h. Lubang Tingkat Low, Medium, dan High.
 - i. Alur Tingkat Low.
 - j. Sungkur Tingkat Low, Medium, dan High.
 - k. Mengembang Jembul Tingkat Low dan Medium.
 - l. Pelepasan butir Tingkat High.
2. Penyebab kerusakan jalan pada ruas Jalan Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo karena

genangan air hujan pada badan jalan karena tersumbatnya inlet drainase dan kurangnya pemadatan dalam penanganan yang terdahulu.

3. Bentuk penanganan untuk kerusakan pada ruas Jalan Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo dengan mengelupas permukaan dengan Cold Miling Machine / Jack Hammer dan menambal dengan lapisan baru (AC-WC), Mengisi kerusakan retak dengan emulsi (Slurry Seal), melakukan pembersihan drainase dan inletnya, mengendalikan tanaman liar yang mengganggu.
4. Metode pelaksanaan untuk penanganan kerusakan pada Jalan Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo sesuai dengan masing masing item pekerjaan, seperti Galian Perkerasan Beraspal dengan Cold Miling Machine, Laston Lapis Aus (AC-WC), Perbaikan Campuran Aspal Panas, Lapis Perekat-Aspal Cair/Emulsi (Tack Coat), Penghamparan Lapis Penutup Bubur Aspal Emulsi Tipe 1 CQS-1h/QS-1h, Pengendalian Tanaman, Pembersihan Drainase.
5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk menangani kerusakan pada ruas Jalan Raya Dringu Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo adalah sebesar Rp 318.374.000,00 atau Tiga Ratus Delapan Belas Juta Tiga Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu Rupiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM International. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Designation: D 6433-07.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2021. Perencanaan dan Pemrograman Pekerjaan Preservasi Jaringan Jalan No.07/P/BM/2021. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [3] Hardiyatmo, H.C. (2007). Pemeliharaan Jalan Raya. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- [4] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13/PRT/M/2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan.