

SKRIPSI

**TINJAUAN KERUSAKAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE
PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) DAN METODE BINA MARGA
(STUDI KASUS RUAS JALAN SUBARANG TARAM, KABUPATEN
LIMPULUH KOTA (STA 0+000 – STA 1+000))**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh

WENDI HARDIAN PRATAMA
191000222201187

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

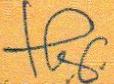
TINJAUAN KERUSAKAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN
METODE PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) DAN
METODE BINA MARGA
(STUDI KASUS RUAS JALAN SUBARANG TARAM KABUPATEN LIMA
PULUH KOTA) (STA 0+000-STA 1+000)

Oleh:

WENDI HARDIAN PRATAMA
191000222201187

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I


Helga Yermadona, S.Pd, M.T.
NIDN.1013098502

Dosen Pembimbing II


Febrimen Heriata, S.T, M.T.
NIDN. 1001026901

Dekan Fakultas Teknik


Masrubi, S.J, M.T.
NIDN.1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil


Helga Yermadona, S.Pd, M.T.
NIDN.1013098502

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 24 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Mahasiswa,



Wendi Hardian Pratama

191000222201187

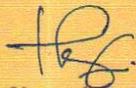
Disetujui Tim Penguji Skripsi :

1. Deddy Kurniawan, ST., MT
2. Elfania Bastian, ST., MT

1. 

2. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd., MT

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wendi Hardian Pratama
NIM : 191000222201187
Judul Sripsi : Tinjauan Kerusakan Jalan Dengan Menggunakan Metode PCI (*Pavement Condition Index*) Dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Ruas Jalan Subarang Taram Kabupaten Lima Puluh Kota) (Sta 0+000- Sta 1+000)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,



Wendi Hardian Pratama
NIM. 191000222201187

INTISARI

Jalan raya merupakan prasarana yang sangat menunjang bagi pergerakan aktivitas masyarakat, apabila terjadi kerusakan jalan dapat berdampak pada kondisi sosial dan ekonomi terutama pada sarana transportasi darat. Penyebab kerusakan jalan banyak diakibatkan oleh beban kendaraan yang melintas melebihi dari beban kendaraan yang direncanakan dan jumlah volume kendaraan yang terus meningkat melebihi kapasitas jalan. Salah satu jalan yang mengalami kerusakan yaitu pada jalan Subarang Taram Kabupaten 50 Kota yang mengalami kerusakan berat seperti berlubang, sering tergenang air saat hujan, keretakan dan pelepasan butiran jalan, sehingga mengganggu kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Pengambilan judul ini bertujuan untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi dan mengetahui nilai kondisi perkerasan jalan pada ruas jalan Subarang Taram. Penelitian ini menggunakan metode Bina Marga dan Metode PCI. Kerusakan yang terjadi di sepanjang jalan Subarang Taram, Kabupaten Limapuluh Kota mulai dari STA 0+000 sampai dengan STA 1+000 diantaranya lubang, retak kulit buaya, pelepasan butiran, Tambalan. Dari perhitungan analisa kerusakan jalan dengan menggunakan metode bina marga didapat bahwa jalan Subarang Taram berada pada prioritas 9 yang artinya jalan yang dimasukkan kedalam program pemeliharaan rutin. Untuk perhitungan analisa kerusakan jalan dengan menggunakan metode PCI didapat bahwa jalan tersebut berada pada kondisi Sedang (*fair*).

Kata Kunci : Jalan, PCI, Bina Marga



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
INTISARI	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4.1 Tujuan.....	2
1.4.2 Manfaat.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Jalan.....	4
2.2 Perkerasan Jalan	4
2.3 Kinerja Jalan.....	4
2.4 Jalan Mantap.....	4
2.5 Kerusakan Jalan.....	5
2.6 Jenis-Jenis kerusakan.....	5
2.7 Pemeliharaan Jalan	11
2.8 Metode <i>Pavement Condition Index</i> (PCI)	12
2.8.1 Pengecekan Luas Unit/Segmen	13
2.8.2 Menentukan Kerapatan.....	13
2.8.3 Nilai <i>Deduct Value</i>	13
2.8.4 Total <i>Deduct Value</i>	17
2.8.5 <i>Corrected Deduct Value</i> (CDV).....	18
2.8.6 Nilai Kondisi Perkerasan (PCI)	18
2.8.7 Nilai Kondisi Perkerasan Rata-Rata	18

2.8.8	Pemeliharaan Jalan Menurut PCI	19
2.9	Analisa Kerusakan Jalan dengan Metode Bina Marga.....	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1	Lokasi	23
3.2	Data dan Analisa Data	23
3.2.1	Data Primer	23
3.2.2	Data Sekunder	23
3.3	Metode Penelitian	24
3.3.1	Prosedur dan Peralatan Penelitian.....	24
3.3.2	Pengolahan Data	24
3.3.2.1	Menggunakan Metode PCI	24
3.3.2.2	Menggunakan Metode Bina Marga	24
3.4	Tahapan Penelitian	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1	Mengidentifikasi Kerusakan Pada Jalan Subarang Taram	26
4.2	Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur Jalan Subarang Taram.....	26
4.3	Penilaian Kondisi Perkerasan Metode Bina Marga.....	30
4.4	Penilaian Kondisi Perkerasan Metode PCI.....	34
BAB V	PENUTUP	44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram PCI.....	12
Gambar 2.2	<i>Deduct Value</i> Retak Kulit Buaya	14
Gambar 2.3	<i>Deduct Value</i> Retak Kotak-Kota	14
Gambar 2.4	<i>Deduct Value</i> Amblas	15
Gambar 2.5	<i>Deduct Value</i> Retak Sambunga	15
Gambar 2.6	<i>Deduct Value</i> <i>Corrugation</i>	16
Gambar 2.7	<i>Deduct Value</i> Tambalan dan Galian Utilitas	16
Gambar 2.8	<i>Deduct Value</i> Lubang	17
Gambar 2.9	<i>Deduct Value</i> Sungkar	17
Gambar 2.10	Nilai Pengurangan Total	18
Gambar 3.1	Lokasi Survei Jalan Subarang Taram	23
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian	25
Gambar 4.1	Lubang	26
Gambar 4.2	Tambalan	27
Gambar 4.3	Retak Kulit Buaya	28
Gambar 4.4	Pelepasan Butiran	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kondisi Jalan Menurut Nilai PCI.....	19
Tabel 2.2	Pemeliharaan Jalan PCI.....	19
Tabel 2.3	LHR dan Kelas Jalan.....	20
Tabel 2.4	Penilaian Jenis Kerusakan Retak.....	20
Tabel 2.5	Penilaian Jenis Kerusakan Jumlah Kerusakan	21
Tabel 2.6	Penilaian Jenis Kerusakan Alur.....	21
Tabel 2.7	Penilaian Jenis Kerusakan Lubang.....	21
Tabel 2.8	Penilaian Jenis Kerusakan Kekasaran Permukaan	21
Tabel 2.9	Penilaian Jenis Kerusakan Amblas	22
Tabel 2.10	Penilaian Jenis Kerusakan Amblas	22
Tabel 4.1	Tingkat Kerusakan Lubang	27
Tabel 4.2	Tingkat Kerusakan Tambalan	28
Tabel 4.3	Tingkat Kerusakan Retak Buaya.....	29
Tabel 4.4	Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran	30
Tabel 4.5	Data LHR 2022	30
Tabel 4.6	LHR dan Nilai Kelas Jalan.....	30
Tabel 4.7	Kerusakan Pada Jalan.....	31
Tabel 4.8	Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)	33
Tabel 4.9	Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)	33
Tabel 4.10	Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)	33
Tabel 4.11	Rekapitulasi Penentuan Angka Kerusakan Jalan	34
Tabel 4.12	Penetapan Nilai Kondisi Jalan berdasarkan Total Angka Kerusakan.....	34
Tabel 4.13	Pencatatan Hasil Survey STA 0+000 – 1+000.....	35
Tabel 4.14	Analisa Hitungan.....	37
Tabel 4.15	Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI	39
Tabel 4.16	Hasil Pengolahan Data PCI.....	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya adalah sarana yang menunjang pergerakan aktivitas masyarakat, apabila terjadi kerusakan pada jalan maka dapat berakibat pada ekonomi dan sosial. Kerusakan jalan banyak diakibatkan oleh beban kendaraan yang berlebihan, jumlah kendaraan yang bertambah. Untuk tercapainya kondisi jalan yang baik, maka selama umur rencana perlu dilakukan pemeliharaan jalan.

Salah satu jalan yang mengalami kerusakan yaitu pada jalan Subarang Taram Kabupaten 50 Kota yang mengalami kerusakan berat seperti berlubang-lubang, sering tergenang air saat hujan, keretakan dan pelepasan butiran jalan, sehingga mengganggu kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Jalan Subarang Taram merupakan salah satu jalan yang digunakan untuk tujuan objek wisata yang berada di Taram. Maka jalan ini sering dilintasi dan dilewati, terutama pada saat musim libur maka volume lalu lintas yang melintasi jalan ini meningkat pesat sehingga mengakibatkan kondisi permukaan jalan berangsur-angsur mengalami kerusakan yang cukup parah.

Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul : **”Tinjauan Kerusakan Jalan dengan Menggunakan Metode *Pavement Condition Index (PCI)* Dan Metode Bina Marga (Studi Kasus Ruas Jalan Subarang Taram, Kabupaten Limapuluh Kota (STA 0+000 – STA 1+000)”**

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah yang diantaranya :

1. Apa saja jenis kerusakan dan penyebabnya yang terjadi pada ruas jalan Subarang Taram tersebut?
2. Berapa nilai kondisi perkerasan yang diambil menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)* dan Metode Bina Marga pada ruas jalan Subarang Taram STA 0+000 s/d 1+000.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian untuk skripsi ini diambil batasan masalah :

1. Lokasi penelitian berada pada ruas jalan Subarang Taram dimulai pada STA 0+000 sampai STA 1+000 dan untuk lebar jalannya sebesar 3 m.
2. Objek penelitian pada lapis permukaan perkerasan jalan.
3. Metoda yang akan dipakai yaitu PCI dan Bina Marga.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

1. Mengetahui jenis kerusakan yang terjadi dan penyebabnya pada ruas jalan Subarang Taram tersebut.
2. Mengetahui nilai kondisi perkerasan jalan pada ruas jalan Subarang Taram.

1.4.2 Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui jenis kerusakan pada ruas jalan Subarang Taram.
2. Mengetahui kondisi sekarang jalan Subarang Taram berdasarkan nilai PCI dan Bina Marga.
3. Sebagai masukan bagi instansi terkait untuk tindak lanjutan yang akan di lakukan pada ruas jalan ini.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini penyusunan memerlukan adanya pengamatan dan analisa berdasarkan data-data yang ada. Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan, maka penulis membaginya dalam beberapa bab antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang jalan, perkerasan jalan, kinerja jalan, jalan mantap, kerusakan jalan, jenis-jenis kerusakan,

pemeliharaan jalan, Metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan Metode Bina Marga 2017.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang bagaimana metode penelitian, lokasi penelitian, jenis pengumpulan data, analisa data, dan baga alir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas mengenai proses perhitungan data dan hasil dari perhitungan data dan juga pembahasan.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini terdapat kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 13 Tahun 2011, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

2.2 Perkerasan Jalan

Menurut Hilman Yunardhi, Dkk (2018), Perkerasan jalan merupakan campuran yang terdiri dari agregat dan bahan ikat yang berfungsi untuk melayani beban lalu lintas yang melintas. Agregat yang digunakan adalah agregat batu pecah, batu belah, ataupun batu kali dan bahan pengikat yang digunakan adalah aspal, semen ataupun tanah liat.

2.3 Kinerja Jalan

Kinerja Jalan merupakan kemampuan perkerasan untuk melayani beban lalu lintas dalam waktu yang direncanakan (Sukirman, 1999). Kemampuan perkerasan tersebut dapat ditentukan berdasarkan pengamatan secara visual dan menggunakan alat survei seperti alat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dan yang lainnya. Kinerja jalan ditentukan berdasarkan 2 kondisi yaitu kondisi fungsional dan kondisi struktural. Kondisi fungsional meliputi kerataan, kekesatan permukaan perkerasan sedangkan untuk kondisi struktural meliputi daya dukung perkerasan. Untuk menjaga kinerja jalan yang baik atau mantap dan sesuai dengan umur rencana diperlukan pemeliharaan.

2.4 Jalan Mantap

Menurut Permen PU No 13 Tahun 2011, jalan mantap adalah ruas-ruas jalan dengan kondisi baik atau sedang sesuai umur rencana yang diperhitungkan serta mengikuti suatu standar tertentu.

2.5 Kerusakan Jalan

Kerusakan jalan merupakan salah satu faktor penghambat mobilitas antar daerah sehingga kerusakan jalan perlu diperhatikan. Kerusakan jalan adalah kondisi dimana lapis perkerasan sudah rusak sebelum umur rencana. Menurut Sukirman (1999) kerusakan jalan disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Lalu lintas, dapat berupa peningkatan beban.
2. Air, berupa air hujan, sistem drainase yang tidak baik, naiknya air akibat kapilaris.
3. Material konstruksi perkerasan, dalam hal ini disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengelolaan bahan yang tidak baik.
4. Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
5. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah yang memang jelek.
6. Proses pemadatan lapisan diatas tanah yang kurang baik.

2.6 Jenis-Jenis Kerusakan

Secara teknis, kerusakan jalan menunjukkan suatu kondisi dimana struktural dan fungsional jalan sudah tidak mampu memberikan pelayanan optimal terhadap lalu lintas yang melintasi jalan tersebut. Kondisi lalu lintas dan jenis kendaraan yang akan melintasi suatu jalan sangat berpengaruh pada desain perencanaan konstruksi dan perkerasan jalan yang dibuat.

Sama dengan bangunan gedung, dimana konstruksinya direncanakan berdasarkan dengan beban-beban yang nantinya bekerja sesuai pada fungsi bangunan gedung itu sendiri. Konstruksi jalan harus direncanakan mampu menahan beban lalu lintas di atasnya tanpa mengalami kegagalan.

Menurut Heddy R. Agah, umumnya kerusakan jalan banyak disebabkan oleh perilaku pengguna jalan, kesalahan perencanaan dan pelaksanaan, serta pemeliharaan jalan yang tidak memadai.

Akhir-akhir ini, perilaku pengguna jalan banyak memberikan andil dalam kerusakan jalan. Setiap jalan mempunyai kelas masing-masing sesuai dengan

konstruksi dan beban kendaraan yang dapat melewatinya. Misalnya, jalan kelas III tentunya akan rusak apabila harus menahan kendaraan jenis truk besar atau tronton, atau harus menahan beban muatan yang melewati batas tonase muatan kemampuan jalan. Disinilah sebenarnya arti penting jembatan timbang, dimana mempunyai fungsi sebagai pengontrol beban muatan kendaraan agar tidak melebihi dengan kemampuan beban kelas jalan dan jembatan yang akan dilaluinya, serta kapasitas muatan kendaraan itu sendiri.

Pondasi jalan harus tetap stabil, karena merupakan dasar penopang seluruh beban yang bekerja pada jalan. Konstruksi jalan (perkerasan) secara umum terdiri atas 3 lapisan utama yakni lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan permukaan (*surface course*). Sehingga, jenis kerusakan yang terjadi pada suatu jalan dapat dikaji berdasarkan lapisan-lapisan konstruksi perkerasan jalan ini.

Lapisan permukaan perkerasan jalan merupakan lapisan yang langsung berhubungan dengan aktivitas kendaraan lalu lintas, dan di Indonesia sekitar 80% ruas jalan masih menggunakan lapisan permukaan lentur yang terbuat dari material aspal.

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Bina Marga No. 03/MN/B/1983, kerusakan jalan diklasifikasikan atas : retak (*cracking*), distorsi, cacat permukaan (*disintegration*), pengausan, kegemukan (*bleeding* atau *flushing*), penurunan bekas galian/penanaman utilitas.

1. Retak (*Crack*)

Retak adalah suatu gejala kerusakan permukaan perkerasan sehingga akan menyebabkan air pada permukaan perkerasan masuk ke lapisan dibawahnya dan hal ini merupakan salah satu faktor yang akan membuat rusak parah suatu perkerasan. Jenis-jenis retak (*crack*) yaitu :

- a. Retak halus (*hair cracking*).
- b. Retak kulit buaya (*alligator cracks*).
- c. Retak pinggir (*edge crack*).
- d. Retak sambungan(*edge joint crack*).
- e. Retak sambungan jalan(*lane joint crack*).
- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*).

- g. Retak refleksi (*reflection crack*).
- h. Retak susut (*shrinkage crack*).
- i. Retak selip (*slippage crack*).

2. *Distorsi*

Jenis kerusakan lentur atau fleksibel berupa distorsi dapat terjadi atas lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Untuk kerusakan jalan yang satu ini dibagi atas beberapa jenis diantaranya :

- a. Alur (*Ruts*).
- b. Keriting (*Corrugation*).
- c. Sungkur (*Shoving*).
- d. Amblas (*Grade Depression*).
- e. Jembul (*Upheaval*).

3. *Cacat Permukaan (Disintegration)*

Jenis kerusakan yang satu ini mengarah pada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan permukaan. Untuk kerusakan jalan yang satu ini dibagi atas beberapa jenis diantaranya :

- a. Lubang (*potholes*).
- b. Pelepasan butir (*raveling*).
- c. Pengelupasan lapisan perkerasan (*stripping*).

4. *Pengausan (Polished Aggregate)*

Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan/agregat yang digunakan berbentuk bulat dan licin.

5. *Kegemukan (Bleeding)*

Pada temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda, dapat disebabkan pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu banyak aspal pada pengerjaan *prime coat / tack coat*.

Menurut Hardiatmo (2007) menyatakan bahwa jenis-jenis kerusakan perkerasan jalan lentur dapat diklasifikasikan: deformasi, retak (*crack*), kerusakan

di pinggir perkerasan, kerusakan tekstur permukaan jalan, lubang (*potholes*), tambalan dan tambalan galian utilitas (*patching dan utility cut patching*).

1. Deformasi

Deformasi adalah perubahan permukaan jalan dari profil aslinya (sesudah pembangunan). Beberapa tipe deformasi perkerasan lentur adalah:

a. Bergelombang (*Corrugation*)

Bergelombang atau keriting adalah kerusakan akibat terjadinya deformasi plastis yang menghasilkan gelombang-gelombang melintang atau tegak lurus perkerasan aspal (Hardiatmo, 2007).

b. Alur (*Rutting*)

Alur adalah deformasi permukaan perkerasan aspal dalam bentuk turunnya perkerasan ke arah memanjang pada lintasan roda kendaraan. Distorsi permukaan jalan yang membentuk alur-alur terjadi oleh akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang pada lintasan roda sejajar dengan as jalan.

c. Amblas (*Depression*)

Amblas adalah penurunan perkerasan yang terjadi pada area terbatas yang mungkin dapat diikuti dengan retakan. Penurunan ditandai dengan adanya genangan air pada permukaan perkerasan yang membahayakan lalu lintas yang lewat.

d. Sungkur (*Shoving*)

Sungkur adalah perpindahan permanen secara lokal dan memanjang dari permukaan perkerasan yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Ketika lalu lintas mendorong perkerasan, maka mendadak timbul gelombang pendek di permukaannya.

e. Mengembang (*Swell*)

Mengembang adalah gerakan ke atas lokal dari perkerasan akibat pengembangan atau pembekuan air dari tanah dasar atau dari bagian struktur perkerasan.

f. Benjol dan penurunan (*Bump and sags*)

Benjol adalah gerakan atau perpindahan ke atas, bersifat lokal dan kecil, dari permukaan perkerasan aspal.

2. Retak (*crack*)

Menurut Hardiatmo (2007), retak dapat terjadi dalam berbagai bentuk. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor dan melibatkan mekanisme yang kompleks. Retak pada perkerasan lentur dapat dibedakan menurut bentuknya, yaitu:

- a. Retak memanjang (*longitudinal crack*), Retak berbentuk memanjang pada perkerasan jalan dapat terjadi dalam bentuk tunggal atau berderet yang sejajar dan kadang-kadang sedikit bercabang.
- b. Retak melintang (*transverse crack*), merupakan retak tunggal (tidak bersambungan satu sama lain) yang melintang perkerasan.
- c. Retak diagonal (*diagonal crack*), retak yang tidak bersambungan satu sama lain yang arahnya diagonal terhadap perkerasan.
- d. Retak berkelok-kelok (*meandering*), retak yang tidak saling berhubungan, polanya tidak teratur dan arahnya bervariasi biasanya sendiri-sendiri.
- e. Retak reflektif sambungan (*joint reflective crack*), Kerusakan ini umumnya terjadi pada permukaan perkerasan aspal yang telah dihamparkan di atas perkerasan beton semen Portland (*Portland Cement Concrete, PCC*).
- f. Retak blok (*block crack*), Retak ini berbentuk blok-blok besar yang saling bersambungan dengan ukuran sisi blok 0,2-3 meter dan dapat membentuk sudut atau pojok yang tajam.
- g. Retak kulit buaya (*alligator crack*), retak yang berbentuk sebuah jaringan dari bidang bersegi menyerupai kulit buaya, dengan lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm.
- h. Retak slip (*slippage crack*) atau retak bentuk bulan sabit (*crescent shape crack*), Retak slip atau retak berbentuk bulan sabit diakibatkan oleh gaya horizontal yang berasal dari kendaraan. Retakan ini sering terjadi pada tempat kendaraan mengerem yaitu pada saat turun dari bukit.

3. Kerusakan di Pinggir Perkerasan

Kerusakan di pinggir perkerasan adalah retak yang terjadi di sepanjang pertemuan antara permukaan perkerasan aspal dan bahu jalan, lebih-lebih bila bahu jalan tertutup (*unsealed*). Kerusakan ini terjadi secara lokal atau bahkan bisa memanjang di sepanjang jalan, dan sering terjadi di salah satu bagian jalan atau sudut. Kerusakan di pinggir perkerasan aspal dapat dibedakan menjadi:

- a. Retak pinggir (*edge eracking*) pinggir pecah (*edge breaks*), biasanya terjadi sejajar dengan pinggir perkerasan dan berjarak 0,3-0,6 m dari pinggir.
- b. Pinggir turun (*edge drop-off*), Merupakan beda evaluasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan.

4. Kerusakan Tekstur Permukaan Jalan

Beberapa kerusakan yang tidak diperbaiki dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas struktur perkerasan. Kerusakan tekstur permukaan aspal dapat dibedakan menjadi:

- a. Butiran lepas (*raveling*), disintegrasi permukaan perkerasan aspal melalui pelepasan partikel agregat yang berkelanjutan, berawal dari permukaan perkerasan menuju ke bawah atau dari pinggir ke dalam.
- b. Kegemukan (*bleeding*), hasil dari aspal pengikat yang berlebihan, yang bermigrasi ke atas permukaan perkerasan. Kelebihan kadar aspal atau terlalu rendahnya kadar udara dalam campuran dapat mengakibatkan kegemukan.
- c. Agregat licin (*polished aggregate*), licinnya permukaan pada bagian atas perkerasan akibat ausnya agregat di permukaan.
- d. Terkelupas (*delamination*), Kerusakan permukaan terjadi akibat terkelupasnya lapisan aus dari permukaan perkerasan.
- e. *Stripping*, suatu kondisi hilangnya agregat kasar dari bahan penutup yang disemprotkan, yang menyebabkan bahan pengikat dalam kontak langsung dengan ban. Perbaikan kerusakan jenis ini dapat dilakukan dengan cara penghamparan lapis tambahan (*overlay*) tipis.

5. Lubang (*potholes*)

Lubang adalah lekukan permukaan perkerasan akibat hilangnya lapisan aus dan material lapis pondasi (*base*). Pertumbuhan kerusakan lubang tersebut akan dipercepat berkumpulnya air dalam lubang.

6. Tambalan dan Tambalan Galian (*patching dan utility cut patching*)

Menurut Hardiatmo (2007) tambalan (*patching*) yaitu penutupan bagian perkerasan yang mengalami perbaikan. Tambalan kerusakan dapat tidak/diikuti oleh hilangnya kenyamanan kendaraan (kegagalan fungsional) atau rusaknya struktur perkerasan.

Juga kerusakan jenis *aligator crazing*, yang merupakan keretakan lelah, berupa rangkaian keretakan yang saling berhubungan, rangkaiannya memanjang dan paralel, serta membentuk potongan-potongan yang berpola mirip kulit aligator. Sedangkan kerusakan jalan berombak (*corrugation*) lebih disebabkan oleh aktivitas kegiatan lalu lintas yaitu pengereman dan percepatan di atas permukaan perkerasan lentur/lunak.

2.7 Pemeliharaan Jalan

Menurut Permen PU Nomor 13/PRT/M/2011, 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.

Terdapat 3 jenis pemeliharaan jalan yaitu :

1. Pemeliharaan Rutin Jalan

Pemeliharaan rutin jalan adalah kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi pada ruas-ruas jalan agar kondisi pelayanan tetap mantap. Pemeliharaan ini dilakukan secara terus menerus sepanjang tahun. Perbaikan atau kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan rutin antara lain penambalan lubang, pengisian celah atau retak permukaan, laburan aspal, dan pemeliharaan pelengkap jalan.

2. Pemeliharaan Berkala Jalan

Pemeliharaan berkala jalan adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang lebih luas dan setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jalan dapat

dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana. Pemeliharaan ini dilakukan beberapa tahun sekali. Perbaikan atau kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan berkala antara lain pelapisan ulang, pelapisan aspal tipis, pengasaran permukaan, pemarkaan, perbaikan bangunan pelengkap.

3. Rekonstruksi Jalan

Rekonstruksi jalan adalah peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi mantap kembali sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan. Perbaikan atau kegiatan yang dilakukan pada rekonstruksi jalan antara lain perbaikan seluruh struktur perkerasan, peningkatan kekuatan struktur, perbaikan kelengkapan jalan, perbaikan bangunan pelengkap.

2.8 Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

Pavement Condition Index adalah sebuah metode survey perkerasan jalan yang ditentukan oleh indeks bernomor dengan rentang 0 (nol) hingga 100 (seratus) dengan kriteria baik (*good*), cukup baik (*satisfactory*), sedang (*fair*), buruk (*poor*), sangat buruk (*very poor*), kritis (*serious*), dan gagal (*failed*) seperti pada Gambar 2.1 Selain itu metode PCI dapat digunakan sebagai acuan penanganan kerusakan perkerasan jalan.



Gambar 2.1 Diagram nilai PCI

Terdapat tiga kategori kerusakan di dalam metode PCI yaitu kerusakan ringan (L), kerusakan sedang (M), dan kerusakan berat (H). Kategori-kategori tersebut

berfungsi sebagai parameter penanganan yang perlu dilakukan pada perkerasan jalan yang disurvei. Untuk mencari nilai PCI diperlukan beberapa parameter.

2.8.1 Pengecekan Luas Unit/Segmen

Unit adalah luas perkerasan yang disurvei. Menurut ASTM D6433-11 luas unit sampel yang akan disurvei harus memiliki luas $\pm 1000 \text{ ft}^2$ atau $225 \pm 90 \text{ m}^2$.

2.8.2 Menentukan Kerapatan

Kerapatan atau *density* merupakan persentase luas atau panjang total dari suatu jenis kerusakan jalan. *Density* terjadi pada kerusakan jalan kulit buaya (*alligator cracking*), kegemukan (*bleeding*), amblas (*depression*), tambalan pada galian utilitas (*patching and utility cut patching*), jembul (*shoving*) dan pelepasan butir (*ravelling*). *Density* dapat dihitung dengan persamaan (2.1)

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk jenis kerusakan berupa retak samping (*edge cracking*) dan retak memanjang dan melintang (*long and trans cracking*) dapat dihitung dengan persamaan (2.2)

$$Density = \frac{Ld}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

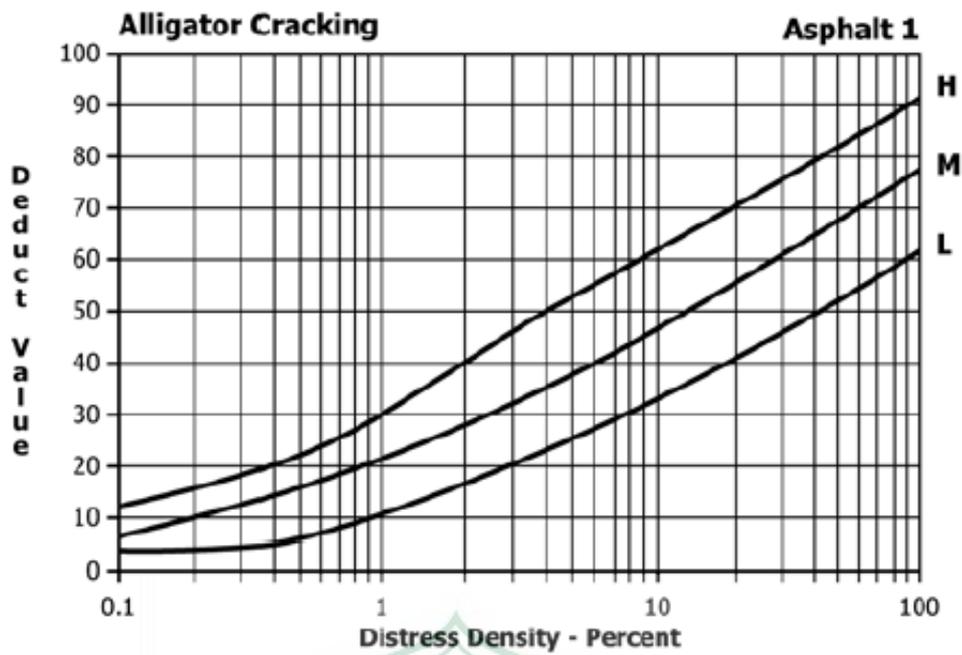
Ad = Luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m^2)

Ld = Panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m)

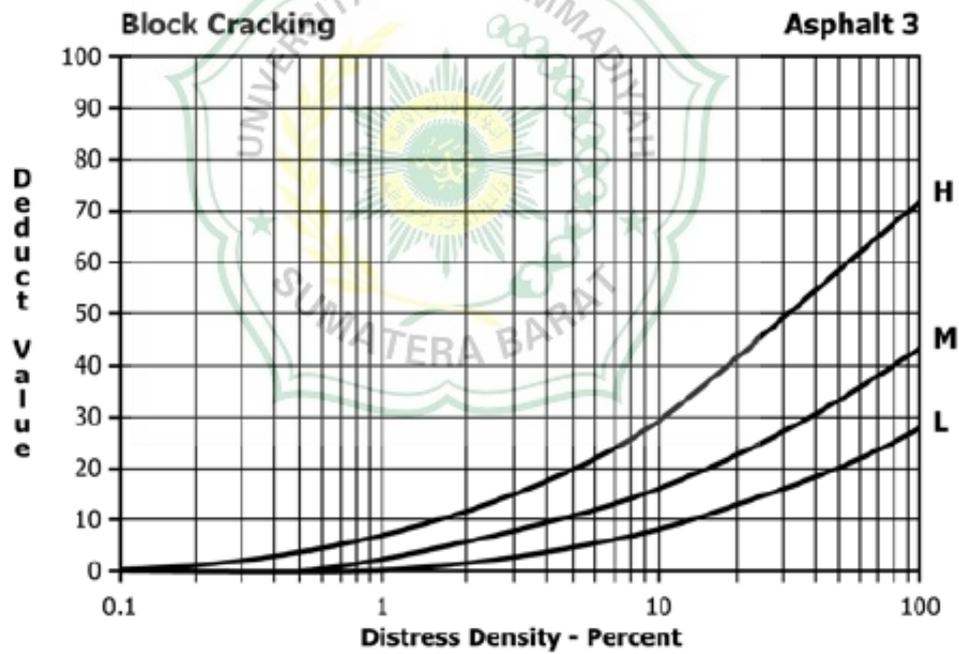
As = Luas total unit (m^2)

2.8.3 Nilai Deduct Value

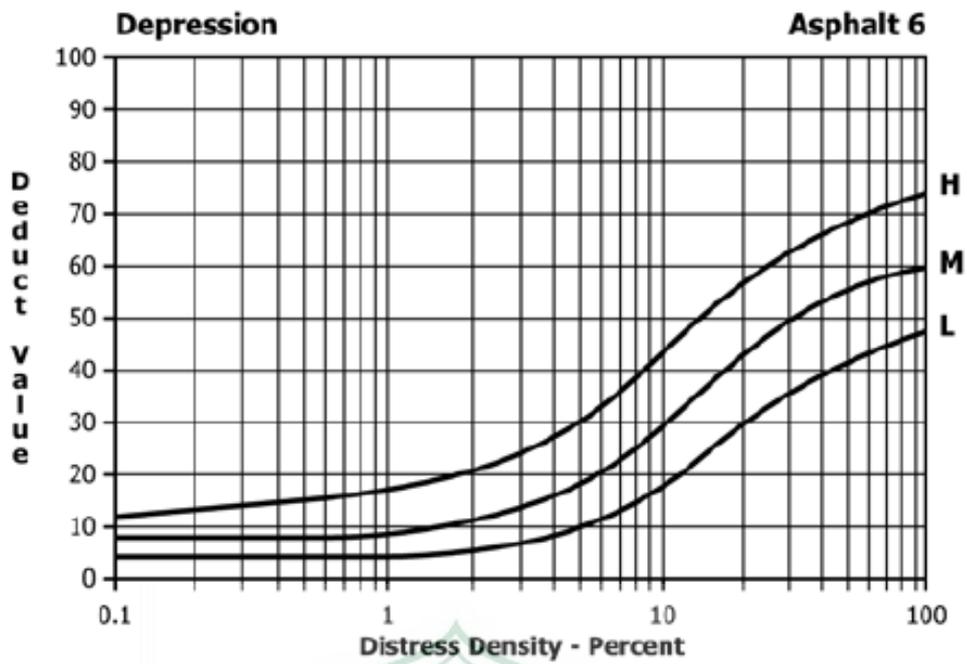
Deduct value atau nilai pengurangan total adalah suatu nilai pengurangan untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan (*density*) dan tingkat keparahan (*severity level*) kerusakan. Grafik *deduct value* berbeda untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat keparahannya. (Hardiyatmo, 2007). Dapat dilihat pada Gambar 2.2 sampai Gambar 2.12



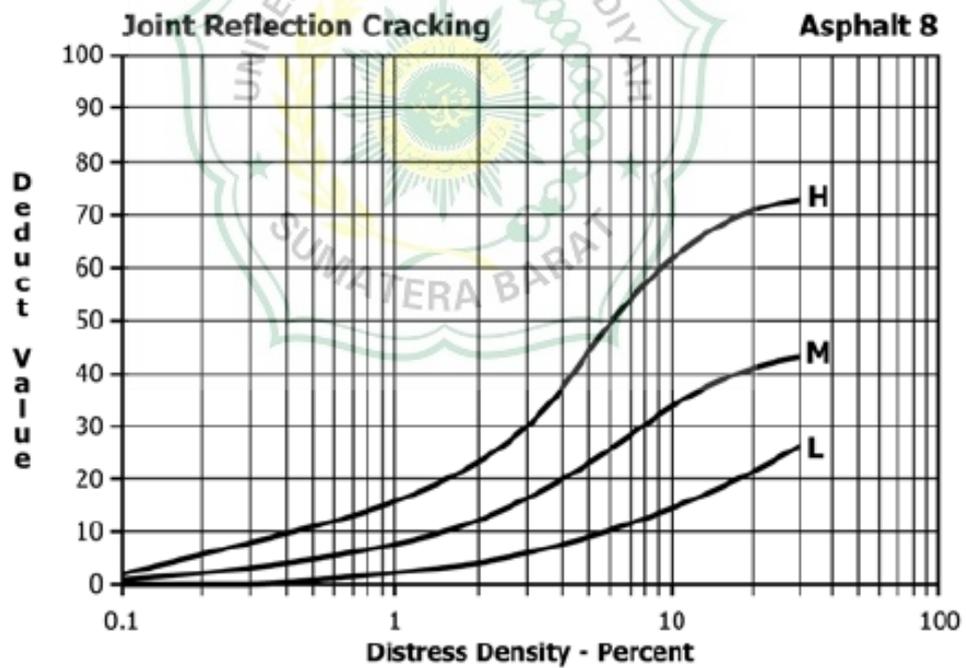
Gambar 2.2 *Deduct Value* Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracks*)



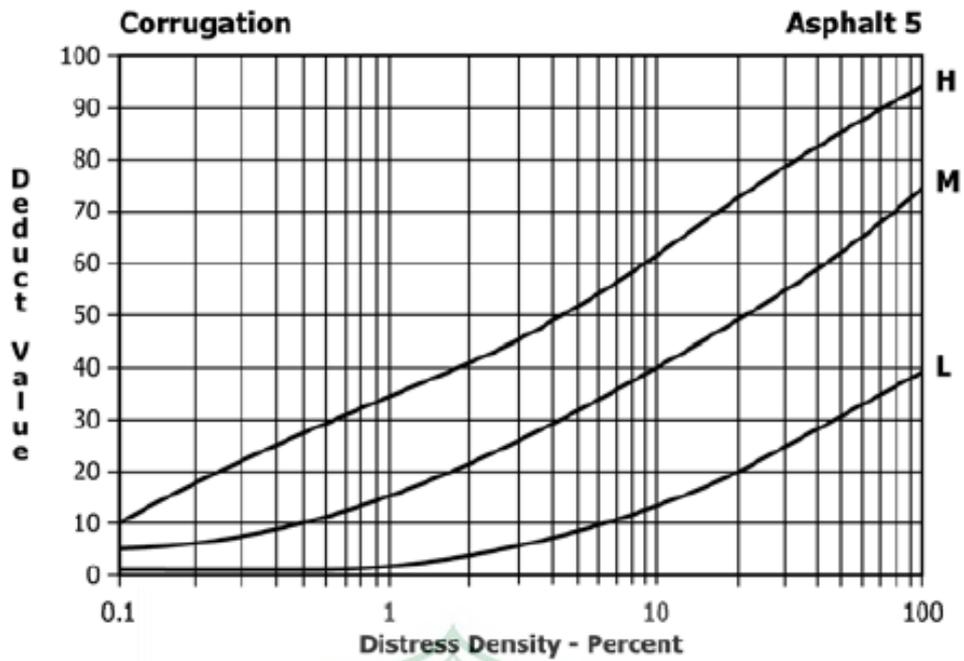
Gambar 2.3 *Deduct Value* Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)



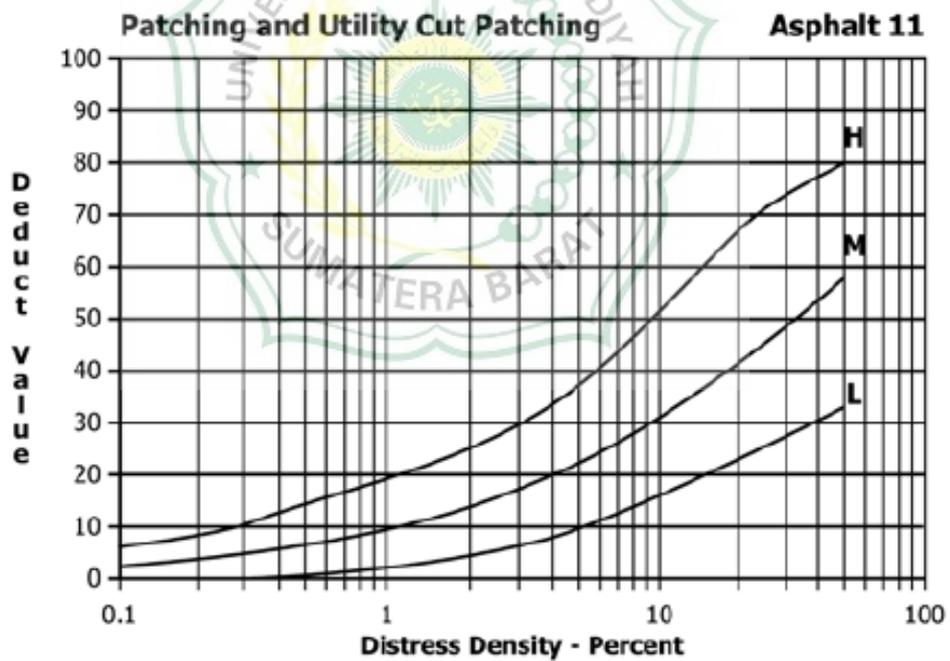
Gambar 2.4 *Deduct Value* Retak Amblas (*Depression*)



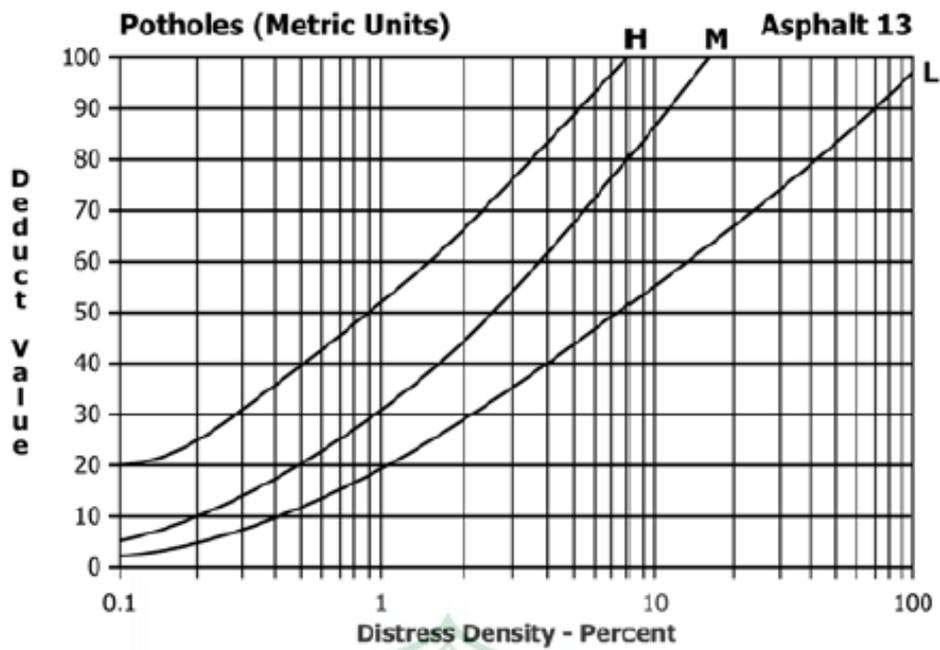
Gambar 2.5 *Deduct Value* Retak Sambungan (*Joint Reflection Cracking*)



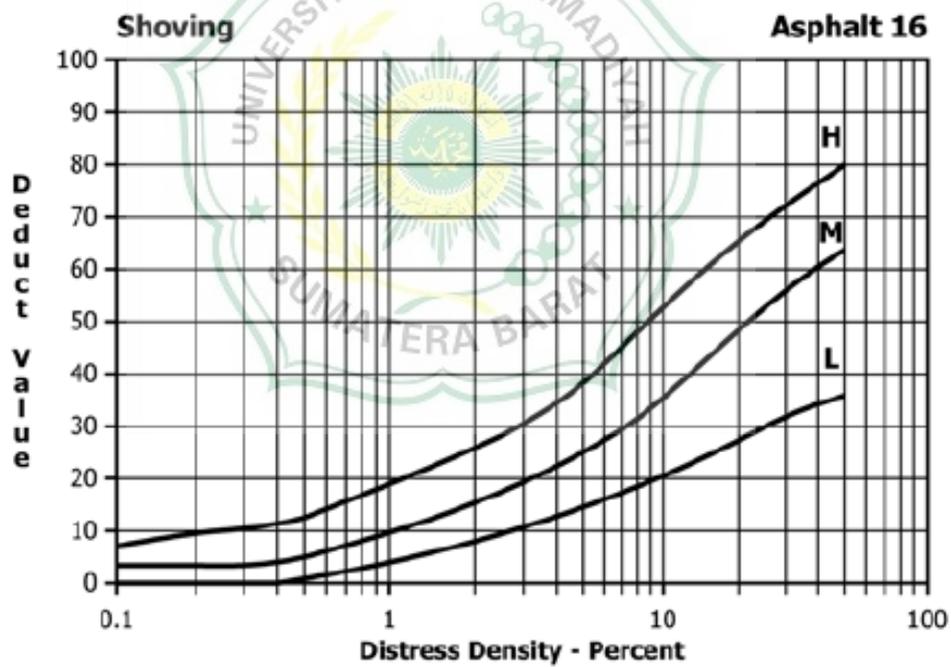
Gambar 2.6. Deduct Value Corrugation



Gambar 2.7. Deduct Value Tambalan dan Galian Utilitas



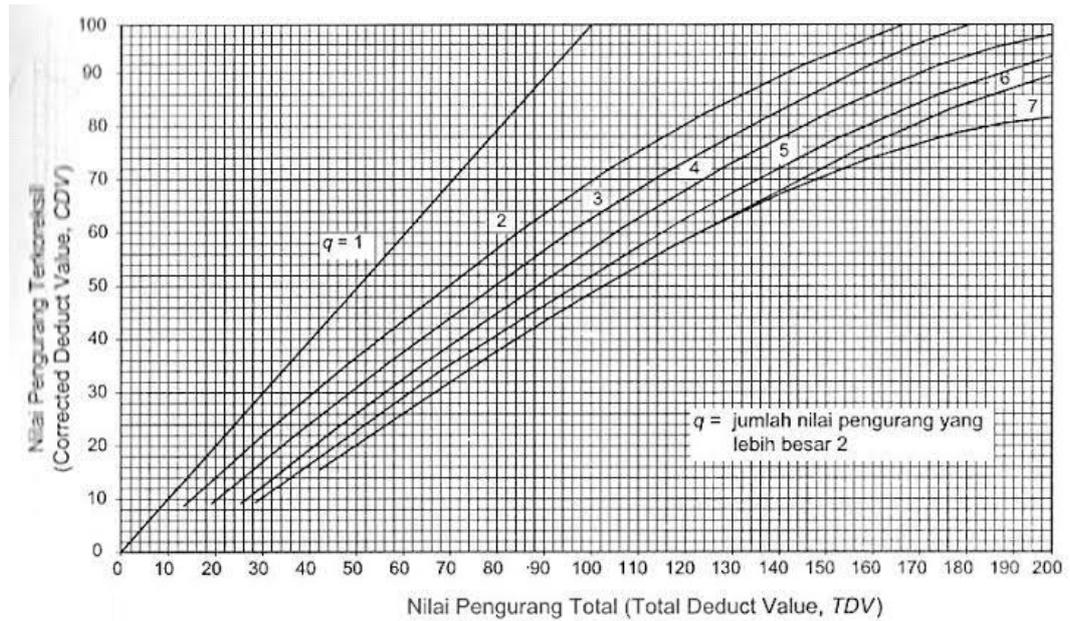
Gambar 2.8 *Deduct Value* Lubang (Potholes)



Gambar 2.9 *Deduct Value* Sungkar (Showing)

2.8.4 Total *Deduct Value* (TDV)

Total *Deduct Value* merupakan jumlah nilai dari *individual deduct value* untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu survey.



Gambar 2.10 Nilai Pengurangan Total

2.8.5 Corrected Deduct Value (CDV)

Corrected Deduct Value atau nilai pengurangan terkoreksi diperoleh dari kurva hubungan nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (CDV) dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurang tertinggi, maka CDV yang digunakan adalah nilai pengurangan individual yang tertinggi.

2.8.6 Nilai Kondisi Perkerasan (PCI)

Nilai PCI dapat dihitung setelah mengetahui nilai *corrected deduct value* (CDV) seperti pada persamaan (2.3)

$$PCI = 100 - CDV \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

PCI = Nilai PCI untuk setiap unit

CDV = CDV dari setiap unit

2.8.7 Nilai Kondisi Perkerasan Rata-rata

Nilai PCI perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan yang disurvei dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4)

$$PCI = \sum \frac{PCI(s)}{N} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

PCI = Nilai PCI perkerasan keseluruhan

PCI(s) = Nilai PCI untuk setiap unit

N = Jumlah unit/segmen

Setelah mengetahui nilai PCI, maka nilai tersebut dapat diklasifikasikan pada kelompok kondisi kerusakan jalan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kondisi jalan menurut nilai PCI

Nilai PCI	Kondisi
86-100	Baik
71-85	Cukup Baik
56-70	Sedang
41-55	Buruk
26-40	Sangat Buruk
11-25	Kritis
0-11	Gagal

Sumber : ASTM D 6433-11

2.8.8 Pemeliharaan Jalan Menurut PCI

Menurut PCI ada beberapa pemeliharaan jalan, penanganan tersebut dilihat berdasarkan nilai PCI, yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemeliharaan Jalan PCI

Pavement Condition Index (PCI)		Kategori Penanganan Jalan
Batas Atas	Batas Bawah	
100	58	Pemeliharaan Rutin
57	40	Pemeliharaan Rehabilitasi
39	0	Pemeliharaan Rekonstruksi

2.9 Analisa Kerusakan Jalan dengan Metode Bina Marga

Metode Bina Marga adalah pelaksanaan survei yang dilakukan secara visual terhadap penilaian kondisi jalan. Metode ini meninjau volume lalu lintas serta metode Bina Margai lebih cepat dalam perhitungan karena tidak banyak menggunakan grafik yang harus memasukan data satu persatu, namun pelaksanaan survei dengan menggunakan metode ini membutuhkan waktu yang lama karena survey dilakukan secara visual. Berikut analisis data metode Bina Marga :

1. Menetapkan jenis jalan dan kelas jalan

Tabel 2.3 LHR dan Kelas Jalan

LHR (smp/hari)	Nilai Kelas Jalan Nilai
>20	0
20-50	1
50-200	2
200-500	3
500-2000	4
2000-5000	5
5000-20000	6
20000-50000	7
>50000	8

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota,
Ditjen Bina Marga 1990

2. Mentabelkan hasil survei sesuai jenis dan tingkat kerusakanya

3. Menghitung penilaian jenis kerusakan sesuai parameter pada tabel

Tabel 2.4 Penilaian Jenis Kerusakan Retak

RETAK-RETAK	
Tipe	Angka
• Buaya	5
• Acak	4
• Melintang	3
• Memanjang	2
• Tidak ada	1
Lebar	Angka
• > 2 mm	3
• 1-2 mm	2
• < 1 mm	1
• Tidak ada	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan
kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.5 Penilaian Jenis Kerusakan Jumlah Kerusakan

JUMLAH KERUSAKAN	
Luas	Angka
• > 30%	3
• 10-30 %	2
• < 10 %	1
• 0	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.6 Penilaian Jenis Kerusakan Alur

ALUR	
Kedalaman	Angka
• > 20 mm	7
• 11-20 mm	5
• 6-10 mm	3
• 0 -5 mm	1
• Tidak ada	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.7 Penilaian Jenis Kerusakan Lubang

TAMBALAN DAN LUBANG	
Kedalaman	Angka
• > 30 %	3
• 30-30 %	2
• 10-20 %	1
• >10 %	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.8 Penilaian Jenis Kerusakan Kekasaran Permukaan

KEKASARAN PERMUKAAN	
Kedalaman	Angka
• <i>Disintegration</i>	4
• Pelepasan Butir	3
• <i>Rough (Hungry)</i>	2
• <i>Fatty</i>	1
• <i>Close Texture</i>	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.9 Penilaian Jenis Kerusakan Amblas

AMBLAS	
Kedalaman	Angka
• > 5/100 m	4
• 2-5/100 m	2
• 0-2/100	1
• Tidak ada	0

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

Tabel 2.10 Penilaian Kondisi Amblas

AMBLAS	
Angka	Nilai
• 25-29	9
• 22-25	8
• 19-21	7
• 16-18	6
• 13-15	5
• 10-12	4
• 7-9	3
• 4-6	2
• 0-3	1

Sumber : Tata cara Penyusunan Program Pemeliharaan jalan kota, Ditjen Bina Marga 1990

4. Urutan Prioritas

Urutan prioritas dapat dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut :

$$\text{Urutan prioritas} = 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai Kondisi Jalan})$$

Dimana :

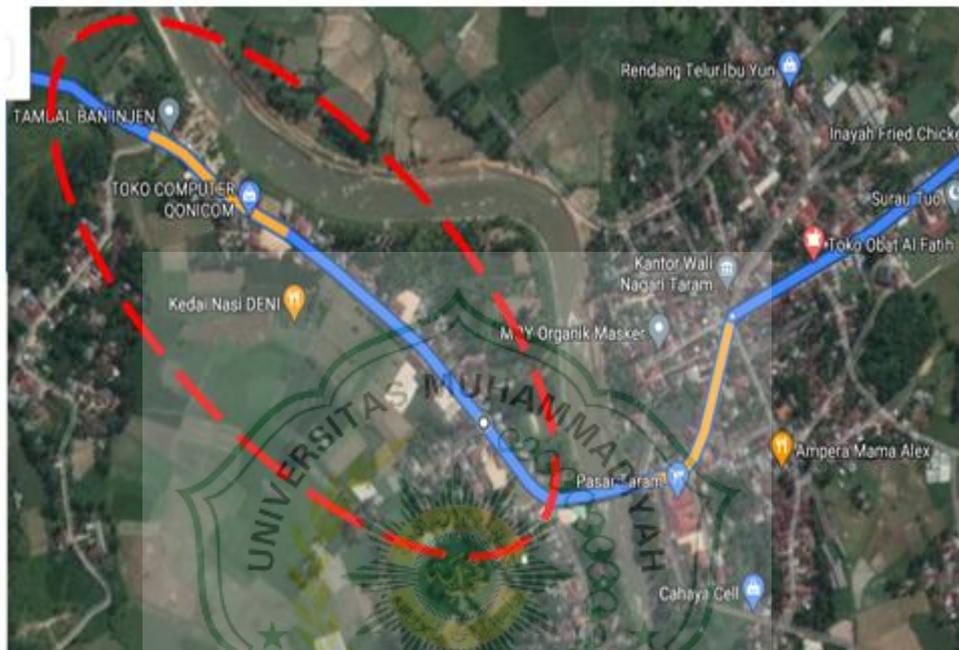
Kelas LHR = Kelas-kelas lalu lintas untuk pekerjaan pemeliharaan (lihat di Tabel 2.3)

Nilai Kondisi Jalan = Nilai yang diberikan terhadap kondisi jalan (Tabel 2.10)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi

Lokasi untuk penelitian ini berada pada ruas jalan Subarang Taram sepanjang 1 km dan lebar perkerasan jalan 3 m.



Gambar 3.1 Lokasi Survei Jalan Subarang Taram
Sumber : *Google Maps*

3.2 Data dan Analisa Data

Untuk melakukan analisa kerusakan perkerasan ini diperlukan data sebagai acuan, data tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Data Primer
2. Data Sekunder

3.2.1 Data Primer

Data primer yaitu data yang diambil dari lapangan langsung. Data yang dapat diambil berupa jenis kerusakan jalan dan dimensi kerusakan jalan. Untuk alat yang digunakan menggunakan meteran, alat tulis, formulir survei, kamera. Untuk pengambilan data kerusakan dilakukan 2 kali yaitu:

1. Pada tanggal 16 Mei 2022 sampai dengan 19 Mei 2022.
2. Pada tanggal 20 Agustus 2022.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diambil dari berbagai sumber yang relevan seperti aturan dan ketentuan yang berlaku untuk penelitian ini, seperti :

1. Bina Marga 2017
2. PCI

3.3 Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam tugas akhir ini yaitu pendekatan kuantitatif, dimana metode ini menggunakan survey lapangan.

3.3.1 Prosedur dan Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipakai diantaranya form survey untuk mengidentifikasi kerusakan, meteran, cat. Metode yang dipakai yaitu metode dengan cara deskriptif berdasarkan metode *Pavement Condition Index* (PCI) dan Metode Bina Marga 2017.

3.3.2 Pengolahan Data

Untuk bisa mendapatkan hasil kerusakan jalan, kita harus menganalisa data dengan langkah berikut ini :

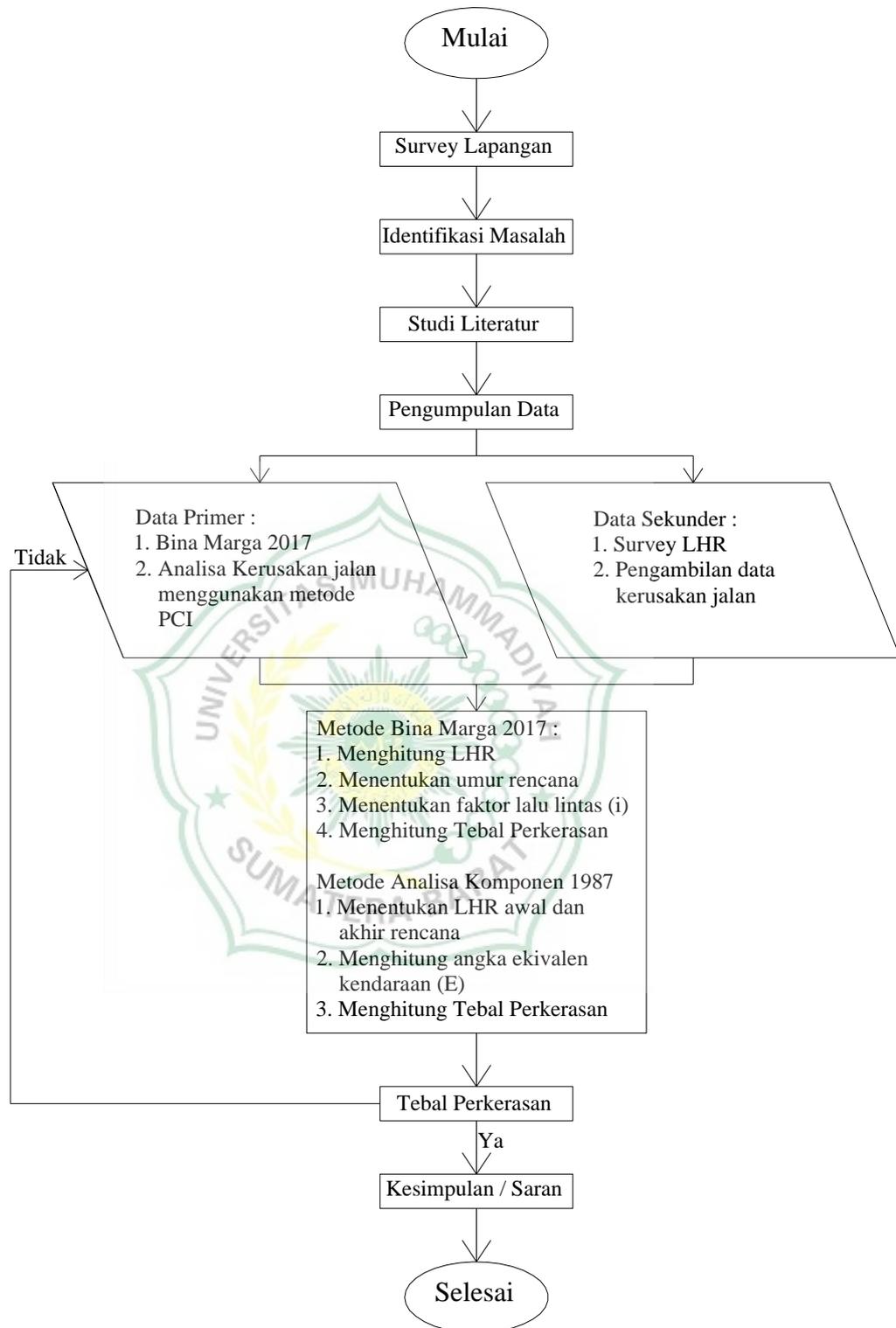
3.3.2.1 Menggunakan Metode PCI

1. Melakukan pengukuran untuk jenis kerusakan.
2. Mengklasifikasikan kerusakan jalan kedalam kelas biasa (*low*), sedang (*medium*), ataupun parah (*high*).
3. Menghitung kadar kerusakan jalan
4. Menghitung nilai pengurang
5. Menentukan TDV
6. Menghitung *corrected deduct value*
7. Menentukan nilai PCI (*Pavement Condition Index*)

3.3.2.2 Menggunakan Metode Bina Marga

1. Melakukan pengukuran jenis kerusakan
2. Mengklasifikasikan kerusakan jalan kedalam kelas biasa (*low*), sedang (*medium*), ataupun parah (*high*).
3. Menetapkan jenis jalan dan kelas jalan
4. Mengklasifikasikan hasil sesuai jenis dan tingkat kerusakannya.
5. Menghitung penilaian.

3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mengidentifikasi Kerusakan Pada Jalan Subarang Taram

Secara umum pembangunan jalan dilakukan untuk sebagai sarana dalam memudahkan mobilitas dan kegiatan sosial ekonomi dalam masyarakat. Ruas jalan Subarang Taram mempunyai titik kerusakan yang sangat berpengaruh untuk kenyamanan dan juga keamanan jalan. Kerusakan ini dapat disebabkan karena muatan kendaraan yang berlebih, material jalan yang buruk, dasar tanah yang tidak stabil, jumlah kendaraan yang meningkat.

4.2 Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Lentur Jalan Subarang Taram

Lapisan perkerasan sering mengalami kegagalan konstruksi sebelum mencapai umur rencana. Kegagalan dapat dilihat dari kondisi kerusakan apabila tidak dapat berfungsi lagi sesuai yang direncanakan.

Berikut merupakan jenis kerusakan pada perkerasan lentur :

1. Lubang (*Potholes*)



Gambar 4.1 Lubang

Kerusakan untuk lubang diukur menurut diameternya. Kerusakan ini terjadi di Jalan Subarang Taram Kabupaten Limapuluh Kota STA 0+300, kerusakan terjadi ditengah lebar perkerasan.

Tabel 4.1 Tingkat Kerusakan Lubang

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Low</i>	<i>Low</i> Untuk kerusakan lubang Jalan Subarang Taram dengan STA 0+250 kedalaman 3,1 cm dan diameter 56 cm maka dikategorikan kerusakan ringan.

Lubang pada jalan diakibatkan campuran untuk lapisan permukaan yang buruk, cuaca, dan drainase yang buruk.

2. Tambalan dan Galian Utilitas



Gambar 4.2 Tambalan

Kerusakan ini terjadi di jalan Subarang Taram Kabupaten Limapuluh Kota STA 0+350, kerusakan terjadi di tepi lebar perkerasan dan digolongkan jenis kerusakan ringan.

Tabel 4.2 Tingkat Kerusakan Tambalan

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>High</i>	Tambalan sedikit rusak, kenyamanan kendaraan agak terganggu. Untuk tambalan pada Jalan Subarang Taram STA 0+350 digolongkan kerusakan berat.

Kemungkinan penyebabnya adalah cara pemasangan tambalan yang buruk sehingga tidak rata dengan permukaan sekitarnya .

3. Retak Kulit Buaya



Gambar 4.3 Retak Kulit Buaya

Cara Kerusakan ini terjadi di Jalan Subarang Taram Kabupaten Limapuluh Kota STA 0+150.

Tabel 4.3 Tingkat Kerusakan Retak Buaya

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>Medium</i>	Pola retak memanjang sejajar satu dengan yang lain dengan garis yang berhubungan satu sama lain Untuk kerusakan jalan ini digolongkan kerusakan sedang

Retak yang terjadi akibat bahan lapis permukaan yang kurang baik, tanah dasar, dan lainnya.

4. Pelepasan Butiran



Gambar 4.4 Pelepasan Butiran

Pelepasan butiran diukur dalam meter persegi atau luas permukaan. Kerusakan ini terjadi di jalan Subarang Taram Kabupaten Limapuluh Kota STA 0+100.

Tabel 4.4 Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
<i>High</i>	Berupa permukaan perkerasan yang kasar, tekstur permukaan kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Untuk kerusakan ini memiliki luasan 4 inci, dikategorikan kerusakan berat.

Penyebab kerusakan ini adalah beban lalu lintas yang sisintegrasi lapisan pondasi sehingga mengakibatkan terlepasnya aspal pada lapisan aus.

4.3 Penilaian Kondisi Perkerasan Metode Bina Marga

1. Menetapkan jenis jalan dan kelas jalan

Tabel 4.5 Data LHR 2022

No	Jenis Kendaraan	Baban (Ton)	LHR (Kend/hari)
1	Sepeda Motor	1	3362
2	Mobil Pribadi	2, 3, 4	441
3	Mobil Pick Up	2, 3, 4	143
4	Bus Kecil	5a	18
5	Bus Besar	5b	43
6	Truk 2 Sumbu	6a	52
7	UM	-	20
Total			4079

Sumber : Survey Lalu Lintas

Tabel 4.6 LHR dan Nilai Kelas Jalan

LHR (smp/hari)	Nilai Kelas Jalan
< 20	0
20 - 50	1
50 - 200	2
200 - 500	3
500 - 2000	4
2000 - 5000	5
5000 - 20000	6
20000 - 50000	7
> 50000	8

2. Mentabelkan hasil survei sesuai jenis dan tingkat kerusakannya

Luas kerusakan yang ada pada STA 0 + 000 sampai STA 0 + 100

$$\begin{aligned}
 L &= P \times L \\
 &= 2,1 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \\
 &= 0,525 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

(Perhitungan selanjutnya ditabelkan)

% dari luas keseluruhan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Luas Kerusakan}}{\text{Luas Jalan}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0,525}{(3 \times 1000)} \times 100 \% \\
 &= 0,0175 \%
 \end{aligned}$$

(Perhitungan selanjutnya ditabelkan)

Tabel 4.7 Kerusakan Pada Jalan

STA	Kerusakan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	% Data Keseluruhan
0+000 - 0+100	Lubang	2,1	0,25	0,005	0,525	0,0175
		1,4	0,2	0,048	0,28	0,0093
		2,4	0,29	0,03	0,696	0,0232
		1,2	0,25	0,03	0,3	0,0100
		1,8	0,3	0,035	0,54	0,0180
		1,7	0,21	0,2	0,357	0,0119
		0,86	0,43	0,048	0,3698	0,0123
		0,56	0,23	0,025	0,1288	0,0043
0+100 - 0+200	Lubang	0,45	0,65	0,033	0,2925	0,0098
		0,46	0,33	0,035	0,1518	0,0051
		2,45	0,98	0,048	2,401	0,0800
		3,5	0,26	0,035	0,9100	0,0303
		0,64	0,62	0,045	0,3968	0,0132
		0,6	0,5	0,04	0,3	0,0100
		0,82	0,67	0,043	0,5494	0,0183
0+200 - 0+300	Lubang	0,85	0,25	0,03	0,2125	0,0071
		0,87	0,36	0,048	0,3132	0,0104
		0,65	0,47	0,048	0,3055	0,0102
		0,54	0,73	0,04	0,3942	0,0131
		0,81	1,14	0,59	0,9234	0,0308
		0,064	0,35	0,056	0,0224	0,0007
		0,96	0,48	0,045	0,4608	0,0154

0+300 - 0+400	Lubang	1,6	1,64	0,03	2,624	0,0875
		0,95	0,064	0,065	0,0608	0,0020
		1,6	0,85	0,68	1,36	0,0453
		1,5	0,85	0,69	1,275	0,0425
		0,43	0,39	0,054	0,1677	0,0056
		0,56	0,25	0,031	0,14	0,0047
		0,62	0,2	0,58	0,124	0,0041
0+400 - 0+500	Lubang	0,26	1,6	0,02	0,416	0,0139
		0,98	0,62	0,062	0,6076	0,0203
		0,4	0,2	0,035	0,08	0,0027
		0,68	0,32	0,035	0,2176	0,0073
		1,4	0,8	0,02	1,12	0,0373
		0,84	0,18	0,035	0,1512	0,0050
		0,22	0,35	0,31	0,077	0,0026
0+500 - 0+600	Lubang	0,62	0,5	0,014	0,31	0,0103
		0,75	0,16	0,35	0,12	0,0040
		0,22	0,32	0,035	0,0704	0,0023
		1,8	0,62	0,068	1,116	0,0372
		0,64	0,26	0,48	0,1664	0,0055
		0,61	0,31	0,48	0,1891	0,0063
		1,3	0,35	0,35	0,455	0,0152
0+600 - 0+700	Lubang	0,48	0,22	0,048	0,1056	0,0035
		0,65	0,43	0,035	0,2795	0,0093
		0,42	0,16	0,058	0,0672	0,0022
		0,45	0,31	0,065	0,1395	0,0047
		0,62	0,2	0,058	0,124	0,0041
		0,26	0,15	0,048	0,039	0,0013
		1,84	0,32	0,035	0,5888	0,0196
0+700 - 0+800	Lubang	0,96	0,48	0,048	0,4608	0,0154
		1,63	0,25	0,03	0,4075	0,0136
		2,26	0,37	0,03	0,8362	0,0279
		0,64	0,32	0,058	0,2048	0,0068
		0,26	0,15	0,048	0,039	0,0013
0+800 - 0+900	Lubang	0,45	0,31	0,035	0,1395	0,0047
		2,25	0,18	0,048	0,405	0,0135
		2,4	0,23	0,048	0,552	0,0184
		1,81	0,12	0,048	0,2172	0,0072
		0,36	0,16	0,058	0,0576	0,0019
		0,24	0,43	0,058	0,1032	0,0034
0,36	0,22	0,06	0,0792	0,0026		

0+900 - 1+000	Lubang	3,1	0,24	0,02	0,744	0,0248
		0,43	0,18	0,023	0,0774	0,0026
		0,6	0,24	0,04	0,144	0,0048
		1,68	1,73	0,044	2,9064	0,0969
		1,25	0,28	0,058	0,35	0,0117
Total Kerusakan					30,7453	1,0248

Tabel 4.8 Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)

STA	Kerusakan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	% Data Keseluruhan
0+000 - 0+100	Retak Kulit Buaya	8,6	0,013	-	0,1118	0,0075
0+100 - 0+200	Retak Kulit Buaya	4,47	0,008	-	0,03576	0,0024
0+300 - 0+400	Retak Kulit Buaya	1,6	0,006	-	0,0096	0,0006
Total Keseluruhan					0,1572	0,0105

Tabel 4.9 Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)

STA	Kerusakan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	% Data Keseluruhan
0+300 - 0+400	Tambalan	10,2	3	-	30,6	2,0400
Total Keseluruhan					30,6000	2,0400

Tabel 4.10 Kerusakan Pada Jalan (Sambungan)

STA	Kerusakan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	% Data Keseluruhan
0+000 - 0+100	Pelepasan Butiran	7,58	0,3	-	2,274	0,1516
Total Keseluruhan					2,2740	0,1516
Total Keseluruhan					52,5922	3,5061

3. Menghitung penilaian jenis kerusakan sesuai parameter pada tabel

Tabel 4.11 Rekapitulasi Penentuan Angka Kerusakan Jalan

Jenis Kerusakan	Angka untuk Jenis Kerusakan	Angka untuk Lebar Kerusakan	Angka untuk Luas Kerusakan	Angka Untuk Kedalaman	Angka Untuk Panjang Ambblas	Angka Kerusakan
Lubang	-	-	0	-	-	0
Retak Kulit Buaya	5	3	0	-	-	5
Pelepasan Butiran	3	-	-	-	-	3
Tambalan	-	-	0	-	-	0
Total Angka Kerusakan						8

Tabel 4.12 Penetapan Nilai Kondisi Jalan berdasarkan Total Angka Kerusakan

Total Angka Kerusakan	Nilai Kondisi Jalan
26 - 29	9
22 - 25	8
19 - 21	7
16 - 18	6
13 - 15	5
10 - 12	4
7 - 9	3
4 - 6	2
0 - 3	1

Untuk kerusakan akibat lubang dapat dilihat pada tabel 4.11, Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Urutan prioritas} &= 17 - (\text{Kelas LHR} + \text{Nilai Kondisi Jalan}) \\
 &= 17 - (5 + 3) \\
 &= 9
 \end{aligned}$$

4.4 Penilaian Kondisi Perkerasan Metode PCI

1. Menentukan Luas (A) dan Total Luas (Ad) Kerusakan Jalan

Setelah dilakukan pengukuran dimensi kerusakan, maka langkah selanjutnya adalah mencari luasan kerusakan dengan rumus :

$$A = P \times L$$

Setelah didapat luasan kerusakan masing-masing kerusakan, maka dijumlahkan untuk setiap kerusakan yang memiliki jenis yang sama untuk didapatkan nilai total (Ad).

Tabel 4.13 Pencatatan Hasil Survey STA 0+000 – 0+500

STA	Kerusakan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Luas (m ²)	Tingkat Kerusakan	Ad (m ²)	
0+000 - 0+100	Lubang	2,1	0,25	0,005	0,5250	L	3,1966	
		1,4	0,2	0,048	0,2800			
		2,4	0,29	0,03	0,6960			
		1,2	0,25	0,03	0,3000			
		1,8	0,3	0,035	0,5400			
		1,7	0,21	0,2	0,3570			
		0,86	0,43	0,048	0,3698			
		0,56	0,23	0,025	0,1288			
		Retak Kulit Biaya	8,6	0,013	-	0,1118	M	0,1118
		Pelepasan Butiran	7,58	0,3	-	2,2740	H	2,2740
0+100 - 0+200	Lubang	0,45	0,65	0,033	0,2925	L	5,0015	
		0,46	0,33	0,035	0,1518			
		2,45	0,98	0,048	2,4010			
		3,5	0,26	0,035	0,9100			
		0,64	0,62	0,045	0,3968			
		0,6	0,5	0,04	0,3000			
		0,82	0,67	0,043	0,5494			
		Retak Kulit Biaya	4,47	0,008	-	0,0358	M	0,0358
0+200 - 0+300	Lubang	0,85	0,25	0,03	0,2125	L	2,6320	
		0,87	0,36	0,048	0,3132			
		0,65	0,47	0,048	0,3055			
		0,54	0,73	0,04	0,3942			
		0,81	1,14	0,59	0,9234			
		0,064	0,35	0,056	0,0224			
		0,96	0,48	0,045	0,4608			
0+300 - 0+400	Lubang	1,6	1,64	0,03	2,6240	L	5,7515	
		0,95	0,064	0,065	0,0608			
		1,6	0,85	0,68	1,3600			
		1,5	0,85	0,69	1,2750			

		0,43	0,39	0,054	0,1677		
		0,56	0,25	0,031	0,1400		
		0,62	0,2	0,58	0,1240		
	Retak Kulit Biaya	1,6	0,006		0,0096	M	0,0096
	Tambalan	10,2	3	-	30,6000	H	30,6000
0+400 - 0+500	Lubang	0,26	1,6	0,02	0,4160	L	2,9794
		0,98	0,62	0,062	0,6076		
		0,4	0,2	0,035	0,0800		
		0,68	0,32	0,035	0,2176		
		1,4	0,8	0,02	1,1200		
		0,84	0,18	0,035	0,1512		
		0,22	0,35	0,31	0,0770		
		0,62	0,5	0,014	0,3100		
0+500 - 0+600	Lubang	0,75	0,16	0,35	0,12	L	2,1169
		0,22	0,32	0,035	0,0704		
		1,8	0,62	0,068	1,116		
		0,64	0,26	0,48	0,1664		
		0,61	0,31	0,48	0,1891		
		1,3	0,35	0,35	0,455		
0+600 - 0+700	Lubang	0,48	0,22	0,048	0,1056	L	1,8044
		0,65	0,43	0,035	0,2795		
		0,42	0,16	0,058	0,0672		
		0,45	0,31	0,065	0,1395		
		0,62	0,2	0,058	0,124		
		0,26	0,15	0,048	0,039		
		1,84	0,32	0,035	0,5888		
		0,96	0,48	0,048	0,4608		
0+700 - 0+800	Lubang	1,63	0,25	0,03	0,4075	L	1,627
		2,26	0,37	0,03	0,8362		
		0,64	0,32	0,058	0,2048		
		0,26	0,15	0,048	0,039		
		0,45	0,31	0,035	0,1395		
0+800 - 0+900	Lubang	2,25	0,18	0,048	0,405	L	1,4142
		2,4	0,23	0,048	0,552		
		1,81	0,12	0,048	0,2172		
		0,36	0,16	0,058	0,0576		
		0,24	0,43	0,058	0,1032		
		0,36	0,22	0,06	0,0792		

0+900 - 1+000	Lubang	3,1	0,24	0,02	0,744	L	4,2218
		0,43	0,18	0,023	0,0774		
		0,6	0,24	0,04	0,144		
		1,68	1,73	0,044	2,9064		
		1,25	0,28	0,058	0,35		

Sumber : Survey Lapangan

2. Mencari persentase kerusakan (*density*)

a. STA 0+000 – 0+100

Kerusakan Lubang

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\%$$

$$Density = \frac{3,1966}{3 * 1000} \times 100\% = 0,1066\%$$

Untuk data selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.14 Analisa Hitungan

STA	Kerusakan	Ad (m ²)	As (m ²)	Density (Ad/As) (%)	Tingkat Kerusakan
0+000 - 0+100	Lubang	3,1966	3000	0,1066	L
	Retak Kulit Buaya	0,1118	3000	0,0037	M
	Pelepasan Butiran	2,2740	3000	0,0758	H
0+100 - 0+200	Lubang	5,0015	3000	0,1667	L
	Retak Kulit Buaya	0,0358	3000	0,0012	M
0+200 - 0+300	Lubang	2,6320	3000	0,0877	L
0+300 - 0+400	Lubang	5,7515	3000	0,1917	L
	Retak Kulit Buaya	0,0096	3000	0,0003	M

	Tambalan	30,6000	3000	1,0200	H
0+400 - 0+500	Lubang	2,9794	3000	0,0993	L
0+500 - 0+600	Lubang	2,1169	3000	0,0706	L
0+600 - 0+700	Lubang	1,8044	3000	0,0601	L
0+700 - 0+800	Lubang	1,6270	3000	0,0542	L
0+800 - 0+900	Lubang	1,4142	3000	0,0471	L
0+900 + 1+000	Lubang	4,2218	3000	0,1407	L

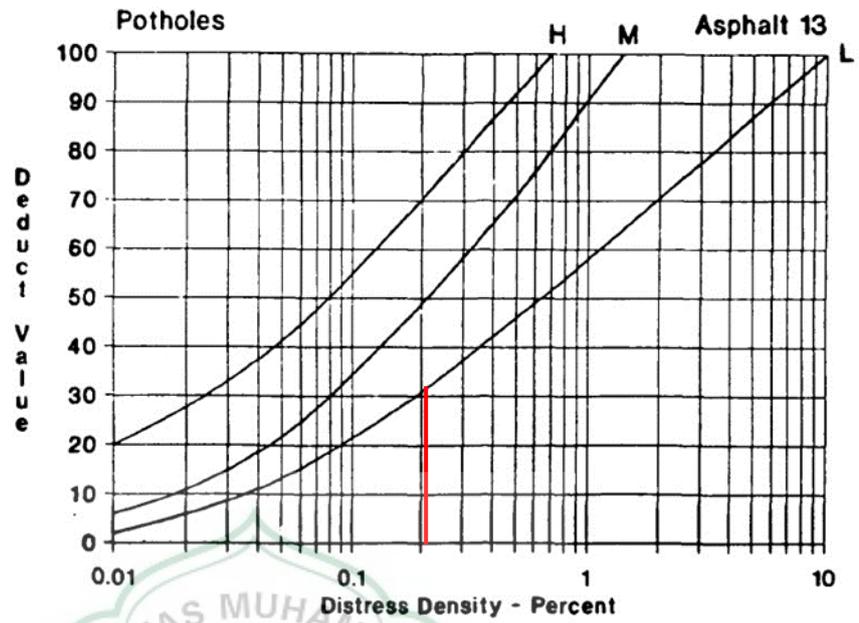
Sumber : Analisa Hitungan

3. Menentukan *Deduct Value* (DV)

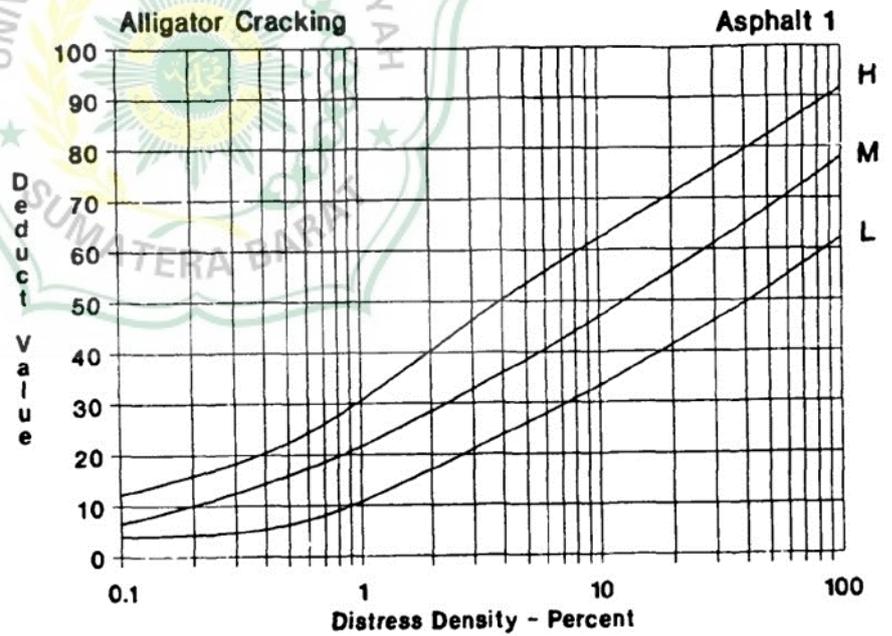
Deduct Value yaitu nilai yang dikurangkan untuk jenis kerusakan yang diperoleh. Jika tingkat keparahan berbeda, maka diambil tingkat kerusakan tertinggi.

a. STA 0+000 – 0+100

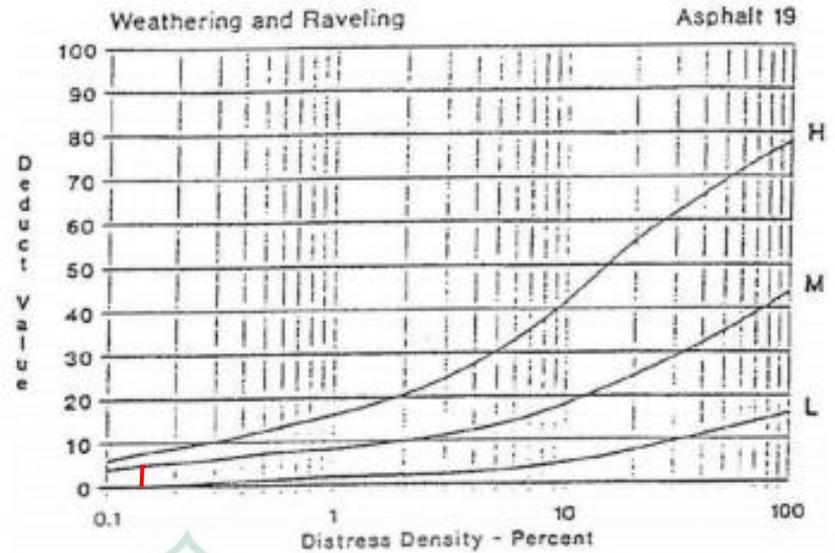
- DV Kerusakan Lubang



- DV Kerusakan Retak Kulit Buaya



- DV Kerusakan Pelepasan Butiran



Data selanjutnya di tabelkan.

STA	Kerusakan	Density	Deduct Value
0+000 - 0+100	Lubang	0,1066	32
	Retak Kulit Buaya	0,0037	7
	Pelepasan Butiran	0,0758	8
0+100 - 0+200	Lubang	0,1667	40
	Retak Kulit Buaya	0,0012	7
0+200 - 0+300	Lubang	0,0877	28
0+300 - 0+400	Lubang	0,1917	40
	Retak Kulit Buaya	0,0003	7
	Tambalan	1,0200	26
0+400 - 0+500	Lubang	0,0993	30
0+500 - 0+600	Lubang	0,0706	28
0+600 - 0+700	Lubang	0,0601	25
0+700 - 0+800	Lubang	0,0542	23
0+800 - 0+900	Lubang	0,0471	22
0+900 + 1+000	Lubang	0,1407	38

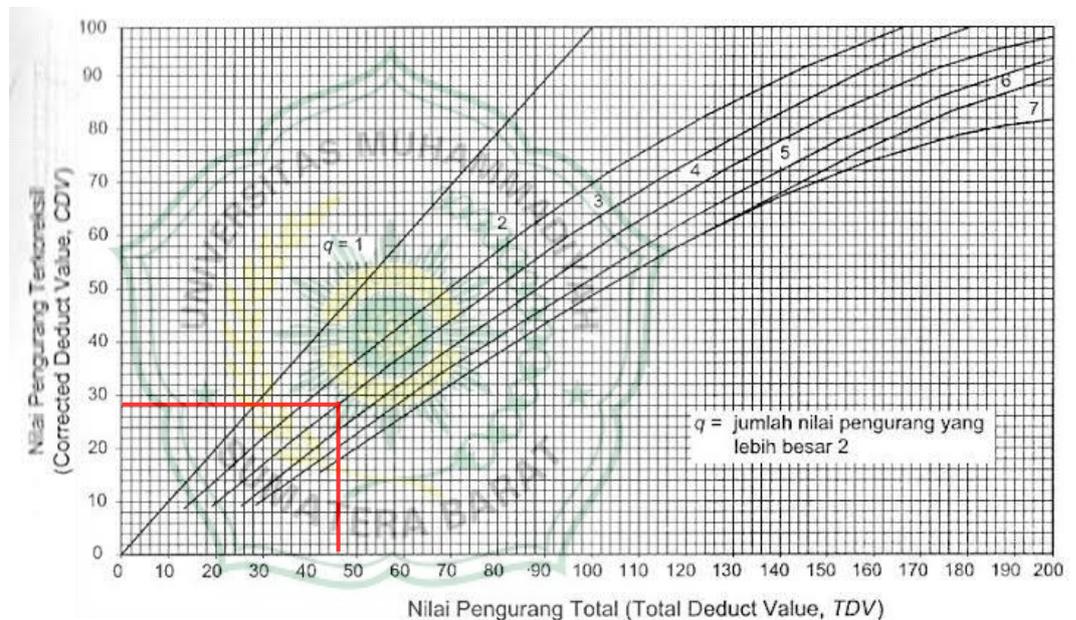
Sumber : Analisa Hitungan

4. Menjumlahkan *Total Deduct Value (TDV)*

Total Deduct Value atau nilai pengurangan total diperoleh pada satu segmen jalan dengan menambahkan seluruh nilai *Deduct Value* yang ada pada segmen tersebut. Pada STA 0+000 – 0+100 didapatkan nilai $TDV = 47$.

5. Mencari Nilai *Corrected Deduct Value (CDV)*

Nilai CDV diperoleh dengan cara memasukkan nilai TDV kedalam tabel CDV dengan cara menarik garis vertikal pada nilai TDV sampai memotong garis q kemudian ditarik garis horizontal. Nilai q merupakan nilai DV yang >2.



Dari grafik dapat ditarik kesimpulan untuk nilai CDV pada segmen tersebut adalah 28.

Menentukan nilai PCI

Setelah didapat hasil CDV, maka tentukan nilai PCI dengan cara berikut :

$$\begin{aligned} PCI &= 100 - CDV \\ &= 100 - 30 \\ &= 70 \end{aligned}$$

Dapat ditarik kesimpulan bahwa pada STA 0 + 000 – 0 + 100 memiliki nilai PCI = 70 yang berarti kondisi perkerasan pada segmen tersebut *Good* (baik).

Tabel 4.15 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

Nilai PCI	Kondisi
0 – 10	Gagal (<i>Failed</i>)
11 – 25	Sangat Buruk (<i>Very poor</i>)
26 – 40	Buruk (<i>Poor</i>)
41 – 55	Sedang (<i>Fair</i>)
56 – 70	Baik (<i>Good</i>)
71 – 85	Sangat Baik (<i>Very good</i>)
86 – 100	Sempurna (<i>Excelent</i>)

Untuk data selanjutnya di tabelkan

Tabel 4.16 Hasil Pengolahan Data PCI

STA	Kerusakan	Ad (m ²)	Density (Ad/As) (%)	Tingkat Kerusakan	DV	TDV	q	CDV	PCI
0+000 - 0+100	Lubang	3,1966	0,1066	L	32	47	3	30	70
	Retak Kulit Buaya	0,1118	0,0037	M	7				
	Pelepasan Butiran	2,2740	0,0758	H	8				
0+100 - 0+200	Lubang	5,0015	0,1667	L	40	47	2	31	69
	Retak Kulit Buaya	0,0358	0,0012	M	7				
0+200 - 0+300	Lubang	2,6320	0,0877	L	28	28	1	38	62
0+300 - 0+400	Lubang	5,7515	0,1917	L	40	73	3	48	52
	Retak Kulit Buaya	0,0096	0,0003	M	7				

	Tambalan	30,6000	1,0200	H	26				
0+400 - 0+500	Lubang	2,9794	0,0993	L	30	30	1	30	70
0+500 - 0+600	Lubang	2,1169	0,0706	L	28	28	1	28	72
0+600 - 0+700	Lubang	1,8044	0,0601	L	25	25	1	25	75
0+700 - 0+800	Lubang	1,6270	0,0542	L	23	23	1	23	77
0+800 - 0+900	Lubang	1,4142	0,0471	L	22	22	1	22	78
0+900 + 1+000	Lubang	4,2218	0,1407	L	38	38	1	38	62

Dari Tabel 4.16, didapat nilai CDV Maksimum untuk ruas jalan Subarang Taram sebesar 48. Berdasarkan perhitungan nilai CDV maksimum diatas, didapatkan nilai PCI untuk ruas jalan Subarang Taram yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{PCI} &= 100 - 48 \\
 &= 52 \text{ (Fair)}
 \end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa perhitungan untuk ruas jalan Subarang Taram, maka didapat hasil :

1. Kerusakan yang terjadi disepanjang jalan Subarang Taram Kabupaten Limapuluh Kota mulai dari STA 0 + 000 sampai STA 1 + 000 di antaranya lubang, retak kulit buaya, pelepasan butiran, tambalan.
 - a. Dari perhitungan analisa kerusakan menggunakan metode Bina Marga 2017 didapat bahwa jalan Subarang Taram berada pada prioritas 9 yang artinya jalan yang dimasukkan kedalam program pemeliharaan rutin.
 - b. Untuk perhitungan kerusakan jalan dengan metode PCI didapat bahwa jalan tersebut berada pada kondisi sedang (*fair*).

5.2 Saran

Dalam pembuatan skripsi ini, ada beberapa sarang diantaranya :

1. Analisis perhitungan harus dilakukan dengan teliti karena yang kecil dapat berakibat fatal pada konstruksi.
2. Dalam pembuatan atau perencanaan jalan harus berpatokan pada aturan yang berlaku dan sesuai dengan kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhamad Rahman. 2022. *Perbandingan Metode International Roughness Index dengan Pavement Condition Index untuk Penentuan Kondisi Jalan Nasional di Kota Wamena (Studi Kasus : Ruas Jalan Wamena – Habema)*. Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional DKI Jakarta – Jawa Barat.
- Aini, Zukhruf Erzy Muhania. 2017. *Analisis Kondisi Kerusakan Jalan pada Lapis Permukaan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) (Studi kasus: Ruas Jalan Puring – Pertanahan, Kebumen, Jawa Tengah)*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Aldilase, B. P., Tamara, S. R., Moga, N., & Kushardjoko, W. (2014). Analisa Dan Perencanaan Peningkatan Jalan Alternatif Manyaran-Mijen. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 187-193.
- Lailatul, Rowinanda Jannah., Helga Yermadona., Selpa Dewi. (2022). *Analisa Kerusakan Jalan Dengan Metoda Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI)*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*. 114-122
- Bolla, M. E. (2012). *Perbandingan Metode Bina Marga dan Metode PCI (Pavement Condition Index) dalam Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan (Studi Kasus Jalan Kaliurang, Kota Malang)*. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 104-116.
- Hilman Yunardi., dkk., 2018., “*Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode PCI dan Alternatif Perbaikannya*”.
- Ibnu sholeh. 2011. *Analisis Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga*. *jurnal konstruksi*. 3(1) 1-11
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Perkerasan Jalan (revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta
- Maulana, M. A. (n.d.). Identifikasi Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition INdex (PCI) (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno Hatta KM 9 s.d Km 11 Balikpapan, Kalimantan Timur). *Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan*.
- Rudhi F,. 2020. Perbandingan Metode Bina Marga dan Metode PCI Dalam mengevaluasi Kondisi kerusakan Jalan. *Teras jurnal*. 20(1) 110-122
- Sukirman, Silvia, 1999. “*Dasar-Dasar Perencanaan Geomtrik Jalan*”. Bandung : Nova