



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Jalan

Jalan adalah bagian penting dari transportasi yang mendukung kehidupan masyarakat. Jaringan jalan memiliki peran besar dalam menghubungkan daerah-daerah, memastikan pembangunan yang merata, serta mendukung pertahanan dan keamanan negara. Selain itu, jalan juga berpengaruh pada perkembangan politik, sosial, dan budaya di suatu wilayah. (PP No. 34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

Perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas di atasnya (Nofrianto H, 2013) Pada perkerasan jalan raya terdapat beberapa lapisan yakni lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan podasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan permukaan (*surface course*). Pada bagian lapisan permukaan perkerasan jalan raya (*surface course*) terdapat dua jenis perkerasan yang digunakan yakni konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Konstruksi perkerasan lentur itu sendiri adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya, dimana lapisan ini bekerja untuk memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke tanah dasar (Gusti, 2013). Menurut Nofrianto H (2013), fungsi lapis permukaan antara lain:

1. Sebagai bagian perkerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapisan tidak tembus air untuk melindungi badan jalan dari faktor cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*) yakni lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan.

2.1.1 Jenis Jalan

Jalan dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis berdasarkan fungsi, status, dan permukaannya. Dari segi fungsi, jalan dibedakan menjadi jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan. Jalan arteri berfungsi sebagai jalur utama dengan kapasitas besar yang menghubungkan kota-kota besar, seperti jalan tol atau jalan nasional. Jalan kolektor berperan sebagai penghubung antara jalan



arteri dan jalan lokal, membantu distribusi lalu lintas ke berbagai area. Jalan lokal melayani perjalanan dalam satu lingkungan dengan kecepatan rendah, sementara jalan lingkungan merupakan jalan kecil yang memberikan akses ke permukiman atau kawasan tertentu.

Berdasarkan statusnya, terdapat beberapa kategori jalan yang dikelola oleh pemerintah sesuai dengan wilayahnya. Jalan nasional menghubungkan antarprovinsi dan memiliki peran penting dalam transportasi nasional. Jalan provinsi menghubungkan kabupaten atau kota dalam satu provinsi, sedangkan jalan kabupaten/kota menghubungkan antar-kecamatan dalam satu wilayah kabupaten atau kota. Selain itu, ada jalan desa yang menghubungkan antar-desa dalam satu kecamatan dan berfungsi untuk mendukung mobilitas masyarakat pedesaan.

Dari sisi permukaan jalannya, jalan dapat dibedakan menjadi jalan beraspal, jalan beton, dan jalan kerikil atau tanah. Jalan beraspal merupakan jenis jalan yang paling umum digunakan karena lebih nyaman dan tahan lama. Jalan beton sering digunakan untuk daerah yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap beban berat, seperti kawasan industri atau perkotaan. Sementara itu, jalan kerikil atau tanah biasanya ditemukan di daerah pedesaan atau wilayah dengan akses terbatas, yang belum mendapatkan perkerasan permanen.

2.1.2 Struktur Jalan

Struktur jalan terdiri dari beberapa lapisan yang memiliki fungsi masing-masing untuk menopang beban kendaraan dan memastikan ketahanan jalan. Berikut adalah bagian-bagian utama dari struktur jalan:

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan ini merupakan bagian paling atas dari struktur jalan yang bersentuhan langsung dengan kendaraan. Fungsinya adalah memberikan kenyamanan, daya cengkeram (*grip*), serta melindungi lapisan di bawahnya dari air dan cuaca. Lapisan permukaan bisa berupa:

- Aspal: Umum digunakan pada jalan raya karena fleksibel dan nyaman dilalui.
- Beton (*Rigid Pavement*): Lebih kuat dan tahan lama, cocok untuk jalan dengan beban berat seperti jalan tol dan kawasan industri.



c Kerikil atau Tanah Padat: Umumnya digunakan pada jalan tidak beraspal di pedesaan atau daerah yang belum berkembang.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan ini berada di bawah lapisan permukaan dan berfungsi untuk mendistribusikan beban kendaraan ke lapisan di bawahnya. Biasanya terdiri dari batu pecah, kerikil, atau campuran agregat lainnya yang dipadatkan agar kuat dan stabil.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah digunakan untuk menambah kekuatan struktur jalan, terutama pada tanah yang kurang stabil. Material yang digunakan biasanya berupa pasir, batu pecah, atau bahan lain yang bisa meningkatkan daya dukung tanah.

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan ini adalah bagian paling bawah dari struktur jalan, berupa tanah asli yang telah dipadatkan. Tanah dasar harus memiliki daya dukung yang baik agar tidak menyebabkan jalan cepat rusak atau mengalami penurunan permukaan (*settlement*). Jika tanah di lokasi tidak cukup kuat, sering dilakukan perbaikan dengan teknik stabilisasi tanah.

2.1.3 Kelas Jalan

Pengelompokan jalan menurut muatan sumbu disebut juga dengan kelas jalan.

1. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia, namun sudah dikembangkan di negara maju seperti Prancis.
2. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton, jalan kelas ini merupakan jalan yang sesuai untuk angkutan peti kemas.



3. Jalan kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
4. Jalan kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat diizinkan 8 ton.
5. Jalan kelas III C, yaitu jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton. (FR Kaka, 2018)

2.2 Perkerasan Beton Aspal

Perkerasan beton aspal atau biasa di kenal perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan campuran aspal sebagai lapisan atas dan material berbutir di lapisan bawah. Perkerasan ini bersifat fleksibel, sehingga mampu memberikan kenyamanan bagi kendaraan yang melintas. Dalam penerapannya, perlu dilakukan kajian mendalam dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, kondisi lokasi, kebutuhan, kemampuan pelaksanaan, dan persyaratan teknis lainnya. Hal ini bertujuan agar konstruksi jalan yang dibangun menjadi optimal. (Darlan, 2014)

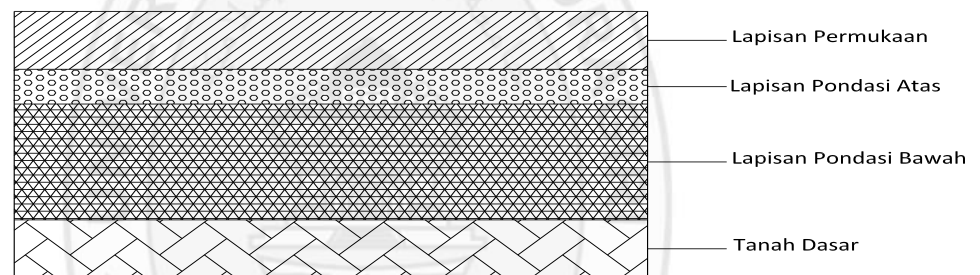
Perkerasan lentur adalah perkerasan yang sangat banyak digunakan dibandingkan dengan perkerasan kaku. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk konstruksi jalan maupun untuk konstruksi landasan pacu. Adapun tujuan dari perkerasan adalah sebagai berikut:

1. Agar di atas struktur perkerasan itu bisa dilalui setiap saat. Oleh karena itu perkerasan harus kedap air melindungi lapis tanah dasar sehingga kadar air lapis tanah dasar tidak mudah berubah
2. Mendistribusikan beban terpusat, sehingga tekanan yang terjadi pada lapis tanah dasar menjadi lebih kecil. Oleh karena itu lapis struktur perkerasan harus

dibuat dengan sifat modulus kekakuan (modulus elastisitas) lapis di atas lebih besar dari lapis di bawahnya.

3. Menyediakan kekesatan agar aman. Oleh karena itu permukaan perkerasan harus kasar, sehingga mempunyai koefisien gesek yang besar antara roda dan permukaan perkerasan
4. Menyediakan kerataan agar nyaman. Oleh karena itu permukaan harus rata, sehingga pengguna tidak terguncang pada saat lewat pada perkerasan. (I Gusti, 2013)

Pedoman Pt-t-01-2002-B, struktur perkerasan lentur, umumnya terdiri atas: tanah dasar (subgrade), lapis pondasi bawah (subbase course), lapis pondasi (base course), dan lapis permukaan (surface course). Sedangkan susunan lapis perkerasan adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Lentur
(Sumber: Pt-t-01-2002-B)

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan pada perkerasan lentur terdiri dari campuran agregat dengan aspal dalam porsi tertentu sehingga memiliki nilai kekuatan tertentu sebagaimana disyaratkan dalam spesifikasi teknis. Campuran agregat aspal ini umumnya disebut sebagai lapis perkerasan beraspal, yang langsung ditempatkan tepat di atas lapis pondasi. Lapis permukaan adalah sebagai bagian konstruksi perkerasan. Fungsinya adalah menahan keausan akibat gaya gesek roda kendaraan, mengurangi air permukaan yang akan masuk ke perkerasan, menyediakan lapis permukaan yang kesat, dan menyediakan tingkat kerataan yang seragam guna memenuhi syarat kenyamanan pelayanan.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas / base course adalah lapis yang tepat berada di bawah lapis



permukaan khususnya perkerasan beraspal. Lapis pondasi merupakan konstruksi utama dari perkerasan lentur. Material lapis pondasi terdiri dari batu pecah, pasir alam, kerikil pecah, batu pecah hasil pembakaran dari tanur (slag), atau kombinasi material-material tersebut. Peningkatan kinerja lapis pondasi dapat menggunakan bahan penguat atau bahan tambahan, antara lain semen, kapur, aspal. Persyaratan mutu untuk material lapis pondasi atas, khususnya tegangan, platisitas dan gradasi harus lebih tinggi dari persyaratan untuk subbase (SNI, 1989-f dan AASHTO, 1993). Mutu material dapat diketahui dari California bearing ratio (CBR). Nilai CBR > 50% mempunyai arti bahwa material lapis pondasi harus memiliki mutu tinggi bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung serta bahan lain yang tidak diinginkan. Pemeriksaan nilai abrasi dari agregat kasar menggunakan mesin los angeles maksimal 50%, sedangkan platisitas indeksnya (PI) <4%, mempunyai arti bahwa sifat platisitas material membuat material tersebut mampu berdeformasi dengan nilai < 4%. Macam-macam bahan alam yang mempunyai CBR > 50% dan (PI) < 4% dapat digunakan untuk lapis pondasi. Lapis pondasi berfungsi antar lain sebagai berikut:

- a. Bagian perkerasan yang menahan beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.
 - b. Lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah dan perletakan terhadap lapis permukaan.
3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis antara tanah dasar dengan lapis pondasi atas atau base, yang terdiri dari agregat berbutir dengan tanpa tambahan bahan pengikat sebagai perkuatan. Namun demikian kualitas material subbase masih berada di bawah lapis pondasi atas, terutama dalam hal tegangan, platisitas dan komposisi gradasi. Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa kualitas subbase harus lebih bagus dari tanah dasar atau mempunyai nilai $\geq 20\%$, yang artinya bahwamaterial lapis pondasi harus memiliki mutu tinggi bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung serta bahan lain yang tidak diinginkan. Pemeriksaan nilai abrasi dari agregat kasar menggunakan mesin los angeles maksimal 20% Adapun fungsi subbase adalah sebagai berikut:



- a. Mencegah butiran halus dari tanah dasar yang akan masuk ke lapis pondasi sehingga untuk ini gradasi subbase memiliki ukuran lebih besar dari pada base.
- b. Mengurangi pengaruh kerusakan akibat kembang susut tanah dasar.
- c. Mencegah terjadinya penumpukan air di dalam, atau di bawah susunan lapis perkerasan sehingga subbase berfungsi sebagai drainase. Khusus untuk hal ini Batasan butiran lolos saringan nomor 8 harus sangat kecil.
- d. Menyediakan lantai kerja untuk pemakai peralatan pada pelaksanaan konstruksi perkerasan.

4. Tanah Dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah tanah asli atau tanah timbunan biasa dipakai sebagai pelapis paling bawah dari susunan lapis perkerasan. Pada umumnya tanah dasar memiliki CBR 2% - 6% saja. Pada tanah dasar yang selalu terendam air (CBR < 2%) seperti tanah rawa dan tanah gambut, perlu ada perbaikan biasa dilakukan dengan pengupasan atau penambahan dengan bahan kinia seperti semen atau kapur sesuai dengan aspal jenis tertentu. Teknologi masa kini yang lebih efektif dan efisien dengan menggunakan geo-sintetic, kolom-kolom pasir dan teknologi lainnya yang berfungsi untuk meningkatkan nilai dayadukung tanah tersebut.

2.2.1 Karakteristik Beton Aspal

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.

2. Keawetan (*Durability*)



Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal dari kehancuran agregat dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.



2.2.2 Sumber Dan Jenis Aspal

Aspal merupakan bahan pengikat yang umum digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan. Secara umum, aspal dapat diperoleh dari dua sumber utama, yaitu aspal alam dan aspal minyak hasil dari pengolahan minyak bumi.

1. Aspal Alam

Aspal alam terbentuk melalui proses geologi selama jutaan tahun akibat pemadatan material organik yang kaya akan hidrokarbon. Aspal jenis ini dapat ditemukan dalam dua bentuk utama:

- a Aspal Danau: Merupakan endapan aspal yang terbentuk secara alami di permukaan bumi dalam bentuk cairan kental atau semi-padat. Contoh aspal danau yang terkenal adalah Danau Pitch di Trinidad dan Tobago.
- b Aspal Batuan: Terdapat dalam bentuk batuan beraspal di mana kandungan aspal meresap ke dalam struktur batuan sedimen. Salah satu contoh utama adalah aspal yang ditemukan di Pulau Buton, Indonesia, yang dikenal dengan nama Aspal Buton.

2. Aspal Minyak (Aspal Buatan/*Refinery Bitumen*)

Aspal minyak diperoleh dari hasil penyulingan minyak mentah melalui proses destilasi fraksional di kilang minyak. Produk yang dihasilkan dari proses ini dikenal sebagai bitumen, yang merupakan komponen utama dalam pembuatan campuran aspal modern. Bitumen ini diklasifikasikan berdasarkan karakteristik viskositas dan ketahanan terhadap suhu, antara lain:

- a *Penetration Grade Bitumen*: Diklasifikasikan berdasarkan tingkat kekerasan dan ketahanan terhadap deformasi.
- b *Performance Grade Bitumen* (PG Bitumen): Diformulasikan berdasarkan kinerja aspal dalam berbagai kondisi iklim dan lalu lintas.
- c *Cutback dan Emulsified Bitumen*: Aspal yang telah dicampur dengan pelarut atau air untuk mempermudah penggunaannya dalam aplikasi tertentu.

3. Aspal Modifikasi

Untuk meningkatkan kinerja aspal, terutama dalam menghadapi beban lalu lintas yang tinggi dan perubahan suhu ekstrem, dikembangkan berbagai jenis aspal modifikasi. Beberapa jenis aspal modifikasi yang umum digunakan antara lain:



- a Aspal Polimer (Polymer Modified Bitumen/PMB): Mengandung tambahan polimer sintetis untuk meningkatkan daya rekat, elastisitas, dan ketahanan terhadap deformasi plastis.
- b Aspal Karet: Menggunakan karet daur ulang dari ban bekas sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan fleksibilitas dan daya tahan aspal.

2.2.3 Agregat

Agregat merupakan kumpulan butiran batu pecah atau mineral lainnya berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan yang digunakan sebagai bahan penyusun jalan. Agregat berbentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam yang tinggi dan saling mengunci, sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras (Kerbs dan Walker, 1971).

Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi syarat akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran beraspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serat mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat interlocking yang baik dengan material yang lain.

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

3. Bahan Pengisi (*Filler*)



Bahan pengisi (*filler*) merupakan material yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200 dan mempunyai sifat non plastis. Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah portland cement.

2.2.4 Filler

Filler merupakan sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200. Filler atau bahan pengisi akan mengisi rongga antara partikel agregat kasar agar dapat mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel filler, sehingga membuat rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya menjadi lebih besar (Sukirman, 1992).

Filler memiliki beberapa peran utama dalam perkerasan jalan, di antaranya:

1. Meningkatkan Kepadatan Campuran

Filler mengisi rongga udara di antara agregat kasar dan halus, sehingga menghasilkan campuran yang lebih padat dan stabil.

2. Memperkuat Daya Rekat Aspal

3. Filler berinteraksi dengan aspal untuk membentuk matriks yang lebih kohesif, meningkatkan adhesi antara agregat dan aspal.

4. Meningkatkan Ketahanan terhadap Deformasi

Campuran dengan kadar filler yang optimal memiliki ketahanan lebih baik terhadap deformasi akibat beban lalu lintas.

5. Mengurangi Permeabilitas

Filler membantu menutup pori-pori dalam campuran aspal, sehingga mengurangi penyerapan air yang dapat menyebabkan kerusakan akibat infiltrasi air dan siklus pembekuan-pencairan.

6. Meningkatkan Ketahanan terhadap Retak

Campuran yang mengandung filler dengan sifat hidrolik atau adhesif yang baik mampu mengurangi risiko retak akibat perubahan suhu ekstrem.

2.3 Kerusakan jalan

Kerusakan jalan secara teknis menunjukkan ketidakmampuan jalan dalam



menerima beban yang diterima, kondisi tersebut tentunya juga akan mengganggu kenyamanan dan bisa mengakibatkan kecelakaan kepada pengguna jalan tersebut, kondisi lalu lintas dan jenis kendaraan yang akan melintasi suatu jalan sangat mempengaruhi pada saat perencanaan konstruksi perkerasan jalanyang akan dibuat (Feri, 2024).

Umumnya kerusakan jalan banyak disebabkan oleh perilaku pengguna jalan, kesalahan perencanaan, pelaksanaan dan pemeliharaan jalan yang tidak memadai yang dapat mempengaruhi pengurangan umur layan jalan (Feri 2024)

Perkerasan akan mengalami penurunan kondisi seiring dengan berjalannya waktu. Penurunan kondisi akan lebih cepat terjadi apabila beban kendaraan yang cenderung jauh melampaui batas dan disertai dengan kondisi cuaca yang kurang bersahabat. Akibat beban kendaraan, pada lapis-lapis perkerasan terjadi tegangan dan regangan yang besarnya tergantung pada kekakuan dan tebal lapisan. Pengulangan beban menyebabkan terjadinya retak lelah pada lapis beraspal serta deformasi pada lapisan beraspal. Bila sudah mulai terjadinya retak, luas dan keparahan retak akan berkembang cepat sehingga terjadi gompal dan akhirnya terjadinya lubang. Retak memungkinkan air masuk kedalam perkerasan sehingga mempercepat deformasi dan memungkinkan terjadinya penurunan kekuatan geser dan perubahan volume (Sjahdanulirwan, 2011)

2.3.1 Jenis Kerusakan Beton Aspal

Menurut Hardiyatmo (2005) jenis- jenis kerusakan perkerasan lentur (aspal), umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Deformasi berupa bergelombang, alur, amblas, sungkur, mengembang, benjol dan turun.
2. Retak berupa retak memanjang, retak melintang, retak diagonal, retak diagonal, retak reflektif, retak blok, retak kulit buaya, dan retakbulan sabit.
3. Kerusakan tekstur permukaan berupa pelepasan butiran, kegemukan, pengausan agregat, penglupasan, dan stripping.
4. Kerusakan lubang, tambalan dan persilangan rel
5. Kerusakan di pinggir perkerasan berupa retak pinggir dan penurunan bahu jalan

Adapun jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan akibat beberapa faktor kerusakan berdasarkan Manual Pemeliharaan Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga No. 03/MN/B/1983, kerusakan jalan dapat dibedakan kedalam 19 (sembilan belas) jenis kerusakan. Adapun dari ke- 19 (sembilan belas) kerusakan perkerasan tersebut yaitu sebagai berikut :

a. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retak yang berbentuk sebuah jaringan dari bidang persegi banyak (polygon) kecil menyerupai kulit buaya, dengan lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Retak ini disebabkan oleh kelelahan akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Kerusakan retak kulit buaya dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Retak Kulit Buaya
Sumber: Fitri (2022)

Adapun penyebab dari retak ruit buaya (*alligator cracking*) yaitu:

- 1) Bahan perkerasan atau kualitas material yang kurang baik sehingga menyebabkan perkerasan lemah atau lapis beraspal yang rapuh (*brittle*).
- 2) Pelapukan aspal.
- 3) Penggunaan aspal yang kurang.
- 4) Tingginya air tanah pada badan perkerasan jalan.
- 5) Lapis pondasi bawah kurang stabil.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pada retak kulit buaya (*alligator cracking*) dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Identifikasi Tingkat kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Tingkat Kerusakan	Keterangan
L	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, retakan tidak mengalami gompal.
M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang kedalam pola atau jaringan retakan yang diikuti dengan gompalan.
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah dan terjadi gompal dipinggir.

Sumber: Hardiyatmo, H.C (2007)

b Kegemukan (*Bleeding*)

Bentuk fisik dari kerusakan ini dapat dikenali dengan terlihatnya lapisan tipis aspal (tanpa agregat) pada permukaan perkerasan dan jika pada kondisi temperatur permukaan perkerasan yang tinggi (terik matahari) atau pada lalu lintas yang berat, akan terlihat jejak bekas batik bunga ban kendaraan yang melewatinya seperti Gambar 2.3. Adapun penyebab dari kegemukan (*bleeding*) yaitu:

- 1) Penggunaan aspal yang tidak merata atau berlebihan.
- 2) Tidak menggunakan binder (aspal) yang sesuai.
- 3) Akibat dari keluarnya aspal dari lapisan bawah yang mengalami kelebihan aspal.

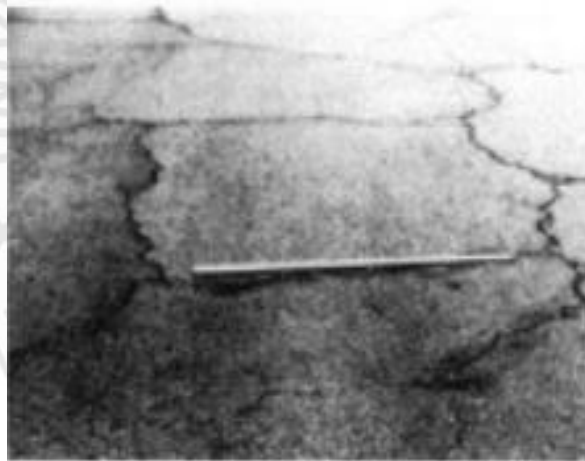


Gambar 2.3 Kegemukan
Sumber: Fitri (2022)

c Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)

Retak kotak-kotak ini berbentuk blok atau kotak pada perkerasan jalan. Retak ini terjadi umumnya pada lapisan tambahan (*overlay*), yang menggambarkan pola retakan perkerasan di bawahnya. Ukuran blok umumnya lebih dari 200 mm × 200 mm. kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4. Adapun penyebab dari retak kotak-kotak (*block cracking*) yaitu:

- 1) Perambatan retak susut yang terjadi pada lapisan perkerasan dibawahnya.
- 2) Retak pada lapis perkerasan yang lama tidak diperbaiki secara benarsebelum pekerjaan lapisan tambahan (*overlay*) dilakukan.
- 3) Perbedaan penurunan dari timbunan atau pemotongan badan jalan dengan struktur perkerasan.
- 4) Perubahan volume pada lapis pondasi dan tanah dasar.
- 5) Adanya akar pohon atau utilitas lainnya dibawah lapis perkerasan.



Gambar 2.4 Retak Kotak-Kotak
Sumber: Zean (2024)

d Cekungan (*Bumps and Sags*)

Bendul kecil yang menonjol keatas, pemindahan pada lapisan perkerasan itu disebabkan perkerasan tidak stabil, seperti yang ada pada Gambar 2.5. Adapun penyebab dari cekungan (*bumps and sags*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Bendul atau tonjolan yang dibawah PCC slab pada lapisan AC.
- 2) Lapisan aspal bergelombang (membentuk lapisan lensa cembung).
- 3) Perkerasan yang menjumbul keatas pada material disertai retakan yang ditambah dengan beban lalu lintas (kadang-kadang disebut tenda).

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2.5 Cekungan (Bumps and Sags)

Sumber: Zean (2024)

Longsor kecil dan retak kebawah atau pemindahan pada lapisan perkerasan membentuk cekungan. Longsor itupun terjadi pada area yang lebih luas dengan banyaknya cekungan dan cembungan pada permukaan perkerasan biasa disebut gelombang.

e Keriting (Corrugation)

Kerusakan ini dikenal juga dengan istilah lain yaitu, Ripples, bentuk kerusakan ini berupa gelombang pada lapis permukaan, atau dapat dikatakan alur yang arahnya melintang jalan, dan sering disebut juga dengan Plastic Movement, seperti pada Gambar 2.6. Adapun penyebab dari keriting (*corrugation*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Stabilitas lapis permukaan yang rendah.
- 2) Penggunaan material atau agregat yang tidak tepat, seperti digunakannya agregat yang berbentuk bulat licin.
- 3) Terlalu banyak menggunakan agregat halus.



Gambar 2.6 Keriting (Corrugation)

Sumber: Fitri (2022)

f Amblas (*Depression*)

Bentuk kerusakan yang terjadi ini berupa amblas atau turunnya permukaan lapisan permukaan perkerasan pada lokasi-lokasi tertentu (setempat) dengan atau tanpa retak, seperti pada Gambar 2.7. Kedalaman kerusakan ini umumnya lebih dari 2 cm dan akan menampung atau meresapkan air. Adapun penyebab dari amblas (*depression*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Beban kendaraan yang berlebihan, sehingga kekuatan struktur bagian bawah perkerasan jalan itu sendiri tidak mampu memikulnya.
- 2) Penurunan bagian perkerasan dikarenakan oleh turunnya tanah dasar.
- 3) Pelaksanaan pemadatan tanah yang kurang baik.



Gambar 2.7 Amblas (*Depression*)

Sumber: Zean (2024)

g Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Retak pinggir adalah retak yang sejajar dengan jalur lalu lintas dan juga biasanya berukuran 1 sampai 2 kaki (0,3 – 0,6 m) dari pinggir perkerasan. Ini biasa disebabkan oleh beban lalu lintas atau cuaca yang memperlemah pondasi atas maupun pondasi bawah yang dekat dengan pinggir perkerasan. Diantara area retak pinggir perkerasan juga disebabkan oleh tingkat kualitas tanah yang lunak dan kadang kadang pondasi yang bergeser, seperti pada Gambar 2.8. Adapun penyebab dari retak pinggir (*edge cracking*) yaitu:

- 1) Kurangnya dukungan dari arah lateral (dari bahu jalan).
- 2) Drainase kurang baik.
- 3) Bahu jalan turun terhadap permukaan perkerasan.
- 4) Konsentrasi lalu lintas berat di dekat pinggir perkerasan.



Gambar 2.8 Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Sumber: Zean (2024)

Adapun tingkat kerusakan untuk retak pinggir dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tingkat Kerusakan Retak Pinggir

Tingkat Kerusakan	Keterangan
L	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecah atau butiran lepas.
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.
H	Banyak pecahan atau butiran lepas.

Sumber: Shanin, Mohamed (1994)

h Retak Sambung (*Joint Reflection Cracking*)

Kerusakan ini umumnya terjadi pada perkerasan aspal yang telah dihamparkan di atas perkerasan beton semen portland. Retak terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) aspal yang mencerminkan pola retak dalam perkerasan beton lama yang berbeda di bawahnya. Pola retak dapat kearah memanjang, melintang, diagonal atau membentuk blok, seperti pada Gambar 2.9. Adapun penyebab dari (*joint reflection cracking*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Gerakan vertikal atau horisontal pada lapisan bawah lapis tambahan, yang timbul akibat ekspansi dan kontraksi saat terjadi perubahan temperatur atau kadar air.
- 2) Gerakan tanah pondasi.
- 3) Hilangnya kadar air dalam tanah dasar yang kadar lempungnya tinggi.
- 4) Beban lalu lintas yang berat dan berulang
- 5) Desain jalan yang tidak tepat
- 6) Kurangnya drainase yang efektif



Gambar 2.9 Retak Sambung (*Joint Reflection Cracking*)
Sumber: Fitri (2022)

i. Pinggiran Jalan Turun Vertikal (*Lane/Shoulder Drop Off*)

Bentuk kerusakan ini terjadi akibat terdapatnya beda ketinggian antara permukaan perkerasan dengan permukaan bahu atau tanah sekitarnya, dimana permukaan bahu lebih rendah terhadap permukaan perkerasan, seperti pada Gambar 2.10. Penyebab dari pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder drop off*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Lebar perkerasan yang kurang.
- 2) Material bahu yang mengalami erosi atau penggerusan.
- 3) Dilakukan pelapisan lapisan perkerasan, namun tidak dilaksanakan pembentukan bahu.



Gambar 2.10 Pinggiran Jalan Turun Vertikal (*Lane/Shoulder Drop Off*)
Sumber: Fitri (2022)

j. Retak Memanjang/Melintang (*Longitudinal/Transverse Cracking*)

Jenis kerusakan ini terdiri dari macam kerusakan sesuai dengan namanya yaitu, retak memanjang dan melintang pada perkerasan. Retak ini terjadi berjajar yang terdiri dari beberapa celah, seperti pada Gambar 2.11. Adapun penyebab dari

retak memanjang/melintang (*longitudinal/ transverse cracking*) jugadapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya.
- 2) Lemahnya sambungan perkerasan.
- 3) Sokongan atau material bahu samping kurang baik.

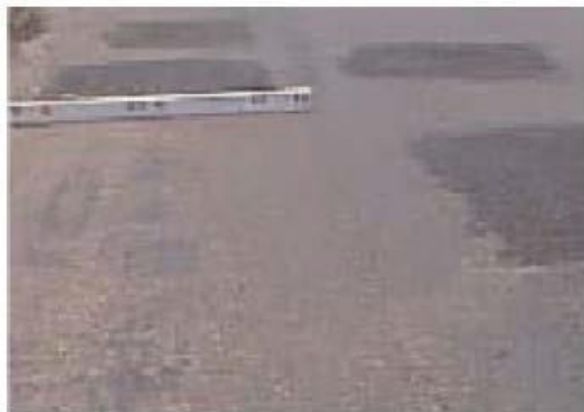


Gambar 2.11 Retak Memanjang/Melintang (*Longitudinal/Transverse Cracking*)
Sumber: Fitri (2022)

k. Tambalan (*Patching and Utility Cut Patching*)

Tambalan adalah suatu bidang pada perkerasan dengan tujuan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak dengan material yang baru untuk memperbaiki perkerasan yang ada.. Tambalan dilaksanakan pada seluruh atau beberapa keadaan yang rusak pada badan jalan tersebut, seperti pada Gambar 2.12. Adapun faktor dari tambalan (*patching and utility cut patching*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Perbaikan akibat dari kerusakan permukaan perkerasan.
- 2) Penggalian pemasangan saluran atau pipa.



Gambar 2.12 Tambalan (*Patching and Utility Cut Patching*)
Sumber: Zean (2024)

Adapun tingkat kerusakan untuk tambalan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tingkat Kerusakan Tambalan

Tingkat Kerusakan	Keterangan
L	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik.
M	Tambalan sedikit rusak dan kenyamanan kendaraan agak terganggu.
H	Tambalan sangat rusak dan kenyamanan kendaraan sangat terganggu.

Sumber: Shanin, Mohamed (1994)

1. Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

Kerusakan ini disebabkan oleh penerapan lalu lintas yang berulang-ulang dimana agregat pada perkerasan menjadi licin dan perekatan dengan permukaan roda pada tekstur perkerasan yang mendistribusikannya tidak sempurna. Pada pengurangan kecepatan roda atau gaya pengereman, jumlah pelepasan butiran dimana pemeriksaan masih menyatakan agregat itu dapat dipertahankan kekuatan dibawah aspal. Kerusakan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13. Adapun penyebab dari pengausan agregat (*polished aggregate*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Agregat tidak tahan aus terhadap roda kendaraan.
- 2) Bentuk agregat yang digunakan memang sudah bulat dan licin (bukan hasil dari mesin pemecah batu).



Gambar 2.13 Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

Sumber: Fitri (2022)

m. Lubang (*Potholes*)

Kerusakan ini berbentuk seperti mangkuk yang dapat menampung dan meresapkan air pada badan jalan seperti pada Gambar 2.14. Kerusakan ini terkadang terjadi di dekat retakan, atau di daerah yang drainasenya kurang baik (sehingga perkerasan tergenang oleh air). Adapun penyebab dari lubang (*potholes*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Kadar aspal rendah.
- 2) Pelapukan aspal.
- 3) Penggunaan agregat kotor atau tidak baik.
- 4) Suhu campuran tidak memenuhi persyaratan.
- 5) Sistem drainase jelek.
- 6) Merupakan kelanjutan dari kerusakan lain seperti retak dan pelepasan butir.



Gambar 2.14 Lubang (*Potholes*)
Sumber: Zean (2024)

Adapun tingkat kerusakan untuk lubang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tingkat Kerusakan Lubang

Kedalaman Maksimum	Diameter rata-rata (mm)		
	100 – 200 mm	200 – 450 mm	450 – 750 mm
13 mm - $\leq$ 25 mm	L	L	M
> 25 mm - $\leq$ 50 mm	L	M	H
>50 mm	M	M	H

Sumber : Shanin, Mohamed (1994)

n. Rusak Perpotongan Rel (*Railroad Crossing*)

Jalan rel atau persilangan rel dan jalan raya, kerusakan pada perpotongan rel adalah penurunan atau benjol sekeliling atau diantara rel yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan. Tidak bisanya menyatu antara rel dengan lapisan perkerasan dan juga bisa disebabkan oleh lalu lintas yang melintasi antara rel dan perkerasan, seperti pada Gambar 2.15. Adapun faktor dari rusak perpotongan rel (*railroad crossing*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Ambblasnya perkerasan, sehingga timbul beda elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel.
- 2) Pelaksanaan konstruksi pekerjaan atau pemasangan rel yang buruk.



Gambar 2.15 Rusak Perpotongan Rel (*Railroad Crossing*)
Sumber: Fitri (2022)

o. Alur (*Rutting*)

Istilah lain yang digunakan untuk menyebutkan jenis kerusakan ini adalah longitudinal ruts, atau channel/rutting. Bentuk kerusakan ini terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan dan berbentuk alur. Kerusakan alur dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 Alur (*Rutting*)
Sumber: Fitri (2022)

p. Sungkur (*Shoving*)

Sungkur adalah perpindahan lapisan perkerasan pada bagian tertentu yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Beban lalu lintas akan mendorong berlawanan dengan perkerasan dan akan menghasilkan ombak pada lapisan perkerasan. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh aspal yang tidak stabil dan terangkat ketika menerima beban dari kendaraan, seperti pada Gambar 2.17. Adapun penyebab dari sungkur (*shoving*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Stabilitas tanah dan lapisan perkerasan yang rendah.
- 2) Daya dukung lapis permukaan yang tidak memadai.
- 3) Pemadatan yang kurang pada saat pelaksanaan.
- 4) Beban kendaraan yang melalui perkerasan jalan terlalu berat.

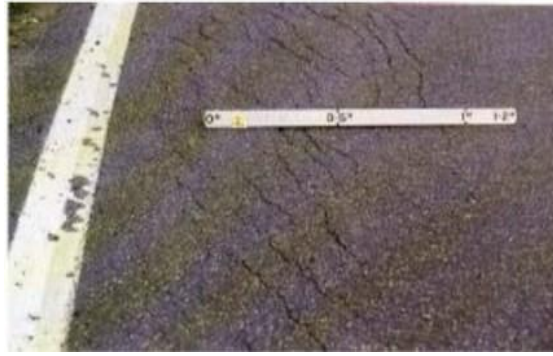


Gambar 2.17 Sungkur (*Shoving*)
Sumber: Fitri (2022)

q. Patah Slip (*Slippage Cracking*)

Patah slip adalah retak yang seperti bulan sabit atau setengah bulan yang disebabkan lapisan perkerasan terdorong atau meluncur merusak bentuk lapisan perkerasan, seperti pada Gambar 2.18. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh kekuatan dan pencampuran lapisan perkerasan yang rendah dan jelek. Adapun penyebab dari patah slip (*slippage cracking*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Penggunaan lapis perekat kurang.
- 2) Penggunaan agregat halus terlalu banyak.
- 3) Lapis permukaan kurang padat



Gambar 2.18 Patah Slip (*Slippage Cracking*)
Sumber: Zean (2024)

r. Mengembang Jembul (*Swell*)

Mengembang jembul mempunyai ciri menonjol keluar sepanjang lapisan perkerasan yang berangsur-angsur mengombak kira-kira panjangnya 10 kaki (10 m). Mengembang jembul dapat disertai dengan retak lapisan perkerasan dan biasanya disebabkan oleh perubahan cuaca atau tanah yang menjembul keatas, Seperti pada Gambar 2.19. Adapun penyebab dari mengembang jembul (*swell*) Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2005) yaitu :

- 1) Mengembangnya material lapisan di bawah perkerasan atau tanah dasar.
- 2) Tanah das perkerasan mengembang, bila kadar air naik. Umumnya,hal ini terjadi bila tanah pondasi berupa lempung yang mudah mengembang (lempung mentmorillonite) oleh kenaikan kadar air.



Gambar 2.19 Mengembang Jembul (*Swell*)
Sumber: Fitri (2022)

s. Pelepasan Butir (*Weathering/Ravelling*)

Pelepasan butiran disebabkan lapisan perkerasan yang kehilanganaspal atau tar pengikat dan tercabutnya partikel-partikel agregat, seperti pada Gambar 2.20. Kerusakan ini menunjukan salah satu pada aspal pengikat tidak kuat untuk menahan gaya dorong roda kendaraan atau presentasi kualitas campuran jelek.

Hal ini dapat disebabkan oleh tipe lalu lintas tertentu, melemahnya aspal pengikat lapisan perkerasan dan tercabutnya agregat yang sudah lemah karena terkena tumpahan minyak bahan bakar. Adapun penyebab dari pelepasan butir (*weathering/ravelling*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- 1) Pelapukan material pengikat atau agregat.
- 2) Pemadatan yang kurang.
- 3) Penggunaan material yang kotor.
- 4) Penggunaan aspal yang kurang memadai.



Gambar 2.20 Pelepasan Butir (*Weathering/Ravelling*)
Sumber: Fitri (2022)

Adapun tingkat kerusakan untuk pelepasan butir dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Tingkat Kerusakan Pelepasan Butiran

Tingkat Kerusakan	Keterangan
L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas, di beberapa tempat permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli, genangan oli dapat terlihat, tapi permukaannya keras dan tidak dapat ditembus mata uang logam.
M	Agregat atau bahan pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang.
H	Agregat atau pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter lubang <10 mm dan kedalaman 13 mm. Jika lebih besar dari ukuran ini, maka dihitung sebagai kerusakan lubang.

Sumber: Shanin, Mohamed (1994)



2.3.2 Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Beton Aspal

Menurut Sukirman (1991), kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
2. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik serta naiknya air akibat sifat kapilaritas.
3. Material konstruksi perkerasan, faktor ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengelolaan 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, faktor ini kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasar yang tidak bagus.

2.3.3 Perbaikan Kerusakan Beton Aspal

Perbaikan kerusakan jalan yaitu berupa penanganan yang dapat dilakukan menyesuaikan identifikasi jenis kerusakan yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penanganan Jenis Kerusakan

Jenis kerusakan	Jenis Penanganan
Retak halus	Penutupan retak
Retak kulit buaya	Dibongkar bagian yang rusak kemudian dilapis kembali
Retak pinggir	Mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir
Retak sambungan jalan	Memasukkan campuran aspal cair dan pasir kedalam celah-celah yang retak
Retak refleksi	Mengisi celah dengan aspal cair maupun membongkar dan melapisi kembali dengan bahan yang sesuai
Retak bahu jalan	Mengisi celah dengan aspal cair dan pasir maupun membongkar dan melapisi kembali dengan bahan yang sesuai



Jenis Kerusakan	Jenis Penanganan
Retak selip	Melakukan pembongkarn aspal yang rusak kemudiann dilakukan penambalan
Retak susut	Mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir
Alur	Memberi lapisan tambahan dari lapis permukaan
Keriting	Dibongkar lalu diberi lapis permukaan baru
Sungkur	Dibongkar lalu diberi lapis permukaan baru
Amblas	Untuk dimensi ≤ 5 cm bisa diisi dengan bahan lapen, laston atau lataston. Untuk dimensi ≥ 5 cm amblas dibongkar dan diberi lapisan baru
Lubang	Dibongkar kemudian diisi dengan campuran baru dan dipadatkan kembali
Pengausan	Dapat diatasi dengan latasir, buras, dan latasbum
Kegemukan	Pemberian pasir panas atau batu caring panas untuk mengimbangi kelebihan aspal
Stripping	Dibongkar kemudian diratakan dan dipadatkan lalu diberi lapis permukaan
Penanaman utilitas	Dibongkar kembali dan diganti dengan lapisan yang baru

Sumber : Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B/1983

2.4 Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

Pavement Condition Index (*PCI*) adalah penilaian kondisi kerusakan perkerasan yang dikembangkan oleh U.S.Army Corp of Engineer (Shanin et al., 1976-1984), dinyatakan dalam Indeks Kondisi Perkerasan (*Pavement Condition IndeksI, PCI*).

Metode Pavement Condition Index (*PCI*) adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, luas, dan tingkat kerusakan yang terjadi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Dalam metoda PCI tingkat keparahan kerusakan perkerasan merupakan fungsi dari 3 faktor utama, yaitu :

1. Tipe kerusakan lapisan permukaan jalan.



2. Tingkat keparahan kerusakan lapisan permukaan jalan.
3. Jumlah atau kerapatan kerusakan lapisan permukaan jalan.(Fakhrul, 2020)

Survei kerusakan jalan dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan. Hasil survei ini digunakan untuk menilai tingkat kerusakan, menentukan jenis perbaikan yang diperlukan, dan mengatur prioritas perbaikan jalan. (Fitri, 2022)

2.4.1 Indeks Kondisi Perkerasan

Indeks kondisi perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*) adalah suatu tingkatan dari kondisi permukaan perkerasan dan ukuran yang di tinjau dari kondisi permukaan perkerasan dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan pada permukaan perkerasan jalan yang terjadi. Metode PCI merupakan indeks numerik yang nilainya berkisar diantara 0 sampai 100 dapat dilihat pada Tabel 2.7. Serta jenis penanganan yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.7 Nilai PCI

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

Sumber: Hardiyatmo, H.C (2007)

Tabel 2.8 Pengertian Jenis Penanganan Jalan Metode PCI

Jenis Penanganan	Pengertian
Penanganan Rutin	Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terus menerus sepanjang tahun agar kerusakan dapat terus di pantau. Kegiatan ini meliputi perawatan permukaan jalan seperti kerusakan kecil, penambalan lubang, pemburasan dan perbaikan kerusakan tepi perkerasan.



Jenis Penanganan	Pengertian
Penanganan Berkala	Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan hanya pada interval waktu tertentu karena kondisi jalan sudah mulai menurun.
Rekonstruksi Jalan	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.

Sumber: Hardiyatmo, H.C (2007)

2.4.2 Penilaian Kerusakan PCI (Pavement Condition Index)

Penilaian kondisi perkerasan diperlukan untuk mengetahui nilai Pavement Condition Index (PCI), menurut Hardiyatmo (2005), ada beberapa parameter metode pavement condition index (PCI) untuk menentukan nilai Pavement Condition Index (PCI) agar diketahui bagaimana keadaan perkerasan jalan yang diamati, adapun berikut ini adalah parameter dalam penilaian kondisi perkerasan :

1. Kerapatan (*Density*)

Kerapatan (*density*) adalah suatu nilai persentase luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu segmen yang diukur dalam meter persegi.

Untuk mencari nilai kerapatan dapat digunakan rumus pada persamaan 2.1 berikut :

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

Dimana:

Ad = Luas total dari suatu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m^2)

As = Luas total unit sampel (m^2)

2. 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.



3. Jumlah Pengurangan Ijin Maksimum (m)

Menentukan jumlah pengurangan ijin maksimum (m) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2 berikut:

$$m_i = 1 + (9/98) * (100 - HDV) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

m_i = Jumlah pengurangan ijin, termasuk pecahan, untuk unit sampel

HDV = Nilai pengurangan individual tertinggi untuk sampel

4. Nilai Pengurangan Total (*Total Deduct Value*)

Total deduct value (TDV) adalah nilai total dari individual *deduct value* (DV) untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sampel.

5. Nilai Pengurangan Terkoreksi Maksimum (*Corrected Deduct Value*)

Corrected deduct value (CDV) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (DV) dengan memilih kurva yang sesuai.

6. Nilai PCI (*Pavement Condition Index*)

Nilai PCI untuk setiap unit sampel dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.3 berikut :

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

Dimana:

PCI_s = *Pavement Condition Index* untuk setiap unit sampel

CDV = *Corrected Deduct Value* untuk tiap unit sampel

7. Untuk nilai PCI

Nilai PCI dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.4 berikut :

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

Dimana:

PCI = Nilai *PCI* rata-rata dari seluruh area penelitian

$sPCI(s)$ = Nilai *PCI* untuk setiap unit segmen

N = Jumlah unit segmen



2.4.3 Rekomendasi Perbaikan Berdasarkan Nilai PCI

Tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan dan ukurannya diidentifikasi saat survey kondisi tersebut dengan kriteria sempurna (Good), Bagus (Satisfactory), Sedang (Fair), Buruk (Poor), Sangat buruk (Very Poor) seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai PCI dan Alternatif Perbaikan

PCI	Work Type	Description	Remaining Life	Rehabilitation Option
86-100	Rejuvenation	Good	15-25 years	Little or no maintenance required - reclaim, fog seal rejuvenation
71-85	Global Preventative Maintenance	Satisfactory	12-20 years	Routine maintenance - micro surfacing, slurry seal, crack sealing
51-70	Critical Condition	Fair	10-15 years	Cape seal, micro surfacing, thin overlays
26-50	Conventional Approach	Poor	7-12 years	Resurface, mill and resurface
0-25	Reconstruction	Very Poor	5-10 years	Reconstruction, rebuild, full depth reclamation

Sumber: Fitri (2022)

Keterangan :

- Nilai 86–100 : bisa sedikit dilakukan perawatan atau bisa juga tidak dilakukan perawatan. atau bisa juga memakai perawatan (*fog seal rejuvenation*) yaitu campuran aspal emulasi dan air yang dihamparkan pada permukaan jalan. Asosiasi Produsen Aspal Emulasi (AEMA) mendefinisikan fog seal sebagai berikut : “Penyemprotan ringan aspal emulasi yang dicairkan yang digunakan menutup existing permukaan aspal atau mengurangi *ravelling* dan mempersekan permukaan yang lapuk atau untuk menahan kerusakan dan memperpanjang umur permukaan perkerasan.
- Nilai 71–85 : Yaitu dengan melakukan Perawatan Rutin (*Routine Maintenance*) seperti dengan melakukan opsi penyegelan retak (*Crack Sealing*) atau dengan *Slurry Seal*, *Slurry seal* adalah berupa lapisan tipis aspal dingin yang terdiri dari campuran *aggregate* halus, aspal emulasi, bahan pengisi (*filler*) dan *additive* tertentu, yang dicampur dan dihamparkan langsung diatas



permukaan jalan yang akan dilapis dengan menggunakan alat pencampur *Slurry Seal Machine*.

Fungsi teknologi aspal emulasi *Slurry Seal* :

- 1) Umumnya digunakan untuk pemeliharaan jalan yang mulai menunjukkan penurunan performa jalan (raveling, kehilangan kekesatan, retak-retak halus).
 - 2) Digunakan peningkatan jalan baru di atas permukaan jalan *base course* yang baru sebagai surfacing. Penggunaan *slurry seal* akan mempertahankan performa perkerasan jalan dengan biaya yang ekonomis.
- c) Nilai 51 – 70 : yaitu dengan melakukan *Cape Seals*, biasanya diterapkan secara terputus-putus, khusus proyek. Lokasi, cuaca, beban lalu lintas, dan kondisi perkerasan jalan adalah factor-faktor yang digunakan untuk menentukan apakah aplikasi *cape seals* sesuai. Jalan raya yang dipilih untuk perawatan *cape seals* biasanya yang memiliki tekanan sedang, terbatas atau tidak ada rutting, lebar retakan sedang dan dimana perawatan *cape seals* akan membantu memperpanjang umur perkerasan sampai rehabilitasi atau rekonstruksi dapat dilakukan. Opsi selanjutnya juga bisa melakukan Penambalan (*Patching*) yaitu dilakukan untuk memperbaiki kerusakan-kerusakan pada badan jalan terutama pada lapisan perkerasan dengan penutup aspal. Kerusakan- kerusakan yang dimaksud disini adalah kerusakan seperti adanya lubang, jalan bergelombang, alur dengan kedalaman lebih dari 30 mm pada badan jalan, ambles dengan kedalaman yang lebih dari 50 mm dan retak buaya dalam jumlah yang besar.
- d) Nilai 26 – 50 : yaitu dengan melakukan Peningkatan Struktur Jalan (*Overlay*) yaitu merupakan lapis perkerasan tambahan yang dipasang diatas konstruksi perkerasan yang ada dengan tujuan meningkatkan kekuatan struktur perkerasan yang ada agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama kurun waktu yang akan datang.
- e) Nilai 0 – 25 : Rekonstruksi 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.



2.4.4 ASTM D 6433 – 07

Menurut ASTM D 6433 – 07 (2007) PCI (Pavement Condition Index) adalah indikator numerik yang menilai kondisi permukaan perkerasan. PCI memberikan ukuran kondisi saat ini dari perkerasan berdasarkan kerusakan yang diamati pada permukaan perkerasan, yang juga menunjukkan integritas struktural dan kondisi operasional permukaan (ketidakrataan lokal dan keselamatan). PCI tidak dapat mengukur kapasitas struktural maupun memberikan pengukuran langsung terhadap daya cengkeram (skid resistance) atau ketidakrataan (roughness). PCI menyediakan dasar yang objektif dan rasional untuk menentukan kebutuhan dan prioritas pemeliharaan serta perbaikan. Pemantauan PCI secara terus-menerus digunakan untuk menentukan laju kerusakan perkerasan, yang memungkinkan identifikasi awal kebutuhan rehabilitasi besar. PCI juga memberikan umpan balik mengenai kinerja perkerasan untuk validasi atau perbaikan prosedur desain dan pemeliharaan perkerasan saat ini.

2.4.4.1 Pengambilan Sampel dan Unit Sampel

Adapun langkah-langkah pengambilan sampel dan unit sampel sebagai berikut:

1. Identifikasi cabang-cabang perkerasan yang memiliki penggunaan berbeda seperti jalan raya dan area parkir, pada rencana tata letak jaringan.
2. Bagi setiap cabang menjadi bagian-bagian (section) berdasarkan desain perkerasan, riwayat konstruksi, volume lalu lintas, dan kondisi perkerasan.
3. Bagi setiap bagian perkerasan menjadi unit sampel. Jika lempengan perkerasan beton semen (PCC) memiliki jarak antar sambungan (joint spacing) lebih dari 25 kaki (8 meter), bagi masing-masing lempengan menjadi lempengan imajiner. Lempengan imajiner ini harus memiliki panjang kurang dari atau sama dengan 25 kaki (8 meter), dan sambungan imajiner yang membagi lempengan dianggap dalam kondisi sempurna. Hal ini diperlukan karena nilai pengurang (deduct value) yang dikembangkan untuk lempengan beton dengan sambungan (jointed concrete slabs) berlaku untuk panjang kurang dari atau sama dengan 25 kaki (8 meter).
4. Unit sampel yang akan diperiksa harus ditandai atau diidentifikasi dengan cara yang memungkinkan petugas inspeksi dan pengendali mutu untuk



menemukannya dengan mudah di permukaan perkerasan. Tanda cat di sepanjang tepi dan gambar sketsa dengan lokasi yang dikaitkan pada fitur fisik perkerasan diperbolehkan. Kemampuan untuk melacak kembali lokasi unit sampel secara akurat sangat penting, agar:

- Data kerusakan yang ada dapat diverifikasi,
 - Perubahan kondisi dari waktu ke waktu pada unit sampel tertentu dapat diamati, dan
 - Inspeksi ulang unit sampel yang sama di masa mendatang dapat dilakukan jika diperlukan.
5. Pilih unit sampel yang akan diperiksa. Jumlah unit sampel yang diperiksa dapat bervariasi, antara lain:
- Seluruh unit sampel dalam suatu bagian (section),
 - Jumlah unit sampel yang memberikan tingkat kepercayaan 95%, atau
 - Jumlah yang lebih sedikit.
- a Seluruh unit sampel dalam suatu bagian dapat diperiksa untuk menentukan rata-rata PCI bagian tersebut. Namun, hal ini biasanya tidak dilakukan untuk keperluan manajemen rutin karena keterbatasan tenaga kerja, anggaran, dan waktu. Meskipun demikian, pengambilan sampel total sangat diinginkan untuk analisis proyek guna pemeliharaan dan perbaikan.
- b Jumlah minimum unit sampel (n) yang harus disurvei dalam suatu bagian untuk memperoleh estimasi PCI yang cukup akurat secara statistik (tingkat kepercayaan 95%) akan ditentukan lebih lanjut. Jumlah Unit Sampel Dihitung Menggunakan Rumus Berikut:

$$n = Ns^2 / \left(\left(\frac{e^2}{4} \right) (n - 1) + s^2 \right)$$

Keterangan:

- e = kesalahan yang dapat diterima dalam memperkirakan nilai PCI bagian; umumnya, e = ±5 poin PCI
- s = simpangan baku (standar deviasi) dari PCI antara satu unit sampel dengan unit lainnya dalam satu bagian. Saat inspeksi awal dilakukan, simpangan baku diasumsikan 10 untuk perkerasan aspal (AC), dan 15 untuk perkerasan beton (PCC). Asumsi ini harus dikonfirmasi seperti



dijelaskan di bawah setelah nilai PCI ditentukan. Untuk inspeksi berikutnya, gunakan simpangan baku dari inspeksi sebelumnya untuk menentukan n .

- N = jumlah total unit sampel dalam satu bagian.

- 1) Jika tingkat kepercayaan 95% sangat penting, maka kecukupan jumlah unit sampel yang disurvei harus dikonfirmasi. Jumlah unit sampel sebelumnya ditentukan berdasarkan asumsi simpangan baku. Hitung simpangan baku aktual (s) dengan rumus berikut:

$$s = \left(\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n - 1) \right)^{1/2}$$

Keterangan:

- PCI_i = nilai PCI dari unit sampel ke- i yang telah disurvei,
- PCI_s = nilai PCI rata-rata dari semua unit sampel yang disurvei dalam bagian tersebut, dan
- n = jumlah total unit sampel yang disurvei.

- 2) Hitung kembali jumlah minimum unit sampel yang harus disurvei berdasarkan simpangan baku aktual yang telah dihitung. Jika jumlah unit sampel hasil perhitungan ulang lebih besar daripada jumlah unit sampel yang telah disurvei sebelumnya, maka pilih dan survei unit sampel acak tambahan. Unit sampel tambahan ini harus disebarkan secara merata di seluruh bagian. Ulangi proses pengecekan jumlah minimum unit sampel dan survei unit acak tambahan hingga jumlah total unit sampel yang disurvei $\geq$ jumlah minimum yang disyaratkan (n), dengan menggunakan nilai simpangan baku aktual.
6. Setelah jumlah unit sampel yang akan diperiksa ditentukan, hitung interval penyebaran unit menggunakan metode pengambilan sampel acak sistematis. Unit sampel harus disebar merata di seluruh bagian, dengan unit pertama dipilih secara acak. Rumus interval penyebaran (i):

$$i = N / n$$

Keterangan:

- N = jumlah total unit sampel dalam satu bagian
- n = jumlah unit sampel yang akan diperiksa



Unit sampel pertama dipilih secara acak dari unit ke-1 hingga ke-i. Unit-unit berikutnya adalah kelipatan dari interval i setelah unit pertama, dan juga harus diperiksa.

7. Tingkat pengambilan sampel yang lebih rendah dari tingkat kepercayaan 95% seperti dijelaskan di atas dapat digunakan, tergantung pada tujuan survei kondisi. Untuk menentukan jumlah sampel unit yang harus disurvei dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Menentukan Jumlah Sampel Unit yang harus disurvei

Jumlah Total Unit Sampel	Unit Sampel yang Diperiksa
1 hingga 5 unit	1 unit
6 hingga 10 unit	2 unit
11 hingga 15 unit	3 unit
15 hingga 40 unit	4 unit
Lebih dari 40 unit	10% dari jumlah total

Sumber: ASTM D 6433-07

8. Unit sampel tambahan hanya diperiksa jika ditemukan kerusakan yang tidak representatif.

2.4.4.2 Perhitungan PCI untuk AC

Adapun cara perhitungan PCI untuk AC sebagai berikut:

1. Jumlahkan total kuantitas untuk setiap jenis kerusakan pada masing-masing tingkat keparahan, dan catat di bagian "Total Severities" (Total Tingkat Keparahan). Sebagai contoh, Gambar 2.21 menunjukkan lima entri untuk Jenis Kerusakan 1, "Retak Buaya" (Alligator Cracking): 5L, 4L, 4L, 8H, dan 6H. Kerusakan pada setiap tingkat keparahan dijumlahkan dan dicatat pada bagian "Total Severity" sebagai 13 ft² (1,2m²) untuk keparahan rendah dan 14 ft² (1,3 m²) untuk keparahan tinggi. Satuan untuk jumlah tersebut bisa berupa kaki persegi (meter persegi), kaki linier (meter), atau jumlah kejadian.
2. Bagi jumlah total dari setiap jenis kerusakan pada setiap tingkat keparahan dengan total luas unit sampel, lalu kalikan dengan 100 untuk mendapatkan persentase densitas dari masing-masing jenis dan tingkat keparahan kerusakan.



3. Tentukan nilai pengurang (Deduct Value atau DV) untuk setiap kombinasi jenis kerusakan dan tingkat keparahan dari kurva nilai pengurang kerusakan, seperti pada Gambar 2.21.
4. Tentukan nilai pengurang terkoreksi maksimum (Corrected Deduct Value atau CDV). Prosedur untuk menentukan CDV maksimum dari nilai DV individual sama untuk jenis perkerasan AC (aspal) maupun PCC (beton semen portland).
5. Prosedur berikut harus digunakan untuk menentukan CDV maksimum seperti pada Gambar 2.22.
 - a. Jika tidak ada atau hanya satu nilai pengurang individual yang lebih besar dari dua, maka jumlah total nilai tersebut digunakan sebagai pengganti CDV maksimum dalam menentukan PCI (Pavement Condition Index).
 - b. Daftarkan nilai pengurang individual dalam urutan menurun. Sebagai contoh pada gambar 2.21, akan menjadi: 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, dan 5.3.
 - c. Tentukan jumlah maksimum nilai pengurang yang diperbolehkan (m) atau menggunakan rumus berikut:

$$m = 1 + (9/98) \times (100 - HDV)$$

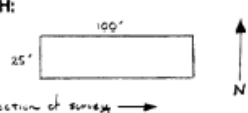
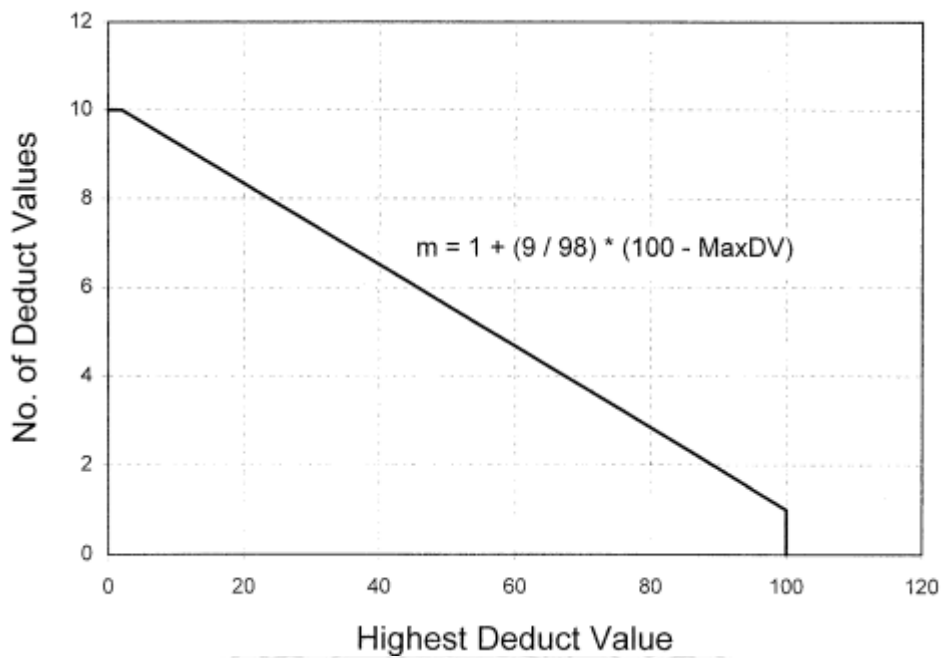
ASPHALT SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT								SKETCH:											
BRANCH <u>SPRINGFIELD</u> SECTION <u>001</u>				SAMPLE UNIT <u>1</u>															
SURVEYED BY <u>KAK</u> DATE <u>10 JUL 93</u>				SAMPLE AREA <u>2500 sq ft</u>															
1. Alligator Cracking		6. Depression		11. Patching & Util Cut Patching		16. Shoving		17. Slippage Cracking		18. Swell		19. Weathering/Raveling							
2. Bleeding		7. Edge Cracking		12. Polished Aggregate		17. Slippage Cracking		18. Swell		19. Weathering/Raveling									
3. Block Cracking		8. Jt. Reflection Cracking		13. Potholes		18. Swell		19. Weathering/Raveling											
4. Bumps and Sags		9. Lane/Shoulder Drop Off		14. Railroad Crossing		19. Weathering/Raveling													
5. Corrugation		10. Long & Trans Cracking		15. Rutting															
DISTRESS SEVERITY								QUANTITY				TOTAL		DENSITY %		DEDUCT VALUE			
1 L		1 x 5		1 x 4		1 x 4								13		0.52		7.9	
1 H		1 x 8		1 x 6										14		0.56		23.4	
4 L		32		15		18		24		41				130		5.20		7.5	
8 H		20		15		35		27		23		10		143		5.72		25.1	
11 H		3 x 4		2 x 5										22		0.88		17.9	
13 L		1												1		0.04		11.2	
15 L		4		9		8								21		0.84		6.9	
19 L		250												250		10.0		5.3	

FIG. 4 Example of a Flexible Pavement Condition Survey Data Sheet

Gambar 2.21 Example Of A Flexible Pavement Condition Survey Data Sheet
 Sumber: ASTM D6433-07



Gambar 2.22 Adjustment Of Number Of Deduct Value

Sumber: ASTM D6433-07

Keterangan:

- m = jumlah pengurang (deducts) yang diizinkan, termasuk pecahan (harus kurang dari atau sama dengan sepuluh)
 - HDV = nilai pengurang individual tertinggi (Highest Deduct Value).
(Sebagai contoh di atas $m = 1 + (9/98) \times (100 - 25.1) = 7,9$)
- d Jumlah nilai pengurang individual dikurangi menjadi m nilai pengurang terbesar, termasuk bagian pecahannya. Sebagai contoh dalam Gambar 2.23, nilai-nilainya adalah: 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, dan 4.8 (angka 4.8 diperoleh dengan mengalikan 5.3 dengan $(7.9 - 7 = 0.9)$). Jika jumlah nilai pengurang yang tersedia kurang dari m , maka semua nilai pengurang digunakan.
- e Tentukan CDV maksimum (Corrected Deduct Value) secara iteratif, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.23.
- 1) Tentukan total nilai pengurang dengan menjumlahkan nilai pengurang individual. Total nilai pengurang diperoleh dari penjumlahan nilai-nilai, yaitu: 104.7
 - 2) Tentukan q , yaitu jumlah nilai pengurang dengan nilai lebih dari 2.0. Contohnya, pada Gambar 2.23, $q = 8$.



- 3) Tentukan CDV dari total nilai pengurang dan nilai q dengan melihat kurva koreksi yang sesuai untuk perkerasan aspal (AC) pada Gambar 2.23.
- 4) Turunkan nilai pengurang individual terkecil yang lebih besar dari 2.0 menjadi 2.0, lalu ulangi langkah-langkah 1 hingga 3 hingga $q = 1$.
- 5) CDV maksimum adalah nilai CDV terbesar dari semua perhitungan yang dilakukan.
6. Hitung PCI (Pavement Condition Index) dengan mengurangkan CDV maksimum dari 100: $PCI = 100 - CDV \text{ maksimum}$
7. Gambar menunjukkan ringkasan perhitungan PCI untuk data perkerasan aspal (AC).

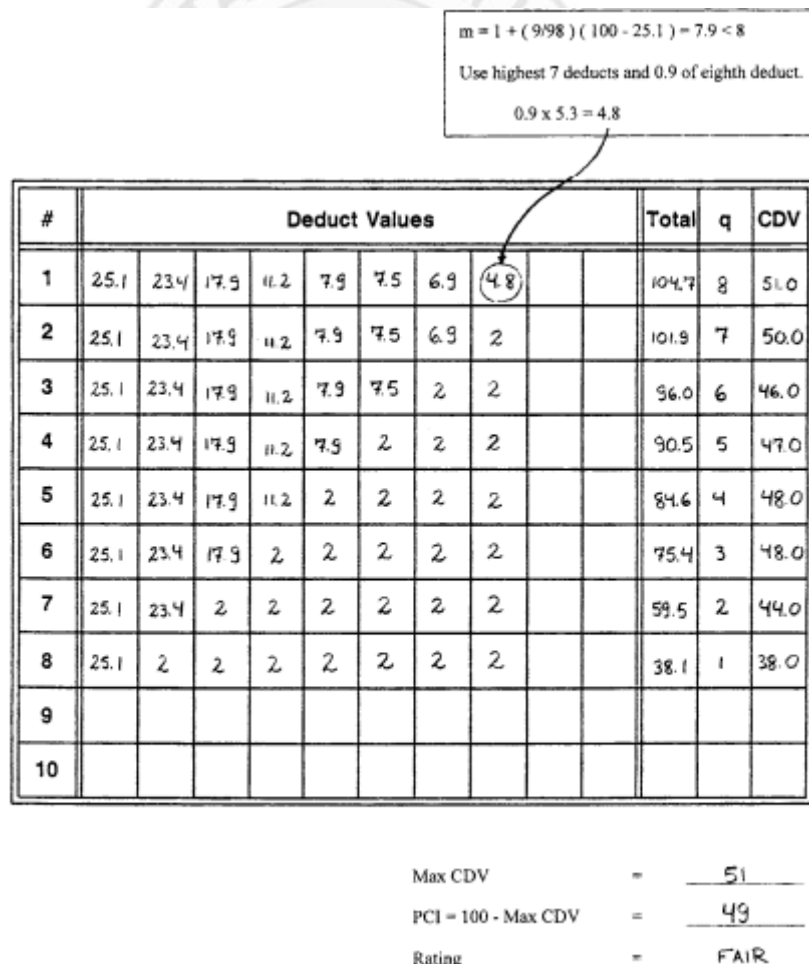


FIG. 6 Calculation of Corrected PCI Value—Flexible Pavement

Gambar 2.23 Calculation Of Corrected PCI Value – Flexible Pavement
Sumber: ASTM D6433-07



2.5 Metode SDI (*Surface Distress Index*)

SDI (*Surface Distress Index*) adalah skala kinerja jalan yang diperoleh dari hasil pengamatan secara visual terhadap kerusakan jalan yang terjadi dilapangan. Faktor-faktor yang menentukan besaran indeks SDI adalah kondisi retak pada permukaan jalan dari total luas, lebar retak rata-rata, jumlah lubang per 50 m serta kedalaman bekas roda/*rutting*.

1. Luas Retak

Luas retak adalah luas bagian permukaan jalan yang mengalami retakan, diperhitungkan secara persentase terhadap luas permukaan segmen jalan yang disurvei sepanjang 50 m. Untuk pembobotan nilai SDI1 luas retakan dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2.11 Luas Retakan Permukaan Perkerasan

Angka	Luas Retakan	Angka SDI1
1	Tidak ada	-
2	<10% luas	5
3	10 – 30% luas	20
4	>30% luas	40

Sumber: Bina Marga (2011)

Berdasarkan Tabel 2.10 dapat dijelaskan bahwa jika pada penelitian kondisi jalan sesuai rentang yang ditentukan tidak ada luas retakan maka angka yang dimasukkan kedalam perhitungan SDI1 adalah angka 1 yang memiliki bobot nilai SDI1 sebesar 0, untuk luas retakan <10% luas dimasukkan angka 2 yang memiliki bobot nilai SDI1 sebesar 5, untuk luas retakan 10-30% luas dimasukkan angka 3 yang memiliki bobot nilai SDI1 sebesar 20, dan untuk luas retakan >30% dimasukkan angka 4 yang memiliki bobot nilai SDI1 sebesar 40.

Berdasarkan pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga untuk mencari nilai luas retak dapat digunakan rumus pada persamaan 2.5 berikut:

$$\text{Persen Retak} = \frac{Ad}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Ad = Luas retak (m²)

As = Luas total unit sampel (m²)



2. Lebar Retak

Lebar retakan merupakan jarak antara dua bidang retakan diukur pada permukaan perkerasan. Untuk pembobotan nilai SDI2 lebar retakan dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Lebar Retakan Permukaan Perkerasan

Angka	Lebar Retakan	Nilai SDI2
1	Tidak ada	-
2	Halus < 1 mm	-
3	Sedang 1-5 mm	-
4	Lebar > 5 mm	SDI1*2

Sumber: Bina Marga (2011)

Berdasarkan Tabel 2.11 dapat dijelaskan bahwa jika pada penilaian kondisi jalan sesuai rentang yang ditentukan tidak ada lebar retakan maka angka yang dimasukkan kedalam perhitungan SDI2 adalah angka 1 yang tidak memiliki bobot nilai $SDI2 = SDI1$, untuk lebar retakan halus < 1 mm dimasukkan angka 2 yang tidak memiliki bobot nilai $SDI2 = SDI1$, untuk lebar retakan sedang 1-5 mm dimasukkan angka 3 yang tidak memiliki bobot nilai $SDI2 = SDI1$, dan untuk lebar retakan > 5 mm dimasukkan angka 4 yang memiliki bobot nilai SDI2 sebesar $SDI1*2$.

3. Jumlah Lubang

Jumlah lubang adalah jumlah lubang yang terdapat pada permukaan jalan yang disurvei sepanjang 50 m. Untuk pembobotan nilai SDI3 jumlah lubang dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Jumlah Lubang Permukaan Perkerasan

Angka	Jumlah Lubang	Nilai SDI3
1	Tidak ada	-
2	< 10 / 50 m	SDI2+15
3	10-50 / 50 m	SDI2+75
4	>50 / 50 m	SDI2+225

Sumber: Bina Marga (2011)

Berdasarkan Tabel 2.12 dapat dijelaskan bahwa jika tidak ada jumlah lubang maka angka yang dimasukkan kedalam perhitungan SDI3 adalah angka 1



yang tidak memiliki bobot nilai $SDI3 = SDI2$, untuk jumlah lubang $< 10 / 50$ m dimasukkan angka 2 yang memiliki bobot nilai $SDI3$ sebesar $SDI2+15$, untuk jumlah lubang $10-50 / 50$ m dimasukkan angka 3 yang memiliki bobot nilai $SDI3$ sebesar $SDI2+75$, dan untuk jumlah lubang $>50 / 50$ m dimasukkan angka 4 yang memiliki bobot nilai $SDI3$ sebesar $SDI2+225$.

4. Bekas Roda

Bekas roda adalah penurunan yang terjadi pada suatu bidang permukaan jalan yang disebabkan oleh beban roda kendaraan. Untuk pembobotan nilai $SDI4$ bekas roda dilihat pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 Bekas Roda Permukaan Perkerasan

Angka	Bekas Roda	Nilai $SDI4$
1	Tidak ada	-
2	< 1 cm dalam	$SDI3+5*0,5$
3	1-3 cm dalam	$SDI3+5*2$
4	>3 cm dalam	$SDI3+5*4$

Sumber: Bina Marga (2011)

Berdasarkan Tabel 2.13 dapat dijelaskan bahwa jika tidak ada bekas roda maka angka yang dimasukkan kedalam perhitungan $SDI4$ adalah angka 1 yang tidak memiliki bobot nilai $SDI4 = SDI3$, untuk bekas roda < 1 cm dalam dimasukkan angka 2 yang memiliki bobot nilai $SDI4$ sebesar $SDI3+5*0,5$, untuk bekas roda 1-3cm dalam dimasukkan angka 3 yang memiliki bobot nilai $SDI4$ sebesar $SDI3+5*2$, dan untuk bekas roda >3 cm dalam dimasukkan angka 4 yang memiliki bobot nilai $SDI4$ sebesar $SDI3+5*4$.

Penentuan jenis penanganan jalan dari nilai kerusakan jalan menggunakan metode Surface Distress Index (SDI), dilihat pada tabel 2.15

Tabel 2.15 Nilai, Kondisi dan Penanganan Metode SDI

Nilai SDI	Kondisi Jalan	Penanganan
<50	Baik	Pemeliharaan Rutin
50 – 100	Sedang	Pemeliharaan
100 – 150	Rusak Ringan	Rehabilitasi Jalan
>150	Rusak Berat	Rekonstruksi Jalan

Sumber: Bina Marga (2011)



2.6 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan estimasi total biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan material, pembayaran tenaga kerja, serta berbagai pengeluaran lain yang berkaitan dengan pelaksanaan sebuah proyek atau pembangunan. RAB ini mencerminkan nilai atau biaya keseluruhan dari sebuah bangunan yang dihitung secara teliti, akurat, dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

Penyusunan anggaran biaya untuk tebal perkerasan Pada Ruas Jalan Imam Bonjol - Gerilya menggunakan Pedoman Dinas Pekerjaan Umum Bidang Bina Marga tahun 2025. Dalam menyusun anggaran biaya dilakukan langkah - langkah sebagai berikut :

a Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah

Daftar satuan bahan dan upah merupakan data harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hilir. Informasi ini digunakan untuk menghitung biaya yang diperlukan dalam penggunaan tenaga kerja, material, dan peralatan guna menentukan harga satuan dari suatu jenis pekerjaan. Daftar ini berfungsi sebagai pedoman dalam merencanakan serta mengendalikan biaya pelaksanaan proyek agar sesuai anggaran.

b Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) merupakan proses perhitungan biaya untuk menentukan harga satuan dari suatu jenis pekerjaan konstruksi. Perhitungan ini mencakup pengalihan antara kebutuhan material, tenaga kerja, dan peralatan dengan harga masing-masing, termasuk harga bahan, upah pekerja, serta biaya sewa atau pembelian alat. AHSP berperan penting dalam merencanakan dan mengatur penggunaan sumber daya seperti material bangunan, tenaga kerja, serta waktu pelaksanaan agar proyek berjalan efisien dan sesuai anggaran.

c Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah total jumlah atau kapasitas dari suatu jenis pekerjaan yang harus diselesaikan dalam sebuah proyek. Volume ini menunjukkan seberapa besar atau banyak suatu pekerjaan dilakukan, dan digunakan sebagai dasar untuk



menghitung harga satuan dari setiap jenis pekerjaan yang ada dalam proyek tersebut.

d RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB atau Rencana Anggaran Biaya adalah dokumen yang memuat perkiraan total biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu kegiatan, seperti proyek konstruksi. Dokumen ini berfungsi sebagai alat bantu bagi pemilik proyek, kontraktor, dan pihak terkait dalam menyusun rencana keuangan, mengendalikan pengeluaran, serta memantau jalannya proyek. Dengan adanya RAB, potensi pemborosan dana, kelebihan pembelian bahan, dan kesalahan dalam pembayaran dapat diminimalkan.

e Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya merupakan jumlah keseluruhan biaya yang dibutuhkan setelah semua pekerjaan dihitung berdasarkan volume dan dikalikan dengan harga satuannya. Dalam rekapitulasi ini, tercantum rincian setiap jenis pekerjaan utama beserta estimasi biayanya secara lengkap.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penulis memaparkan beberapa penelitian yang relevan tentang analisis normalisasi saluran drainase yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun pemaparannya antara lain:

- a. Zean A (2024) melakukan penelitian “*analisis kerusakan jalan dengan metode pavement condition index(pci) dan metode surface distress index(sdi) (studi kasus jalan silago kecamatan ix koto kabupaten dharma raya sta 36+000 – 38+000)*” untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan dan tingkat kekerasan jalan di Silago, Kecamatan IX Koto, Kabupaten Dharma raya. Hasil penelitian ini akan digunakan untuk membandingkan kondisi jalan berdasarkan dua metode, yaitu *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Surface Distress Index (SDI)*. Metode PCI menilai kondisi jalan dengan rentang nilai 0-100, sedangkan metode SDI menggunakan skala <50 hingga >150. Beberapa jenis kerusakan yang ditemukan di Jalan Silago meliputi lubang, retak kulit buaya, retak samping, pelepasan butiran, amblas, dan tambalan. Berdasarkan metode PCI, kondisi jalan mendapat nilai rata-rata 59,4, yang dikategorikan sebagai baik (good). Sedangkan menurut



metode SDI, nilai rata-rata yang diperoleh adalah 19,5, yang juga menunjukkan kondisi baik dengan rekomendasi pemeliharaan rutin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan penilaian yang hampir sama, yaitu kondisi jalan Silago masih dalam kategori baik, tetapi tetap memerlukan pemeliharaan agar tidak semakin rusak.

- b. Fitri A.R (2022) melakukan penelitian “*analisis kondisi kerusakan jalan raya pada lapisan permukaan dengan metode pavement condition index (pci) dan bina marga (studi kasus : ruas jalan raya batusangkar-bukittinggi kecamatan sungai tarab sta 0+000-2+000)*” untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan dan tingkat kekuatan jalan di Bypass Bukittinggi. Hasilnya akan digunakan untuk membandingkan kondisi jalan berdasarkan dua metode, yaitu Pavement Condition Index (PCI) dan metode Bina Marga. Metode PCI menilai kondisi jalan dengan skala 0-100, sedangkan metode Bina Marga menggunakan rentang nilai 0-7 berdasarkan tingkat prioritas pemeliharaan. Beberapa jenis kerusakan yang ditemukan pada ruas Jalan Raya Batusangkar-Bukittinggi sepanjang 2 km meliputi lubang, retak blok, retak kulit buaya, kegemukan, tambalan, dan butiran lepas. Berdasarkan metode PCI, kondisi jalan mendapatkan nilai rata-rata 84,63, yang menunjukkan kategori sangat baik (very good). Sementara itu, metode Bina Marga memberikan nilai 11,05, yang berarti jalan memerlukan pemeliharaan rutin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode memberikan hasil yang hampir sama, yaitu kondisi jalan masih baik, tetapi tetap membutuhkan pemeliharaan rutin agar tidak mengalami kerusakan lebih lanjut.
- c. Dewi A.A (2021) melakukan penelitian “*analisa penilaian kondisi jalan raya dengan metode Surface Distress Index (SDI) dan Present Serviceability Index (PSI) (studi kasus Duri Kecamatan Mandau)*” Penelitian ini memakai dua metode untuk mengevaluasi kerusakan jalan, yaitu metode SDI dan PSI. Data dikumpulkan lewat survei kerusakan permukaan jalan. Metode SDI menilai jalan dari empat hal: persentase retak, lebar retak rata-rata, jumlah lubang, dan kedalaman bekas roda. Sementara itu, metode PSI menilai kondisi jalan berdasarkan berbagai kerusakan seperti retak, alur, lubang, gelombang di jalur roda, dan kekasaran permukaan. Di jalan Duri – Rengau, ditemukan berbagai jenis kerusakan seperti retak kulit buaya, retak memanjang, tambalan, lubang,



dan bekas roda. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata kondisi jalan dengan metode SDI adalah 33 (dari skala 0–50), yang berarti jalan dalam kondisi buruk. Sedangkan dengan metode PSI, hasilnya adalah 3,26 (dari skala 0–5), yang berarti fungsi jalan masih tergolong baik.

- d. Wira (2022) melakukan penelitian “*Analisis Kerusakan Jalan Perkerasan Lentur menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI)*” Hasil analisis kerusakan jalan dengan metode PCI menunjukkan bahwa nilai PCI yang diperoleh adalah 67,333, yang berarti kondisi jalan masih baik (good). Dari grafik yang menunjukkan hubungan antara tingkat kerusakan jalan dan kecepatan kendaraan, dapat disimpulkan bahwa:
 - a) Semakin parah kerusakan jalan, nilai PCI menurun, dan kendaraan cenderung bergerak lebih lambat.
 - b) Sebaliknya, jika nilai PCI tinggi, berarti jalan dalam kondisi lebih baik, sehingga kendaraan dapat melaju lebih cepat.
- e. M. Afrizal (2024) melakukan penelitian “*analisis jenis kerusakan jalan menggunakan metode (PCI) Pavement Condition Index dan Bina Marga (studi kasus : jalan pekan arba kecamatan tembilahan*” untuk mengetahui jenis-jenis kerusakan dan tingkat kekuatan jalan di pekan arba kecamatan tembilahan. Hasilnya akan digunakan untuk membandingkan kondisi jalan berdasarkan dua metode, yaitu Pavement Condition Index (PCI) dan metode Bina Marga. Metode PCI menilai kondisi jalan dengan skala 0-100, sedangkan metode Bina Marga menggunakan rentang nilai 0-7 berdasarkan tingkat prioritas pemeliharaan. Beberapa jenis kerusakan yang ditemukan pada ruas Jalan pekan arba sepanjang 3,29 km meliputi lubang, retak kulit buaya, dan retak memanjang. Berdasarkan metode PCI, kondisi jalan mendapatkan nilai rata-rata 59,19, yang menunjukkan kategor baik (good). Sementara itu, metode Bina Marga memberikan nilai 4, yang berarti jalan memerlukan pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode memberikan hasil yang hampir sama, yaitu kondisi jalan masih baik, tetapi tetap membutuhkan pemeliharaan rutin agar tidak mengalami kerusakan lebih lanjut.