

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat (Butiran mineral keras) dan bahan pengikat yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar tanpa melampaui daya dukung tanah yang diizinkan. Agregat merupakan komponen utama dalam perkerasan jalan yang menempati sekitar 70% hingga 85% dari total volume campuran, sehingga kualitasnya sangat menentukan kekuatan dan keawetan konstruksi.

##### 2.1.1 Agregat

Berdasarkan ukurannya, agregat yang digunakan dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu:

- a. Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*) yaitu Material yang tertahan pada saringan No. 8 (2,36 mm) menurut standar Bina Marga, berfungsi untuk menyediakan kerangka struktural melalui penguncian antar partikel (*interlocking*) untuk menahan beban kendaraan dan mencegah deformasi seperti alur (*rutting*), dll.
- b. Agregat Halus (*Fine Aggregate*) yaitu Material yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm), berfungsi untuk Mengisi rongga di antara agregat kasar dan meningkatkan stabilitas serta kekakuan campuran, dll.
- c. Bahan Pengisi (*Filler*) yaitu aterial yang sangat halus, di mana minimal 75% massanya harus lolos saringan No. 200 berfungsi untuk mengisi sisa rongga udara yang sangat kecil, meningkatkan ikatan dengan aspal, dan membuat campuran lebih kedap air, dll.

Berdasarkan mutu, agregat dibagi menjadi 3 klasifikasi campuran (Lapis Pondasi), yaitu sebagai berikut:

- a. Agregat Kelas A: Digunakan untuk lapis pondasi atas tepat di bawah lapisan aspal.
- b. Agregat Kelas B: Digunakan untuk lapis pondasi bawah.

- c. Agregat Kelas S: Digunakan untuk perkerasan bahu jalan tanpa penutup aspal.

### 2.1.2 Bahan Pengikat

Sementara itu bahan pengikat berfungsi untuk menyatukan butiran agregat menjadi satu kesatuan massa yang kokoh, kedap air, sehingga mampu menahan beban. Beberapa bahan pengikat yang digunakan dalam perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a. Aspal (*Bitumen*)

Aspal adalah material termoplastik berwarna hitam atau coklat tua yang mencair saat dipanaskan dan mengeras saat dingin. Aspal berfungsi untuk mengikat agregat (pasir, kerikil, batu pecah) menjadi satu kesatuan yang kokoh dan kedap air.

- b. Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah bahan pengikat hidraulis yang digunakan pada perkerasan kaku (*rigid pavement*). Material ini berfungsi untuk merekatkan butiran agregat (pasir dan batu pecah) menjadi massa beton yang kompak melalui reaksi kimia dengan air.

## 2.2 Lapis Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan lentur adalah konstruksi perkerasan jalan yang dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan bahan pengikat aspal (<https://binamarga.pu.go.id>) berbeda dengan perkerasan kaku (beton), perkerasan ini memiliki sifat elastis/ flexible dan akan mengalami sedikit lendutan saat dilewati beban berat, lalu kembali ke posisi semula (selama beban tidak melebihi kapasitas). Struktur ini juga menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara bertahap melalui lapisan-lapisan material. Keunggulan utama dari perkerasan lentur adalah:

1. biaya konstruksi awal lebih ekonomis sehingga lebih cepat untuk membuka akses jalan baru dengan anggaran terbatas.

2. mudah diperbaiki, jika ada kerusakan (seperti lubang) cukup dikerok dan ditambal (*patching*) atau dilapisi ulang (*overlay*) dan jalan bisa langsung dibuka untuk lalu lintas dalam hitungan jam.
3. kenyamanan dalam berkendara, permukaannya jauh lebih halus dan rata dibandingkan beton yang memiliki sambungan (*joint*).
4. Tahan terhadap perubahan suhu, aspal memiliki sifat elastis yang baik untuk memuai dan menyusut sehingga tahan terhadap perubahan suhu.
5. Dll.

Perkerasan lentur dikatakan memberikan kenyamanan berkendara (*Rideability*) apabila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Kekedapan Air dan Drainase.
2. Permukaan yang rata.
3. Ketahanan Gelincir.

Perkerasan lentur dikatakan berhasil memikul dan menyebarkan beban secara efektif, apabila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Memenuhi prinsip piramida beban, beban roda kendaraan yang terpusat di permukaan harus mampu disebarkan ke area yang lebih luas di lapisan bawahnya.
2. Ketebalan lapisan sesuai dengan analisa struktur jalan, setiap lapisan harus memiliki ketebalan yang cukup sesuai dengan hasil perhitungan LHR (Lintas Harian Rata-rata).
3. Kepadatan maksimal di setiap lapisan, penyebaran beban hanya akan sempurna jika setiap lapisan (tanah dasar, pondasi bawah, pondasi atas) telah dipadatkan sesuai standar.
4. *Interlocking* (saling mengunci) Agregat, kemampuan memikul beban sangat bergantung pada kualitas butiran batu (agregat).
5. Ikatan Antar lapisan yang sempurna, agar menjadi satu kesatuan struktur, setiap lapisan perkerasan harus melekat sempurna, dengan penggunaan *Prime Coat* (Lapis resap pengikat) dan *Tack Coat* (lapisan perekat) yang tepat akan mencegah pergeseran horizontal saat kendaraan *manuver*.
6. Nilai CBR Tanah Dasar yang Stabil.

Untuk mencapai hal tersebut di atas, perencanaan dan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur harus mencakup berbagai aspek teknis dan manajerial. Berdasarkan standar Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) Tahun 2024 dari Direktorat Jenderal Bina Marga perencanaan dan pelaksanaan konstruksi harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

#### 2.2.1 Perencanaan Tebal perkerasan

Perencanaan tebal perkerasan harus didasarkan pada data faktual dan analisis yang mendalam, meliputi Analisis Lalu Lintas, Daya Dukung Tanah Dasar (*Subgrade*), Evaluasi drainase permukaan dan bawah permukaan serta geometrik jalan.

#### 2.2.2 Analisa Campuran Bahan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam campuran bahan perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Material: Spesifikasi agregat (gradasi dan kekerasan) serta jenis aspal yang sesuai dengan beban lalu lintas dan kondisi iklim setempat.
2. Gradasi Agregat: Pemilihan batu pecah dengan ukuran yang saling mengunci (*interlocking*) untuk lapis pondasi atas dan bawah.
3. Karakteristik Aspal: Pemilihan jenis aspal (misal: Pen 60/70 atau aspal modifikasi) yang sesuai dengan suhu rata-rata wilayah tersebut.
4. Dll.

#### 2.2.3 Pengawasan dan pelaksanaan pekerjaan

Tanpa pengawasan dalam pelaksanaan pekerjaan, risiko kegagalan struktur sangat tinggi karena perkerasan lentur terdiri dari banyak lapisan yang saling bergantung. Selain itu Pengawasan juga dapat melakukan deteksi dini terhadap permasalahan di lapangan yang dimana mungkin kondisi lapangan berbeda dengan hasil survei saat perencanaan, sehingga memungkinkan adanya instruksi lapangan yang cepat untuk melakukan perbaikan (seperti penggantian tanah atau penambahan

drainase) sebelum penghamparan aspal. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengawasan dan pelaksanaan pekerjaan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan dan Pembersihan (*Clearing & Grubbing*).
2. Teknik Pematatan: Setiap lapisan mulai dari tanah dasar (*subgrade*) hingga lapis pondasi harus dipadatkan pada Kadar Air Optimum.
3. Mengontrol Suhu Aspal: Penghamparan aspal *hot mix* harus dilakukan pada rentang temperatur tertentu (umumnya di atas 130-150°C).
4. Lapis Perekat dan Pengikat: Penggunaan *Prime Coat* (di atas pondasi agregat) dan *Tack Coat* (antar lapisan aspal) wajib dilakukan sesuai spesifikasi teknis.

#### 2.2.4 Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Untuk menjaga kualitas material dan campuran aspal perlu adanya pengendalian mutu yang menjamin bahwa material yang di gunakan dalam konstruksi perkerasan lentur sudah sesuai dengan spesifikasi teknis yang berlaku, sehingga dapat menghasilkan konstruksi jalan yang nyaman, aman dan bertahan sesuai dengan umur rencana. Hal-hal yang termasuk dalam pengendalian mutu adalah pengujian lapangan, toleransi permukaan, dll.

### 2.3 Komponen perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), komponen perkerasan lentur (*flexible pavement*) umumnya terdiri dari empat lapisan utama yang disusun secara bertahap untuk menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar. Berikut adalah rincian lapisan-lapisannya, diurutkan dari posisi paling bawah ke atas:

#### 2.3.1 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah bagian terbawah dari struktur perkerasan jalan yang merupakan tanah asli atau tanah urukan yang telah dipadatkan, berfungsi sebagai dasar untuk perletakan lapisan perkerasan lainnya.

### 2.3.2 Lapis Fondasi

Lapis fondasi agregat adalah lapisan struktur perkerasan jalan yang terdiri dari campuran material granular (seperti batu pecah, kerikil, dan pasir) yang dipadatkan di atas tanah dasar (*subgrade*). Lapisan ini berfungsi utama untuk mendistribusikan beban kendaraan dari permukaan jalan ke tanah di bawahnya agar tetap stabil. Lapis fondasi agregat diklasifikasikan menjadi dua kelas utama, yaitu:

#### 1. Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Lapis Pondasi Agregat Kelas A (LPA) adalah campuran agregat dengan berbagai fraksi yang digunakan sebagai lapisan pondasi atas (*Base Course*). Dalam struktur perkerasan jalan, Kelas A diletakkan tepat di atas Kelas B dan berada langsung di bawah lapisan penutup (seperti AC -WC, AC BC, dll), tepat di bawah lapisan aspal atau beton. LPA memiliki mutu yang lebih tinggi dibandingkan Kelas B karena harus mampu menahan beban roda kendaraan secara langsung sebelum didistribusikan ke lapisan di bawahnya.

#### 2. Lapis Pondasi Agregat Kelas B

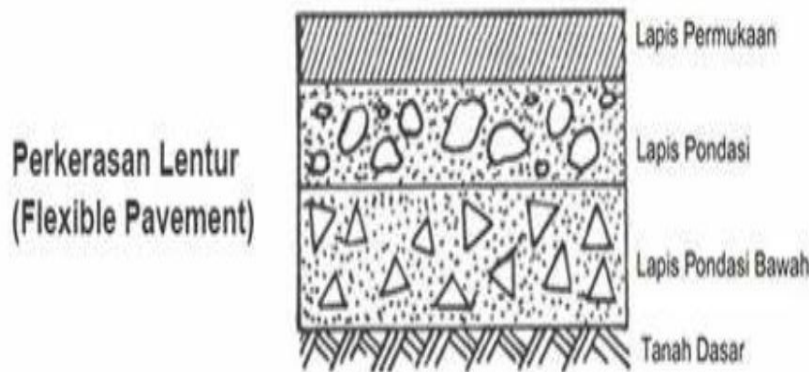
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (LPB) adalah campuran agregat dengan berbagai fraksi (batu pecah dan pasir) yang digunakan sebagai lapisan struktur jalan dan berfungsi sebagai Lapis Fondasi Bawah (*sub-base course*). Posisinya berada di bawah Kelas A (LPA) dan di atas tanah dasar (*subgrade*).

### 2.3.3 Lapis permukaan (*surface course*)

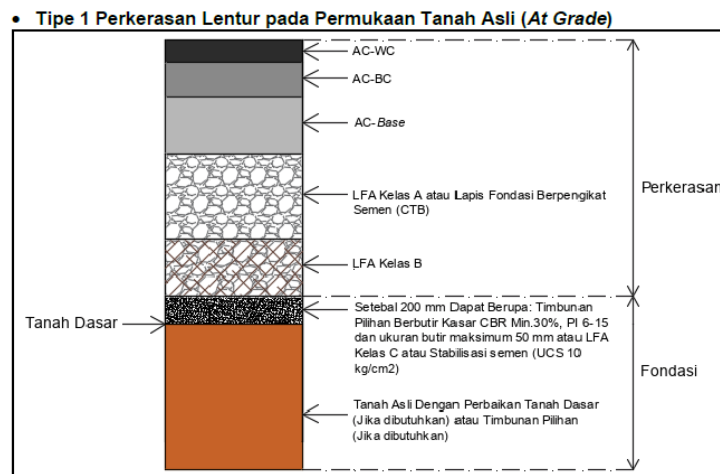
Lapisan teratas yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan/ beban lalu lintas dan lingkungan luar. Lapisan tersebut berfungsi sebagai menahan beban roda, lapis kedap air, menyediakan kekesatan (*Skid Resistance*), lapis aus (*Wearing Course*), memberikan kenyamanan berkendara. Terdapat berbagai jenis Lapis Permukaan (*Surface Course*) pada perkerasan lentur, yaitu :

1. Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis)
2. Burda (Laburan Aspal Dua Lapis)
3. Campuran Beraspal Panas (*Hot Mix*)

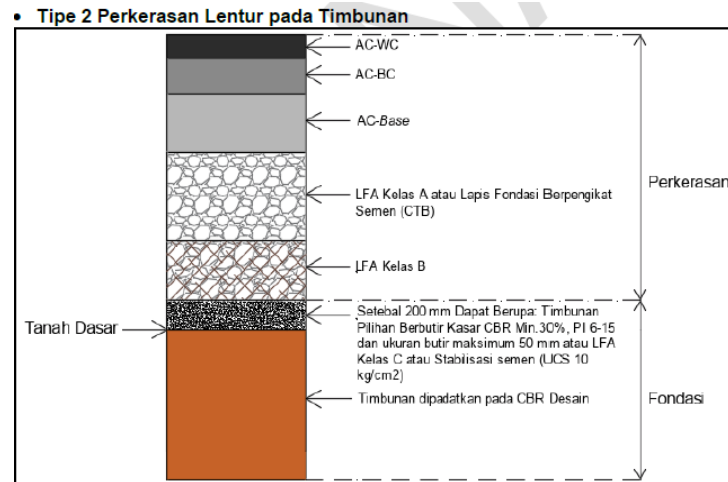
Lapis permukaan di atas terbuat dari campuran material yang terdiri dari Agregat Kasar (batu pecah), agregat halus (pasir atau abu batu), filler (bahan pengisi seperti semen atau kapur) dan Aspal (sebagai bahan pengikat). Komposisi /proporsi campuran yang digunakan pada lapis permukaan di tentukan melalui *Job Mix Formula (JMF)*/ Rumus Campuran Kerja. Susunan Lapis Perkerasan Jalan dapat dilihat pada Gambar 2.1. Gambar 2.2, Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



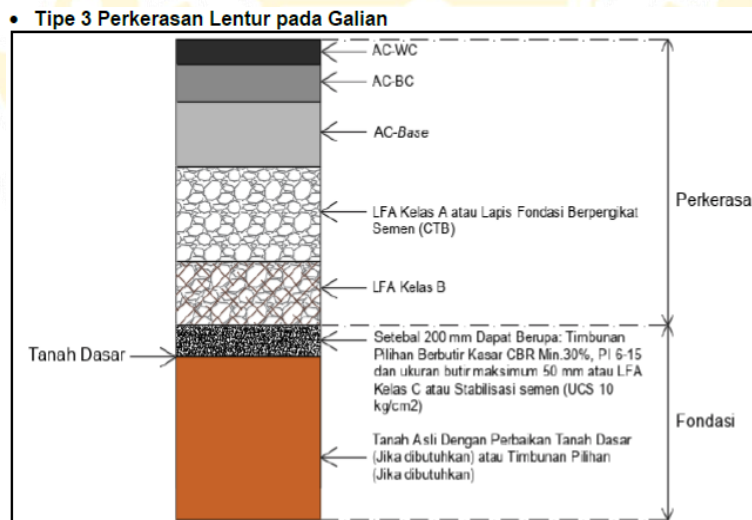
Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan  
 Sumber: [www.mutuutamageoteknik.co.id](http://www.mutuutamageoteknik.co.id)



Gambar 2.2 Lapis Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)  
 Sumber: *Manual Desain Perkerasan 2024*



Gambar 2.3 Lapis Perkerasan Lentur pada Timbunan  
Sumber: *Manual Desain Perkerasan 2024*



Gambar 2.4 Lapis Perkerasan Lentur pada Galian  
Sumber: *Manual Desain Perkerasan 2024*

## 2.4 Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan jalan adalah kondisi di mana struktur atau permukaan jalan mengalami penurunan mutu sehingga tidak lagi mampu melayani lalu lintas dengan aman dan nyaman sesuai umur rencana yang ditetapkan. Berikut adalah rincian faktor-faktor utama penyebab kerusakan jalandan jenis-jenis kerusakannya:

## 2.4.1 Faktor Penyebab Kerusakan Jalan

### 1. Faktor Lingkungan dan Air

Air merupakan musuh utama konstruksi jalan karena dapat melemahkan ikatan antar material.

- a. Drainase Buruk: Saluran air yang tersumbat atau tidak ada menyebabkan air menggenang di permukaan jalan dan meresap ke lapisan bawah, yang memicu retak kulit buaya dan lubang.
- b. Curah Hujan Tinggi: Paparan hujan terus-menerus mempercepat pengelupasan lapisan aspal (*stripping*).

### 2. Faktor beban Lalu Lintas (Overloading)

Beban kendaraan yang melebihi kapasitas desain adalah penyebab utama kerusakan dini di Indonesia.

- a. Muatan Berlebih: Kendaraan berat (*overload*) meningkatkan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF), yang secara signifikan memperpendek umur rencana jalan.
- b. Repetisi Beban: Frekuensi kendaraan berat yang melintas secara terus-menerus menyebabkan deformasi permanen seperti alur (*rutting*).

### 3. Faktor Kualitas Material

Kerusakan terjadi karena material yang digunakan tidak memenuhi spesifikasi standar.

- a. Karakteristik Agregat (Batu Pecah)
  - Gradasi Agregat Tidak Sesuai: Jika komposisi ukuran batu (kasar, sedang, halus) tidak seimbang, kepadatan maksimal tidak akan tercapai. Akibatnya, muncul alur (*rutting*) atau amblas.
  - Agregat Kotor: Adanya lumpur pada agregat menghalangi aspal melekat pada batu, sehingga terjadi pelepasan butir (*raveling*).
- b. Kualitas Aspal: Aspal yang terlalu getas (akibat pemanasan berlebih/ *overheating*) atau kadar aspal yang terlalu rendah menyebabkan retak (*cracking*). Sebaliknya, kadar aspal terlalu tinggi memicu kegemukan (*bleeding*).
- c. Rancangan Campuran (*Mix Design*)

- Kadar Aspal Efektif: Menurut Bina Marga, kadar aspal yang kurang dari nilai optimum menyebabkan film aspal tipis dan mudah retak. Sebaliknya, kelebihan aspal menyebabkan kegemukan (bleeding).
- Rongga dalam Campuran (VIM): Jika rongga udara (*Voids in Mix*) terlalu besar (akibat material kurang padat), air akan masuk ke dalam struktur dan merusak fondasi jalan.
- Dll.

#### 4. Faktor Kualitas Konstruksi (Pelaksanaan)

- a. Suhu Penghamparan Rendah: Jika aspal digelar saat sudah dingin (di bawah suhu syarat), aspal tidak akan menyatu sempurna saat digilas, mengakibatkan jalan cepat berlubang.
- b. Pemadatan Kurang Maksimal: Jumlah lintasan alat berat (*roller*) yang kurang menyebabkan masih banyak rongga udara. Air akan masuk ke rongga ini dan merusak ikatan aspal (stabilitas turun).
- c. Ketebalan Lapisan Tidak Seragam: Lapisan yang lebih tipis dari rencana akan menjadi titik lemah yang pertama kali mengalami retak kulit buaya.
- d. Persiapan Tanah Dasar (Subgrade): Jika tanah di bawah jalan tidak dipadatkan dengan benar atau masih basah saat ditutup aspal, jalan akan mengalami deformasi permanen (bergelombang/amblas).

#### 5. Kurangnya Pemeliharaan

Jalan yang tidak mendapatkan pemeliharaan rutin (seperti pembersihan drainase atau penambalan lubang kecil) akan mengalami kerusakan yang menjalar dengan cepat menjadi kerusakan struktural yang berat. Berikut adalah rincian mengapa kurangnya pemeliharaan menjadi penyebab utama kerusakan jalan:

- a. Efek Bola Salju (Kerusakan Kecil ke Besar)
  - Lubang Kecil yang Dibiarkan: Retak rambut atau lubang kecil yang tidak segera ditambal (*patching*) akan kemasukan air.
  - Oksidasi Aspal: Tanpa pemeliharaan berkala (seperti *fog seal* atau *slurry seal*), aspal akan menua dan menjadi getas akibat sinar matahari, sehingga mudah retak.

b. Hilangnya Kekesatan permukaan Jalan

Tanpa pemantauan, permukaan jalan yang mulai licin (*polished aggregate*) tidak akan terdeteksi, yang meningkatkan risiko kecelakaan meskipun jalan terlihat baik.

c. Penurunan Nilai Kondisi (Pavement Deterioration)

Secara teknis, jalan memiliki siklus hidup. Jika pemeliharaan rutin (pembersihan saluran, pemotongan rumput) dan pemeliharaan berkala (pelapisan ulang/ *overlay*) terlambat dilakukan, biaya perbaikan akan membengkak hingga 4-10 kali lipat karena jalan harus direkonstruksi ulang.

#### 2.4.2 Jenis Kerusakan pada Perkerasan Jalan Lentur

Berdasarkan pedoman teknis dari Direktorat Jenderal Bina Marga (baik dalam Manual Pemeliharaan Jalan No. 03/MN/B/1983 maupun Manual Survei Kondisi Jalan No. 001-01/M/BM/2011), jenis-jenis kerusakan pada perkerasan lentur (aspal) secara garis besar dikelompokkan menjadi empat kategori utama, yaitu:

1. Retak (*Cracking*)

Retak pada aspal dikelompokkan berdasarkan pola, arah, dan penyebab teknisnya. Berikut jenis-jenis retak yang umum terjadi menurut standar teknis perkerasan jalan.

a. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Jenis kerusakan struktural pada aspal yang ditandai dengan serangkaian retakan saling terhubung membentuk pola poligonal kecil menyerupai sisik kulit buaya. Proses Terbentuknya dimulai dari retak rambut halus sejajar arah jalan di jalur roda, retakan berkembang menjadi banyak dan mulai saling terhubung dan lama-kelamaan, aspal pecah menjadi kepingan-kepingan kecil yang dapat lepas (disintegrasi) dan akhirnya membentuk lubang. Adapun penyebab utama dari retak kulit buaya yaitu:

- **Beban Lalu Lintas Berlebihan (*Overloading*):** Jalan menerima beban kendaraan yang jauh lebih berat dari pada kapasitas desainnya.
- **Lemahnya lapisan Fondasi:** saat pembangunan jalan, Lapisan bawah (*base*) atau tanah dasar (*subgrade*) tidak dipadatkan dengan maksimal.
- **Drainase Buruk:** Air tidak dialirkan dengan baik sehingga meresap dan terjebak di lapisan bawah akan melunakkan tanah dasar dan lapisan pondasi.

- **Lapisan Aspal yang Terlalu Tipis**

Jika ketebalan lapisan aspal tidak sesuai dengan volume kendaraan berat yang melintas, aspal akan lebih cepat mengalami regangan tarik di bagian bawahnya, yang kemudian merambat ke atas menjadi retak kulit buaya.

- **Penuaan dan Oksidasi Aspal**

Seiring berjalannya waktu, aspal kehilangan sifat elastisnya dan menjadi getas (kaku).



Gambar 2.5 Kerusakan retak kulit buaya (*Alligator Cracking*)

Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crocodile\\_cracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Crocodile_cracking)

b. Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Adalah retakan memanjang yang terjadi sejajar dengan jalur lalu lintas, biasanya terletak dalam jarak 0,3 hingga 0.6 meter (1–2 kaki) dari tepi luar perkerasan jalan. Berikut adalah faktor-faktor utamanya:

- **Kurangnya Dukungan Samping (Lateral Support):** Bahu jalan yang tidak stabil, lebih rendah dari permukaan jalan (*drop-off*).
- **Drainase yang Buruk:** Air yang menggenang di pinggir jalan meresap ke bawah perkerasan, sehingga melunakkan tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan pondasi di area tepi.

- **Beban Kendaraan di Tepi Jalan:** Kendaraan berat (truk/bus) yang melintas terlalu dekat dengan pinggir aspal memberikan tekanan yang tidak mampu ditahan oleh struktur tepi yang biasanya lebih lemah dibanding bagian tengah.
- **Penyusutan Material (*Settlement*):** Terjadinya penurunan tanah di bawah bahu jalan akibat perubahan kadar air yang ekstrem atau pemadatan yang tidak sempurna pada pekerjaan konstruksi.
- dll.



Gambar 2.6 Kerusakan retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Sumber : <https://awsimages.detik.net.id/>

c. Retak Memanjang & Melintang (*Longitudinal & Transverse Cracking*)

kerusakan pada permukaan jalan berupa retakan tunggal atau rangkaian garis yang arahnya sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu jalan. Berikut adalah rincian penyebabnya:

- **Sambungan Lajur yang Buruk (*Poor Joint Construction*):** Penyebab paling umum terjadi ketika sambungan antara dua jalur penghamparan aspal (*cold joint*) tidak terikat dengan sempurna.
- **Penurunan Tanah Dasar (*Settlement*):** Adanya pergerakan atau penurunan pada timbunan tanah di bawah lapisan aspal, sering terjadi di area pelebaran jalan, dll.



Gambar 2.7 Kerusakan Retak Memanjang & Melintang (*Longitudinal & Transverse Cracking*)

Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pavement\\_cracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Pavement_cracking)

d. Retak Refleksi (*Reflection Cracking*)

Kondisi dimana pola retakan dari lapisan jalan yang lama muncul kembali pada lapisan tambahan (*overlay*) yang baru dibangun di atasnya. Meskipun bentuknya sama dengan retak Memanjang & Melintang, namun retak disebut refleksi hanya jika ia terjadi di atas lapisan tambahan (*overlay*) dan posisinya tepat mengikuti retakan/sambungan pada lapisan di bawahnya.



Gambar 2.8 Kerusakan retak refleksi (*Reflection Cracking*)

Sumber:

[http://www.pavementinteractive.org/wpcontent/uploads/2006/10/11\\_09A.jpg](http://www.pavementinteractive.org/wpcontent/uploads/2006/10/11_09A.jpg)

e. Retak Meluncur (*Slippage Cracks*)

Jenis kerusakan aspal yang ditandai dengan retakan berbentuk bulan sabit (*crescent-shaped*) atau melengkung menyerupai busur. Kerusakan ini terjadi karena adanya pergeseran antara lapisan aspal permukaan dengan lapisan di bawahnya yang disebabkan oleh:

- **Kurangnya Perekat (*Tack Coat*):** Ikatan antar lapisan aspal yang sangat lemah.
- **Kondisi Permukaan Kotor:** Adanya debu, minyak, atau air pada lapisan bawah sebelum aspal dihamparkan.



Gambar 2.9 Retak Selip (*Slippage Cracks*)

Sumber: <https://blacklidge.com/asphalt-slippage-causes-prevention/>

2. Distorsi/ Perubahan bentuk (*deformation*)

Kerusakan yang ditandai dengan perubahan profil permukaan jalan dari bentuk aslinya. Berbeda dengan retak yang memutus permukaan, distorsi cenderung ke arah pergeseran atau penurunan massa aspal.

a. Alur (*Rutting*)

Penurunan permukaan aspal yang membentuk jalur atau parit memanjang tepat di lintasan roda kendaraan. Kerusakan ini sangat terlihat setelah hujan karena alur ini akan tergenang air. Penyebab utamanya adalah:

- **Beban Berlebih (*Overloading*):** Kendaraan berat yang melintas berulang kali pada jalur yang sama.

- campuran Aspal tidak stabil: Kadar aspal terlalu tinggi atau penggunaan agregat bulat (tidak memiliki bidang pecah) yang menyebabkan aspal tidak mengikat agregat dengan maksimal sehingga mudah bergeser.
- pemadatan kurang sempurna: Lapisan pondasi atau tanah dasar yang belum padat maksimal saat pengerjaan konstruksi, sehingga memadat sendiri di bawah beban lalu lintas.
- dll



Gambar 2.10 Kerusakan Alur (*Rutting*)

Sumber: <https://keselamatanjalan.wordpress.com/2017/12/26/jenis-kerusakan-jalan-lentur/>

#### b. Keriting (*Corrugation*)

Jenis kerusakan distorsi pada jalan aspal yang ditandai dengan munculnya gelombang-gelombang melintang yang arahnya tegak lurus dengan arah lalu lintas dan berurutan secara rapat di permukaan jalan. Adapun beberapa penyebab kerusakan ini adalah sebagai berikut:

- **Campuran Aspal Tidak Stabil:** kandungan aspal terlalu tinggi atau penggunaan agregat halus (pasir) yang melebihi batas desain campuran, sehingga aspal menjadi terlalu lunak dan mudah bergeser.
- **Kurangnya Lapis Perekat (*Tack Coat*):** Ikatan yang lemah antara lapisan permukaan aspal dengan lapisan di bawahnya, menyebabkan lapisan atas "tergelincir" dan menumpuk membentuk gelombang.

- **Agregat Bulat:** Penggunaan batu yang bulat (tidak memiliki bidang pecah) membuat material tidak saling mengunci (*interlock*).



Gambar 2.11 Kerusakan Keriting (*Corrugation*)

Sumber: <https://keselamatanjalan.wordpress.com/2017/12/26/jenis-kerusakan-jalan-lentur/>

#### c. Sungkur (*Shoving*)

Jenis kerusakan distorsi pada jalan aspal yang ditandai dengan pergeseran atau penumpukan massa aspal secara horizontal hingga membentuk gundukan atau jendulan di permukaan jalan. Kerusakan ini sering terjadi bersamaan dengan Keriting (*Corrugation*), namun *shoving* biasanya membentuk gundukan yang lebih besar dan terlokalisasi, penyebab utamanya adalah:

- Stabilitas Campuran Rendah: Campuran aspal terlalu lunak karena kadar aspal yang berlebih atau terlalu banyak menggunakan agregat halus/pasir.
- Gaya Horizontal yang Besar: Dorongan roda kendaraan saat mengerem atau mulai berjalan yang "menarik" lapisan permukaan aspal.
- Lapis Perekat (*Tack Coat*) Kurang: Ikatan antara lapisan aspal atas dengan lapisan di bawahnya lemah, sehingga lapisan atas mudah tergelincir saat menerima beban.
- Kandungan Agregat Halus Berlebih: Terlalu banyak pasir atau abu batu bulat yang tidak bersudut tajam membuat stabilitas campuran menurun drastis.
- pemadatan yang kurang sempurna, proses penggilasan aspal saat konstruksi tidak mencapai kepadatan optimal (minimal 98%).



Gambar 2.12 Kerusakan Sungkur (*Shoving*)

Sumber: <https://keselamatanjalan.wordpress.com/2017/12/26/jenis-kerusakan-jalan-lentur/>

d. Amblas (*Depression*)

Jenis kerusakan distorsi pada jalan aspal yang ditandai dengan adanya area permukaan perkerasan yang memiliki elevasi (ketinggian) lebih rendah daripada area di sekitarnya berbentuk cekungan atau "mangkuk" yang luasnya bervariasi. Berbeda dengan alur (*rutting*), amblas tidak selalu mengikuti jalur roda kendaraan dan bisa terjadi di area mana pun pada badan jalan penyebab utamanya adalah sebagai berikut:

- **Penurunan Tanah Dasar (*Settlement*):** Terjadinya pemadatan lanjutan atau pergeseran pada lapisan tanah dasar di bawah jalan.
- **Kesalahan Konstruksi:** Pemadatan yang tidak merata atau kurang sempurna pada saat pembangunan lapisan pondasi (*base*) atau sub-pondasi.
- **Drainase yang kurang baik:** Air yang merembes ke dalam tanah dasar akibat sistem drainase yang buruk akan melunakkan struktur tanah. Saat menerima beban kendaraan, tanah yang lunak ini akan bergeser atau turun, sehingga lapisan aspal di atasnya ikut menurun.
- **Konsolidasi Material:** Material lapisan bawah yang perlahan memadat akibat beban lalu lintas yang terus-menerus.
- **Pemadatan tanah dasar kurang maksimal:** proses pemadatan tanah dasar saat pelaksanaan konstruksi tidak mencapai tingkat kepadatan kering maksimum (MDD), sehingga tanah akan mengalami penurunan konsolidasi seiring berjalannya waktu.



Gambar 2.13 Kerusakan Amblas (*Depression*)

Sumber: <https://keselamatanjalan.wordpress.com/2017/12/26/jenis-kerusakan-jalan-lentur/>

e. Jembul (*Swell*)

Merupakan jenis kerusakan berupa gerakan ke atas atau tonjolan lokal pada permukaan jalan yang menyebabkan ketidakrataan elevasi, kerusakan ini berbentuk benjolan atau bukit kecil yang muncul di permukaan jalan, namun kerusakan ini bukan disebabkan oleh beban atau gaya gesek ban di permukaan jalan. Adapun hal penyebabnya adalah sebagai berikut:

- **Tanah Dasar Ekspansif:** Adanya jenis tanah lempung (*clay*) di bawah jalan yang memiliki sifat kembang-susut tinggi. Saat kadar air meningkat (musim hujan), tanah ini menyerap air dan volumenya mengembang secara signifikan, sehingga mendorong lapisan aspal di atasnya ke atas.
- **Kadar Air Tinggi:** Drainase yang buruk menyebabkan air terjebak di bawah perkerasan, memicu pengembangan material tanah, dll.



Gambar 2.14 Kerusakan Jembul (*Swell*)

Sumber: *Indiana 2024 IDEA*

f. Cacat Permukaan (*Surface Defects*)

Merupakan kerusakan yang terjadi pada lapisan paling atas jalan yang dapat mengganggu kenyamanan (*riding quality*) dan keamanan berkendara. Kerusakan pada tekstur permukaan aspal terdiri dari:

i. Lubang (*Patholes*)

Adalah kerusakan berbentuk mangkuk dengan kedalaman dan ukuran bervariasi yang terjadi akibat disintegrasi lapisan perkerasan. Kerusakan ini dianggap sebagai salah satu bentuk cacat permukaan yang paling berbahaya karena dapat merusak kendaraan dan menyebabkan kecelakaan.

- **Drainase Buruk:** Jika sistem drainase tidak berfungsi, air akan menggenang dan meresap ke dalam retakan kecil. Air ini kemudian melemahkan ikatan antara aspal dan batuan (agregat), serta melunakkan lapisan tanah dasar (*subgrade*) di bawahnya.
- **Beban Lalu Lintas Berlebih (*Overloading*):** Kendaraan yang melampaui kapasitas beban rencana jalan akan memberikan tekanan besar pada titik-titik yang sudah lemah akibat air. Tekanan ini menyebabkan lapisan aspal yang sudah rapuh pecah dan terlepas dari posisinya dan membentuk lubang.
- **Kualitas Material:** Beberapa kesalahan saat pembangunan dapat memicu lubang lebih cepat, antara lain: Kadar aspal rendah, Suhu pada saat penghamparan aspal tidak tepat, Agregat kotor (bercampur dengan lumpur atau debu).



Gambar 2.15 Kerusakan Lubang (*Patholes*)  
Sumber: <https://meonuk.com/blogs/news/how-do-potholes-form>

g. Pelepasan Butir (*Ravelling*)

Jenis kerusakan permukaan pada jalan aspal yang ditandai dengan lepasnya butiran agregat (batu) dari matriks pengikat aspal secara progresif. Kerusakan ini biasanya dimulai dari terlepasnya partikel halus terlebih dahulu, yang kemudian diikuti oleh partikel yang lebih besar. Penyebab utamanya adalah:

- **Oksidasi Aspal:** Aspal yang sudah tua menjadi keras dan getas (kehilangan daya rekat), sehingga tidak mampu lagi mengikat butiran batu dengan kuat.
- **Kadar Aspal Rendah:** Kurangnya jumlah aspal dalam campuran saat konstruksi sehingga film aspal yang menyelimuti agregat terlalu tipis.
- **Agregat Kotor atau Basah:** Adanya debu atau lumpur pada batu saat pencampuran menghalangi aspal mengikat secara sempurna.
- **Dll.**



Gambar 2.16 Kerusakan Pelepasan Butir (*Ravelling*)

Sumber: <https://www.pavement.com.au/news/ravelling-causes-consequences-and-cures>

h. Pengelupasan (*Stripping*)

Bentuk kerusakan jalan yang terjadi akibat terputusnya ikatan antara material pengikat (aspal) dengan permukaan agregat (batu). Adapun beberapa penyebabnya adalah sebagai berikut:

- **pengaruh Air dan Kelembaban:** Sistem pembuangan air (drainase) yang tidak berfungsi dengan baik menyebabkan air tergenang lama di permukaan atau di bawah lapisan aspal. Air yang tergenang akan menyusup ke dalam retakan atau pori-pori perkerasan akan melemahkan ikatan kimia antara aspal dan batu.

- **Kualitas Material yang Kurang Baik:** Agregat yang kotor, berdebu, atau bersifat *hidrofilik* (suka air) membuat aspal sulit melekat dengan kuat. Selain itu, jika aspal dalam campuran terlalu sedikit maka film aspal yang menyelimuti batu menjadi terlalu tipis dan mudah terkelupas.
- **Dll.**



Gambar 2.17 Kerusakan Pengelupasan (*Stripping*)  
 Sumber: [www.istockphoto.com](http://www.istockphoto.com)

i. **Tonjolan dan Lengkungan (*Bumps and Sags*)**

Adalah jenis kerusakan perkerasan jalan aspal berupa perubahan ketinggian permukaan yang terjadi secara lokal, mendadak, dan tidak beraturan. Berbeda dengan "keriting" yang berupa gelombang melintang yang rapi dan berurutan (seperti papan cuci) dan disebabkan oleh campuran aspal dan material yang kurang baik. Adapun beberapa penyebabnya adalah:

- **Pertumbuhan Akar Pohon:** Akar pohon besar di pinggir jalan yang tumbuh hingga ke bawah perkerasan dapat mendesak lapisan aspal ke atas, menciptakan tonjolan (*bumps*).
- **Pemadatan yang Tidak Merata:** Jika saat konstruksi lapisan pondasi (*base*) atau tanah dasar tidak dipadatkan secara seragam, maka menyebabkan adanya konsolidasi atau penurunan lokal pada lapis pondasi (*base*) atau tanah dasar (*subgrade*) yang tidak merata, area yang menurun akan membentuk lengkungan (*sags*) sementara area sekitarnya terlihat menonjol (*Bumps*).
- **Dll.**



Gambar 2.18 Tonjolan dan Lengkungan (*Bumps and Sags*)  
Sumber: <https://keselamatanjalan.wordpress.com/2017/12/26/jenis-kerusakan-jalan-lentur/>

j. Tambalan (*Patching*)

Merupakan area perkerasan yang telah diperbaiki dengan material baru untuk menutupi kerusakan sebelumnya (seperti lubang atau retak berat). Meskipun merupakan hasil perbaikan, namun permukaan jalan hasil tambalan tetap dikategorikan sebagai sebagai kerusakan dikarenakan beberap hal sebagai berikut:

- **Ketidakrataan (*Roughness*):** Tambalan jarang memiliki elevasi yang benar-benar rata dengan aspal asli, sehingga mengurangi kenyamanan berkendara (*rideability*).
- **Diskoneksi Struktur:** Sambungan antara material tambalan dan aspal lama adalah titik lemah yang mudah disusupi air.
- **Indikator Kegagalan:** Keberadaan tambalan menunjukkan bahwa struktur di bawahnya sudah pernah mengalami kelelahan atau kerusakan.
- **Dll.**



Gambar 2.19 Tambalan (*Patching*)  
Sumber: <https://tekniksipil.id/apa-itu-patching-aspal/>

### 3. Kerusakan Lainnya

#### a. Kegemukan (*Bleeding*)

Kerusakan jalan di mana aspal naik ke permukaan, menciptakan lapisan licin, mengkilap, dan lengket akibat kelebihan aspal atau kekurangan rongga udara. Kondisi ini berbahaya karena mengurangi cengkeraman ban, berisiko kecelakaan saat cuaca panas dan sering menyebabkan jejak roda tertetak pada permukaan. Berikut adalah faktor-faktor penyebab terjadinya bleeding:

- **Kadar Aspal Berlebih:** Penggunaan aspal yang melebihi batas optimum dalam formula campuran kerja (*Job Mix Formula*), sehingga agregat terselimuti terlalu tebal.
- **Rongga Udara Rendah:** Kandungan rongga udara (*voids in mix*) dalam campuran yang terlalu kecil sehingga aspal tidak memiliki ruang saat memuai dan akhirnya terdesak keluar ke permukaan.
- **Gradasi Agregat Tidak Tepat:** Proporsi ukuran butiran agregat yang tidak sesuai spesifikasi dapat mengurangi ruang antar-butir yang seharusnya diisi oleh udara, bukan aspal.
- **Dll.**



Gambar 2.20 Kerusakan Kegemukan (*Bleeding*)  
Sumber: <https://hotmixindo.com/pengertian-bleeding-pada-aspal/>

#### b. Pengausan (*Polishing*)

Adalah kondisi di mana butiran agregat (batu pecah) di permukaan jalan menjadi licin dan halus akibat terkikis oleh gesekan ban kendaraan secara terus-menerus. Berikut adalah penyebab-penyebab utamanya:

- **Gesekan Roda Kendaraan Secara Berulang:** Beban lalu lintas yang terus-menerus mengikis bagian runcing atau kasar pada permukaan agregat hingga menjadi rata dan mengkilap.
- **Kualitas Agregat yang Rendah:** Penggunaan material batu yang memiliki nilai abrasi tinggi (lunak) atau ketahanan aus yang rendah menurut standar pengujian seperti *Los Angeles Abrasion Test*.
- **Bentuk Agregat Tidak Ideal:** Agregat yang sejak awal berbentuk bulat atau tidak bersudut (*non-cubical*) lebih cepat mengalami polishing dibandingkan agregat pecah yang tajam.
- **Dll.**



Gambar 2.21 Pengausan (*Polishing*)  
 Sumber: <https://www.asphaltwa.com/polished-aggregate/>

#### 1.4 Pavement Condition Index (PCI)

Pavement Condition Index adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan yang dinyatakan dalam angka numerik berdasarkan tiga faktor utama kerusakan visual, yaitu: Jenis Kerusakan, Tingkat Keparahan dan Kuantitas/Kerapatan (*Density*). Metode ini dikembangkan untuk membantu pengelola jalan dalam menentukan prioritas pemeliharaan dan perbaikan berdasarkan data survei visual. Nilai PCI dihitung dalam proses iteratif, hasil analisis berupa nilai numerik antara 0 dan 100, dengan 100 mewakili kondisi terbaik dan 0 mewakili kondisi terburuk.

Menurut standar ASTM D6433, terdapat beberapa parameter utama yang digunakan untuk mengukur kerusakan permukaan jalan guna menentukan nilai *Pavement Condition Index* (PCI), yaitu:

1. Survei Kerusakan (*Field Inspection*)

- a. Tipe Kerusakan (*Distress Type*)

Menurut ASTM D6433/Shahin 1994, kerusakan jalan dikategorikan berdasarkan jenis perkerasan. Tipe kerusakan berfungsi sebagai indikator utama untuk menentukan penyebab penurunan kualitas jalan (apakah karena beban lalu lintas, faktor lingkungan, atau material). Setiap tipe kerusakan memiliki dampak berbeda terhadap struktur dan kenyamanan jalan. Berikut tipe kerusakan berdasarkan jenis perkerasan jalan:

- a) **Perkerasan Aspal (Lentur/AC)**

1. Retak kulit buaya (*Alligator Cracking*)
2. Retak pinggir (*Edge Cracking*)
3. Retak Memanjang & Melintang (*Longitudinal & Transverse Cracking*)
4. Retak Refleksi (*Joint Reflection Cracking*)
5. Retak Blok (*Block Cracking*)
6. Retak Meluncur (*Slippage Cracks*)
7. Alur (*Rutting*)
8. Keriting (*Corrugation*)
9. Sungkur (*Shoving*)
10. Amblas (*Depression*)
11. Lubang (*Potholes*)
12. Pelapukan dan Pelepasan Butir (*Weathering and Raveling*)
13. Kegemukan aspal (*Bleeding*)
14. Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)
15. Tonjolan dan Lengkungan (*Bumps and Slabs/Sags*)
16. Penggelembungan (Swell)
17. Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)
18. Penurunan Jalur/Bahu Jalan (*Lane/Shoulder Drop-off*)
19. Persilangan Jalan Kereta Api (*Railroad Crossing*)

b) **Perkerasan Kaku (*Portland Cement Concrete - PCC*)**

1. Retak (*Cracking*): Retak sudut (*corner break*), retak daya tahan (*durability "D" cracking*), retak memanjang /melintang/ diagonal (*linear cracking*), dan retak susut (*shrinkage cracking*).
2. Kerusakan Sambungan: Kerusakan pengisi sambungan (*joint seal damage*), gompal sambungan (*spalling joint*), dan gompal sudut (*spalling corner*).
3. Defek Permukaan: Peta retak (*map cracking*), pengausan agregat (*polished aggregate*), pengelupasan (*scaling*), dan *popouts* (pecahnya permukaan beton dalam potongan-potongan kecil yang meninggalkan lubang-lubang dangkal berbentuk kerucut).
4. Lainnya: *Blowup*, *faulting* (perbedaan tinggi panel), *pumping*, *punchout*, tambalan (*patching*), dan jalur kereta api, dll.

b. **Tingkat Kerusakan (*Severity Level*)**

Tingkat Kerusakan adalah skala penilaian dalam ASTM D6433 yang digunakan untuk mengukur sejauh mana kerusakan suatu perkerasan jalan telah berkembang dan dampaknya terhadap struktur jalan serta kenyamanan pengguna jalan. Berdasarkan standar ASTM D6433, tingkat kerusakan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

- a) *Low* (L) – Rendah: Kerusakan berada pada tahap awal dan belum memberikan dampak signifikan terhadap kenyamanan berkendara atau integritas struktur.
- b) *Medium* (M) – Sedang: Kerusakan mulai berkembang dan sudah terasa saat kendaraan melintas, namun belum dikategorikan berbahaya bagi keselamatan umum.
- c) *High* (H) – Tinggi: Kerusakan sudah parah, sangat memengaruhi kenyamanan, bahkan dapat membahayakan pengguna jalan.

Berikut adalah kriteria penilaian pada beberapa kerusakan:

Tabel 2.1 Tingkat kerusakan pada retak kulit buaya (*Alligator Cracking*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>   |
|--------------------------|---|
| L                        | Kerusakan ditandai dengan retak halus yang sejajar satu sama lain atau hanya sedikit berpotongan. Retakan belum pecah menjadi kepingan dan tidak ada material yang lepas, garis retak biasanya sangat tipis dan sulit dilihat tanpa pengamatan dekat. |
| M                        | Pola retakan sudah membentuk jaringan menyerupai kulit buaya atau pola kotak-kotak yang jelas. Retakan mungkin sedikit pecah di bagian tepinya, namun kepingan masih saling mengunci dengan kuat  |
| H                        | Jaringan retak sudah berkembang sepenuhnya dengan potongan-potongan yang terpisah atau dapat bergerak di bawah beban lalu lintas. Sering kali disertai dengan butiran material yang lepas atau lubang-lubang kecil                                    |

Tabel 2.2 Tingkat kerusakan pada Retak pinggir (*Edge Cracking*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>   |
|--------------------------|---|
| L                        | Retakan sejajar tepi jalan yang memiliki intensitas renggang hingga sedang. Sama sekali tidak ditemukan adanya pecahan aspal atau butiran agregat yang lepas ( <i>no raveling/weathering</i> ) di sepanjang area retakan. |
| M                        | Retakan tampak lebih jelas dan mulai mengalami perkembangan membentuk cabang ringan dan mulai terjadi pelepasan butiran material ( <i>raveling</i> ) atau pecah-pecah kecil di sepanjang garis retakan.                   |

- H Retakan sudah sangat lebar, ditemukan **banyak pecahan aspal atau butiran agregat yang terlepas secara luas** (*considerable breakup and raveling*) di sepanjang tepi perkerasan jalan di area tersebut.

Tabel 2.3 Tingkat kerusakan pada Alur (*Rutting*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>   |
|--------------------------|---|
| L                        | Kedalaman alur antara 6 mm sampai 13 mm (1/4 inci - 1/2 inci). Alur belum terlalu terlihat secara visual jika tidak diamati dari dekat, namun sudah mulai terasa saat berkendara.   |
| M                        | Kedalaman alur antara > 13 mm sampai 25 mm (1/2 inci - 1 inci). Alur terlihat jelas secara visual. Pada kondisi hujan, genangan air mulai terbentuk di lintasan roda yang dapat menyebabkan bahaya <i>hydroplaning</i> .                        |
| H                        | Kedalaman alur lebih dari 25 mm (> 1 inci). Alur sangat dalam dan sangat berbahaya bagi kendaraan, terutama saat berpindah jalur. Genangan air yang dalam sering terjadi dan struktur perkerasan biasanya sudah mengalami kelelahan yang parah. |

Tabel 2.4 Tingkat kerusakan pada Lubang (*Potholes*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>  |
|--------------------------|--|
| L                        | Lubang masih dangkal dan kecil (kedalamn 13 - 25 mm dan lebar 100 mm-450 mm). Kerusakan ini belum memberikan dampak guncangan yang besar pada kendaraan. |

|   |  |
|---|--|
| M | Kedalaman atau diameter lubang sudah cukup untuk menyebabkan guncangan yang terasa jelas (kedalaman >25 - 50 mm dan lebar 100mm – 450 mm). Pengemudi mulai harus waspada atau sedikit menghindar.    |
| H | Lubang sangat dalam atau lebar (kedalaman >50 mm dan lebar 200mm – 750 mm). Sangat berbahaya bagi ban dan suspensi kendaraan, serta memaksa pengemudi untuk berhenti atau menghindar secara drastic. |

Tabel 2.5 Tingkat kerusakan pada Pelapukan dan Pelepasan Butir (*Weathering and Raveling*)

| Tingkat Kerusakan | Keterangan   |
|-------------------|--|
| L                 | <p><i>Weathering</i>: Aspal mulai kehilangan kilau (oksidasi), permukaan terasa kasar saat diraba, namun agregat masih terikat sangat kuat.</p> <p><i>Raveling</i>: Sedikit sekali agregat halus yang lepas. Tidak ada lubang-lubang kecil yang terlihat jelas dan tidak mengganggu laju kendaraan.</p>  |
| M                 | <p><i>Weathering</i>: Aspal pengikat (binder) sudah hilang di antara butiran agregat. Permukaan terlihat sangat kasar dan berbatu.</p> <p><i>Raveling</i>: Agregat halus dan beberapa agregat kasar mulai lepas. Terlihat lubang-lubang kecil di permukaan dan ada butiran batu lepas (kerikil) yang berserakan di sekitar area tersebut.</p>  |
| H                 | <p><i>Weathering</i>: Pengikat aspal hampir hilang sepenuhnya. Agregat kasar sudah menonjol tajam dan sangat rentan lepas jika terkena beban kendaraan.</p> <p><i>Raveling</i>: Agregat kasar lepas secara masif, meninggalkan permukaan yang sangat berongga dan kasar. Area ini biasanya akan segera berkembang menjadi lubang (<i>potholes</i>) jika tidak segera diperbaiki.</p> |

Tabel 2.6 Tingkat kerusakan pada Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>   |
|--------------------------|---|
| -                        | <p>Berbeda dengan jenis kerusakan jalan lain (seperti lubang atau retak), pengausan agregat tidak memiliki tingkatan (No Severity Level).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanya ada satu kondisi: Tercatat atau Tidak Tercatat.</li> <li>• Kerusakan ini dicatat jika butiran agregat di permukaan jalan sudah menjadi sangat halus atau licin saat disentuh, sehingga gaya gesek (<i>skid resistance</i>) berkurang secara signifikan.</li> </ul> |

Tabel 2.7 Tingkat kerusakan pada Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cut Patching*)

| <b>Tingkat Kerusakan</b> | <b>Keterangan</b>   |
|--------------------------|---|
| L                        | Tambalan dalam kondisi sangat baik dan berfungsi dengan benar, permukaan tambalan rata dengan jalan di sekitarnya   |
| M                        | Tambalan mulai mengalami kerusakan ringan (misalnya ada retak halus atau sedikit gompal di tepiannya), permukaan tambalan sedikit tidak rata sehingga menyebabkan sedikit goyangan pada kendaraan.  |
| H                        | <p>Tambalan mengalami kerusakan parah, seperti retak kulit buaya, ambles yang dalam, atau gundukan yang mencolok, terdapat material yang lepas atau hancur di sekitar area tambalan.</p> <p>Permukaan sangat tidak rata sehingga menyebabkan hentakan keras pada kendaraan dan mengharuskan pengemudi mengurangi kecepatan.</p> |

## 2. Perhitungan Kerapatan (*Density*)

Dalam metode *Pavement Condition Index* (PCI), Kerapatan adalah nilai persentase yang menunjukkan seberapa luas atau seberapa banyak kerusakan yang terjadi dalam satu unit sampel jalan. Rumus perhitungannya dibedakan berdasarkan satuan jenis kerusakannya, yaitu:

### a. Kerusakan Berdasarkan Luas ( $m^2$ atau $ft^2$ )

Digunakan untuk jenis kerusakan seperti **Retak Kulit Buaya, Kegemukan (Bleeding), Lubang, Tambalan, dan Pengelupasan**. *Density* dihitung dengan membagi luas area yang rusak terhadap luas total unit sampel.

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

Dimana:

*Ad* (*Area of Distress*) : Total Luas dari suatu jenis kerusakan pada Tingkatkeparahan (*severity level*) yang sama ( $m^2$ ).

*As* (*Area of Sample Unit*) : Luas total satu unit sampel/ Segmen yang diperiksa ( $m^2$ ).

100 : Faktor pengali untuk mendapatkan nilai dalam bentuk persentase (%).

### b. Kerusakan Berdasarkan Panjang ( $m$ atau $ft$ )

Digunakan untuk jenis kerusakan seperti Retak Memanjang/Melintang dan Retak Pinggir. *Density* dihitung dengan membagi panjang area yang rusak terhadap luas total unit sampel.

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

Dimana:

- Ld (*Length of Distress*) : Total panjang dari suatu jenis kerusakan pada tingkat keparahan (*severity level*) yang sama dalam satu unit sampel/segmen ( $m^2$ ).
- As (*Area of Sample*) : Luas total satu unit sampel/ Segmen yang diperiksa ( $m^2$ ).
- 100 : Faktor pengali untuk mendapatkan nilai dalam bentuk persentase (%).

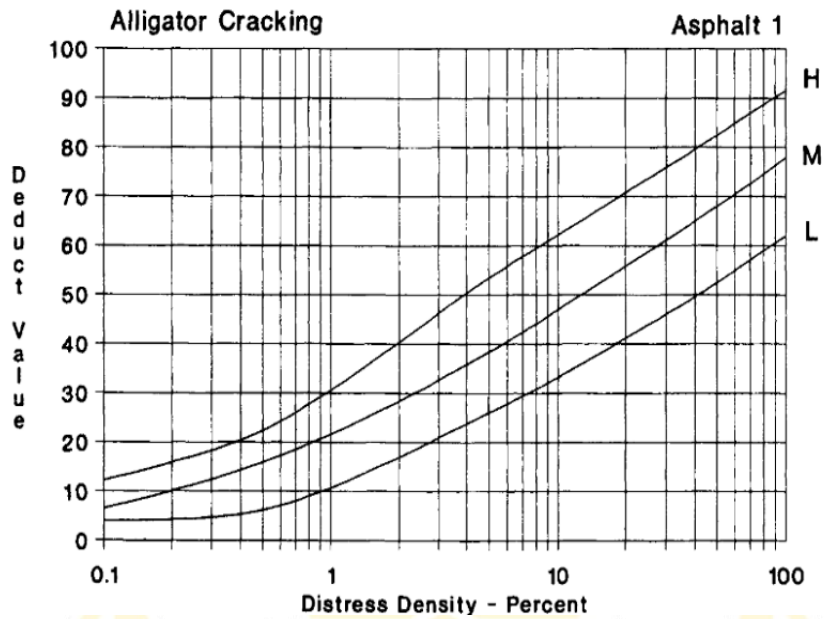
Ada beberapa ketentuan yang perlu di perhatikan pada saat menghitung Kerapatan (*Density*), yaitu:

- a) Pemisahan Severity: Jika dalam satu unit sampel terdapat kerusakan yang sama namun tingkat keparahannya berbeda (misal: Retak Buaya *Low* dan *Medium*), maka density harus dihitung secara terpisah untuk masing-masing level.
- b) Ukuran Unit Sampel: Shahin menetapkan standar luas unit sampel untuk perkerasan lentur adalah  $2500 \pm 1000$  kaki persegi atau setara dengan  $225 \pm 90 m^2$ .
- c) Input Grafik: Nilai *Density* (%) inilah yang kemudian diplot ke sumbu horizontal pada kurva Deduct Value untuk mendapatkan nilai pengurang skor kondisi jalan.

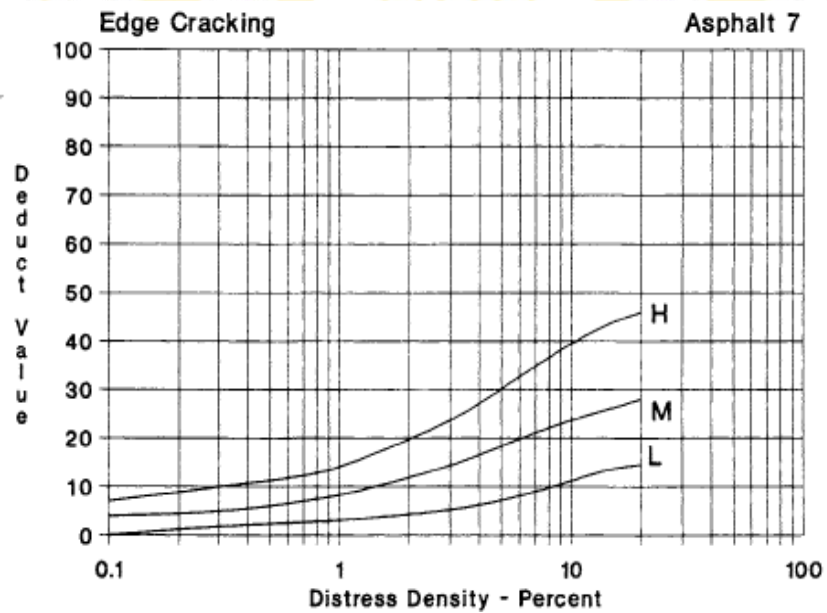
### 3. Menentukan Nilai Pengurang (*Deduct Value*)

Dalam metode PCI (ASTM D6433/Shahin,1994) Nilai Pengurang (*Deduct Value/DV*) adalah nilai pengurangan yang diperoleh dari kurva hubungan antara kerapatan (*Density*) dan tingkat keparahan (*Severity Level*). Nilai ini dibedakan berdasarkan tipe masing-masing kerusakan dan jenisnya. Setiap jenis kerusakan memiliki grafik kurva khusus yang disediakan dalam standar ASTM D6433. Namun, sebelum melihat grafik diperlukan tiga data utama dari hasil survei lapangan yaitu, Jenis Kerusakan, Tingkat Keparahan (*Severity Level*), kerapatan, dimana data-data tersebut akan diplot pada grafik *Deduct Value*.

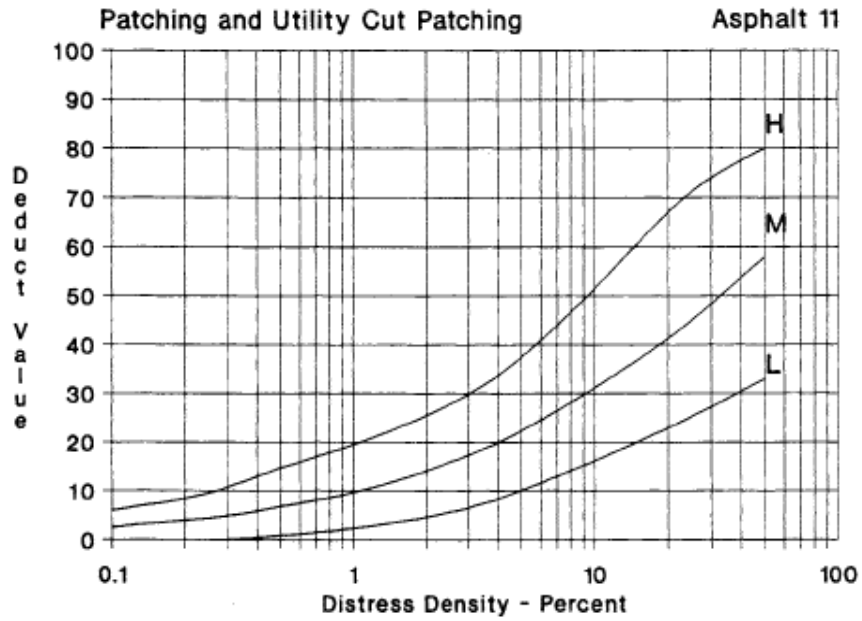
Berikut adalah beberapa grafik jenis kerusakan yang umum ditemukan pada perkerasan jalan dan digunakan untuk menentukan nilai pengurang:



Grafik 2.1 Deduct Value Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)  
*Sumber: M.Y. Shahin, 2005*

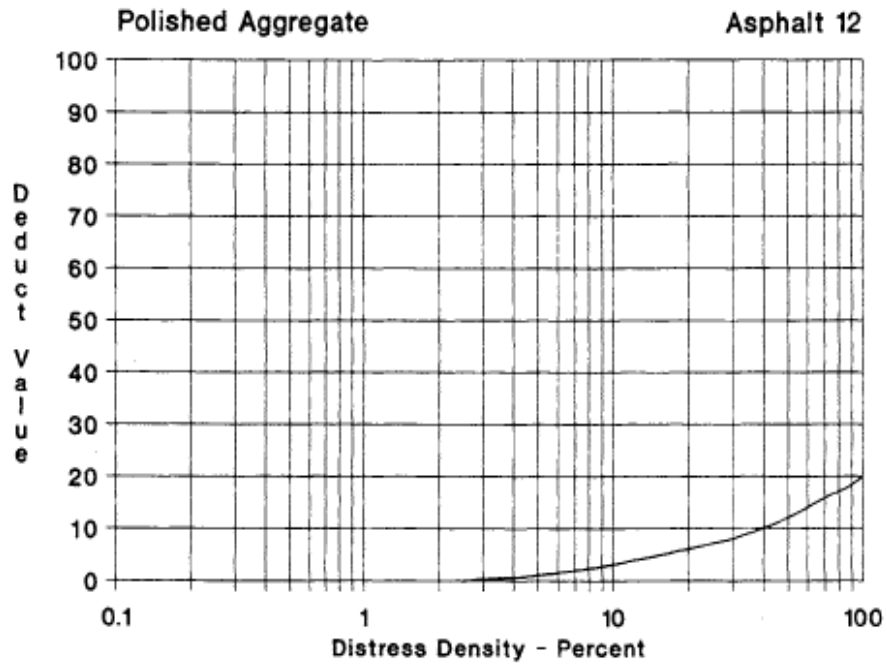


Grafik 2.2 Deduct Value Retak Pinggir (*Edge Cracking*)  
*Sumber: M.Y. Shahin, 2005*



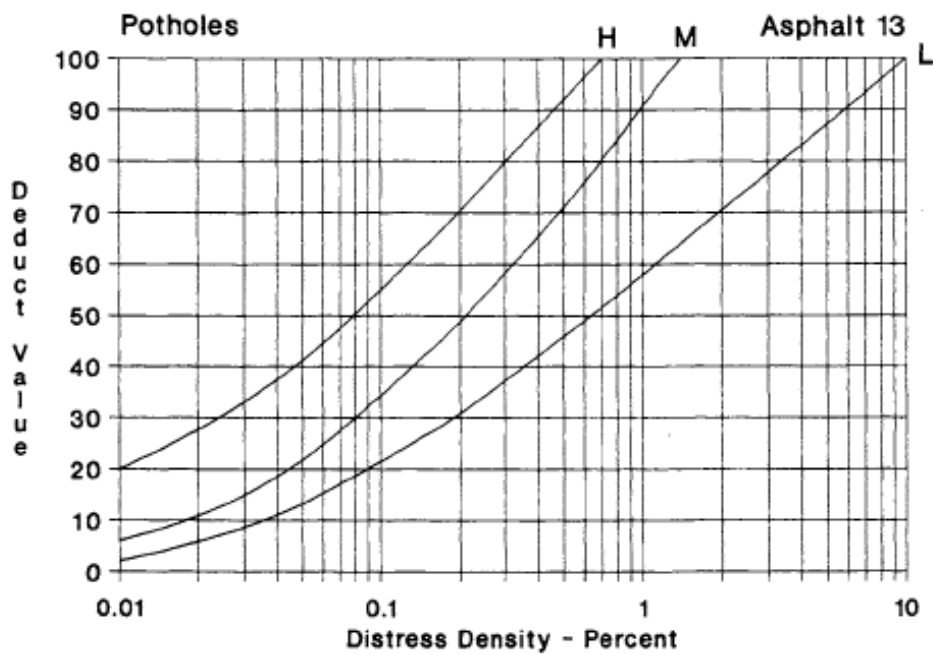
Grafik 2.3 Deduct Value Tambalan & Tambalan Galian Utilitas (*Patching & Utility Cut Patching*)

Sumber: M.Y. Shahin, 2005

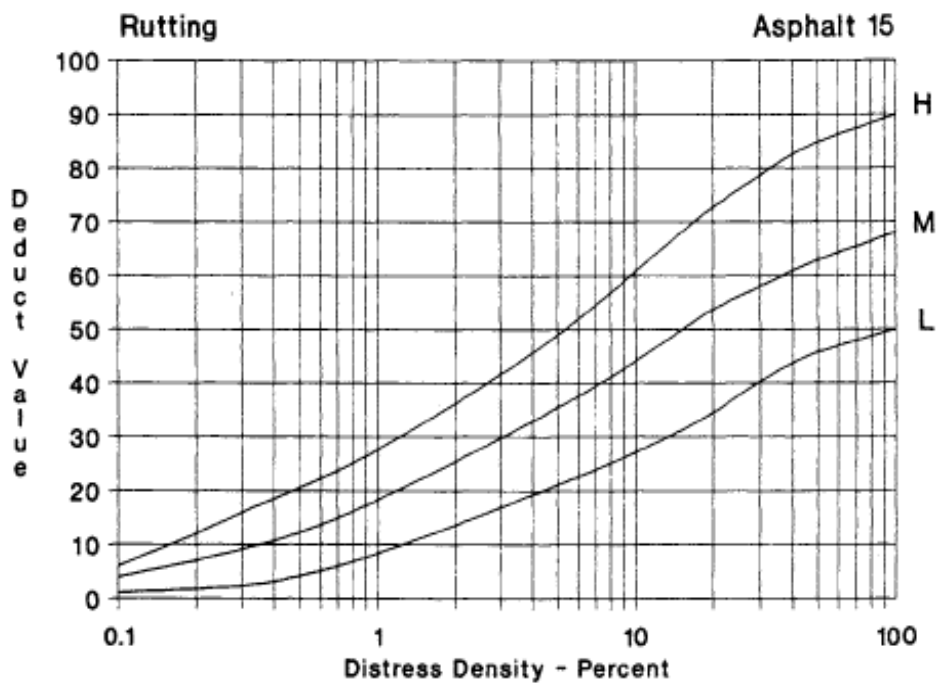


Grafik 2.4 Deduct Value Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

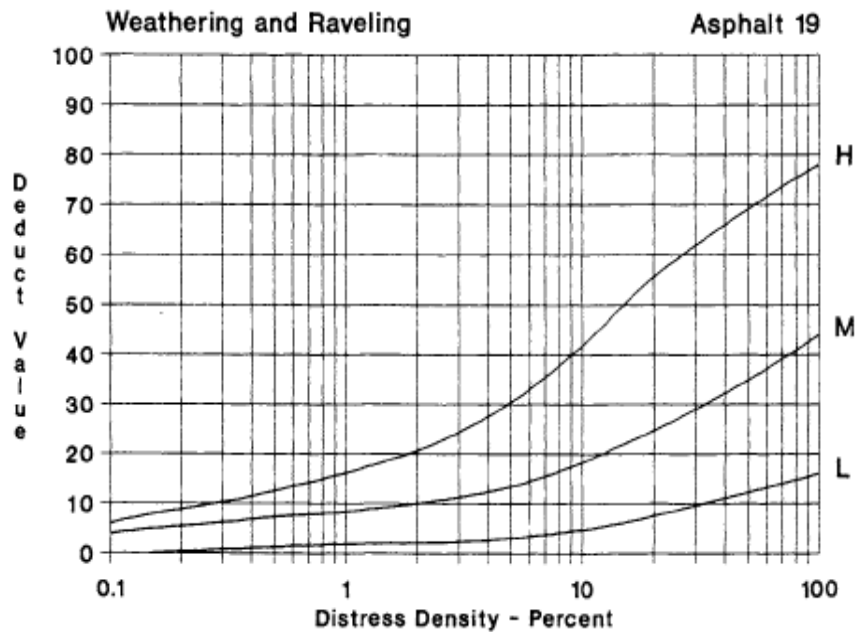
Sumber: M.Y. Shahin, 2005



Grafik 2.5 Deduct Value Lubang (*Potholes*)  
 Sumber: M.Y. Shahin, 2005



Grafik 2.6 Deduct Value Alur (*Rutting*)  
 Sumber: M.Y. Shahin, 2005



Grafik 2.7 Deduct Value Pelapukan dan Pelepasan Butir (*Weathering and Raveling*)  
 Sumber: M.Y. Shahin, 2005

#### 4. Total Deduct Value (TDV)

Total Deduct Value adalah nilai total dari semua individual nilai pengurang (*deduct value*) untuk setiap jenis dan tingkat keparahan kerusakan yang ditemukan dalam satu unit sampel perkerasan jalan. TDV merupakan dasar akumulasi seluruh kerusakan sebelum dikonversi menjadi nilai kondisi jalan yang valid, dengan menghitung nilai TDV maka akan dapat diperoleh nilai Correction Deduct Value (CDV) melalui kurva koreksi. Adapun rumus sistematis TDV adalah sebagai berikut:

$$TDV = \sum_{i=1}^n DV_i \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

TDV : Total Deduct Value (Total Nilai Pengurang).

$DV_i$  : Individual Deduct Value (Nilai pengurang untuk jenis dan tingkat kerusakan ke-i).

n : Jumlah total jenis/tingkat kerusakan pada unit sampel tersebut.

#### 5. *Corrected Deduct Value* (CDV)

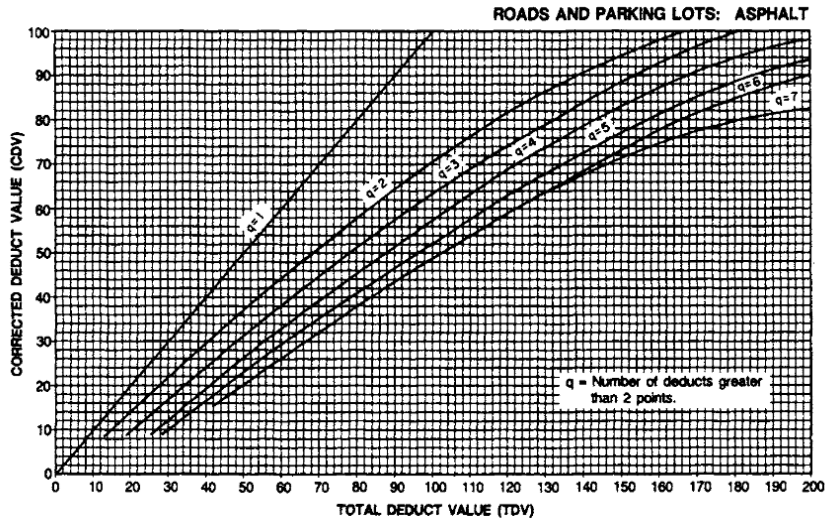
*Corrected Deduct Value* adalah nilai pengurang yang telah dikoreksi untuk mendapatkan skor akhir kondisi jalan dalam metode PCI. CDV diperoleh dengan memasukkan nilai *Total Deduct Value* (TDV) dan jumlah nilai pengurang yang signifikan (nilai  $q$ ) ke dalam Kurva Koreksi (*Correction Curves*) standar M.Y Shahin/ASTM.

Nilai  $q$  adalah jumlah individu Nilai Pengurang (*Deduct Value* atau DV) yang memiliki nilai lebih besar dari 2,0 ( $DV_i \geq 2,0$ ). Jika suatu kerusakan memiliki ( $DV_i \leq 2,0$ ) kerusakan tersebut tetap dimasukkan dalam penjumlahan TDV, tetapi tidak dihitung dalam nilai  $q$ .

Menurut M.Y. Shahin dalam perhitungan PCI, perlu ditentukan nilai CDV Maksimum melalui proses iterasi (pengulangan) karena tanpa adanya nilai CDV Maksimum, maka nilai kondisi jalan (PCI) yang Anda peroleh bisa menjadi tidak akurat, karena CDV Maksimum adalah nilai yang mewakili tingkat kerusakan yang paling kritis pada ruas jalan tersebut. CDV Maksimum diperoleh dengan langkah sebagai berikut:

- Mengumpulkan dan mengurutkan (paling besar ke yang paling kecil) nilai pengurang (*Deduct Value*/DV) dari setiap jenis kerusakan yang ditemukan.
- Hitung ada berapa banyak nilai kerusakan yang angkanya lebih besar dari 2,0. Jumlah inilah yang disebut sebagai nilai  $q$ .
- Menghitung Total Pengurang (TDV): Jumlahkan seluruh nilai kerusakan tersebut untuk mendapatkan Total Deduct Value (TDV).
- Mencari Nilai Koreksi (CDV): Masukkan angka TDV dan jumlah  $q$  ke dalam kurva koreksi standar (Grafik 5.1). Titik temu keduanya akan menghasilkan nilai CDV pertama.
- Melakukan Iterasi (Pengulangan): Jika nilai  $q$  lebih dari satu, ubah nilai kerusakan yang paling kecil (yang masih di atas 2,0) menjadi angka 2,0. Hitung kembali TDV yang baru dan cari nilai CDV yang baru dengan jumlah  $q$  yang sudah berkurang satu melalui Kurva koreksi standar (Grafik 3.1). Ulangi langkah pengurangan tersebut terus-menerus sampai nilai  $q$  menjadi 1.

Setelah semua tahap pengulangan selesai, bandingkan seluruh hasil CDV yang didapat dari setiap tahap. Nilai yang paling tinggi di antara semuanya itulah yang ditetapkan sebagai CDV Maksimum. Nilai CDV Maksimum inilah yang nantinya digunakan sebagai angka final untuk dikurangkan dari 100 guna mendapatkan skor akhir PCI.



Grafik 2.8 Hubungan Nilai *Corrected Deduct Value* (CDV) dan *Total Deduct Value* (TDV)  
 Sumber: M.Y. Shahin, 2005

6. Indeks Kondisi Perkerasan (*Pavement Condition Index/PCI*)

Setelah diperoleh nilai **CDV Maksimum** ( $CDV_{maks}$ ) untuk setiap unit sampel, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai PCI unit tersebut dengan rumus berikut:

$$PCI_i = 100 - CDV_{maks} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

$PCI_i$  : Nilai PCI untuk setiap unit sampel

$CDV_{maks}$ : Nilai  $CDV_{maks}$  untuk setiap sampel

Menurut Shahin, satu unit sampel tidak bisa mewakili kondisi keseluruhan jalan yang panjangnya bisa mencapai berkilo-kilometer. Oleh karena itu, diperlukan nilai

indeks kondisi perkerasan jalan rata-rata ( $PCI_f$ ) untuk menentukan Status kesehatan seluruh ruas jalan tersebut. Dan Keputusan Manajerial (Apakah ruas tersebut secara keseluruhan butuh pemeliharaan rutin, rehabilitasi, atau rekonstruksi). nilai indeks kondisi perkerasan jalan **rata-rata ( $PCI_f$ )** dapat ditentukan melalui rumus di bawah ini:

$$PCI_f = \frac{\sum_{i=1}^n PCI_i}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

$PCI_f$  : Nilai kondisi perkerasan rata-rata untuk seluruh ruas jalan

$PCI_i$  : Nilai PCI untuk setiap unit sampel individu ( $i= 1,2,3,..n$ )

N : Jumlah total unit sampel yang diperiksa/disurvei pada ruas tersebut.

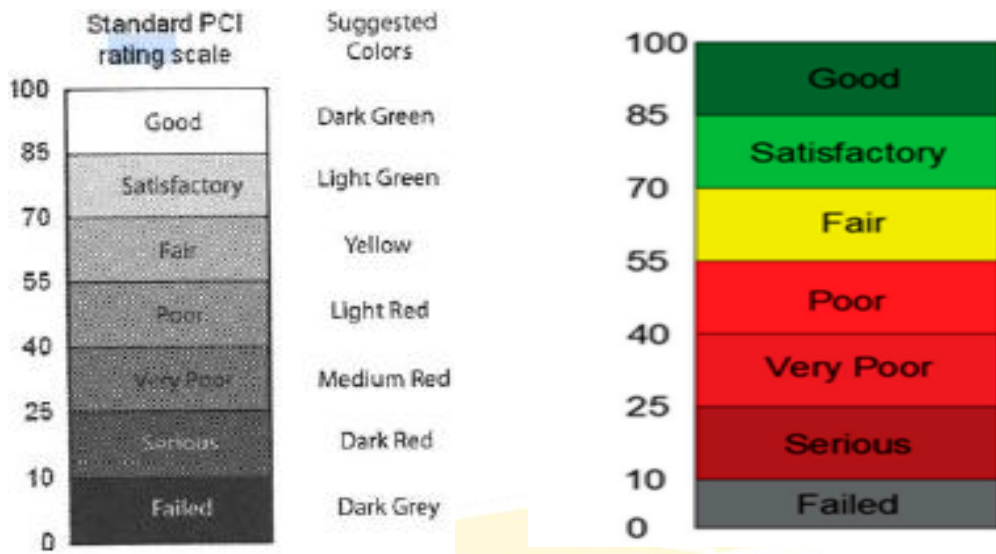
#### 7. Klasifikasi Kondisi Perkerasan

Setelah memperoleh nilai PCI pada ruas jalan yang telah di teliti maka akan diketahui klasifikasi kualitas perkerasan ruas jalan yang diteliti, langkah ini dilakukan dengan mencocokkan nilai **PCI (0–100)** hasil perhitungan ke dalam 7 kategori kondisi menurut M.Y Shahin sebagai berikut:

Tabel 2.8 Kategori Kondisi Perkerasan Jalan

| <b>Nilai PCI</b> | <b>Klasifikasi Kondisi (Klasifikasi)</b> |
|------------------|--|
| <b>86 – 100</b>  | <b>Sempurna (Excellent)</b>              |
| <b>71 – 85</b>   | <b>Sangat Baik (Very Good)</b>           |
| <b>56 – 70</b>   | <b>Baik (Good)</b>                       |
| <b>41 – 55</b>   | <b>Sedang (Fair)</b>                     |
| <b>26 – 40</b>   | <b>Buruk (Poor)</b>                      |
| <b>11 – 25</b>   | <b>Sangat Buruk (Very Poor)</b>          |
| <b>0 – 10</b>    | <b>Gagal (Failed)</b>                    |

*Sumber : Shahin, 1994*



Gambar 2.22 Diagram Nilai PCI  
 Sumber : Shahin, 1994

