

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Transportasi

Sistem transportasi terdiri dari dua definisi yang disatukan dua definisi tersebut yaitu sistem dan transportasi. Sistem sendiri merupakan suatu bentuk keterikatan dan keterkaitan yaitu antara satu variabel dengan variabel lain di dalam tatanan yang terstruktur, sedangkan transportasi sendiri adalah suatu usaha untuk mengalihkan, mengerjakan, mengangkut atau memindahkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain.

Menurut Kamaluddin, (2003: 17-18), Secara umum dalam penggolongan moda transportasi darat berdasarkan pada empat unsur transportasi berikut ini, yaitu:

1. Jalan
2. Alat Angkutan
3. Tenaga Penggerak
4. Tempat Pemberhentian

Dalam transportasi jalan raya, alat transportasi yang biasa digunakan berupa manusia, binatang, sepeda, sepeda motor, becak, bus, truk, dan kendaraan bermotor lainnya. Sedangkan jenis konstruksi jalan yang dipakai berupa jalan setapak, jalan tanah, jalan kerikil dan jalan aspal. Tenaga penggerak yang digunakan adalah tenaga manusia, tenaga binatang, tenaga kendaraan bermesin (sepeda motor, mobil, bus, truck, dan lainnya).

2.2. Jaringan Transportasi Jalan

2.2.1. Sistem jaringan transportasi jalan

Menurut Manheim (1979:hal.43) bahwa sistem transportasi dalam suatu kawasan tertentu mempunyai hubungan yang sangat erat dengan sistem aktivitas sosial ekonomi manusia.

Sistem transportasi terdiri atas angkutan muatan/barang dan manajemen yang mengelola angkutan tersebut (Salim, 1993:hal.6). Menurut Miro (2004:hal.13), sistem transportasi akan berubah dari waktu ke waktu berkembang sejalan dengan perkembangan dan perubahan aktivitas sosial ekonomi manusia. Perubahan pada sistem aktivitas sosial ekonomi manusia akan menuntut perubahan sistem transportasi. Perubahan dan perkembangan dari kedua sistem ini (sistem transportasi dan sistem sosial ekonomi manusia) harus berjalan seimbang untuk menghindari masalah-masalah mobilitas manusia antara lain kemacetan, keselamatan, kenyamanan dan sebagainya.

Selanjutnya menurut Jinca, dkk (2002: hal.XVII:3), beberapa komponen yang terkait dengan sistem transportasi secara makro yang dapat dipecahkan menjadi beberapa sistem transportasi yang lebih mikro dan masing-masing terkait serta mempengaruhi, meliputi:

1. Sistem kebutuhan akan transportasi,
2. Sistem prasarana transportasi,
3. Sistem rekayasa dan manajemen lalu lintas,
4. Sistem kelembagaan.

Sistem jaringan transportasi adalah tatanan sistem jaringan yang terdiri atas dua hal, yaitu jaringan prasarana transportasi dan jaringan pelayanan transportasi yang meliputi media darat, perairan dan udara (Sistranas, 2005: hal.17).

2.2.2. Jaringan prasarana

Jaringan prasarana transportasi adalah serangkaian simpul transportasi yang dihubungkan oleh ruang lalu lintas sehingga membentuk satu kesatuan. Jaringan prasarana transportasi jalan terdiri dari simpul yang berwujud terminal penumpang dan terminal barang, dan ruang lalu lintas (Sistranas, 2005: hal.20).

Sistem prasarana transportasi harus selalu dapat digunakan dimanapun dan kapanpun, karena jika tidak, kita akan kehilangan manfaatnya (mubazir). Oleh karena itu, sangatlah penting untuk dapat mengetahui secara akurat besarnya kebutuhan akan transportasi di masa mendatang sehingga kita dapat menghemat

sumber daya dengan mengatur dan mengelola sistem prasarana transportasi yang dibutuhkan (Tamin, 2000: hal.25).

Sistem prasarana transportasi pada dasarnya mempunyai dua peran utama, yaitu:

1. Sebagai alat bantu untuk mengarahkan pembangunan di daerah perkotaan.
2. Sebagai prasarana bagi pergerakan manusia dan/atau barang yang timbul akibat adanya kegiatan di daerah perkotaan tersebut.

Fungsi utama Sebagai alat bantu untuk mengarahkan pembangunan di daerah perkotaan biasanya digunakan oleh para perencana pengembang wilayah untuk dapat meningkatkan dan mengembangkan wilayahnya sesuai dengan perencanaan.

2.2.3. Hierarki dan klasifikasi jaringan jalan

Dalam penataan jaringan jalan, agar tersusun sistem jaringan yang baik, maka harus dipertimbangkan tata jenjang (hierarki) jaringan. Tata jenjang jaringan jalan akan mengarahkan pada susunan sistem pelayanan jasa angkutan yang kemudian menjadi sistem sirkulasi lalu lintas di jalan (Warpani, 2002, hal.83).

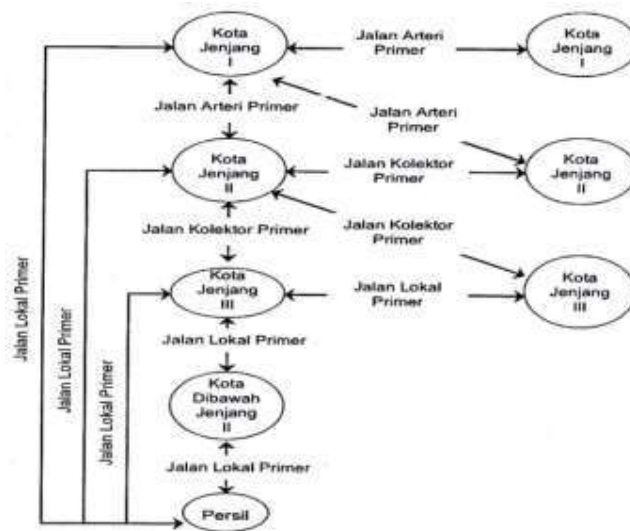
Dalam UU RI No.38 Tahun 2004 tentang Jalan, jalan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. Klasifikasi jalan berdasarkan sistem

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari:

1. Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan dengan peranan sebagai prasarana distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan meliputi kawasan perkotaan yang mempunyai jangkauan pelayanan nasional, wilayah dan lokal. Sistem jaringan primer menghubungkan secara menerus kota jenjang ke satu, kota jenjang kedua, kota jenjang ketiga, dan kota jenjang dibawahnya sampai

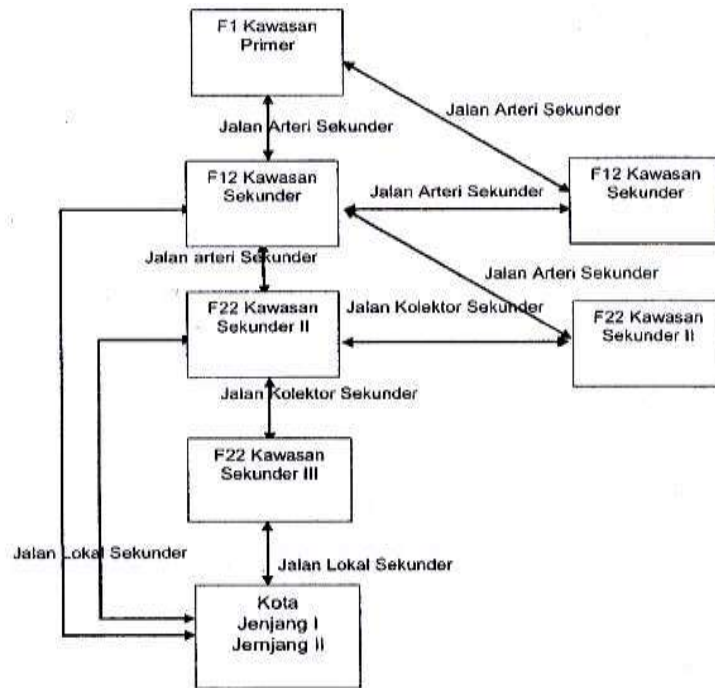
ke persil dalam suatu wilayah pengembangan. Walaupun memasuki kota, jaringan jalan primer tidak terputus. Suatu ruas jalan primer juga dapat berakhir pada suatu kawasan primer. Kawasan primer ialah antara lain industri skala regional, terminal barang/ pergudangan, bandar udara, pasar induk, pelabuhan, pusat perdagangan skala regional/ grosir.



Gambar 2. 1 Sistem Jaringan Jalan Primer

(Sumber : Yamin dkk, 2007:unit III hal.2)

2. Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan peranan melayani distribusi barang dan jasa untuk masyarakat dalam kawasan perkotaan. Menurut UU No. 26 Tahun 2007, kawasan perkotaan adalah kawasan yang kegiatan utama bukan pertanian, dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan distribusi dan pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi.



Gambar 2. 2 Sistem Jaringan Jalan Sekunder

(Sumber : Yamin dkk,2007:unitIII Hal 3)

b. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsi

Berdasarkan sifat pergerakan lalu lintas dan angkutan jalan, maka fungsi jalan dibedakan atas jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan.

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
 - a) Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.
 - b) Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
 - a) Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah, antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.
 - b) Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - a) Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, juga antar pusat kegiatan lingkungan.
 - b) Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

b. Klasifikasi jalan berdasarkan kelas

Kelas jalan dikelompokkan berdasarkan penggunaan jalan, kelancaran lalu lintas angkutan jalan, dan spesifikasi penyediaan prasarana jalan, yang diatur sesuai dengan ketentuan atau peraturan perundang-undangan di bidang lalulintas angkutan jalan. Kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan

dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil.

1. Spesifikasi jalan bebas hambatan meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, dilengkapi pagar ruang milik jalan, median dan minimal dua lajur setiap arah serta lebar lajur minimal 3,5 meter.
2. Spesifikasi jalan raya adalah jalan umum untuk lalu lintas secara menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas, dilengkapi median, minimal dua lajur setiap arah, dan lebar lajur minimal 3,5 meter.
3. Spesifikasi jalan sedang adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, minimal dua lajur untuk dua arah dan lebar jalur minimal 7 meter.
4. Spesifikasi jalan kecil adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat yang memiliki minimal dua lajur untuk dua arah dengan lebar jalur minimal 5,5 meter.

Klasifikasi kelas jalan berkaitan dengan kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton yang berdasarkan penggunaan, kelancaran lalulintas dan angkutan jalan sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah No.43 tahun 1993 tentang prasarana dan lalu lintas jalan.

Tabel 2. 1 Kelas Jalan Menurut Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

Kelas Jalan	Jaringan Jalan	Ukuran Kendaraan (mm)		Muatan Sumbu Terberat
		Panjang	Lebar	
I	Arteri	18.000	2.500	>10 ton
II		18.000	2.500	10 ton
III A		18.000	2.500	8 ton
III A	Kolektor	18.000	2.500	8 ton
III B		12.000	2.500	8 ton
III C	Lokal	9.000	2.100	8 ton

(Sumber: Kristiantoro 2005)

Perubahan kelas jalan berdasarkan spesifikasi prasarana jalan dilakukan oleh penyelenggara jalan sesuai kewenangannya berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.

c. Klasifikasi jalan berdasarkan status

Status jalan adalah merupakan pembatasan kewenangan antara tingkatan pemerintahan terhadap pengelolaan jaringan jalan baik dari segi pembiayaannya maupun pelaksanaannya. Status jalan tersebut tertuang dalam Undang-Undang No. 38/2004 dan Peraturan Pemerintah No. 36/2006 tentang jalan yang dikelompokkan menurut statusnya .

Tabel 2. 2 Status Jalan & Kewenangan Pengelolaannya

Status jalan	Kewenangan	Keterangan
Jalan Nasional	Pemerintah	Jalan arteri atau jalan kolektor dalam system jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
Jalan Propinsi	Pemerintah Propinsi	Jalan kolektor dalam system jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota propinsi dan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/Kota dan jalan strategis propinsi.
Jalan Kabupaten/ Kota	Pemerintah Kabupaten dan Kota	Jalan umum dalam system jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayan dengan persil, menghubungkan antar persil serta menghubungkan antar pusat permukiman yang berada dalam kota.
Jalan Desa	Pemerintah Kabupaten	Jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di desa, serta jalan lingkungan.

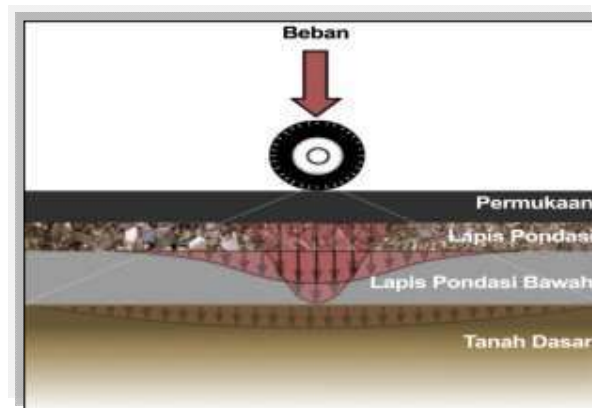
(Sumber: UU No 38 Tahun 2004 dan No 34 Tahun 2006)

2.3. Konstruksi Perkerasan Jalan

Wignall dkk (1999;hal.77) menyatakan bahwa tujuan utama dalam pembuatan struktur perkerasan jalan ialah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda kendaraan sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut, oleh karena itu lapis perkerasan jalan yang merupakan lapis utama pendistribusian beban harus menggunakan material yang sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan.

A NKaro. (2000;hal.11) memaparkan tentang fungsi utama dari struktur perkerasan jalan adalah untuk menyediakan suatu bidang kontak yang sesuai dengan pergerakan lalu lintas dengan rtujuan untuk mengurangi tekanan yang akan diterima oleh lapisan tanah dasar.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan tersusun di atas tanah dasar. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan kemudian menyebarkannya ke lapisan berikut dibawahnya.



Gambar 2. 3 Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan

(Sumber: DPU, 2005)

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas:

1. Gaya horizontal berupa; gaya geser dan gaya rem kendaraan
2. Muatan kendaraan berupa gaya vertikal
3. Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Secara umum, konstruksi perkerasan jalan harus cukup kuat terhadap tiga tinjauan kekuatan yaitu : kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya, permukaan jalan harus tahan terhadap keausan akibat dari gesekan ban, jalan harus tahan terhadap cuaca dan temperatur dimana jalan itu berada. Bila persyaratan tersebut tidak dipenuhi maka:

1. Perkerasan jalan secara perlahan akan mengalami deformasi akibat beban lalu lintas dan ini merupakan awal dari kerusakan konstruksi perkerasan.
2. Permukaan jalan akan mengalami kerusakan yang diawali dengan munculnya lubang kecil yang akhirnya akan menjadi besar dan dalam.
3. Akan berakibat melelehnya lapis permukaan atau akan terjadi oksidasi dalam waktu yang relatif singkat, yang selanjutnya akan terjadi kerusakan secara bertahap.

Konstruksi perkerasan jalan direncanakan berdasarkan beban lalu lintas, kekuatan tanah dasar, penggunaan material, dan factor lingkungan (cuaca). Konstruksi perkerasan jalan pada umumnya menggunakan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Pada struktur perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*Surface Course*), lapisan pondasi atas (*Base Course*), lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*), dan lapisan tanah dasar (*Subgrade*).

2.3.1 Lapisan Permukaan (*Surface course*)

Sukirman (1999;hal.9) Pada Konstruksi perkerasan jalan, lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan (umur rencana) dan juga sebagai lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut. Selain itu juga berfungsi sebagai lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan

yang lama. Lapis permukaan dibedakan menjadi dua jenis yaitu lapisan permukaan yang bersifat struktural dan lapisan yang bersifat non struktural.

2.3.2 Lapisan Permukaan Bersifat Struktural

Lapisan permukaan struktural berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda seperti:

1. Penetrasi Macadam (Lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan bervariasi antara 4-10 cm.
2. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3-5 cm.
3. Laston (Lapisan aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.3.3 Lapisan Permukaan Non Struktural

Lapis permukaan non struktural berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Lapis permukaan seperti ini biasanya digunakan untuk pemeliharaan jalan dengan jenis konstruksi sebagai berikut:

1. Burtu (Laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
2. Burda (Laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berturutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.

3. Latasir (Lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1- 2 cm.
4. Buras (laburan aspal), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum $3/8$ inch.
5. Latasbum (Lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
6. Lataston (Lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *hot roll sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5 – 3 cm.

2.3.4 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Saodang (2005;hal.42) Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Sebagai lapisan struktur perkerasan maka lapisan ini mempunyai fungsi antara lain:

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
2. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas yang tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material CBR>50% dan indeks plastisitas (PI) <4%. Bahan-bahan alam seperti batu pecah kerikil pecah, stabilisasi tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Jenis lapis pondasi atas yang umumnya digunakan di Indonesia antara lain:

1. Agregat bergradasi baik dapat dibagi atas, batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas C. Batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, batu pecah kelas B lebih kasar dari pada batu pecah kelas C.
2. Pondasi macadam dan pondasi telford
3. Pondasi macadam (*lapen*)
4. Aspal beton pondasi (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*).
5. Stabilisasi yang terdiri dari:
 - 1) Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
 - 2) Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
 - 3) Stabilisasi agregat dengan aspal (*AsphaltbTreated Base*)

2.3.5 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

JICA (2006;hal.10). Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan pada sistem perkerasan yang terletak di bawah lapis pondasi atas dan di atas tanah dasar yang berfungsi menyebarkan tegangan dari lapisan di atasnya kepada lapisan tanah dasar atau struktur perkerasan jalan yang berada antara tanah dasar dengan lapisan pondasi atas, yang bermanfaat untuk :

1. Menyebarkan tegangan akibat beban kendaraan ke lapisan dibawahnya.
2. Mencegah intrusi tanah dasar yang sifatnya kohesif ke dalam struktur perkerasan.
3. Menjaga keseimbangan kadar air dari pengaruh cuaca dan merupakan lapis peresapan, agar air tanah tidak terkumpul di lapisan pondasi.
4. Mengurangi tebal lapisan diatasnya yang lebih mahal.

Sebagai lapisan pertama sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat besar dengan kata lain sebagai landasan kerja pada saat pembangunan sehingga lapisan pondasi bawah harus cukup kuat atau dengan nilai **CBR 30%- 70%** dan Plastisitas Indeks (**PI**) **≤10%**.

2.3.6 Lapis Tanah Dasar (*SubGrade*)

JICA, (2006;hal.11). Tanah dasar adalah tanah asli atau tanah timbunan dimana di atasnya diletakkan struktur perkerasan jalan. Tanah dasar mempunyai peranan yang penting bagi konstruksi perkerasan jalan, oleh sebab itu tanah dasar harus dibentuk dan dipadatkan dengan baik.

Kekuatan tanah dasar adalah faktor utama dalam menentukan ketebalan dari perkerasan. Kekuatan tanah dasar atau sering diistilahkan sebagai daya dukung tanah dapat dapat diperkirakan berdasarkan klasifikasi tanah dari tanah dasar tersebut atau dari hasil pemeriksaan *California Bearing Ratio* (CBR). Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Untuk tanah dasar tidak dibolehkan menggunakan tanah yang mempunyai plastisitas tinggi, ataupun tanah yang berupa ekspansif.

Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar antara lain sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan jenis tanah yang sangat berbeda dengan sifat dan kedudukan geologinya atau akibat pelaksanaan.
4. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, misalnya pada tanah berbutir yang tidak dipadatkan dengan baik.

2.4. Beban Lalu Lintas

2.4.1 Karakteristik Kendaraan

Mathew end Rao, (2007;hal.1). Karakteristik kendaraan merupakan faktor yang penting dalam perencanaan perkerasan jalan, sebab beban roda, beban

gerak, dan pengulangan beban berpengaruh terhadap perkerasan. Tekanan ban merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan karena merupakan bidang kontak antara kendaraan dan permukaan jalan.

Karakteristik fisik utama yang digunakan untuk mengklasifikasikan kendaraan adalah:

1. Dimensi: berupa lebar, panjang, dan tinggi serta radius putar dan tapak kendaraan
2. Berat: termasuk berat total, berat sumbu dan kapasitas muat
3. Unjuk kerja: termasuk jenis tenaga penggerak, karakteristik gaya dorong dan karakteristik gaya rem (percepatan dan perlambatan)

Menurut Hendarsin (2000;hal.64). Terdapat lima jenis kendaraan yang berpengaruh terhadap disain standar lalu lintas yaitu :

1. Kendaraan kecil/ringan adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2-3 m (mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up dan truk kecil.
2. Kendaraan sedang adalah kendaraan bermotor dengan dua gandar, yang jarak 3,5-5 (bus kecil, truk dua as dengan enam roda).
3. Kendaraan berat/besar:
 - 1) Bus besar: Bus dengan dua atau tiga gandar, dengan jarak as 5-6 meter.
 - 2) Truk besar: Truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) <3,5 meter
4. Sepeda motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda, meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda tiga.
5. Kendaraan tak bermotor yang digerakkan oleh orang atau hewan (becak, sepeda, kereta kuda, dan kereta dorong).

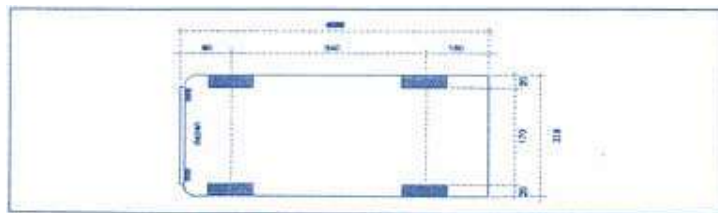
Highway Capacity Manual (1997;hal.258), Kendaraan rencana dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu:

1. Kendaraan ringan, adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan empat roda dengan jarak as 2–3 meter. Meliputi: Mobil penumpang, mikrobus, pick-up dan truk kecil.
2. Kendaraan berat, adalah kendaraan bermotor dengan tiga gandar dengan jarak as lebih dari 3,50 meter, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk).
3. Sepeda motor, adalah kendaraan bermotor beroda dua seperti seda motor.

Tabel 2. 3 Dimensi kendaraan rencana

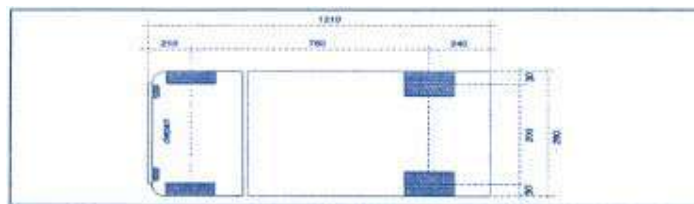
Kategori kendaraan rencana	Dimensi kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber: Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2. 4 Dimensi kendaraan kecil

(Sumber: Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2. 5 Dimensi kendaraan sedang

(Sumber: Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2. 6 Dimensi kendaraan besar

(Sumber: Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, No. 038/T/BM/1997)

Pengaturan dimensi dan berat muatan kendaraan meliputi (Adhikreasindo, 2007.hal.II-1):

1. Berat maksimum pada tiap sumbu kendaraan
2. Berat maksimum pada sekelompok sumbu sebuah kendaraan (contoh, empat sumbu terakhir dari semi-trailer) sebagai fungsi dari jarak antar kelompok sumbu dan jumlah sumbu (batasan ini biasanya disebut rumus jembatan dan dimaksudkan untuk melindungi jembatan dari efek-efek pembengkokan yang berlebihan akibat dari beban sumbu yang berat, terkelompok dan terkonsentrasi).
3. Berat maksimum dari seluruh kendaraan
4. Maksimum panjang, lebar, dan berat kendaraan

Secara umum fungsi utama dari pengaturan dimensi dan berat muatan kendaraan adalah berkaitan dengan biaya yang harus ditanggung oleh pengguna jalan. Biaya-biaya tersebut antara lain (Adhikreasindo, 2007.hal.II-1):

1. Biaya konstruksi dan rekonstruksi jalan: Kekuatan perkerasan, dan lebar lajur.
2. Biaya perawatan dan rehabilitasi jalan: Tingkat pemakaian perkerasan jalan, bahu jalan, tergantung pada konfigurasi dan berat kendaraan serta volume lalu lintas.
3. Biaya kemacetan: Kendaraan lebih besar pada umumnya mempunyai kemampuan manuver dan tingkat akselerasi yang lebih rendah, membutuhkan jarak yang lebih panjang untuk menyalip/disalip, dan mengkonsumsi ruang jalan lebih banyak.

4. Biaya kecelakaan: Kecelakaan yang melibatkan truk besar dan kendaraan penumpang secara rata-rata mempunyai dampak kerugian yang lebih besar bila dibandingkan kecelakaan antar kendaraan penumpang. Dimensi dan konfigurasi mempengaruhi pengendalian kendaraan, stabilitas kendaraan, dan interaksi-interaksi yang terjadi dalam lalu lintas. Pengaturan dimensi dan berat muatan kendaraan juga bisa dilihat sebagai salah satu mekanisme untuk mengontrol kompetisi angkutan barang antar truk (moda darat) dan moda-moda lainnya.

2.4.2 Beban Sumbu Kendaraan

Sukirman (1999;hal.96), Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam, bervariasi baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbu, daya, dan lain-lain. Oleh karena itu volume lalu lintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing-masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan. Pengelompokkan jenis kendaraan dapat dilakukan sebagai berikut : mobil penumpang, termasuk didalamnya semua kendaraan dengan berat total 2 ton, bus, truk 2 as, truk 3 as, truk 5 as, dan Semi trailer.

Tjan A, (2005;hal.1). Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda-roda kendaraan. Besarnya beban yang dilimpahkan tersebut tergantung dari berat total kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, serta kecepatan kendaraan. Dengan demikian efek dari masing-masing kendaraan terhadap kerusakan jalan yang ditimbulkan tidak sama. Oleh karena itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat diekivalensikan ke beban standar tersebut. Beban standar merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 8,16 ton

Sukirman (1999;hal.96). Semua kendaraan mempunyai beban sumbu yang berbeda, oleh sebab itu beban sumbu berbeda diekivalenkan ke beban sumbu standar dengan menggunakan angka ekivalen beban sumbu (E).

2.4.3 Arus Lalu Lintas

Berdasarkan jenis arus lalu lintas dibedakan menjadi arus tidak terganggu (*un-interuped flow*) yang ditentukan oleh interaksi kendaraan di jalan tol atau

jalan antar kota. Disamping itu dikenal juga arus terganggu (*interrupted flow*) yaitu kondisi arus lalu lintas yang ditentukan atau diatur dengan alat, misalnya lampu atau marka lalulintas.

Pengamatan lalu lintas selama periode kurang dari satu jam biasanya dinyatakan dalam bentuk ekivalen arus jaman. Misalnya bila diamati selama 15 menit terdapat 1000 mp maka akan didapatkan arus lalu lintas jaman sebesar

$$\frac{1000 \text{ smp}}{15/60 \text{ jam}} = 4000 \text{ smp/jam}$$

Fluktuasi arus lalu lintas dalam jangka pendek sangat penting untuk mengetahui kondisi operasional lalu lintas dengan rentang waktu pengamatan 15 menit maka dapat diketahui volume jam puncak pada rentang waktu yang sangat spesifik.

Hubungan antara volume jam- jaman (q_{60}) dengan maksimum arus dalam satu jam didefinisikan sebagai faktor jam puncak (FJP). FJP adalah pembagian antara volume jam puncak dengan arus maksimum.

$$FJP = \frac{V}{4xQ_{15}}$$

dengan :

FJP = Faktor jam puncak

V = Volume jam -jaman (smp/jam)

Q = Arus lalu lintas (smp/15 menit)

2.4.4 Kecepatan

Kecepatan adalah parameter mendasar yang kedua setelah volume lalu lintas atau arus lalu lintas, yang menggambarkan arus lalu lintas. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai tingkat gerakan didalam suatu jarak tertentu dalam satuan waktu (km/jam).

$$S = \frac{d}{t}$$

Dengan :

S = Kecepatan (km/jam)

d = Jarak perjalanan (Km)

t = Waktu perjalanan

Dalam suatu aliran lalu lintas yang bergerak, setiap kendaraan mempunyai kecepatan berbeda-beda. Sehingga aliran lalulintas tidak mempunyai sifat kecepatan yang tunggal akan tetapi dalam bentuk distribusi kecepatan kendaraan individual. Dari distribusi kecepatan kendaraan secara diskrit, suatu nilai rata-rata atau tipikal digunakan untuk mengidentifikasikan aliran lalu lintas secara menyeluruh.

Rata-rata kecepatan tengah dapat dihitung dengan dua cara yaitu berdasarkan waktu, dan berdasarkan ruang. Kecepatan tengah berdasarkan waktu (Time mean speed -TMS) didefinisikan sebagai rata-rata kecepatan semua kendaraan yang lewat pada suatu titik tertentu dalam beberapa periode waktu tertentu. sedangkan kecepatan tengah ruang (*Space Speed-SMS*) didefinisikan sebagai rata-rata kecepatan semua kendaraan yang berbeda dalam suatu ruas jalan selama beberapa periode pada waktu tertentu. Perumusan tentang TMS dan SMS sebagaimana ditunjuk pada rumus :

$$TSM = \Sigma (d/t_i) / n$$

$$SMS = d / \Sigma (t_i / n) = nd / \Sigma t_i$$

dengan :

TSM = Kecepatan tengah berdasarkan waktu (km/jam)

SMS = Kecepatan tengah berdasarkan ruang (km/jam)

D = Jarak perjalanan (km)

t_i = Waktu perjalanan (detik atau jam)

2.4.5 Kepadatan

Kepadatan (*density*) adalah kendaraan yang menempati suatu ruas jalan tertentu atau lajur yang biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan perkilometer atau smp perkilometer perlajur. Kepadatan sulit untuk mengukur secara langsung, biasanya diperlukan titik ketinggian yang cukup sehingga kendaraan dapat

diamati dalam suatu ruas tertentu. Namun demikian dapat dihitung dari kecepatan dan volume, yang mempunyai bentuk hubungan sebagai ditunjuk pada rumus :

$$F = S \times D$$

$$D = F / S$$

dengan :

F = Arus lalu lintas (smp/jam atau kendaraan / jam)

S = Kecepatan tengah berdasarkan ruang (km/jam)

D = Kepadatan (smp/km atau kendaraan / km)

Kepadatan lalu lintas adalah yang terpenting diantara ketiga parameter aliran lalu lintas tersebut , karena terkait dengan permintaan lalu lintas yang dibangkitkan dari berbagai tata guna lahan, bangkitan sejumlah kendaraan yang terdapat pada suatu segmen tertentu dari jalan raya.

2.4.6 Karakteristik Kerapatan

Kerapatan lalu lintas adalah karakteristik makroskopik fundamental dari arus lalu lintas. Kerapatan merupakan karakteristik penting yang dapat digunakan dalam menilai kinerja lalu lintas dari sudut pandang pengguna jalan dan pengelola jalan.

1. Teknik Pengukuran

Karakteristik kerapatan makroskopik termasuk kerapatan dan persen okupansi, teknik tersebut meliputi : foto grafi, pemecahan input output, perhitungan kecepatan arus, dan pengukuran okupansi.

2. Teknik fotografi

Teknik fotografi merupakan teknik pertama yang digunakan dan lambat laun digantikan dengan teknik perhitungan kecepatan arus dan pengukuran okupansi.

3. Teknik pencacahan input-ouput

Teknik perhitungan input output adalah pendekatan yang agak langsung dalam konsep dimana perhitungan awal dibuat dari jumlah kendaraan sepanjang jalan antara dua stasiun penghitung, dan over time jumlah kendaraan yang masuk potongan jalan secara menerus ditambahkan dan

jumlah kendaraan yang meninggalkan potongan jalan secara menerus dikurangkan dari perhitungan awal.

4. perhitungan kecepatan-arus

Perhitungan ini memerlukan dua detektor, count and speed, atau dua detektor yang diletakan berdekatan dengan software untuk menkonversikan elapsed travel time menjadi kecepatan.

5. pengukuran okupansi

Teknik ini memerlukan panjang kendaraan rata - rata dan memerlukan panjang daerah pengamatan.

$$V_i = \frac{L_v / L_D}{t_0}$$

t_0 = waktu okupansi masing-masing kendaraan (detik)

2.5. Kerusakan

1.1.1 Penyebab Kerusakan

JICA (2006;hal.7). Penurunan kondisi perkerasan pada jalan yang selesai dibangun akan mulai terjadi sejak dioperasikannya untuk lalu lintas sampai mencapai kondisi yang tidak mantap. Penurunan kemampuan pelayanan tersebut mengikuti suatu garis kecendrungan sampai tercapainya ‘masa pakai’ atau umur rencana jalan yang telah ditetapkan, agar penurunan kemampuan jalan sejauh mungkin mendekati garis kecenderungan sesuai dengan umur teknis yang direncanakan, maka dilakukan pemeliharaan jalan yang cukup memadai dan waktu yang tepat. Bentuk penurunan kondisi jalan yang akan terjadi dapat berupa retak, lubang, dan sebagainya.

A Nkaro (2000;hal.1). Kerusakan perkerasan jalan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu:

a. **Faktor lalu lintas**

Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan terutama disebabkan oleh lalu lintas ditentukan oleh beban kendaraan, distribusi beban kendaraan pada lebar perkerasan, pengulangan beban lalu lintas dan lain sebagainya.

b. Faktor Non Lalu Lintas

Selain faktor lalu lintas, faktor non lalu lintas juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan jalan. Faktor non lalu lintas tersebut adalah bahan perkerasan, pelaksanaan pekerjaan, dan lingkungan (cuaca). Terjadinya kerusakan akibat faktor non lalu lintas ini dapat disebabkan oleh kekuatan tanah dasar dan material perkerasan, pemadatan tanah dasar dan lapis perkerasan, faktor pengembangan dan penyusutan tanah dasar, kedalaman muka air tanah, curah hujan, dan variasi temperatur sepanjang jalan.

Oglesby, CH dan Gary Hicks (1982;hal.188). Struktur perkerasan jalan harus mendukung beban muatan pada permukaannya dan menyalurkan muatan tersebut melalui lapisan permukaan ke lapisan yang ada di bawahnya. Struktur perkerasan jalan dibuat dari material yang sifatnya sangat bervariasi, dan kadang-kadang banyak yang tidak diketahui. Pada struktur perkerasan jalan bekerja muatan roda kendaraan dengan setiap kali muatan yang lewat akan terjadi beberapa defleksi lapis permukaan dan lapis dibawahnya. Apabila muatan ini berlebihan atau lapisan-lapisan pendukung tersebut kehilangan kekuatannya, pengulangan beban menyebabkan terjadinya gelombang dan retakan yang pada akhirnya mengakibatkan kerusakan total pada lapis perkerasan atau yang biasa disebut kerusakan struktural.

Kerusakan struktural adalah kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan yang menyebabkan jalan tersebut tidak mampu lagi menahan beban yang bekerja diatasnya. Kerusakan tersebut dapat dikelompokkan atas empat modulus kejadian yaitu: Retak (*cracking*): menurut Kenny MP (2007;16) Jenis-jenis retak dapat dibedakan atas: Retak halus/meander,

Retak kulit buaya, perubahan bentuk (*deformation*), cacat permukaan (*surface defect*) dan cacat tepi perkerasan (*edge defect*). Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan yang terjadi akibat beban lalu lintas berupa perubahan bentuk (*deformation*). (Austroads, 1987 dalam JICA 2006;hal.8).

1.1.2 Jenis Kerusakan

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:

1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)



Gambar 2. 7 Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Retak dengan bentuk jaringan seperti 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. Adapun penyebab dari retak kulit buaya (*alligator cracking*) yaitu:

- Bahan perkerasan atau kualitas material yang kurang baik sehingga menyebabkan perkerasan lemah atau lapis beraspal yang rapuh (*brittle*).
- Tingginya air tanah pada badan perkerasan jalan.
- Lapis pondasi bawah kurang stabil.

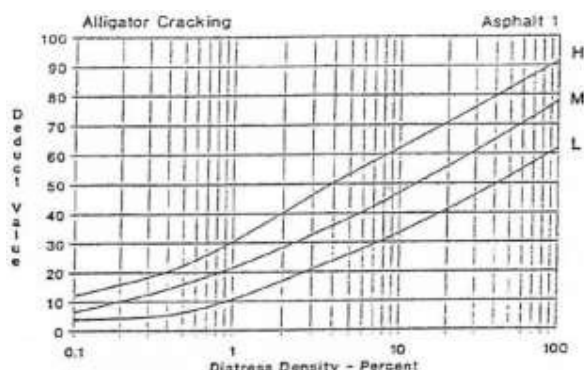
Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi kerusakan retak kulit buaya (*alligator cracking*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan. Identifikasi pada retak kulit buaya dapat dilihat pada Table 2.4.

Tabel 2. 4 Identifikasi Tingkat kerusakan Retak Kulit Buaya

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Retak yang membentuk garis halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain.

M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal ringan.
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan terjadi gompal dipinggir. Beberapa pecahan mengalami rocking akibat lalu lintas.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 8 Deduct value Retak Kulit Buaya

Sumber : ASTM internasional, 2007

2. Kegemukan (*Bleeding*)



Gambar 2. 9 Kegemukan (*Bleeding*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Bentuk fisik dari kerusakan ini dapat dikenali dengan terlihatnya lapisan tipis aspal (tanpa agregat) pada permukaan perkerasan. Adapun penyebab dari kegemukan (*bleeding*) yaitu:

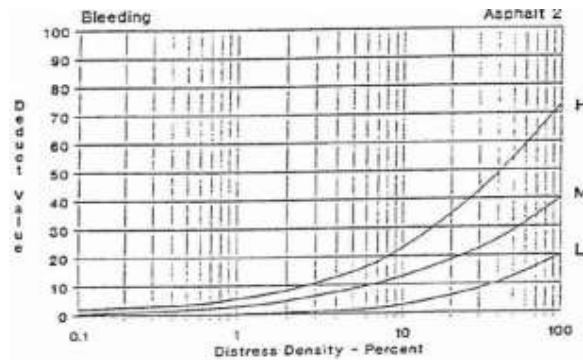
- a. Penggunaan aspal yang tidak merata atau berlebihan.
- b. Tidak menggunakan *binder* (aspal) yang sesuai.
- c. Akibat dari keluarnya aspal dari lapisan bawah yang mengalami kelebihan aspal.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi kegemukan (*bleeding*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pada kegemukan (*bleeding*) dapat dilihat pada Table 2.5.

**Tabel 2. 5 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kegemukan
(Bleeding/Flushing)**

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah, dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan
M	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun.
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu dan roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.

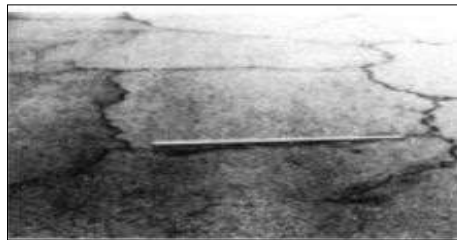
Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 10 Deduct Value Kegemukan

Sumber : ASTM internasional, 2007

3. Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)



Gambar 2. 11 Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Retak kotak-kotak ini berbentuk blok atau kotak pada perkerasan jalan. Retak ini umumnya terjadi pada lapisan tambahan (*overlay*), yang menggambarkan pola retakan perkerasan di bawahnya. Ukuran blok umumnya lebih dari 200 mm $\times$ 200 mm. Adapun penyebab dari retak kotak-kotak (*block cracking*) yaitu:

- Perambatan retak susut yang terjadi pada lapisan perkerasan di bawahnya.
- Retak pada lapis perkerasan yang lama tidak diperbaiki secara benar sebelum pekerjaan lapisan tambahan (*overlay*) dilakukan.
- Perbedaan penurunan dari timbunan atau pemotongan badan jalan dengan struktur perkerasan.

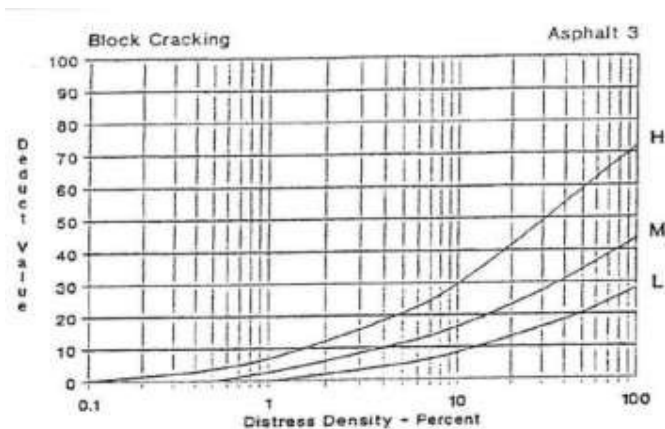
- d. Perubahan volume pada lapis pondasi dan tanah dasar.
- e. Adanya akar pohon atau utilitas lainnya di bawah lapis perkerasan.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi retak kotak-kotak (*block cracking*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi antara lain dapat dilihat pada Table 2.6 berikut ini.

Tabel 2. 6 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Retak Kotak-kotak

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Retak rambut yang membentuk kotak-kotak besar
M	Pengembngan lebih lanjut dari retak rambut
H	Retak sudah membentuk bagian-bagian kotak dengan celah besar

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 12 Deduct value Retak Kotak-Kotak

Sumber : ASTM internasional, 2007

4. Cekungan (*Bumps and Sags*)



Gambar 2. 13 Cekungan (Bumb and Sags)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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

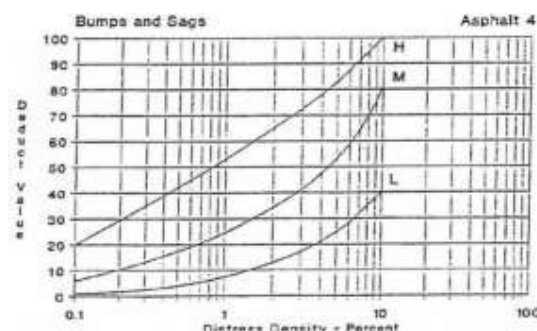
- Bendul atau tonjolan yang dibawah PCC slab pada lapisan AC.
- Lapisan aspal bergelombang (membentuk lapisan lensa cembung).
- Perkerasan yang menjumbul keatas pada material disertai retakan yang ditambah dengan beban lalu lintas (kadang-kadang disebut tenda).

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi cekungan (*bumps and sags*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pada cekungan (*bumps and sags*) dapat dilihat pada Table 2.7.

Tabel 2. 7 Identifikasi Tingkat Kerusakan Cekungan (Bumps and Sags)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Cekungan dengan lembah yang kecil.
M	Cekungan dengan lembah yang kecil yang disertai dengan retak.
H	Cekungan dengan lembah yang agak dalam disertai dengan retakandan celah yang agak lebar

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 14 Deduct Value Cekungan

Sumber : ASTM internasional, 2007

5. Keriting (*Corrugation*)



Gambar 2. 15 Keriting (*Corrugation*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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*. Kerusakan ini umumnya terjadi pada tempat berhentinya kendaraan, akibat pengereman kendaraan. Adapun penyebab dari keriting (*corrugation*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Stabilitas lapis permukaan yang rendah.
- b. Penggunaan material atau agregat yang tidak tepat, seperti digunakannya agregat yang berbentuk bulat licin.
- c. Terlalu banyak menggunakan agregat halus.
- d. Lapis pondasi yang memang sudah bergelombang.
- e. Lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair).

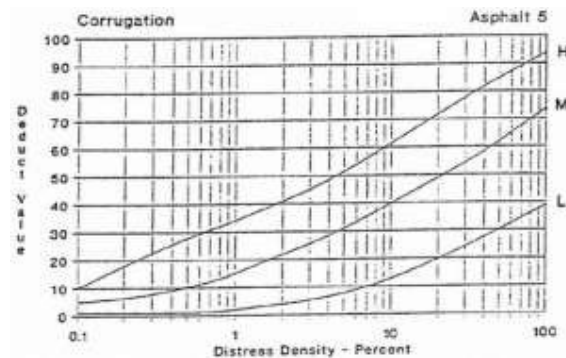
Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi keriting (*corrugation*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat

kerusakan berdasarkan indentifikasi keriting (*corrugation*) dapat dilihat pada Table 3.5

Tabel 2. 8 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Keriting (Corrugation)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Lembah dan bukit gelombang yang kecil.
M	Gelombang dengan lembah gelombang yang agak dalam
H	Cekungan dengan lembah yang agak dalam disertai dengan retakan dan celah yang agak lebar.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 16 Deduct Value Keriting

Sumber : ASTM internasional, 2007

6. Amblas (*Depression*)



Gambar 2. 17 Amblas (Depression)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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

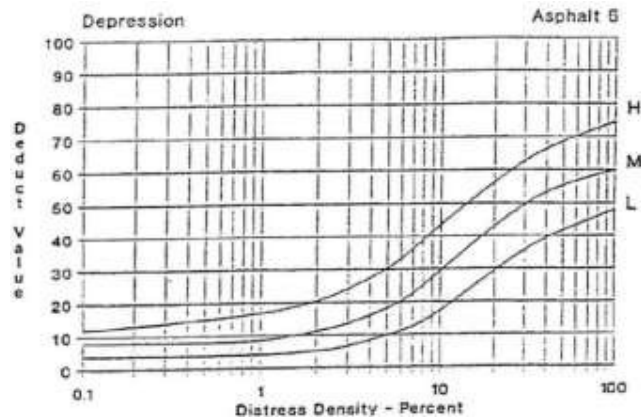
- a. Beban kendaraan yang berlebihan, sehingga kekuatan struktur bagian bawahperkerasan jalan itu sendiri tidak mampu memikulnya.
- b. Penurunan bagian perkerasan dikarenakan oleh turunnya tanah dasar.
- c. Pelaksanaan pemadatan tanah yang kurang baik.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi ambblas (*depression*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi ambblas (*depression*) dapat dilihat pada Table 2.9.

Tabel 2. 9 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Ambblas (Depression)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Kedalaman maksimum ambles $\frac{1}{2}$ - 1 in.(13 – 25mm)
M	Kedalaman maksimum ambles 1 – 2 in. (25 – 51mm)
H	Kedalaman ambles > 2 in. (51 mm)

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 18 Deduct Value Amblas

Sumber : ASTM internasional, 2007

7. Retak Pinggir (*Edge Cracking*)



Gambar 2. 19 Retak Samping Jalan (*Edge Cracking*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Retak pinggir adalah retak yang sejajar dengan jalur lalu lintas dan juga biasanya berukuran 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. Adapun penyebab dari retak pinggir (*edge cracking*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- Kurangnya dukungan dari arah lateral (dari bahu jalan).
- Drainase kurang baik.

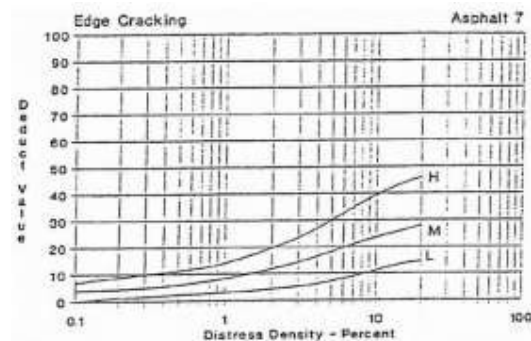
- c. Bahu jalan turun terhadap permukaan perkerasan.
- d. Konsentrasi lalu lintas berat di dekat pinggir perkerasan.

Identifikasi retak pinggir (*edge cracking*) guna menentukan level dalam penilain metode PCI dapat dilihat pada Table 2.10.

Tabel 2. 10 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Retak Pinggir (Edge Cracking)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas.
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas
H	Banyak pecahan atau butiran lepas di sepanjang tepi perkerasan.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 20 Deduct Value Retak Samping Jalan

Sumber : ASTM internasional,2007

8. Retak Sambung (*Joint Reflection Cracking*)



Gambar 2. 21 Retak Sambung (Joint Reflec Cracking)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Kerusakan ini umumnya terjadi pada perkerasan aspal yang telah dihamparkan di atas perkerasan beton semen portland. Retak terjadi pada lapis tambahan (*overlay*). Pola retak dapat memanjang, melintang, diagonal atau membentuk blok. Adapun penyebab dari retak sambung disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

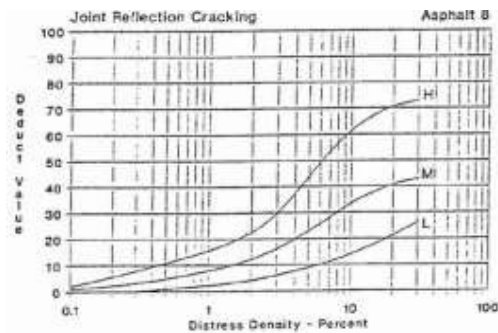
- a. Gerakan vertikal atau horisontal pada lapisan bawah lapis tambahan, yang timbul akibat ekspansi dan kontraksi saat terjadi perubahan temperatur atau kadar air.
- b. Gerakan tanah pondasi.
- c. Hilangnya kadar air dalam tanah dasar yang kadar lempungnya tinggi.

Identifikasi retak sambung guna menentukan level dalam penilaian metode PCI dapat dilihat pada Table 2.11.

Tabel 2. 11 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Sambung

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar < 3/8 in. (10 mm) 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar 3/8 – 3 in (10 - 76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang atau tinggi. 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in. (76 mm). 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan)

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 22 Deduct Value Retak Sambung

Sumber : ASTM internasional, 2007

9. 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. Penyebab dari pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder drop off*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

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



Gambar 2. 23 Pinggiran Jalan Turun Vertikal

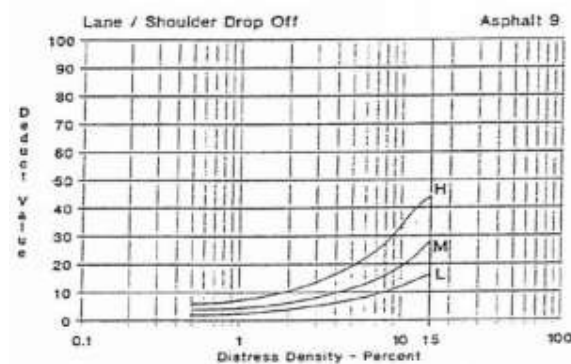
Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder drop off*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder drop off*) dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Pinggiran Jalan Turun Vertikal

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Beda elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan 1–2 in. (25 – 51 mm)
M	Beda elevasi > 2 – 4 in. (51 – 102 mm).
H	Beda elevasi > 4 in. (102 mm).

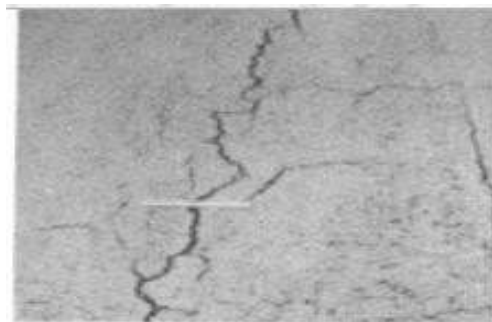
Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007))



Gambar 2. 24 Deduct Value Pinggiran Jalan Turun Vertikal

Sumber : ASTM internasional,2007

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



Gambar 2. 25 Retak Memanjang/Melintang

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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. Adapun penyebab dari retak memanjang/melintang dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

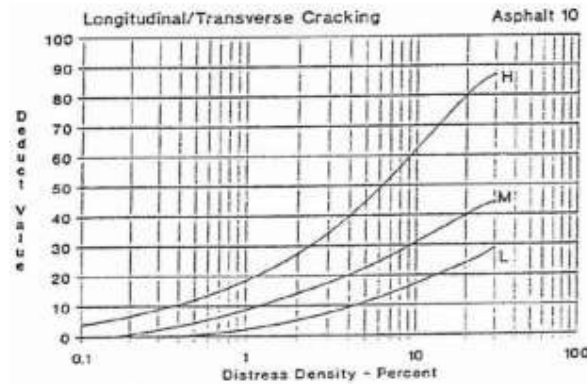
- a. Perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya.
- b. Lemahnya sambungan perkerasan.
- c. Bahan pada pinggir perkerasan kurang baik atau terjadi perubahan volume akibat pemuaian lempung pada tanah dasar.
- d. Sokongan atau material bahu samping kurang baik.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*) dapat dilihat pada Table 2.13.

Tabel 2. 13 Identifikasi Tingkat Kerusakan Retak Memanjang/Melintang (Longitudinal/Trasverse Cracking)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar 3/8 in. (10 mm), atau 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar 3/8 – 3 in (10-76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak agak acak.
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi. 2. Retak tak terisi > 3 in. (76 mm). 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 26 Deduct Value Retak Memanjang/Melintang

Sumber : ASTM internasional, 2007

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



Gambar 2. 27 Tambalan (Patching end Utiliti Cut Patching)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Tambalan adalah pertambahan satu bidang perkerasan dengan tujuan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak dengan material yang baru untuk memperbaiki perkerasan yang ada. Adapun faktor dari tambalan juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

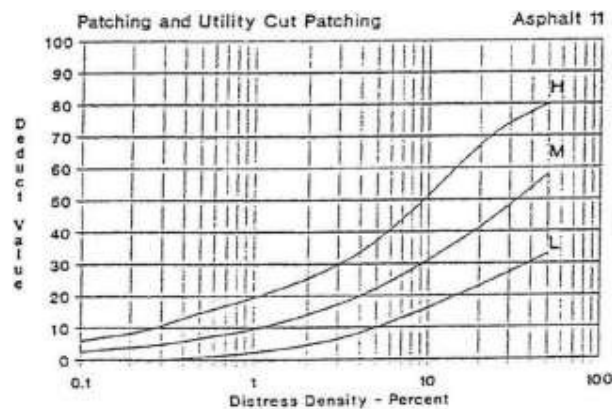
- Perbaikan akibat dari kerusakan permukaan perkerasan.
- Penggalian pemasangan saluaran atau pipa.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Table 2.14.

**Tabel 2. 14 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Jalan Berupa Tambalan
(Patching and Utility Cut Patching)**

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

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 28 Deduct Value Tambalan

Sumber : ASTM internasional, 2007

12. Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983



Gambar 2. 29 Pengausan Agregat (Polised Agregat)

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, permukaan agregat yang licin. Kerusakan ini dapat diindikasikan dimana pada nomor skid resistance test adalah rendah. Adapun penyebab dari pengausan agregat (*polished aggregate*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

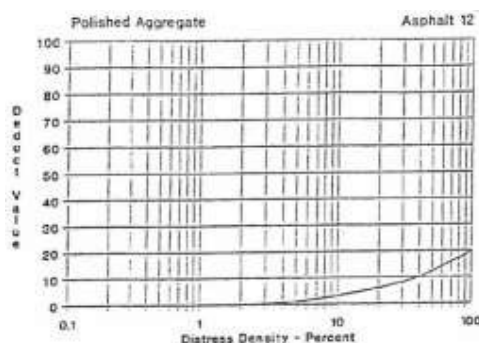
- a. Agregat tidak tahan aus terhadap roda kendaraan.
- b. Bentuk agregat yang digunakan memang sudah bulat dan licin (buatan hasil dari mesin pemecah batu).

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi pengausan agregat guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi dilihat pada Table 2.15.

Tabel 2. 15 Identifikasi Tingkat Pengausan Agregat (*polished aggregate*)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Agregat masih menunjukkan kekuatan
M	Agregat sedikit mempunyai kekuatan.
H	Pengausan tanpa menunjukkan kekuatan

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 30 Deduct Value Pengausan Agregat

Sumber : ASTM internasional, 2007

13. Lubang (*Potholes*)

Kerusakan ini berbentuk seperti mangkok yang dapat menampung dan meresapkan air pada badan jalan. 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:

- Kadar aspal rendah dan Pelapukan aspal.
- Penggunaan agregat kotor atau tidak baik.
- Suhu campuran tidak memenuhi persyaratan
- Sistem drainase kurang baik.
- Merupakan kelanjutan dari jenis kerusakan lainnya seperti retak dan juga pelepasan butir.



Gambar 2. 31 Lubang (Pothole)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

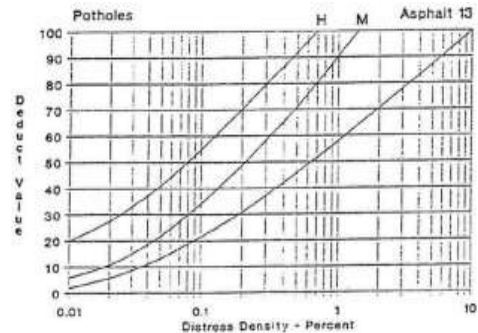
Penilaian metode PCI terdapat identifikasi lubang (*potholes*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi lubang dapat dilihat pada Table 2.16.

Tabel 2. 16 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Lubang (Potholes)

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	4– 8 in. (102 – 203 mm)	8 – 18 in. (203 – 457 mm)	18 – 30 in. (457 – 762 mm)
$\frac{1}{2}$ - 1 in. (12,7 – 25,4 mm)	L	L	M
>1 – 2 in. (25,4 – 50,8 mm)	L	M	H

>2 in. (> 50,8 mm)	M	M	H
L : Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman			
M : Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman			
H : Penambalan di seluruh kedalaman			

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 32 Deduct Value Lubang

Sumber : ASTM internasional, 2007

14. Rusak Perpotongan Rel (*Railroad Crossing*)



Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Gambar 2. 33 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. Adapun faktor dari rusak perpotongan rel (*railroad crossing*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

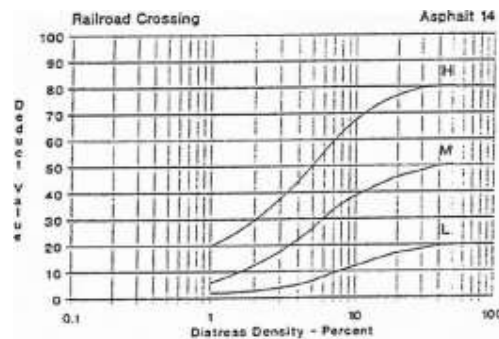
- Amblasnya perkerasan, sehingga timbul beda elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel.
- Pelaksanaan konstruksi pekerjaan atau pemasangan rel yang buruk.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi rusak perpotongan rel (*railroad crossing*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi rusak perpotongan rel (*railroad crossing*) dapat dilihat pada Table 2.17.

Tabel 2. 17 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Akibat Perpotongan Rel

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Kedalaman 0,25 inch – 0,5 inch (6 mm – 13 mm).
M	Kedalaman 0,5 inch – 1 inch (13 mm – 25 mm).
H	Kedalaman >1 inch (>25 mm).

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 34 Deduct Value Rusak Perpotongan Rel

Sumber : ASTM internasional,2007

15. Alur (*Rutting*)



Gambar 2. 35 Alur (*Rutting*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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. Adapun penyebab dari Alur (*Rutting*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

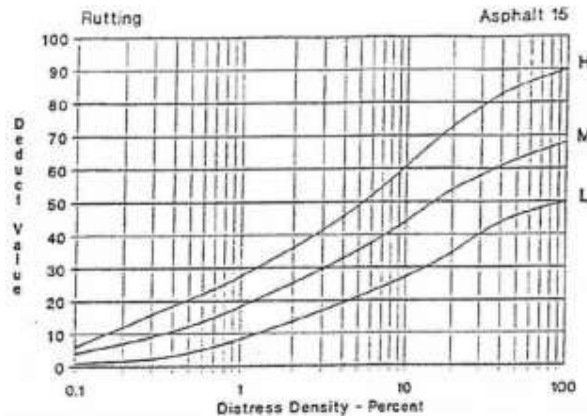
- Ketebalan lapisan permukaan yang tidak mencukupi untuk menahan beban lalu lintas.
- Lapisan perkerasan atau lapisan pondasi yang kurang padat.
- Lapisan permukaan atau lapisan pondasi memiliki stabilitas rendah sehingga terjadi deformasi plastis.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi alur (*rutting*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi alur (*rutting*) dapat dilihat pada Table 2.18.

Tabel 2. 18 Indentifikasi Tingkat Kerusakan Alur (*Rutting*)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in. (6 – 13 mm)
M	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{2}$ - 1 in. (13 – 25,5 mm)
H	Kedalaman alur rata-rata 1 in. (25,4 mm)

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 36 Deduct Value Alur

Sumber : ASTM internasional, 2007

16. Sungkur (*Shoving*)



Gambar 2. 37 Sungkur (*Shoving*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

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. Adapun penyebab dari sungkur (*shoving*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- Stabilitas tanah dan lapisan perkerasan yang rendah.
- Daya dukung lapis permukaan yang tidak memadai
- Pemadatan yang kurang pada saat pelaksanaan.

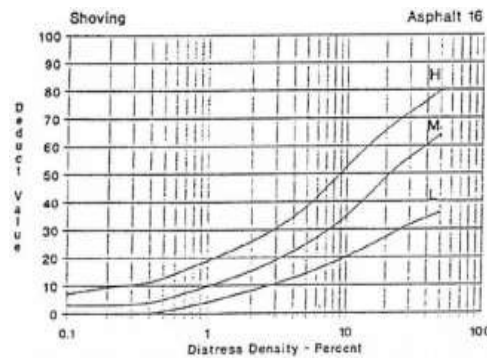
- d. Beban kendaraan yang melalui perkerasan jalan terlalu berat.
- e. Lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi sungkur guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2. 19 Indentifikasi Sungkur (Shoving)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan
M	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.
H	Kedalaman alur rata-rata 1 in. (25,4 mm)

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)

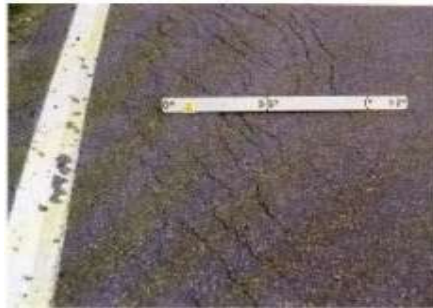


Gambar 2. 38 Deduct Value Sungkur

Sumber : ASTM internasional, 2007

17. Patah Slip (*Slippage Cracking*)

Gambar 2. 39 Patah Slip (Slippage Cracking)



Sumber: Bina marga no.03/MN/B/1983

Patah slip adalah retak yang seperti bulan sabit atau setengah bulan yang disebabkan lapisan perkerasan terdorong atau meluncur merusak bentuk lapisan perkerasan. 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:

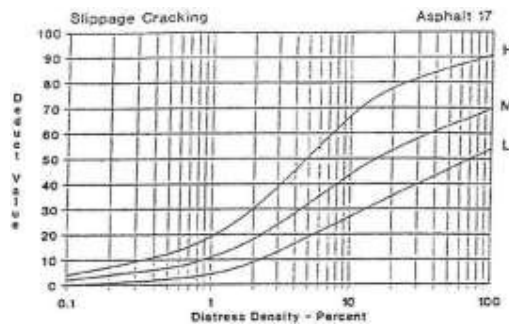
- a. Lapisan perekat kurang merata.
- b. Penggunaan lapis perekat kurang.
- c. Penggunaan agregat halus terlalu banyak.
- d. Lapis permukaan kurang padat

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi patah slip (*slippage cracking*)) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, adapun tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi patah slip (*slippage cracking*) dapat dilihat pada Table 2.20.

Tabel 2. 20 Identifikasi Tingkat Patah Slip (Slippage Cracking)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Retak rata-rata lebar $< 3/8$ in. (10 mm)
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak rata-rata $3/8 - 1,5$ in. (10 – 38 mm). 2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahanterikat.
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak rata-rata $> 1/2$ in. (>38 mm). 2. Area di sekitar retakan, pecah ke dalam pecahan-pecahanmudah terbongkar.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 40 Deduct Value Patah Slip

Sumber : ASTM internasional, 2007

18. Mengembang Jembul (Swell)



Gambar 2. 41 Mengembang Jembul (Swell)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Mengembang jembul mempunyai ciri menonjol keluar sepanjang lapisan perkerasan yang berangsur-angsur mengombak kira-kira panjangnya 10m. Mengembang jembul dapat disertai dengan retak lapisan. Adapun penyebab

dari mengembang jembul (*swell*) Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2005) yaitu:

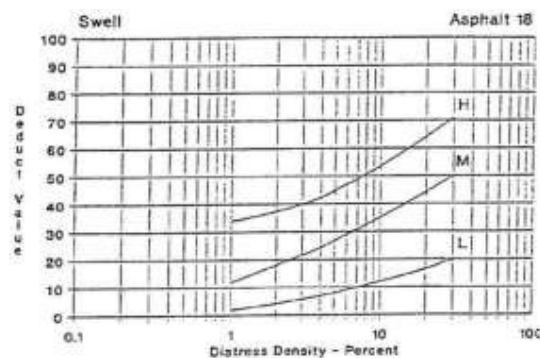
- Mengembangnya material lapisan di bawah perkerasan atau tanah dasar.
- Tanah das perkerasan mengembang, bila kadar air naik. Umumnya, hal ini terjadi bila tanah pondasi berupa lempung yang mudah mengembang (lempung *mentmorillonite*) oleh kenaikan kadar air.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi mengembang jembul (*swell*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Table 2.21.

Tabel 2. 21 Indentifikasi Tingkat Mengembang Jembul (Swell)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat,tapi dapat dideteksi dengan berkendara cepat. Gerakan ke atas terjadi bila ada pengembangan
M	Perkerasan mengembang dengan adanya gelombang yang kecil.
H	Perkerasan mengembang dengan adanya gelombang besar

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 42 Deduct Value Mengembang Jembul

Sumber : ASTM internasional, 2007

19. Pelepasan Butir (*Weathering/Raveling*)



Gambar 2. 43 Pelepasan Butir (*Weathering/Raveling*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

Pelepasan butiran disebabkan lapisan perkerasan yang kehilangan aspal atau tar pengikat dan tercabutnya partikel-partikel agregat. Kerusakan ini menunjukkan salah satu pada aspal pengikat tidak kuat untuk menahan gaya dorong roda kendaraan atau presentasi kualitas campuran jelek. Adapun penyebab dari pelepasan butir juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

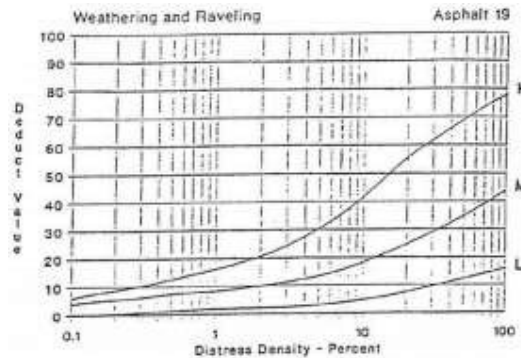
- Pelapukan material pengikat atau agregat.
- Pemadatan yang kurang.
- Penggunaan material yang kotor.
- Penggunaan aspal yang kurang memadai.
- Suhu pemadatan kurang.

Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi pelepasan butir (*weathering/raveling*) guna menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Table 2.22.

Tabel 2. 22 Indentifikasi Tingkat Pelepasan Butir (*Weathering/Raveling*)

Level	Identifikasi Kerusakan
L	Pelepasan butiran yang ditandai lapisan kelihatan agregat.
M	Pelepasan agregat dengan butiran-butiran yang lepas
H	Pelepasan butiran dengan ditandai dengan agregat lepas dengan membentuk lubang-lubang kecil.

Sumber : Shahin(1994)/ Hardiyatmo, H.C, (2007)



Gambar 2. 44 Deduct Value Pelepasan Butir

Sumber: ASTM internasional 2007

2.6 Metode PCI (*Pavement Condition Index*)

Kelebihan yang terpenting dalam sistem manajemen perkerasan adalah kemampuannya baik dalam menetapkan kondisi eksisting dari suatu ruas jalan maupun dalam memprediksi kondisi di masa yang akan datang. Untuk memprediksi kondisi yang akan datang sistem perangkikan berulang untuk mengidentifikasi kondisi perkerasan harus digunakan. Nilai perangkikan ini dikenal dengan *Pavement Condition Index (PCI)* yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers*.

PCI adalah indeks bernomor diantara 0 untuk kondisi perkerasan yang gagal (*failed*), dan 100 untuk kondisi perkerasan yang baik sekali. Rentang rating PCI seperti yang terdapat pada *Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavement (1982)*. Perhitungan PCI didasarkan atas hasil survei kondisi jalan secara visual yang teridentifikasi dari tipe kerusakan, tingkat kerusakan (*severity*), dan kuantitasnya.

2.6.1 Prosedur Analisa Data Metode PCI

1. Menetapkan *deduct value*
 - a) Jumlahkan total tiap tipe kerusakan pada masing-masing tingkat keparahan.

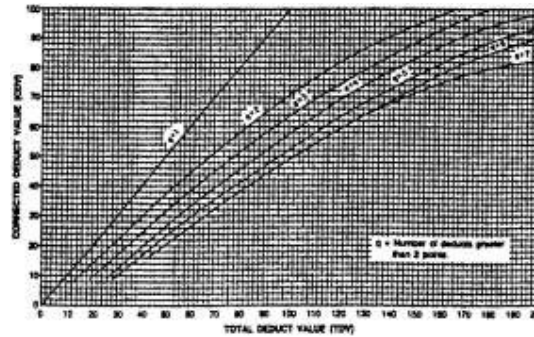
- b) Bagi hasil dari perhitungan a) di atas dengan total luas ruas jalan (dalam persen).
 - c) Menentukan *deduct value* untuk masing-masing tipe kerusakan dan kombinasi tingkat keparahan berdasar kurva penentuan *deduct value*.
2. Menentukan nilai izin dari *deduct* (m)
- a) Jika hanya satu *deduct value* dengan nilai > 5 untuk lapangan udara dan > 2 untuk jalan, maka total *deduct value* digunakan sebagai *corrected deduct value*, jika tidak akan dilanjutkan pada tahap berikut ini,
 - b) Urutkan *deduct value* dari nilai terbesar.
 - c) Menentukan nilai m dengan menggunakan rumus:

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

Dimana:

m = nilai izin *deduct*.

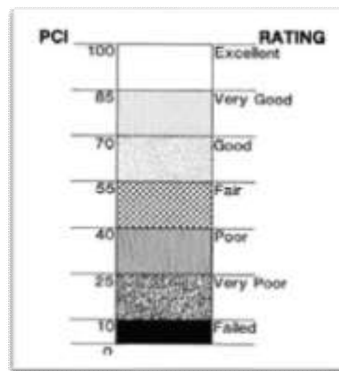
HDV = nilai tertinggi dari *deduct*.
 - d) Masing-masing *deduct value* dikurangkan terhadap m. Jika jumlah nilai hasil pengurangan yang lebih kecil dari m ada maka semua *deduct value* dapat digunakan.
3. Menentukan CDV Maksimum (*Corrected Deduct Value*)
- a) Menentukan jumlah nilai *deduct* yang lebih besar dari 2 (q).
 - b) Menentukan nilai total *deduct* dengan menjumlahkan tiap nilai *deduct*.
 - c) Menentukan CDV dari perhitungan a) dan b) dengan menggunakan kurva koreksi nilai *deduct*, seperti tersaji pada Gambar 3.38.



Gambar 2. 45 Hubungan Antara Total Deduct Value, TDV dan Corrected Deduct Value, CDV

(Sumber: Shahin, 1994)

- d) Nilai *deduct* terkecil dikurangkan terhadap 2.0 kemudian ulangi langkah a) sampai c) hingga memperoleh nilai $q = 1$.
 - e) CDV maksimum adalah CDV terbesar pada proses iterasi di atas.
4. Menghitung PCI (*Pavement Condition Index*) dengan rumus:
- $$PCI = 100 - CDV_{maks}$$



Gambar 2. 46 Rating Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

(Sumber: Shahin, 1994)