

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Pasal 1 Ayat 4, disebutkan bahwa jalan merupakan infrastruktur angkutan darat, yang mencakup semua komponen jalan, bangunan serta peralatan tambahan yang ditujukan untuk lalu lintas, yang berada di atas tanah, di bawah tanah dan atau air, dan di atas permukaan air. Ruas jalan yang memadai akan mengutamakan aspek keselamatan dan kepraktisan, salah satunya melalui optimalisasi struktur perkerasan (Fatikasari, 2021).

2.2 Trase Jalan

Beragam parameter yang memengaruhi perancangan trase jalan mencakup bentangan panjang lintasan, jenis klasifikasi tanah, volume pekerjaan galian maupun timbunan, keberadaan struktur eksternal, konfigurasi alinyemen vertikal maupun horizontal, serta elemen geologi, kontur topografi, dan kondisi ekosistem sekitar. Trase jalan dipilih berdasarkan beberapa aspek teknis, lingkungan, sosial dan ekonomi. (Badrujaman, 2016)

2.3 Geometrik Jalan

Kondisi geometrik jalan sangat penting karena mempengaruhi terjadinya daerah rawan kecelakaan. Pengetahuan tentang dasar-dasar geometrik jalan diperlukan dalam penelitian ini untuk menentukan kriteria penilaian yang tepat pada informasi terkait jalan. (Farida dan Tanjung, 2022)

2.3.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas didefinisikan segmen jalan yang diperuntukkan bagi arus kendaraan bermotor, secara fisik berupa lapisan perkerasan. Jalur ini terdiri dari sejumlah lajur, yang batas-batasnya dapat berupa median, bahu jalan, trotoar, pulau jalan, atau pemisah lainnya. Dimensi lebar lajur ditetapkan berdasarkan jumlah serta fungsi lajur tersebut. Lebar terendah jalur pada jalan umum ditentukan sebesar 4,5 meter.

Beberapa jenis jalur lalu lintas dalam MKJI (1997) yaitu:

- 1) 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 UD);
- 2) 1 jalur-2 lajur-1 arah (2/1 UD);
- 3) 2 jalur-4 lajur-2 arah (4/2 D);
- 4) 2 jalur-n lajur-2 arah (n/2 D), dimana n = jumlah lajur.

2.3.2 Lajur Lalu Lintas

Lajur merupakan segmen memanjang dari lintasan yang terbatas oleh tanda jalan, dengan lebar yang cukup untuk dilalui kendaraan bermotor sesuai dengan perencanaan jenis kendaraan yang ditentukan. Jumlah lajur ditentukan berdasarkan MKJI (1997), dengan kinerja jalan dirancang agar rasio volume terhadap kapasitas tidak melebihi 0,80. Untuk memastikan aliran air permukaan yang optimal, lajur pada alinyemen horizontal membutuhkan kemiringan melintang standar. Kemiringan ideal untuk perkerasan aspal dan beton berkisar antara 2-3%, sedangkan untuk perkerasan kerikil antara 4-5%.

2.3.3 Alinyemen

Alinyemen jalan adalah elemen krusial dalam menentukan keamanan dan efisiensi untuk mendukung arus lalu lintas. Faktor-faktor yang memengaruhi alinyemen mencakup topografi, karakteristik arus kendaraan, dan fungsi jalan. Alinyemen terdiri dari garis lurus yang terhubung dengan lengkung, dibagi menjadi alinyemen horizontal serta vertikal. Kedua jenis alinyemen ini harus dipertimbangkan dengan pendekatan tiga dimensi untuk memastikan tata letak jalan yang aman dan estetis.

2.3.3.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan representasi proyeksi sumbu jalan yang tersusun dari segmen garis lurus (tangen) yang saling terhubung melalui segmen garis melengkung. Keamanan tikungan dipengaruhi oleh geometri tikungan dan kondisi jalan sekitar. Risiko meningkat jika tikungan tiba-tiba, seperti setelah jalan lurus panjang atau saat visibilitas terhalang. Penyelarasan kurva harus mempertimbangkan elemen geometris lainnya, karena hubungan kecelakaan dengan derajat kelengkungan sering diabaikan.

2.3.3.2 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal ialah proyeksi ortogonal terhadap sumbu lintasan atau bidang representasi, yang menunjukkan perubahan elevasi jalan di atas kontur tanah alami. Hal ini memberikan informasi tentang kemampuan kendaraan untuk tetap stabil dan terisi penuh saat melintasi jalan tersebut.

Penentuan kelandaian jalan harus mempertimbangkan sulitnya pengurangan setelah diterapkan tanpa biaya tinggi. Kelandaian maksimum digunakan hanya saat anggaran konstruksi sangat terbatas dan untuk jarak pendek. Kelandaian kritis, yang masih dapat diterima tanpa mengganggu lalu lintas, adalah kemiringan yang mengurangi kecepatan kendaraan sekitar 25 km/jam.

2.4 Klasifikasi Jalan

2.4.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi

Dalam UU RI No. 38 Tahun (2004b, hal. 5) mengenai klasifikasi jalan serta lalu lintas berdasarkan fungsinya adalah sebagai berikut :

- 1) Jalan arteri: jalur utama jarak jauh, laju tinggi, akses terbatas.
- 2) Jalan kolektor: jalur pengumpul jarak menengah, laju moderat, akses terkontrol.
- 3) Jalan lokal: jalur setempat jarak pendek, laju rendah, akses bebas.
- 4) Jalan lingkungan: jalur kawasan jarak dekat, laju rendah.

2.4.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status

Dalam UU RI No. 38 Tahun (2004b, hal. 5-6) mengenai klasifikasi jalan serta lalu lintas berdasarkan statusnya adalah sebagai berikut :

- 1) Jalan nasional: Jalur arteri dan kolektor primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dan jalan tol.
- 2) Jalan provinsi: Jalur kolektor primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan kabupaten/kota.
- 3) Jalan kabupaten: Jalur lokal yang menghubungkan ibu kota kabupaten, kecamatan, dan pusat kegiatan lokal.
- 4) Jalan kota: Jalur sekunder yang menghubungkan pusat pelayanan dan permukiman dalam kota.

- 5) Jalan desa: Jalur umum yang menghubungkan permukiman di desa, termasuk jalan lingkungan.

2.4.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Daya tampung jalan terhadap beban lalu lintas kendaraan, yang diukur dalam Muatan Sumbu Terberat (MST) dalam satuan ton, menentukan kelas jalan, sebagaimana tercantum pada **Tabel 2. 1**

Tabel 2. 1 Klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maks.		Muatan Sumbu Terberat (MST)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	
I	Arteri	18000	2500	>10
II	Arteri	18000	2500	10
IIIA	Arteri / Kolektor	18000	2500	8
IIIB	Kolektor	12000	2500	8
IIIC	Lokal	9000	2100	8

Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun (1993, hal. 6–7)

2.5 Pengertian Perkerasan

Tanah pada umumnya tidak cukup stabil dan tahan lama tanpa mengalami deformasi akibat beban roda berulang. Oleh karena itu, dibutuhkan lapisan suplementer yang terletak antara tanah dan roda, atau pada lapisan paling atas struktur jalan. Lapisan ini dapat terbuat dari bahan pilihan yang lebih berkualitas, yang dikenal sebagai lapis keras atau perkerasan. (Ir. Suprpto Tm, 2004, hal. 1)

2.6 Perkerasan Jalan

Menurut Ir. Suprpto Tm, M.Sc (2004, hal. 5) dalam buku Bahan dan Struktur Jalan Raya perancangan perkerasan dapat dibagi menjadi beberapa kategori:

- 1) Perencanaan tebal perkerasan (*structural pavement design*): menentukan menentukan ketebalan lapisan dan komponennya.
- 2) Perencanaan bahan lapis perkerasan (*paving mixture design*); menentukan jenis jenis dan mutu material untuk lapisan perkerasan.

Sedangkan menurut Hardiyatmo (2015, hal. 6) berdasarkan jenis bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), meliputi lapisan agregat padat di bawah permukaan aspal.

- 2) Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), terbentuk dari pelat beton yang langsung berada di atas tanah atau dua lapisan granular.
- 3) Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan kombinasi antara beton semen Portland dan perkerasan aspal.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan untuk menyiapkan perkerasan menurut Ir. Suprpto Tm. M.Sc (2004, hal. 5) sebagai berikut:

- 1) Kinerja (*performance*) perkerasan: volume lalu lintas dan beban gandar kendaraan.
- 2) Umur rencana: waktu dari pembukaan jalan hingga perbaikan besar diperlukan.
- 3) Kondisi awal dan kondisi akhir perkerasan: keadaan perkerasan saat awal dan akhir umur rencana.

Tabel 2. 2 Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1.	Komponen perkerasan meliputi pelat beton yang terhampar di atas tanah atau lapisan material granular sebagai dasar bawah (<i>subbase</i>).	Komponen perkerasan mencakup lapis permukaan, lapis pondasi (<i>base</i>) dan pondasi bawah (<i>subbase</i>).
2.	Diterapkan pada jalan kelas tinggi.	Diterapkan untuk segala tipe jalan dan berbagai level volume lalu lintas.
3.	Pencampuran campuran beton lebih mudah dikendalikan.	Pengawasan kualitas campuran lebih kompleks.
4.	Umur perencanaan dapat mencapai 20 hingga 40 tahun.	Umur perencanaan lebih singkat, sekitar 10-20 tahun, lebih pendek daripada perkerasan kaku
5.	Lebih tahan terhadap kondisi saluran air yang kurang optimal.	Kurang tahan terhadap kondisi saluran air yang buruk.
6.	Biaya pembangunan awal relatif tinggi.	Biaya pembangunan awal lebih rendah.
7.	Biaya perawatan relatif rendah.	Biaya pemeliharaan lebih besar.
8.	Ketahanan perkerasan ditentukan oleh daya tahan pelat beton.	Ketahanan perkerasan ditentukan oleh interaksi antar setiap lapisan perkerasan.
9.	Ketebalan struktur perkerasan bergantung pada ketebalan pelat beton.	Ketebalan perkerasan mencakup seluruh lapisan yang menyusun perkerasan di atas tanah dasar (<i>subgrade</i>).

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya (Hardiyatmo, 2015, hal. 18)

2.6.1 Fungsi Perkerasan Jalan

Menurut Hardiyatmo (2015) fungsi perkerasan jalan adalah :

- 1) Menyediakan struktur teguh untuk beban lalu lintas.
- 2) Menyediakan permukaan datar bagi pengendara.
- 3) Memberikan ketahanan gesek pada permukaan.
- 4) Menyalurkan beban kendaraan ke tanah dasar.

- 5) Melindungi tanah dasar dari efek perubahan iklim.

2.6.2 Kinerja Struktur Perkerasan Jalan

Dalam buku Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur (Sukirman, 2010, hal. 6) struktur perkerasan jalan sebagai komponen dari prasarana transportasi berfungsi sebagai berikut

- 1) Penopang beban lalu lintas yang diteruskan roda kendaraan, sehingga perkerasan harus stabil, kokoh, dan tahan cuaca.
- 2) Penyedia kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan.

Untuk menjamin struktur perkerasan jalan tahan lama selama periode operasional, aman, dan nyaman untuk pemakai jalan, maka:

- 1) Seleksi tipe perkerasan dan perencanaan ketebalan lapisan perkerasan harus diperhatikan.
- 2) Evaluasi dan perancangan campuran bahan yang ada harus menjadi perhatian.
- 3) Pengawasan implementasi pekerjaan sesuai dengan prosedur yang berlaku.
- 4) Perawatan jalan sepanjang periode operasional.

2.7 Perkerasan Lentur

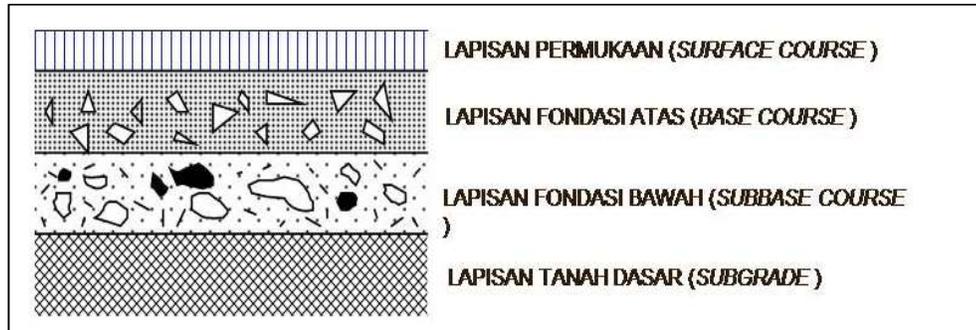
Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari strata-strata yang ditempatkan di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan. Strata-strata ini berperan untuk menampung beban lalu lintas dan mendistribusikannya menuju lapisan di bawahnya.

Menurut Tenrijeng (2012, hal. 1) Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Strata-strata perkerasannya berfungsi untuk menopang dan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Beberapa lapisan tersebut meliputi:

- 1) Lapsian permukaan (*surface coarse*)
- 2) Lapisan pondasi atas (*base coarse*)
- 3) Lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*)
- 4) Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Kapasitas dukung perkerasan lentur tergantung pada distribusi beban antar lapisan. Kekuatan perkerasan berasal dari kolaborasi lapisan dalam menyebarkan beban ke tanah dasar, bukan perlawanan pelat. Ketebalan perkerasan dipengaruhi

oleh kekuatan tanah dasar, dan perkerasan aspal yang kuat bisa berfungsi seperti perkerasan kaku. (Hardiyatmo, 2015, hal. 7)



Gambar 2. 1 Susunan lapisan perkerasan

Sumber : Rekayasa Jalan Raya-2 (Tenrianjeng, 2012, hal. 2)

2.7.1 Lapisan Permukaan (*Surface*)

Menurut Hardiyatmo (2015) Lapis permukaan (*surface course*) merupakan lapisan teratas pada perkerasan lentur, yang diletakkan di atas lapisan pondasi, yang terbagi menjadi lapisan pelindung (*wearing course*) dan lapisan perekat (*binder course*). Fungsi utama dari lapis permukaan yang merupakan lapis atas permukaan jalan adalah (Sukirman, 2010, hal. 15) :

- 1) Lapis impermeabel, mencegah penyerapan air hujan ke lapisan di bawahnya.
- 2) Lapis aus (*wearing course*) berfungsi menanggung gesekan dan getaran roda kendaraan yang mengerem.
- 3) Lapis yang mendistribusikan beban menuju lapisan pondasi.
- 4) Lapis yang menahan beban vertikal dari kendaraan.

Lapis permukaan yang berfungsi untuk memberikan keamanan dan permukaan yang halus/rata, harus memenuhi beberapa syarat-syarat (Hardiyatmo, 2019, hal. 156):

1. Dapat menghalangi infiltrasi air menuju struktur perkerasan.
2. Mampu menopang beban kendaraan dan deformasi yang bersifat permanen.
3. Memiliki gesekan atau ketahanan terhadap selip.

Oleh karena itu, Campuran yang dipakai pada lapis permukaan jalan harus memiliki karakteristik: kestabilan, kelenturan, daya tahan, ketahanan terhadap

selip, impermeabilitas, kemudahan pengerjaan, dan ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*).

Jenis lapisan permukaan (*surface course*) yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain (Sukirman, 2010, hal. 15):

- 1) Leburan aspal bersifat nonstruktural, yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air yang meliputi:
 - a. Burtu adalah lapisan aspal dengan agregat, tebal maksimal 2 cm.
 - b. Burda adalah lapisan aspal ganda dengan agregat, tebal maksimal 3,5 cm.
- 2) Latasir (lapis tipis aspal pasir), ialah lapisan penutup jalan yang memakai campuran aspal dan agregat halus, dipadatkan pada temperatur tertentu.
- 3) Lataston (lapis tipis aspal beton), juga disebut *Hot Rolled Sheet* (HRS) ialah lapisan penutup dengan agregat bergradasi senjang, ukuran maksimum 19 mm. Terdiri dari:
 - a. HRS-WC (Lapis Aus), ketebalan minimal 30 mm, toleransi ± 4 mm
 - b. HRS-BC (Lapis Permukaan Antara), ketebalan minimal 35 mm, toleransi ± 4 mm.
- 4) Lapis Beton Aspal (Laston/Asphalt Concrete/AC) merupakan lapisan permukaan dengan agregat bergradasi serasi, sesuai untuk lalu lintas berat. Terdiri dari dua jenis:
 - a. AC-WC (Lapisan Aus), menggunakan agregat maksimum 19 mm, ketebalan minimal 40 mm, toleransi ± 3 mm.
 - b. AC-BC (Lapisan Pengikat Permukaan), menggunakan agregat maksimum 25 mm, ketebalan minimal 50 mm, toleransi ± 4 mm.
- 5) Lapis Beton Aspal (Laston/Asphalt Concrete/AC) ialah lapisan permukaan dengan agregat bergradasi baik, ideal untuk lalu lintas berat. Terdiri dari dua varian:
 - a. AC-WC: Agregat maksimal 19 mm, ketebalan minimal 40 mm, toleransi ± 3 mm.
 - b. AC-BC: Agregat maksimal 25 mm, ketebalan minimal 50 mm, toleransi ± 4 mm.

- 6) Lapis Beton Aspal (Laston/AC), ialah lapis permukaan yang menggunakan agregat gradasi baik digunakan untuk lalu lintas berat, dengan dua variasi:
 - a. AC-WC: Agregat maksimal 19 mm, ketebalan minimal 40 mm (toleransi \pm 3 mm).
 - b. AC-BC: Agregat maksimal 25 mm, ketebalan minimal 50 mm (toleransi \pm 4 mm).
- 7) Lapis Penetrasi Macadam (Lapen) terdiri dari agregat pokok dan pengikat yang dipadatkan, disemprot aspal, lalu dilapisi agregat penutup dan dipadatkan.
- 8) Lapis Asbuton Agregat (Lasbutag) adalah campuran agregat asbuton dan peremaja yang dipadatkan dingin, dengan ketebalan minimal 40 mm dan agregat maksimum 19 mm.

2.7.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah lapisan yang di hamparkan di bawah lapis permukaan. Material lapis pondasi terdiri dari agregat, seperti batu pecah, sirtu, terak pecah (*Crushed slag*) atau campuran campuran material tersebut (Hardiyatmo, 2015).

Dalam susunan lapisan perkerasan, lapis pondasi atas memiliki peran sebagai berikut (Sukirman, 2010, hal. 23) :

- 1) Penopang lapisan permukaan.
- 2) Lapis resapan pondasi bawah.
- 3) Struktur yang menahan gaya vertikal dan mendistribusikannya ke lapisan bawah.

Dalam susunan perkerasan, beragam jenis lapisan pondasi yang lazim dipakai di Indonesia adalah (Sukirman, 2010, hal. 23):

- 1) AC-Base adalah lapisan pondasi dengan ketebalan minimum 60 mm dan agregat maksimum 37,5 mm.
- 2) Lasbutag Lapis Pondasi adalah kombinasi asbuton dan peremaja, tebal minimum 50 mm, agregat maksimum 25 mm.
- 3) Lapen juga dapat difungsikan sebagai lapis pondasi tanpa penutup agregat.
- 4) Lapis Pondasi Agregat menggunakan agregat Kelas A atau B, dengan ketebalan minimal dua kali ukuran agregat.

- 5) Lapis Pondasi Tanah Semen terbuat dari tanah pilihan lokal, seperti tanah lempung dan pasir berplastisitas rendah.

2.7.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak antara lapis pondasi dan tanah, berfungsi untuk menyebarkan beban dengan ketebalan cukup dan biaya rendah (Hardiyatmo, 2019, hal. 161). Lapis pondasi bawah berperan sebagai (Sukirman, 2010, hal. 26):

- 1) Mengoptimalkan material murah untuk mengurangi ketebalan lapis atas.
- 2) Menyebarkan beban ke tanah dasar, stabil dengan $CBR \geq 20\%$ dan $IP \leq 10\%$.
- 3) Lapis awal untuk kelancaran pelaksanaan pekerjaan.
- 4) Lapis filler mencegah partikel halus tanah dasar naik.
- 5) Lapis peresap mencegah penumpukan air di pondasi.

2.7.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar (*Subgrade*) adalah lapisan setebal 50-100 cm di bawah subbase, yang dapat berupa tanah asli, tanah datangan, atau tanah yang distabilisasi menggunakan bahan kimia. Berdasarkan elevasi permukaan tanah tempat struktur perkerasan diletakkan, lapis tanah dasar dibedakan menjadi (Sukirman, 2010, hal. 29) :

- 1) Lapis tanah dasar alami adalah permukaan tanah asli yang dibersihkan dan dipadatkan setebal 30-50 cm sebelum lapisan perkerasan diterapkan.
- 2) Lapis tanah dasar timbunan adalah tanah yang ditambahkan di atas permukaan tanah asli.
- 3) Lapis tanah dasar gali adalah tanah yang digali di bawah permukaan tanah asli, termasuk penggantian tanah yang memiliki daya dukung rendah.

2.8 Drainase

Drainase adalah saluran air untuk mengalirkan atau menghindari genangan. Menurut SK Menteri PU No. 233/1987, drainase kota mengalirkan air hujan atau luapan sungai untuk mengeringkan wilayah perkotaan.

Drainase untuk masalah perkerasan jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- 1) Saluran drainase wajib menyalurkan air ke sungai atau saluran buatan.
- 2) Saluran drainase wajib menyingkirkan air hujan atau sumber lain dari jalan.

- 3) Saluran drainase wajib menghalangi air bawah tanah yang meruntuhkan tanah dasar.

Menurut Hardiyatmo (2015, hal. 335) terdapat dua tipe drainase untuk perkerasan jalan, yaitu:

- 1) Drainase permukaan (*surface drainage*)

Drainase permukaan mengalirkan air hujan dari perkerasan ke saluran pembuang, mencegah dampak buruk air pada perkerasan.

- 2) Drainase bawah permukaan (*subdrain* atau *under drain*)

Drainase bawah permukaan menampung air yang merembes ke perkerasan dan tanah sekitarnya. Air dapat masuk melalui:

- a) Celah dan sambungan yang terbuka
- b) Permukaan perkerasan yang tembus air
- c) Sisi jalan atau tepi perkerasan atau zona median
- d) Perpindahan air tanah dari bawah ke atas

2.9 Jenis Kerusakan pada Perkerasan Lentur

Berikut ini adalah beberapa tipe kerusakan yang ditemukan pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) (Hardiyatmo, 2015, hal. 221):

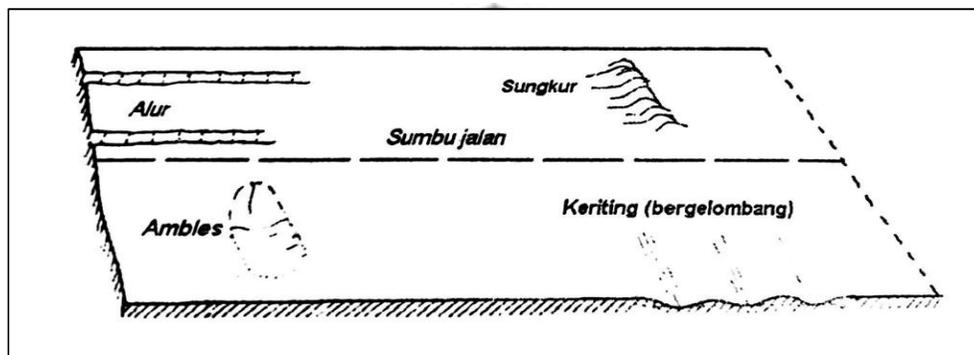
- 1) Deformasi meliputi bergelombang, alur, amblas, sungkur, mengembang, benjol, dan penurunan.
- 2) Retak mencakup jenis memanjang, melintang, diagonal, reflektif, blok, kulit buaya, dan bentuk bulan sabit.
- 3) Kerusakan tekstur permukaan mencakup butiran lepas, kegemukan, agregat licin, terkelupas, dan stripping.
- 4) Kerusakan pada lubang, tambalan, serta persilangan jalan rel.
- 5) Kerusakan di pinggir perkerasan mencakup retak atau pecah di pinggir serta bahu yang turun.

2.9.1 Deformasi

Deformasi mengacu pada modifikasi permukaan jalan dari profil awalnya (pasca konstruksi). Deformasi merupakan cacat krusial dalam kondisi perkerasan sebab berdampak pada kenyamanan transportasi (seperti ketidakrataan, genangan air yang memengaruhi daya cengkeram), serta dapat mencerminkan

keruntuhan struktur perkerasan. Beragam jenis deformasi pada perkerasan lentur meliputi (**Gambar 2. 2**):

- 1) Bergelombang (*corrugation*)
- 2) Alur (*rutting*)
- 3) Ambblas (*depression*)
- 4) Sungkur (*shoving*)
- 5) Mengembang (*swell*)
- 6) Benjol dan turun (*bump and sags*)



Gambar 2. 2 Tipe-tipe deformasi pada permukaan aspal

Sumber :AUSTROADS (1987) pada Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 222)

2.9.1.1 Bergelombang (*Corrugation*)

Bergelombang atau keriting merupakan deformasi plastis yang memunculkan gelombang melintang berjarak teratur, umumnya kurang dari 3 m. Kerusakan ini lazim terjadi pada area dengan tegangan horizontal signifikan, seperti titik awal dan akhir pergerakan kendaraan. Penyebab utamanya meliputi interaksi beban lalu lintas, instabilitas lapisan permukaan, atau pondasi akibat campuran aspal yang tidak optimal serta kadar air berlebihan pada lapis pondasi granuler.

Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 3**

Tabel 2. 3 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan gelombang (*corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Gelombang mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki
M	Gelombang mengakibatkan agak banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi
H	Gelombang mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan	Rekonstruksi

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 224)

2.9.1.2 Alur (*Rutting*)

Alur merupakan depresi lokal yang terbentuk pada jalur lintasan roda kendaraan. Alur di permukaan jalan dapat disertai retakan atau tanpa retakan. Fenomena ini terbatas pada area yang dilalui roda kendaraan dan umumnya disebabkan oleh beban berlebih, yang mengakibatkan deformasi permanen pada permukaan jalan. Apabila alur sering terisi air, kerusakannya dapat berkembang menjadi lubang. (Fikri, 2016)

Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 4**

Tabel 2. 4 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan alur (*rutting*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in. (6 - 13 mm)	Belum perlu diperbaiki; <i>mill</i> dan lapis tambahan
M	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{2}$ - 1 in. (13 - 25,5 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau diseluruh kedalaman; <i>mill</i> dan lapisan tambahan
H	Kedalaman alur rata-rata > 1 in. (> 25,4 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau diseluruh kedalaman; <i>mill</i> dan lapisan tambahan

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 226)

2.9.1.3 Amblas (*Depression*)

Amblas adalah subsidensi perkerasan pada area terbatas yang kerap disertai retakan. Kondisi ini ditandai oleh akumulasi air di permukaan, yang berpotensi membahayakan arus lalu lintas. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 5**

Tabel 2. 5 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan ambblas (*depression*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Kedalaman maksimum ambblas $\frac{1}{2}$ - 1 in. (13 – 25 mm)	Belum perlu diperbaiki
M	Kedalaman maksimum ambblas 1- 2 in. (25 – 51 mm)	Penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman
H	Kedalaman ambblas > 2 in. (>51mm)	Penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 228)

2.9.1.4 Sungkur (*Shoving*)

Sungkur adalah pergeseran lapisan permukaan perkerasan, baik secara permanen maupun sementara, yang memanjang akibat tekanan beban lalu lintas yang melintasinya (Fajar, 2019). Pengelembungan lokal pada permukaan perkerasan terlihat sejajar dengan arah lalu lintas dan/atau pergeseran horizontal material permukaan, terutama di area yang sering mengalami aksi pengereman atau percepatan. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 6**

Tabel 2. 6 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan sungkur (*shoving*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan	Belum perlu diperbaiki; <i>mill</i>
M	Sungkur menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman
H	Sungkur menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 230)

2.9.1.5 Mengembang (*Swell*)

Mengembang adalah pergerakan vertikal lokal pada perkerasan akibat ekspansi (atau pembekuan air) pada tanah dasar atau komponen struktur perkerasan. Perkerasan yang terangkat akibat ekspansi tanah dasar ini dapat menimbulkan retakan pada permukaan aspal. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 7**

Tabel 2. 7 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan mengembang (*swell*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berkendara cepat. Gerakan ke atas terjadi bila ada pengembangan.	Belum perlu diperbaiki
M	Pengembangan menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.	Belum perlu diperbaiki; rekonstruksi
H	Pengembangan menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan.	Rekonstruksi

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 232)

2.9.1.6 Benjol dan Turun (*Bump and Sags*)

Benjol adalah pergeseran vertikal kecil dan lokal ke atas pada permukaan perkerasan aspal, sementara penurunan (*sags*) yang juga berukuran kecil, merujuk pada pergerakan ke bawah dari permukaan perkerasan. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 8**

Tabel 2. 8 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan benjol dan turun (*bump and sag*)

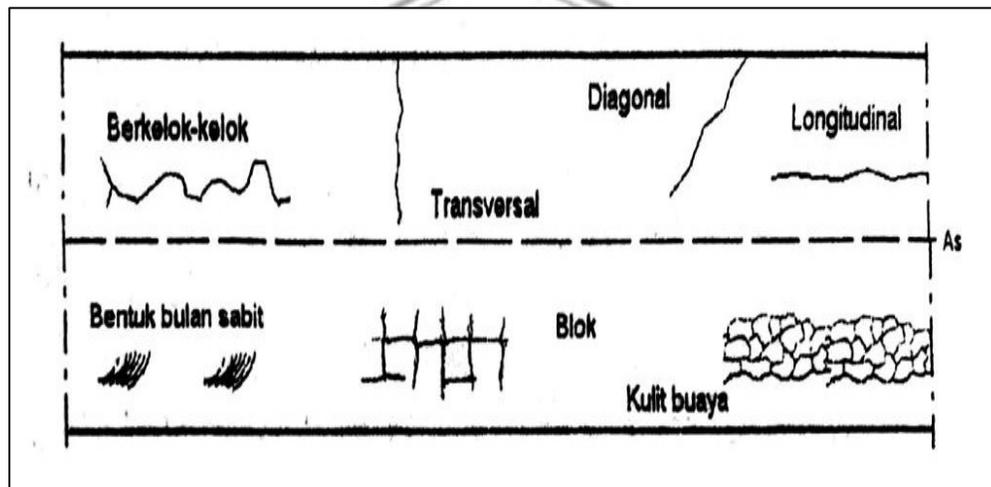
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Benjol dan melengkung mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan.	Belum perlu diperbaiki
M	Benjol dan melengkung mengakibatkan agak banyak mengganggu kenyamanan kendaraan.	<i>Cold mill</i> ; penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman
H	Benjol dan melengkung mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan.	<i>Cold mill</i> ; penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 234)

2.9.2 Retak (*Crack*)

Retak dapat muncul dalam berbagai konfigurasi, dipicu oleh sejumlah faktor dan melibatkan mekanisme yang rumit. Secara teoritis, retak terjadi apabila tegangan tarik pada lapisan aspal melebihi batas maksimum yang mampu ditahan oleh perkerasan tersebut. Beberapa jenis deformasi pada perkerasan lentur meliputi (**Gambar 2. 3**):

- 1) Retak memanjang (*longitudinal cracks*)
- 2) Retak melintang (*transverse cracks*)
- 3) Retak diagonal (*diagonal cracks*)
- 4) Retak berkelok-kelok (*meandering*)
- 5) Retak reflektif sambungan (*joint reflective cracks*)
- 6) Retak blok (*block cracks*)
- 7) Retak kulit buaya (*alligator cracks*)
- 8) Retak slip (*slippage cracks*) atau retak bentuk bulan sabit (*crescent shape cracks*)



Gambar 2.3 Tipe-tipe retakan pada permukaan aspal

Sumber :AUSTROADS (1987) pada Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 236)

2.9.2.1 Retak Memanjang (*Longitudinal Cracks*)

Retak memanjang pada perkerasan dapat muncul tunggal atau berderet sejajar, kadang bercabang. Penyebabnya bisa karena ketidakstabilan lapisan pendukung perkerasan, baik akibat beban kendaraan maupun faktor lainnya, seperti sambungan pelaksanaan yang memanjang. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2.9**

Tabel 2. 9 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak memanjang dan melintang (*longitudinal and transverse cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
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)	Belum perlu diperbaiki; pengisian retak (<i>seal cracks</i>) > 1/8 in.
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak tak terisi, lebar 3/8 – 3 in. (10 mm - 76). 2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 2 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak agak acak.	Penutupan retak.
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi, dikelilingi 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	Penutupan retak, penambalan kedalaman parsial

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 238)

2.9.2.2 Retak Melintang (*Transverse Cracks*)

Retak melintang adalah retakan tunggal yang melintasi perkerasan, disebabkan oleh tegangan dari beban lalu lintas atau perubahan suhu serta penuaan akibat penyusutan aspal. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 9**

2.9.2.3 Retak Diagonal (*Diagonal Cracks*)

Retak diagonal adalah retakan terpisah yang arahnya diagonal terhadap perkerasan, biasanya terjadi akibat beban kendaraan pada pinggir perkerasan dengan dukungan tanah dasar yang lemah. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 9**

2.9.2.4 Retak Berkelok-Kelok (*Meandering*)

Retak berkelok-kelok adalah retakan terpisah dengan pola tak teratur dan arah yang bervariasi, sering kali muncul secara terpisah. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 9**

2.9.2.5 Retak Reflektif Sambungan (*Joint Reflective Cracks*)

Kerusakan ini timbul pada perkerasan aspal yang diterapkan di atas beton PCC, dengan retakan pada lapisan overlay yang mencerminkan pola retakan beton sebelumnya. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 10**.

Tabel 2. 10 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak reflektif sambungan (joint reflective cracking)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
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)	Pengisian untuk yang melebihi $1/8$ in. (10 mm)
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 acak ringan.	Penutupan retak; penambalan kedalaman parsial
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi, dikelilingi 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 (retak berat menjadi pecahan)	Penambalan kedalaman parsial; rekonstruksi sambungan.

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 246)

2.9.2.6 Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracks*)

Retak kulit buaya berupa pola jaring poligon kecil dengan celah ≥ 3 mm, disebabkan oleh keletihan lapisan permukaan atau pondasi akibat beban lalu lintas berulang, serta keruntuhan akibat lemahnya penopang tanah dasar. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 11**.

Tabel 2. 11 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak kulit buaya (*alligator cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal*.	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; lapisan tambahan (<i>overlay</i>).

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
M	Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal ringan	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan, rekonstruksi.
H	Jaringan dan pola retak telah berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah, dan terjadi gompal di pinggir. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu lintas	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan, rekonstruksi.

*Retak gompal dalah pecahan material di sepanjang sisi retakan

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 248)

2.9.2.7 Retak Blok (*Block Cracks*)

Retak blok berbentuk sambungan blok besar (0,20–3 meter) yang membentuk sudut runcing, umumnya muncul di area luas perkerasan aspal, meski terkadang pada daerah jarang dilalui lalu lintas, dan tidak disebabkan oleh beban lalu lintas. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 12**

Tabel 2. 12 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak kulit blok (*block cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>) bila retak melebihi 3 mm (1/8"); penutup permukaan
M	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkandengan pemanas dan lapis tambahan
H	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkandengan pemanas dan lapis tambahan

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 251)

2.9.2.8 Retak Slip (*Slippage Cracks*) atau Retak Bentuk Bulan Sabit (*Crescent Shape Cracks*)

Retak slip atau bulan sabit disebabkan oleh gaya horizontal kendaraan, akibat lemahnya ikatan antara lapisan permukaan dan bawahnya, yang memicu penggelinciran. Retak ini sering muncul di area pengereman, seperti turunan bukit.

Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 13**.

Tabel 2. 13 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak slip/ bentuk bulan sabit (*slippage cracking/ crescent shape*)

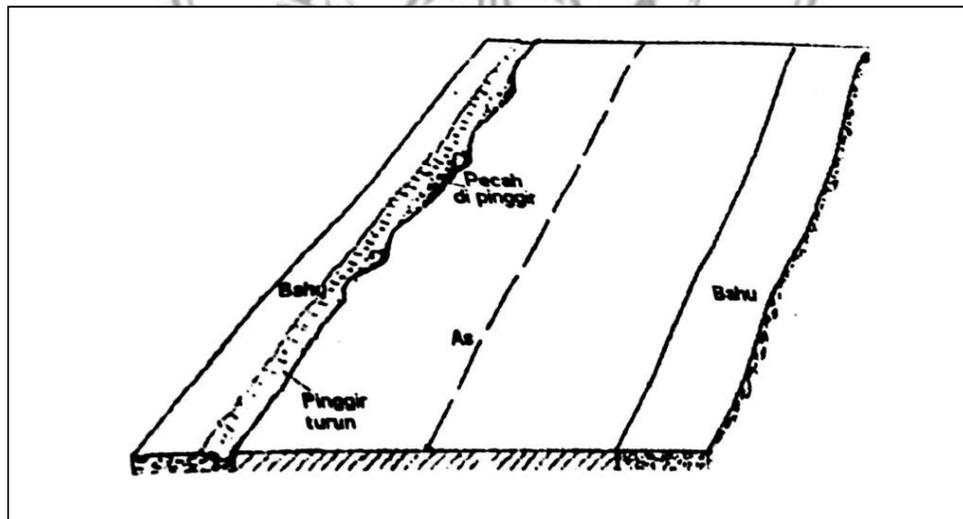
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Retak rata-rata lebar <math>< 3/8 \text{ in. (10 mm)}</math>	Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial
M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata-rata $3/8 - 1,5 \text{ in. (10 - 38 mm)}$ 2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahan terikat.	Penambalan parsial
H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1. Retak rata-rata $> 1/2 \text{ in (38 mm)}$ 2. Area di sekitar retakan, pecah ke dalam pecahan-pecahan mudah terbongkar	Penambalan parsial

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 253)

2.9.3 Kerusakan di Pinggir Perkerasan

Kerusakan di pinggir perkerasan berupa retak pada pertemuan antara permukaan aspal dan bahu jalan, terutama jika bahu tidak terlapis. Berbagai jenis kerusakan di pinggir perkerasan lentur, antara lain (**Gambar 2. 4**):

- 1) Retak pinggir (*edge cracking*) / pinggir pecah (*edge breaks*)
- 2) Pinggir turun (*edge drop-off*)



Gambar 2. 4 Kerusakan di pinggir perkerasan

Sumber :AUSTROADS (1987) pada Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 254)

2.9.3.1 Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Retak pinggir terjadi sejajar atau melengkung pada tepi perkerasan (0,3–0,6 m dari pinggir), disebabkan oleh lemahnya dukungan material bahu atau kelembaban berlebih, mengakibatkan tepi perkerasan menjadi tidak teratur. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada Tabel 2. 14.

Tabel 2. 14 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak pinggir (*edge cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Retak sedikit sampai sedang tanpa pecahan atau butiran lepas.	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak untuk retakan > 1/8 in. (3 mm).
M	Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.	Penutup retak; penambalan parsial
H	Banyak pecahan atau butiran lepas di sepanjang tepi perkerasan	Penambalan parsial

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 256)

2.9.3.2 Jalur/Bahu Turun (*Lane/Shoulder Drop-Off*)

Jalur/bahu jalan turun adalah perbedaan elevasi antara tepi perkerasan dan bahu jalan, dengan bahu jalan yang terendah dibandingkan tepi perkerasan. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada Tabel 2. 15.

Tabel 2. 15 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan jalur/bahu jalan turun (*lane/shoulder drop-off*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Beda elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan 1- 2 in. (25 – 51 mm)	Perataan kembali dan bahu diurug agar elevasi sama dengan tinggi jalan.
M	Beda elevasi > 2 – 4 in. (51 – 102 mm)	
H	Beda elevasi > 4 in. (102 mm)	

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 257)

2.9.4 Kerusakan Tekstur Permukaan

Kerusakan tekstur permukaan adalah hilangnya material perkerasan secara bertahap dari lapisan atas ke bawah, terlihat seperti terkelupas atau tergores sejajar, mirip dengan pengelupasan akibat paparan sinar matahari. Berbagai jenis kerusakan di tepi perkerasan lentur, antara lain:

- 1) Butiran lepas (*raveling*)
- 2) Kegemukan (*bleeding*)
- 3) Agregat licin (*polished aggregate*)
- 4) Terkelupas (*delamination*)
- 5) *Stripping*

2.9.4.1 Pelapukan dan Butiran Lepas (*Weathering and Raveling*)

Pelapukan dan raveling adalah disintegrasi permukaan perkerasan aspal akibat lepasnya partikel agregat, dimulai dari permukaan atau pinggir. Agregat terlepas karena lemahnya ikatan antar partikel. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 16**.

Tabel 2. 16 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Di beberapa tempat, permukaan mulai berlubang. Jika ada tumpahan oli; genangan oli dapat terlihat, tapi permukaannya keras, tak dapat ditembus mata uang logam.	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; perawatan permukaan
M*	Agregat atau pengikat telah lepas. Tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, dan dapat ditembus mata uang logam.	Penutup permukaan; perawatan permukaan; lapisan tambahan
H*	Agregat atau pengikat telah banyak lepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter luasan lubang < 4 in. (10 mm) dan kedalaman ½ in. (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini dihitung sebagai kerusakan lubang (<i>pathole</i>). Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya menjadi longgar	Penutup permukaan; perawatan permukaan; <i>recycle</i> ; rekonstruksi

*Bila lokal, yaitu akibat tumpahan oli, maka ditambal secara parsial
Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 260)

2.9.4.2 Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)

Kegemukan terjadi akibat migrasi aspal berlebih ke permukaan perkerasan, disebabkan oleh kadar aspal yang tinggi atau kekurangan udara dalam campuran.

Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada Tabel 2. 17.

Tabel 2. 17 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan kegemukan (*bleeding*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
L	Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah, dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan	Belum perlu diperbaiki
M	Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan
H	Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 262)

2.9.4.3 Agregat Licin (*Polished Aggregate*)

Agregat licin terjadi akibat ausnya permukaan agregat, dipengaruhi oleh sifat geologi agregat. Pelicinan oleh lalu lintas menghilangkan aspal pengikat, menyebabkan permukaan jalan licin, terutama setelah hujan, yang membahayakan kendaraan. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada Tabel 2. 18.

Tabel 2. 18 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan agregat licin (*polished aggregate*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
	Tidak ada definisiderajat kerusakan. Tetapi, derajat kelicinan harus nampak signifikan, sebelum dilibatkan dalam survei kondisi dan dinilai sebagai kerusakan	Belum perlu diperbaiki; perawatan permukaan; <i>mill</i> dan lapisan tambahan.

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 263)

2.9.4.4 Pengelupasan (*Delamination*)

Kerusakan permukaan akibat terkelupasnya lapisan aus disebabkan oleh pembersihan yang tidak sempurna atau kekurangan *tack coat* sebelum penempatan lapisan. Perbaikan dapat dilakukan dengan penghamparan lapis tambahan (*overlay*).

2.9.4.5 *Stripping*

Stripping adalah kondisi kehilangan agregat kasar dari lapisan penutup, sehingga bahan pengikat bersentuhan langsung dengan ban. Pada musim panas, aspal dapat

terlepas dan melekat pada ban, akibat kandungan pengikat yang minim. Perbaikan dapat dilakukan dengan pemadatan lapisan tipis (*overlay*).

2.9.5 Lubang (*Patholes*)

Lubang adalah depresi pada permukaan perkerasan akibat hilangnya lapis aus dan material pondasi. Lubang bisa terkait atau tidak dengan kerusakan lain, dan sering muncul akibat galian utilitas atau tambalan, dengan tepi tajam dan hampir vertikal. Tingkat kerusakan perkerasan untuk perhitungan PCI, beserta identifikasi dan opsi rehabilitasinya, disajikan pada **Tabel 2. 19**.

Tabel 2. 19 Tingkat kerusakan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan lubang (*pathole*)

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	4 – 8 in. (102 – 203 mm)	8 – 18 in. (203 – 457 mm)	18 – 30 in. (457 - 762)
½ - 1 in. (12,7 – 25,4)	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: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 268)

2.10 Metode *Pavement Condition Index* (PCI)

2.10.1 Indeks Kondisi Perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*)

Metode *Pavement Condition Index* (PCI) lebih dipilih peneliti dibandingkan metode lainnya karena memberikan penilaian yang komprehensif dan terstruktur terhadap kondisi jalan. PCI menghasilkan skor numerik yang mudah dipahami dan digunakan untuk mengidentifikasi prioritas perbaikan atau pemeliharaan jalan secara objektif. Keunggulan ini menjadikan PCI sangat mendukung pengambilan keputusan strategis dalam manajemen infrastruktur jalan. Meskipun membutuhkan waktu dan sumber daya lebih, hasil yang dihasilkan oleh PCI menawarkan akurasi tinggi dan dapat diaplikasikan pada berbagai jenis jalan, sehingga cocok untuk perencanaan jangka panjang yang efektif.

Indeks PCI berkisar antara 0 hingga 100, dengan 0 mengindikasikan perkerasan sangat cacat dan 100 menunjukkan kondisi prima, berdasarkan

pemeriksaan visual (Mooy dkk., 2021). Kerusakan pengausan (polished aggregate) tidak memiliki tingkat kerusakan pasti, namun kelicinan harus mencolok untuk dianggap sebagai kerusakan. (Rachman dan Sari, 2020)

Dalam metode PCI, tingkat keparahan kerusakan perkerasan merupakan fungsi dari 3 faktor utama, yaitu:

- 1) Tipe kerusakan
- 2) Tingkat kerusakan
- 3) Jumlah atau kerapatan kerusakan

2.10.2 Terminologi dalam Hitungan PCI

Hardiyatmo (2015) menyebutkan sejumlah terminologi yang digunakan untuk menentukan nilai (Pavement Condition Index) PCI sebagai berikut:

2.10.2.1 Kerapatan (*Density*)

Kerapatan (*Density*) merupakan persentase rasio antara luas atau panjang kerusakan dengan luas atau panjang unit sampel, diukur dalam ft² atau m² atau dalam feet/meter. Dengan demikian, nilai kerapatan kerusakan dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2**

$$\text{Kerapatan (Density) (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 \quad \dots \quad (2.1)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (Density) (\%)} = \frac{L_d}{L_s} \times 100 \quad \dots \quad (2.2)$$

Uraian:

A_d = Luas keseluruhan perkerasan untuk setiap derajat kerusakan (ft² atau m²)

A_s = Areal total unit sampel (ft² atau m²)

L_d = Panjang keseluruhan tipe kerusakan untuk setiap tingkat kerusakan (ft atau m)

2.10.2.2 Nilai Pengurang (*Deduct Value, DV*)

Nilai pengurang merupakan faktor untuk tiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva kerapatan dan kerapatannya, yang menunjukkan dampak kombinasi tipe kerusakan, intensitas, dan kerapatannya.

2.10.2.3 Nilai Pengurang Total (*Total Deduct Value, TDV*)

Nilai pengurang total adalah akumulasi dari nilai pengurang pada setiap kerusakan perkerasan yang teridentifikasi.

2.10.2.4 Nilai Pengurang Terkoreksi (*Corrected Deduct Value, CDV*)

Nilai pengurang terkoreksi diperoleh melalui penarikan kurva hubungan antara nilai pengurang total dan jumlah nilai pengurang (q), dengan memilih kurva yang tepat. Jika CDV lebih rendah daripada HDV, maka nilai pengurang individu tertinggi yang diterapkan.

2.10.2.5 Nilai *Pavement Condition Index* (PCI)

Sesudah mendapatkan nilai CDV, nilai PCI untuk tiap unit sampel dapat dihitung menggunakan **Persamaan 2. 3.**

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

Dimana:

PCI_s = PCI untuk setiap unit sampel atau penelitian

CDV = CDV dari setiap unit sampel

Nilai PCI secara menyeluruh pada ruas perkerasan jalan sesuai dengan yang diteliti menggunakan **Persamaan 2. 4.**

$$PCI_f = \sum \frac{PCI_s}{N} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Uraian: PCI_f = Nilai PCI rata-rata dari seluruh kawasan penelitian

PCI_s = PCI untuk setiap unit sampel

N = Jumlah unit sampel

Dalam menentukan penilaian (*rating*) sesuai dengan hasil perhitungan PCI yang telah dilakukan, maka dapat dilihat pada **Tabel 2. 20**

Tabel 2. 20 Nilai PCI dan kondisi perkerasan

Nilai PCI	Kondisi
0 – 10	Gagal (<i>failed</i>)
11 – 25	Sangat buruk (<i>very poor</i>)
26 – 40	Buruk (<i>poor</i>)
41 – 55	Sedang (<i>fair</i>)
56 – 70	Baik (<i>good</i>)
71 – 85	Sangat baik (<i>very good</i>)
86 – 100	Sempurna (<i>excellent</i>)

Sumber: Pemeliharaan Jalan Raya oleh Hardiyatmo (2015, hal. 86)

2.11 Jenis Penanganan Kerusakan Perkerasan Jalan

Tindakan perbaikan yang diterapkan pada segmen jalan bergantung pada identifikasi yang dilakukan. Jenis penanganan jalan ditentukan berdasarkan Permen PU Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan (No. 13/PRT/M/2011), yang mencakup pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi jalan, dan penilikan jalan.

1) Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan rutin jalan merupakan tindakan untuk merawat dan memperbaiki kerusakan pada ruas jalan yang memiliki kondisi optimal. (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 1 Ayat 13)

Pemeliharaan rutin jalan sebagaimana pada Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 18 dilakukan sepanjang tahun, mencakup pekerjaan:

- a. pemeliharaan/pembersihan bahu jalan;
- b. pemeliharaan sistem drainase
- c. pemeliharaan/pembersihan rumija;
- d. pemeliharaan pemotongan tumbuhan/tanaman liar di dalam rumija;
- e. pengisian celah/retak permukaan (*sealing*);
- f. laburan aspal;
- g. penutupan lubang;
- h. pemeliharaan fasilitas pelengkap;
- i. pemeliharaan perlengkapan jalan; dan
- j. Operasi *grading* / pembentukan ulang permukaan untuk jalan tanpa lapisan penutup dan jalan tanpa perkerasan.

2) Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala jalan adalah tindakan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan memperbaiki kondisi jalan sesuai desain agar tetap stabil (Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 1 Ayat 15). Pemeliharaan berkala jalan sebagaimana Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 18, mencakup pekerjaan:

- a. pelapisan ulang (*overlay*);
- b. perbaikan bahu jalan;

- c. pelapisan aspal tipis dan pemeliharaan preventif seperti *fog seal*, *chip seal*, *slurry seal*, *micro seal*, *SAMI*;
- d. pengasaran permukaan (*regrooving*);
- e. pengisian celah/retak permukaan (*sealing*);
- f. perbaikan fasilitas pelengkap;
- g. penggantian/perbaikan perlengkapan jalan yang hilang/rusak;
- h. pemarkaan (*marking*) ulang;
- i. penutupan lubang;
- j. Untuk jalan tanpa lapisan aspal/beton, dilakukan penggarukan dan pencampuran material; dan
- k. pemeliharaan/pembersihan rumaja.

3) Rehabilitasi jalan

Rehabilitasi jalan adalah upaya mencegah kerusakan luas dan memperbaiki kerusakan yang tidak tercakup dalam desain, untuk mengembalikan kondisi jalan yang rusak ringan agar sesuai dengan rencana kemantapan. (Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 1 Ayat 16)

Rehabilitasi jalan menurut Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 18, dilaksanakan secara terbatas, mencakup pekerjaan:

- a. pelapisan ulang;
- b. perbaikan bahu jalan;
- c. perbaikan bangunan pelengkap;
- d. perbaikan/penggantian perlengkapan jalan;
- e. penambalan lubang;
- f. penggantian *dowel/tie bar* pada perkerasan kaku (*rigid pavement*);
- g. penanganan tanggap darurat.
- h. pekerjaan galian;
- i. pekerjaan timbunan;
- j. penyiapan tanah dasar;
- k. pekerjaan struktur perkerasan;
- l. perbaikan/pembuatan drainase;
- m. pemarkaan;

- n. pengkerikilan kembali (*regraveling*) untuk jalan tanpa lapisan penutup atau perkerasan; dan
 - o. pemeliharaan/pembersihan rumaja.
- 4) Rekonstruksi jalan

Rekonstruksi adalah perbaikan struktur untuk mengembalikan kondisi jalan yang rusak berat agar sesuai dengan umur rencana. (Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 1 Ayat 17)

Rekonstruksi jalan, sesuai Permen PU (No. 13/PRT/M/2011) Pasal 18, dilaksanakan secara parsial mencakup pekerjaan:

- a. perbaikan seluruh struktur perkerasan, drainase, bahu jalan, tebing, dan talud;
- b. peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan dan bahu jalan
- c. sesuai umur rencananya kembali;
- d. perbaikan perlengkapan jalan;
- e. perbaikan bangunan pelengkap; dan
- f. pemeliharaan/pembersihan rumaja.



2.12 Penelitian Terdahulu

No	Penulis / Tahun	Judul	Lokasi	Variabel
1	Aulia Dewi Fatikasari	Analisa Tingkat Kerusakan Jalan Menggunakan Metode PCI Untuk Mengevaluasi Kondisi Jalan di Raya Cangkring, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo	Kabupaten Sidoarjo	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai PCI sebesar 18,4 menunjukkan kondisi perkerasan yang gagal (<i>failed</i>) • Kerusakan terbesar adalah retak kotak-kotak (<i>block cracking</i>) dan lubang (<i>patholes</i>)
2	Delli Novianti Rachman, Putri Indah Sari / 2020	Analisis Kerusakan Jalan dengan Menggunakan Metode PCI dan Strategi Penanganannya (Studi Kasus Jalan Nasional Srijaya Raya Palembang Km 8+149 Sd Km9+149)	Kota Palembang	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat 4 jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Srijaya Raya KM 8+149 sampai dengan KM 9+149, • nilai PCI untuk jalan Srijaya Raya pada KM 8+149 sampai dengan KM 9+149 adalah 61, yang artinya kondisi jalan dalam keadaan baik • Total biaya pemeliharaan terhadap kerusakan yang diderita oleh jalan Srijaya Raya pada KM 8+149 sampai dengan KM 9+149 adalah Rp. 86.212.428,- atau dibulatkan Rp. 86.213.000,-.
3	Erdin Ariel Prasetyo Mooy, Ketut Mahendra Kuswara dan Hikmah / 2021	Analisis Kerusakan Jalan Dengan Metode <i>Pavement Condition Index (Pci)</i> dan Strategi Penanganannya Pada Ruas Jalan Nggelak Desa Meoain Kecamatan Rote Barat Daya Kabupaten Rote Ndao	Kabupaten Rote Ndao	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai rata-rata <i>PCI</i> ruas Jalan Nggelak Desa Meoain Kabupaten Rote Ndao adalah 24,50 dengan kondisi Sangat Buruk (<i>very poor</i>), dan terdapat 4 jenis kerusakan yang terjadi pada ruas Jalan Nggelak Desa Meoain. • Metode penanganan kerusakan pada jalan Nggelak adalah metode perbaikan P2 (peleburan aspal setempat), metode perbaikan P3 (pelapisanretakan), metode perbaikan P4 (pengisian retak), metode perbaikan P5 (penambalan lubang), metode perbaikan P6 (perataan)
4	Muhammad Fajar / 2015	Penilaian Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode Pci	Kota Makassar	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan menggunakan metode PCI didapatkan nilai 48 yang menunjukkan

No	Penulis / Tahun	Judul	Lokasi	Variabel
		<i>(Pavement Condition Index)</i> Dan Pemilihan Perbaikannya (Perbaikan Standar Bina Marga, <i>Overlay</i> , <i>Rigid Pavement</i>) (Studi Kasus: Ruas Jalan Letjen Hertasning Kota Makassar)		kondisi perkerasan dalam kategori sedang. <ul style="list-style-type: none"> • Perencanaan perbaikan yang paling tepat dengan <i>overlay</i> • Biaya perbaikan yang dibutuhkan sebesar Rp. 18.696.650.750,00
5	Muhammad Fikri / 2016	Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Lentur dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Studi Kasus Ruas Jalan Poros Lamasi Walenrang Kabupaten Luwu	Kabupaten Luwu	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai Pavement Condition Index (PCI) untuk ruas jalan Poros Kecamatan Lamasi, Kabupaten Luwu adalah 53,92. • Retak kulit buaya (<i>Alligator Cracking</i>) dengan luas 826,27 m² sebanyak 33%,

