# BAB II
# LANDASAN TEORI

## 2.1 Tinjauan Umum

Ruang lingkup Undang-Undang Republik Indonesia tentang Jalan Nomor 38 Tahun 2004 meliputi seluruh komponen jalan, termasuk bangunan dan jalur yang diperuntukkan bagi pergerakan kendaraan, yang terletak di darat, bawah tanah, atau perairan, tidak termasuk jalur kereta api, jalur pemadam kebakaran, truk, dan kereta api. Jalan kaki diartikan sebagai tindakan bergerak dengan mengangkat dan menurunkan setiap kaki secara bergantian, seringkali untuk menempuh jarak tertentu.

## 2.2 Definisi dan Klasifikasi Jalan

Perkembangan transportasi darat, khususnya kendaraan bermotor, mencakup banyak kategori, dimensi, dan kuantitas. Suwardo (2018) menekankan pentingnya kategorisasi jalan di perkotaan. Jaringan jalan memegang peranan penting dalam menjamin efisiensi arus lalu lintas, kenyamanan, dan kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembatasan untuk menjaga faktor-faktor tersebut.

### 2.2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan

Di Negara Kesatuan Republik Indonesia, jalan raya dapat dikelompokkan berdasarkan peruntukannya:

1. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan raya standar yang dirancang untuk keperluan lalu lintas besar. Fitur utamanya adalah jangkauannya yang luas, kecepatan yang cepat, dan aksesibilitas yang terbatas namun efisien.

a. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer didefinisikan sebagai jalan yang menghubungkan kota-kota lapis pertama dan kedua dan tidak boleh dipadati angkutan umum atau lalu lintas lokal lainnya (Mullyono Agus T., 2022). Jenis jalan ini merupakan bagian dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.

b. Jalan Arteri Sekunder

Jalan setapak berfungsi sebagai penghubung antara kawasan primer dengan kawasan sekunder pertama, kawasan sekunder pertama dan kawasan sekunder kedua, serta kawasan sekunder pertama dan kawasan tersier kedua.

2. Jalan Kolektor

Jalan raya umum dirancang untuk memberikan pelayanan transportasi kepada pengguna dengan atribut seperti kecepatan sedang hingga sedang, jarak sedang, dan jumlah titik masuk yang terbatas.

a. Jalan Kolektor Primer

Bertindak sebagai perantara antara pusat kegiatan nasional dan pusat kegiatan daerah, serta antar pusat kegiatan daerah yang berbeda.

b. Jalan Kolektor Sekunder

Berfungsi sebagai penghubung antara sekolah menengah kedua dan sekolah menengah kedua atau sekolah menengah ketiga.

3. Jalan Lokal

a. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan raya yang menghubungkan pusat kota besar dengan bidang tanah tertentu, atau menghubungkan pusat kota perantara dengan bidang tanah tersendiri, atau menghubungkan pusat kota tingkat rendah dengan pusat kota tingkat rendah lainnya.

b. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan raya yang berfungsi menghubungkan kawasan tersier atau menengah bawah dengan kawasan sekunder yang mencakup lingkungan pemukiman.

### 2.2.2 Pengelompokkan Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Jalan dikategorikan menjadi dua bagian: jalan tipe I, yang memiliki kontrol akses penuh dan melarang keras masuk/akses langsung, dan jalan tipe II, yang memiliki kontrol sebagian atau non-akses dan memungkinkan masuk/akses langsung terbatas sebagaimana ditentukan dalam tabel 2.1 dan tabel 2.2 (Alamsyah, 2008).

**Tabel 2.1 Type Jalan I**

| Fungsi | Kelas | |
|---|---|---|
| Utama | Arteri | I |
| Sekunder | Kolektor | II |
| | Arteri | II |

*Sumber: Alamsyah,2008*

**Tabel 2.2 Type Jalan II**

| Fungsi | | Volume LL Rencana (smp) | Kelas |
|---|---|---|---|
| Utama | Arteri | | I |
| | Kolektor | 10.000 atau lebih | I |
| | | Kurang dari 10.000 | II |
| Sekunder | Arteri | 20.000 atau lebih | I |
| | | Kurang dari 20.000 | II |
| | Kolektor | 6.000 atau lebih | II |
| | | Kurang dari 6.000 | III |
| | Lokal | 500 atau lebih | III |
| | | Kurang dari 500 | IV |

*Sumber : Alamsyah,2008*

## 2.3 Kerusakan Perkerasan Jalan

Ketidakmampuan suatu jalan untuk memberikan pelayanan yang ideal kepada lalu lintas akibat tidak berfungsinya fungsi dan struktur fungsionalnya disebut perkerasan rusak. Selain menambah biaya operasional, kerusakan jalan juga menghambat kelancaran arus lalu lintas transportasi (Sukirman S, 2010).

Modul Pemeliharaan Perkerasan Aspal (2007) mengklasifikasikan berbagai bentuk kerusakan jalan ke dalam dua kelompok berbeda.

1. Kerusakan Fungsional

Kerusakan jalan inilah yang menyulitkan pelayanan lalu lintas pada ruas jalan tertentu. Jalan tersebut masih mampu menahan beban. Trotoar tidak dapat memberikan layanan yang tepat. Kerusakan tepi perkerasan, cacat permukaan, dan kerusakan fungsional semuanya ditampilkan.

2. Kerusakan Struktural

Hal ini merupakan konsekuensi dari kerusakan struktural pada jalan yang membuatnya tidak mampu menahan beban yang diberikan padanya. Dalam kebanyakan kasus, hal ini disebabkan oleh sistem drainase yang tidak memadai, kondisi tanah yang tidak stabil, atau kegagalan kelelahan pada struktur jalan, yang terjadi ketika struktur jalan mengalami tegangan yang lebih tinggi dan beban lalu lintas yang berulang-ulang.

## 2.4 Tipe-tipe Kerusakan Perkerasan Lentur

Bina Marga (1995), Shahin (1994), Lavin (2003), RLL (1986), Yoder dan Witczak (1975), dan katalog buku tentang kerusakan perkerasan digunakan untuk menggambarkan kerusakan secara visual. Distribusi jenis kerusakan secara umum bervariasi, menurut sumber-sumber ini. (Menurut Hardiyatmo, 2015).

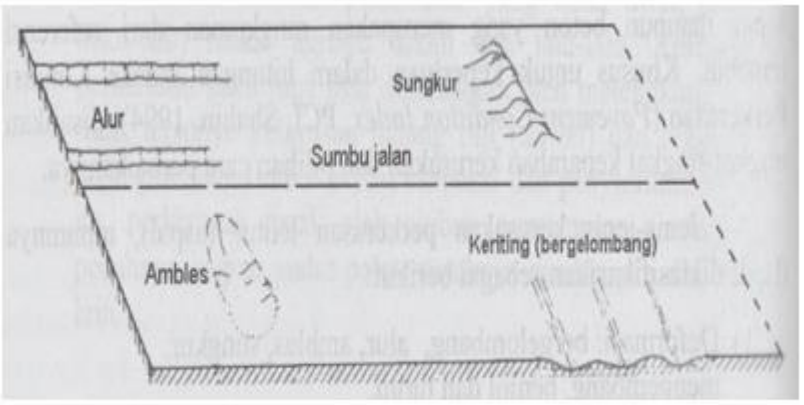
Secara umum dikelompokkan menjadi 5 (lima) bagian:

1. Degradasi permukaan meliputi adanya butiran lepas, agregat licin, penebalan, dan pengelupasan.
2. Kerusakan jalan berlubang, perlintasan kereta api, dan tambalan.
3. Perubahan bentuk: kemunduran, tonjolan, lengkungan, tumpukan, dan menyempit.
4. Tepian perkerasan menunjukkan tanda-tanda kerusakan, termasuk pinggiran jalan yang terkelupas atau retak dan bahu jalan yang kendur.
5. Jenis pecahannya antara lain melintang, membujur, diagonal, balok, pantulan, kulit buaya, dan bentuk bulan sabit.

### 2.4.1 Deformasi

Modifikasi jalan dilakukan setelah konstruksi awalnya. Deformasi perkerasan merupakan cacat yang signifikan pada kondisi jalan karena berdampak langsung pada tingkat kenyamanan yang dialami pengemudi.

Pada Gambar 2.1. berikut (Hardiyatmo, 2015) merupakan macam perubahan bentuk,

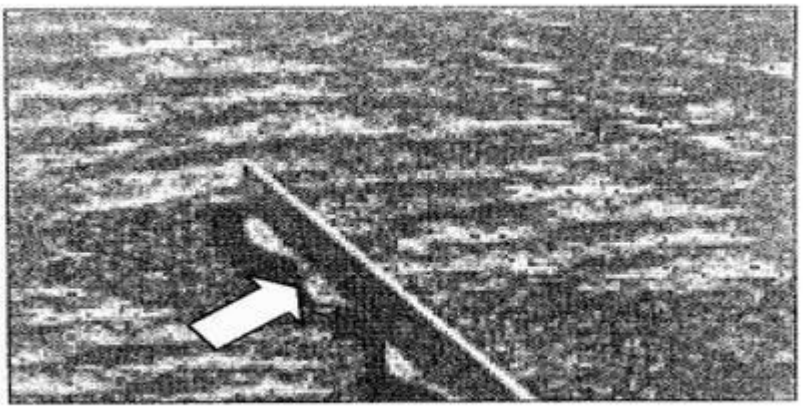



**Gambar 2. 1** Tipe-tipe deformasi pada permukaan aspal (Hardiyatmo, 2015)

### 2.4.1.1 Bergelombang (Corrugation)

Pasalnya, permukaan penetrasi yang tinggi, jumlah agregat halus yang berlebihan, kadar aspal yang tinggi, dan jumlah agregat bulat yang tidak memadai semuanya berkontribusi terhadap buruknya stabilitas campuran (Yudaningrum dan Ikhwanudin, 2017).

Kemungkinan akibat kedua adalah wilayah yang melengkung akan meluas, sehingga berkendara menjadi kurang menyenangkan dan berbahaya. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. (Menurut Hardiyatmo, 2015).



**Gambar 2. 2** Kerusakan gelombang (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Titik terendah dan terdalam dari garis lurus tersebut.
2. Panjangnya berubah seiring terjadinya kerusakan.

**Kemungkinan cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

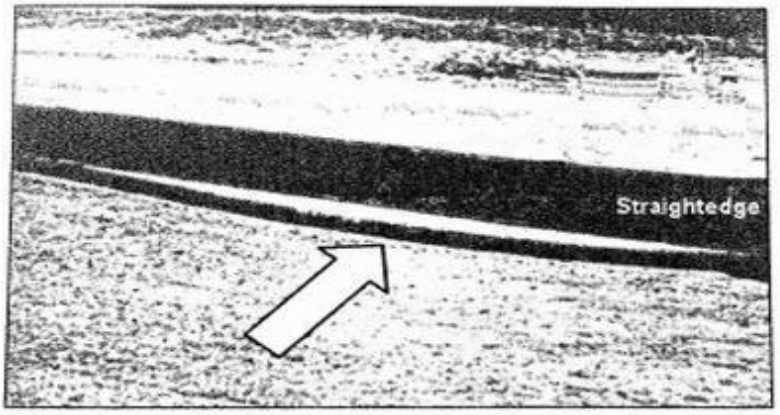
1. Menutup semua gelombang untuk memperbaiki masalah ini.
2. Penggiling sangat bagus untuk menghilangkan kerusakan ikal yang dalam. perkerasan, kemudian dilanjutkan dengan pemberian lapisan tambahan (overlay) aspal campuran panas (HMA) agar struktur perkerasan lebih kuat.

**Tabel 2.3** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Gelombang mengakibatkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. | Belum perlu diperbaiki |
| M | Gelombang mengakibatkan banyak mengganggu kenyamana kendaraan. | Rekonstruksi |
| H | Gelombang mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan. | Rekonstruksi |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

gelombang (corrugation)




**Gambar 2. 3** Penurunan perkerasan berbentuk amblas (Hardiyatmo, 2015)

### 2.4.1.2 Amblas (Depression)

Agar perkerasan dianggap "merendam", diperlukan pemasangan retakan dan area terbatas. Adanya air yang tidak mau bergerak menandakan adanya penurunan permukaan tanah (Yudaningrum dan Ikhwanudin, 2017). Risiko selanjutnya dapat memicu keretakan, mengurangi kenyamanan dan keamanan kendaraan, serta dapat mengkibatkan hydroplaning jika terendam air.

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Tepi lurusnya memiliki panjang 1,2 meter, menjadikannya yang terbesar. Panjang tepi lurus adalah 1,2 meter.
2. Bagian yang telah mundur.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Perawatan permukaan atau permukaan mikro.
2. Daerah kerusakan yang luas dapat diperbaiki dengan menempelkan kulit (permukaan) atau dengan menempelkan seluruh ketebalannya.

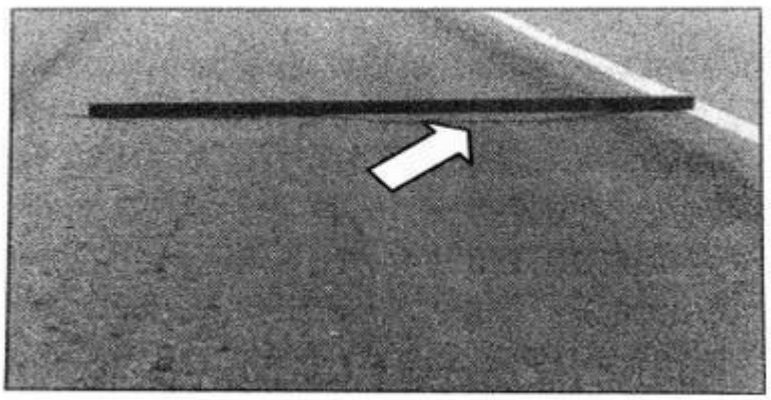
**Tabel 2.4** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan amblas (depression)

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Kedalaman maksimum amblas ½ - 1 in. (13 – 25 mm) | Belum perlu diperbaiki |
| M | Kedalaman maksimum amblas 1- 2 in. (13– 25 mm) | Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman |
| H | Kedalaman amblas > 2 in. (51 mm) | Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

### 2.4.1.3 Alur (*Rutting*)

Hanya pada saat hujan badai, ketika ada genangan air, alur-alur tersebut terlihat jelas. Alur terbentuk ketika lapisan perkerasan tidak cukup tebal, yang menyebabkan pemadatan lebih lanjut akibat beban kendaraan yang berulang-ulang di jalur roda. (Yudaningrum dan Ikhwanudin, 2017).



**Gambar 2. 4** Alur pada lintasan roda (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Tepi lurus memiliki panjang 1,2 meter dan diposisikan dalam orientasi horizontal.
2. Lamanya Musim Kawin.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Jika alur tersebut disebabkan oleh pondasi yang lemah atau tanah, maka perlu dilakukan rekonstruksi.
2. Jika kerusakan disebabkan oleh permukaan, maka dilakukan perbaikan permanen.

Tabel 2.6 menampilkan tingkat kerusakan perkerasan yang digunakan untuk menghitung Indeks Kondisi Perkerasan (PCI), serta untuk mengidentifikasi dan memilih metode perbaikan yang tepat. (Hardiyatmo, 2015)

**Tabel 2.5** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan alur (*rutting*)

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Kedalaman alur rata-rata ¼ - ½ in. (6 – 16 mm) | Belum perlu diperbaiki; *mill* dan lapisan tambahan. |
| M | Kedalaman alur rata-rata ½ - 1 in. (13 – 25,5 mm) | Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman; |
| H | Kedalaman alur rata-rata > 1 in. (>25,4 mm) | Penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman; |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

### 2.4.1.4 Mengembang (*Swell*)

Ketika air membeku dan mengembang di tanah dasar atau bagian perkerasan, hal ini menyebabkan pergerakan lokal di perkerasan, yang disebut pembengkakan. Ketika tanah dasar membengkak, permukaan aspal akan retak sehingga menyebabkan masalah perkerasan. Mengurangi kenyamanan, membahayakan keselamatan kendaraan, hingga menimbulkan keretakan merupakan risiko-risiko yang muncul berikut ini.

**Gambar 2. 5** Kerusakan mengembang (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Tepi lurus berukuran panjang 1,2 meter atau lebih.
2. Kehancuran yang signifikan.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Membengkokkan bagian yang rusak dan menggantinya dengan bahan segar.
2. Perbaiki permukaan dengan mengisinya kembali dengan bahan segar.
3. Untuk mencapai perbaikan jangka panjang, digunakan teknik yang berfokus pada menghilangkan kelembapan di dalam lapisan perkerasan.

Tabel 2.6 menampilkan tingkat kerusakan perkerasan jalan yang digunakan untuk menghitung Indeks Kondisi Perkerasan (PCI), serta untuk mengidentifikasi dan memilih perbaikan (Hardiyatmo, 2015)

**Tabel 2.6** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan

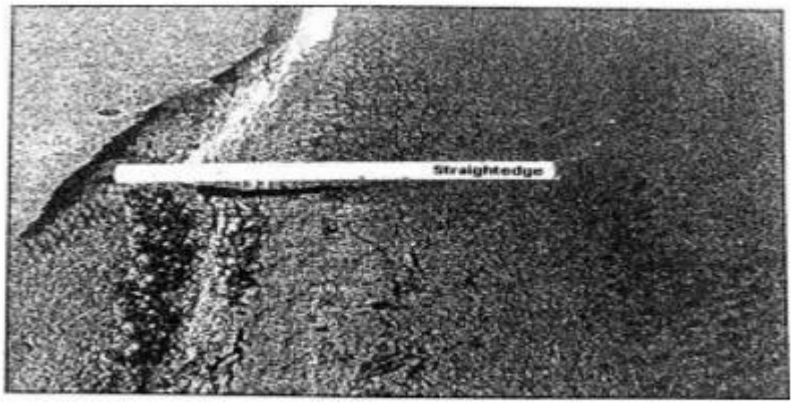
| Tingkat kerusakann | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Pengembangan menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berkendaraan cepat. Gerakan ke atas terjadi bila ada pengembangan. | Belum perlu diperbaiki.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

Sumber: Hardiyatmo, 2015

pengembangan (*swell*)

#### 2.4.1.5 Sungkur (*Shoving*)

Shoveling mengacu pada deformasi plastis lokal yang sering terjadi di area di mana kendaraan sering berhenti, di tanjakan curam, dan tikungan tajam. Yudaningrum dan Ikhwanudin (2017) mengamati bahwa kerusakan dapat terjadi baik dengan adanya retakan maupun tidak adanya retakan. Penyeberangan barrow juga dapat terjadi akibat pola lalu lintas yang tidak teratur. Menyekop sering kali dilakukan pada perkerasan aspal yang bersebelahan dengan perkerasan beton semen Portland (PCC). Pemuaian perkerasan beton akibat kenaikan suhu menyebabkan kompresi pada perkerasan aspal sehingga menyebabkan kerusakan.




**Gambar 2. 6 Kerusakan sungkur (Hardiyatmo, 2015)**

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Panjangnya 1,2 meter.
2. Ruang kosong

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Untuk menghilangkan penetasan yang dangkal, gunakan roller perkerasan, dan setelah itu aplikasikan lapisan campuran panas tambahan untuk memberikan ketahanan perkerasan yang cukup.
2. Solusi optimal adalah solusi yang mampu mengatasi permasalahan secara menyeluruh.

Derajat kerusakan perkerasan untuk perhitungan Pavement Condition Index (PCI), identifikasi kerusakan, dan pemilihan perbaikan disajikan pada Tabel 2.8 (Hardiyatmo, 2015)

**Tabel 2.7** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan sungkur (*shoving*)

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendraan. | Belum perlu diperbaiki; *mill*. |
| M | Sungkur menyebabkan cukup gangguan kendaraan. | *Mill*; penambalan parsial atau seluruh kedalaman. |
| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
| H | Sungkur menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan. | *Mill*; penambalan parsial atau seluruh kedalaman. |

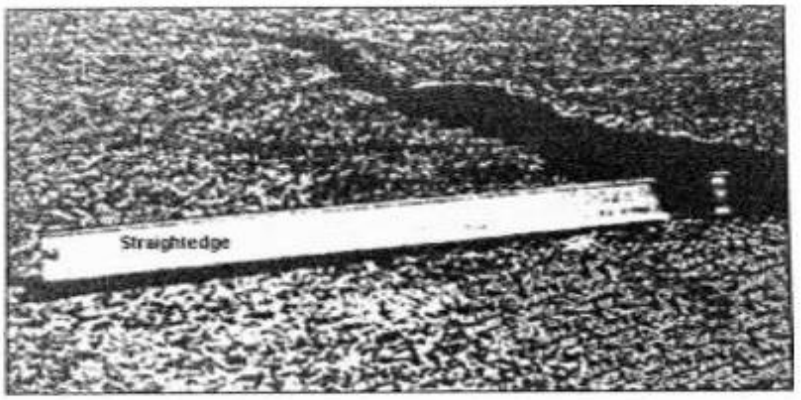
Sumber: Hardiyatmo, 2015

### 2.4.1.6 Benjol dan turun (*Bump and Sags*)

Perubahan lokal pada permukaan aspal disebut benjolan. Hal inilah yang menyebabkan kerusakan perkerasan jalan (Hardiyatmo, 2015). Kerusakan akibat benturan berbeda dengan kerusakan yang disebabkan oleh sekop, khususnya sekop yang disebabkan oleh trotoar yang berbahaya.

Konsekuensi potensial lainnya dari dampak buruk ini adalah berkurangnya kenyamanan dan keamanan. Istilah "pembengkakan" menggambarkan apa yang terjadi ketika modifikasi dilakukan pada wilayah yang luas dan perluasan area perkerasan.

Gambar 2.7 menunjukkan bongkahan yang mengalami kerusakan ringan. (Hardiyatmo, 2015)




**Gambar 2. 7** Benjol dengan tingkat kerusakan sedang (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Panjang dan tinggi gumpalan dan tetesan itulah yang diukur.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Pabrik yang tidak dipanaskan.
2. Lapisan pelapis ekstra (di atas).
3. Menambah kedalaman, baik secara dangkal atau sebagian atau seluruhnya.

Tingkat keparahan kerusakan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.9, yang digunakan untuk perhitungan PCI, identifikasi, dan pilihan perbaikan. Pada tahun 2015, Hardiyatmo

**Tabel 2.8** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Benjol dan melengkung menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan. | Belum per lu diperbaiki. |
| M | Benjol dan melengkung agak mengganggu kenyamanan kendaraan. | *Cold mill*; penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman. |
| H | Benjol dan melengkung mengakibatkan banyak gangguan kenyamanan kendaraan. | *Cold mill*; penambalan dangkal, parsial atau seluruh kedalaman; lapisan tambahan. |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

benjol dan turun (*bump and sags*)

### 2.4.2 Retak (*Crack*)

Retakan dapat terbentuk karena berbagai kondisi dan proses. Jika kekuatan ultimat perkerasan lebih rendah dari tegangan tarik lapisan aspal maka akan terjadi retakan. Sejumlah faktor dapat menyebabkan terjadinya retakan pada perkerasan jalan, antara lain bahan perkerasan yang tidak mencukupi, tanah dasar yang tidak stabil, atau bagian perkerasan di bawah lapisan permukaan (Yudaningrum, 2017). Perkerasan dengan kekuatan yang lebih rendah tidak dapat menahan tegangan tarik yang signifikan. Perkerasan jalan dibayangkan sebagai material isotropik dan elastis dalam proses desain untuk tujuan penghitungan ketebalannya.

Akibat beban lalu lintas, tegangan dan regangan tarik sebagian besar akan terjadi pada bagian dasar lapisan dan pada tingkat yang lebih rendah pada bagian atasnya.

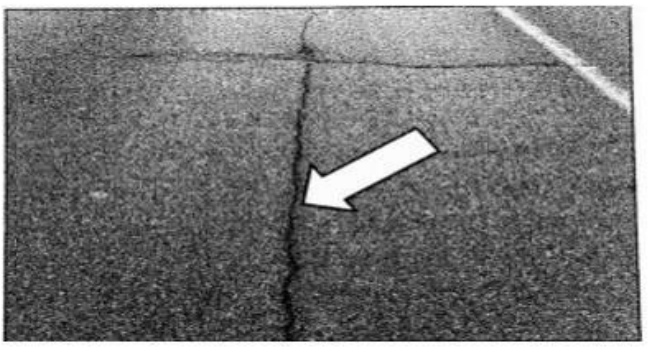
Pertimbangan berikut harus dilakukan dalam desain adonan untuk mencegah retak pada awal proses (Hardiyatmo, 2015)

1. Kadar aspal yang efektif atau ideal.
2. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, antara lain ketebalan lapisan aspal, rongga yang terisi aspal, dan rongga pada agregat mineral.
3. Sifat reologi aspal meliputi viskositas, penetrasi, dan indeks penetrasi.

#### 2.4.2.1 Retak memanjang (Longitudinal Cracks)

Retakan memanjang pada perkerasan disebabkan oleh ketidakstabilan lapisan penyangga struktur. Kerusakan perkerasan yang disebabkan oleh retakan memanjang seringkali mempunyai sedikit cabang dan mungkin tampak dalam barisan paralel atau dalam satu bentuk.

Kemungkinan lainnya adalah retakan akan menjalar ke permukaan perkerasan. Retakan dengan celah yang terlalu lebar dapat menyebabkan air masuk.



**Gambar 2. 8** Retak memanjang (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Jarak celah.
2. Dimensi retakan ditinjau dari lebar dan panjangnya.
3. Tingkat kehancurannya.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Cara memperbaiki atau menutup retakan tergantung pada tingkat dan dimensi kerusakan.

Tabel 2.10 menampilkan tingkat kerusakan perkerasan yang digunakan untuk menghitung Indeks Kondisi Perkerasan (PCI), serta untuk mengidentifikasi dan memilih metode perbaikan yang tepat (Hardiyatmo, 2015)

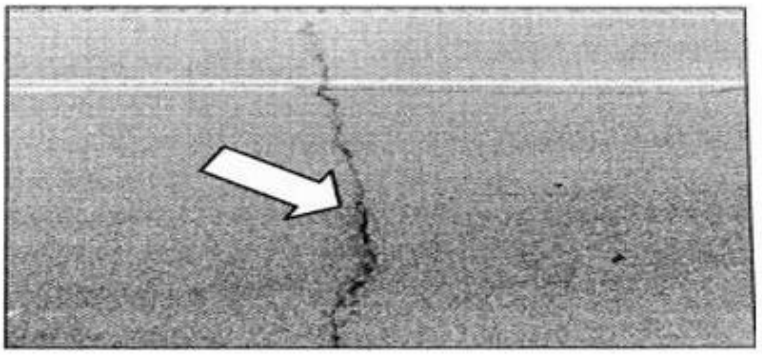
**Tabel 2.9** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan retak memanjang (*Longitudinal Cracks*)

| Tingkat kerusakan | Identifikasi kerusakan | Pilihan untuk perbaikan |
|---|---|---|
| L | Satu dari kondisi berikut yang terjadi:<br>1. Retak tak terisi, lebar < 3/8 in. (10mm) atau,<br>2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus). | Belum perlu diperbaiki; pengisian retak (seal cracks) > 1/8 in. |
| M | Satu dari kondisi berikut yang terjadi:<br>1. Retak tak terisi, lebar 3/8 - 3 in. (10 – 76 mm)<br>2. Retak tak terisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan.<br>3. Retak terisi, sembarang lebar dikelilingi retak agak acak. | Penutupan retak. |
| H | Satu dari kondisi berikut yang terjadi:<br>1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi.<br>2. Retak tak terisi > 3 in. (76 mm).<br>3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inci di sekitar retakan, pecah. | Penutupan retakan;<br>Penambalan kedalaman parsial. |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

### 2.4.2.2 Retak Melintang (*Transverse Cracks*)

Di seberang trotoar terdapat retakan tersendiri yang tidak bersambung dengan retakan lainnya. Lebar dan keseragaman tipikal retakan akibat beban adalah sekitar 15-20 cm. Rekahan melintang, yang awalnya hanya berupa retakan kecil, pada akhirnya akan meluas. Pergerakan perkerasan yang disebabkan oleh fluktuasi suhu dan penuaan, dengan penyusutan aspal sebagai media pengikat, merupakan penyebab umum lainnya dari retakan melintang. Selain itu, rekahan dapat meluas ke perkerasan jalan, yang merupakan ancaman karena air dapat merembes ke dalam lapisan dasar dan tanah dasar melalui retakan yang signifikan, sehingga melemahkan lapisan pendukung perkerasan dan membahayakan keselamatan dan kenyamanan lalu lintas. Menurut Hardiyatmo (2015), gambar 2.9 menunjukkan patahan melintang.



**Gambar 2. 9** Retak melintang (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

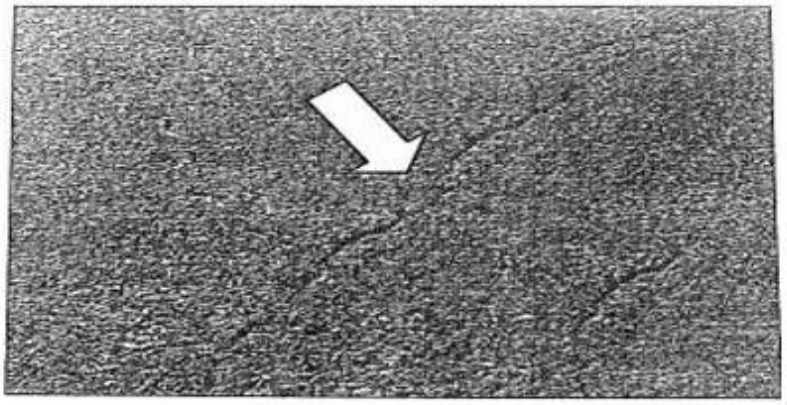
1. Panjang retak.
2. Seberapa besar area yang rusak.
3. Dimensi dan lebarnya.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

Kerusakan dan tingkat keparahannya harus menentukan ruang lingkup perbaikan. Menambal retakan dan celah adalah cara sederhana untuk mencegah air masuk ke permukaan jalan dan menjaganya tetap dalam kondisi baik. Selain itu, hal ini juga dapat menghentikan pengumpulan puing-puing di pinggiran retakan.

### 2.4.2.3 Retak diagonal (*Diagonal Cracks*)

Pada diagonal dengan perkerasan jalan terdapat celah terputus-putus. Rekahan diagonal terbentuk ketika tanah dasar tidak mampu menahan beban. Hal ini terjadi akibat beban kendaraan yang bekerja pada tepi perkerasan. Adanya butiran-butiran halus pada tepi perkerasan yang dipompa akan menyebabkan tanah dasar mengalami hilangnya daya dukung tanah akibat beban tersebut. Retakan tersebut bahkan mungkin menyebar ke area lain pada perkerasan jalan, dan hal ini akan menjadi masalah besar. Air yang merembes ke dalam pondasi dan tanah dasar melalui retakan yang lebar akan melemahkan lapisan penyangga perkerasan dan mengganggu keselamatan dan kenyamanan lalu lintas. Pada Gambar 2.10, retakan terlihat jelas. Pada tahun 2015, Hardiyatmo



**Gambar 2. 10** Retak diagonal (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Seberapa besar area yang rusak.
2. Dominasi luas dan panjang.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

Dapat dilakukan sesuai kerusakan yang terjadi.

#### 2.4.2.4 Retak Kulit Buaya (*Aligator Cracks*)

Ketidaksempurnaan dengan lebar 3 mm atau lebih yang menyerupai kulit buaya dan berbentuk jaringan persegi panjang kecil (poligon). Hanya di tempat yang terkena beban kendaraan berulang kali, seperti bekas roda, kulit buaya bisa pecah. Penurunan permukaan tanah sering kali mengikuti daerah rekahan dan dapat terjadi dimana saja pada permukaan perkerasan. Retakan yang menyebar di area perkerasan merupakan potensi bahaya lain yang dapat membahayakan keselamatan dan kenyamanan lalu lintas. Seperti terlihat pada gambar 2.11. (Hardiyatmo, 2015)

**Gambar 2. 11** Retak kulit buaya (Hardiyatmo, 2015)

**Data yang diperlukan untuk perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Seberapa besar area yang rusak.
2. Lebar retakan terbesar.
3. Lebar primer sel.

**Cara perbaikan** (Hardiyatmo, 2015)

1. Lebih dari satu lapisan (overlay).
2. Jahitan, baik sebagian atau seluruhnya.
3. Perbaikan diperlukan jika kerusakan disebabkan oleh drainase yang tidak memadai.

Seperti tersaji pada tabel 2.11.

**Tabel 2.10** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi dan pilihan perbaikan

| 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 perbaikan; lapisan tambahan (*overlay*). |
| M | Retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti gompal ringan. | Penambalan parsial, atau diseluruh 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 *rocking* akibat lalu lintas. | Penambalan kedalaman parsial; lapisan tambahan; rekonstruksi. |

Sumber: Hardiyatmo, 2015

retak kulit buaya (*Alligator Cracks)*

### 2.4.3 Kerusakan Tekstur Perkerasan

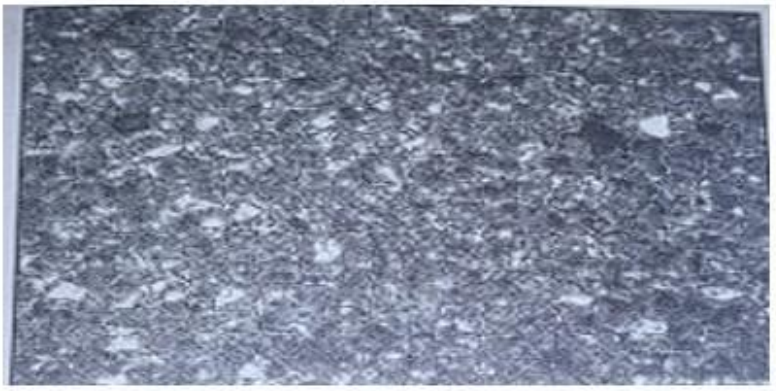
Proses ini melibatkan erosi material perkerasan secara perlahan namun stabil dari lapisan atas ke bawah. Trotoar akan memiliki bekas goresan yang sejajar atau tampak terbelah menjadi beberapa bagian kecil, seolah-olah terbakar sinar matahari. Jika dibiarkan, kualitas struktur perkerasan akan menurun.

Ada lima jenis kerusakan tekstur permukaan aspal (Hardiyatmo, 2015):

1. Kegemukan
2. Butiran lepas.
3. *Stripping.*
4. Agregat licin.
5. Terkelupas.

### 2.4.3.1 Pelapukan dan Butiran Lepas (*Weathering and Raveling*)

Keluarnya partikel agregat secara terus menerus, baik dari permukaan perkerasan ke bawah maupun dari tepi ke dalam, menyebabkan kerusakan pada permukaan perkerasan aspal. Karena hubungan antar partikel agregat lemah, permukaan perkerasan akan terkikis seiring berjalannya waktu. Gambar 2.12. (Hardiyatmo, 2015)

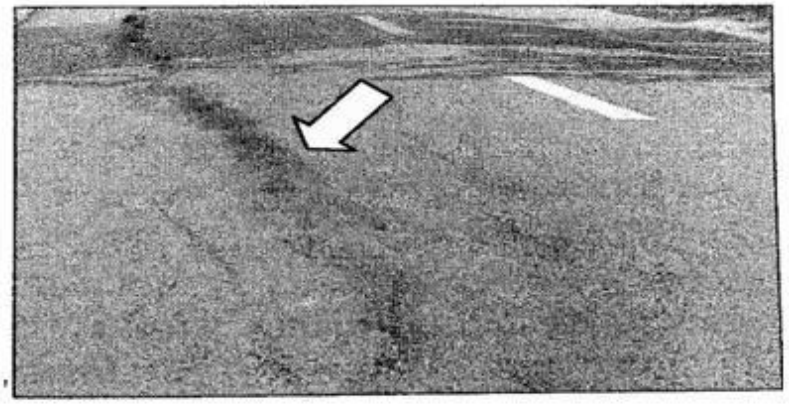


**Gambar 2. 12** Rusaknya permukaan perkerasan akibat butiran lepas (raveling). (Hardiyatmo, 2015)

**Data perbaikan yang diperlukan (Hardiyatmo, 2015) Meter persegi kerusakan**

### 2.4.3.2 Kegemukan (Bleeding/Flushing)

Jika bahan pengikat aspal melimpah, perkerasan mungkin menjadi terlalu berat dan mulai meninggi atau menonjol dari permukaannya. Gambar 2.13. Ban yang terlalu besar akan mengurangi kontak dengan agregat. Tabel 2.12 menunjukkan kerusakan pada perkerasan jalan. (Hardiyatmo, 2015)



**Gambar 2. 13** Kerusakan kegemukan *(bleeding/flushing)* (Hardiyatmo, 2015)

**Faktor-faktor penyebab kegemukan: (Yudaningrum dan Ikhwanudin, 2017)**

1. Dalam campuran aspal kadar udara terlalu rendah.
2. Pada tambalan, terlalu banyak kadar aspal pada tambalan.

| Tingkat Kerusakan | 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: Hardiyatmo (2015)

3. Terlalu tinggi kadar aspal pada campuran

**Tabel 2.11** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi kerusakan kegemukan (*bleeding/flushing*)

### 2.4.4 Lubang (*Potholes*)

Gambar 2.14 menunjukkan bahwa lapisan keausan dan material terkikis dari lapisan pondasi perkerasan sehingga menyebabkan kerugian permukaan berupa lubang. Keausan ini disebabkan oleh gesekan terus menerus pada lubang-lubang kecil. Tabel 2.12 menampilkan tingkat kerusakan dan identifikasi kerugian.

**Gambar 2. 14** Kerusakan lubang *(potholes)* (Hardiyatmo, 2015)

**Faktor-faktor penyebab kerusakan lubang:** (Yudaningrum dan Ikhwanudin, 2017)

1. Bahan yang tidak selaras untuk lapisan permukaan.
2. Karena lapisan permukaannya yang tipis, pelapukan dapat dengan mudah memutus ikatan antara aspal dan agregat.
3. Karena sistem drainase yang tidak memadai, sejumlah besar air meresap ke dalam lapisan perkerasan.
4. Karena retakan tidak segera ditutup, air bisa bocor dan menyebabkan terbentuknya lubang-lubang kecil.

**Tabel 2.12** Tingkat kerusakan perkerasan aspal, identifikasi kerusakan lubang (*patholes*)

| Kedalaman maksimum | Diameter rata-rata lubang | | |
|---|---|---|---|
| | 3 – 8 in. (102 – 203 mm) | 8 – 18 in. (203 – 457 mm) | 18 – 30 in. (457 – 762 mm) |
| ½ – 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, penambahan parsial atau di seluruh kedalaman.<br>M: Penambahan parsial atau di seluruh kedalaman.<br>H: Penambahan di seluruh kedalaman. | | | |

Sumber: Hardiyatmo (2015)

## 2.5 Penilaian Kondisi Jalan dengan *Pavement Condition Index* (PCI)

Dengan komputasi menggunakan pendekatan PCI, pengamatan visual di lapangan dapat dilakukan. Sebagai hasil dari memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang pengumpulan data, jenis, dan jumlah kerusakan, data yang dikumpulkan dari observasi menawarkan solusi langsung berdasarkan kerusakan dibandingkan dengan teknik SDI. Pada tahun 2015, Hardiyatmo

Pendekatan PCI melibatkan tingkatan berikut:

### 2.5.1 Menetapkan deduct value

a. Akumulasi kerusakan di area paling parah.

b. Hitung hasil bagi dari hasil perhitungan a) dan banyaknya jalur untuk menentukan kepadatan sebagaimana dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2:

Kerapatan (Density) (%) = $\frac{Ad}{As} x100$ ……(2.1)

atau

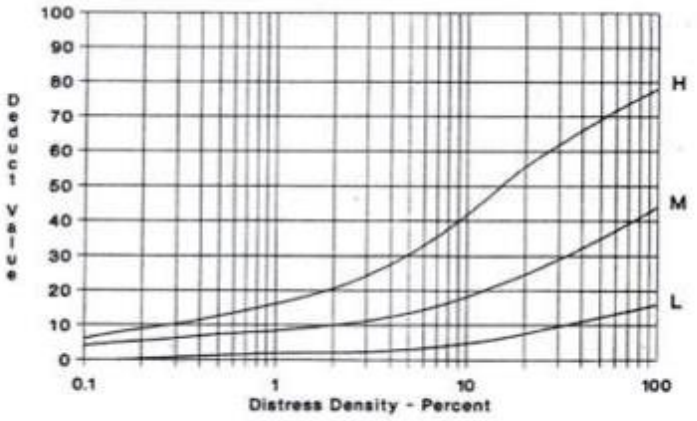
Kerapatan (Density) (%) = $\frac{Ld}{As} x100$ ……(2.2)

Keterangan:

Ad = Luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan ($ft^2$ atau $m^2$)

As = Luas total unit sampel ($ft^2$ atau $m^2$)

Ld = Panjang total jenis kerusakan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan ($ft^2$ atau $m^2$)




**Gambar 2. 15** kurva penentu deduct value (Hardiyatmo, 2015)

c. Hitung nilai negatif untuk setiap kategori bahaya dan kombinasi tingkat intensitas sesuai dengan kurva penentuan nilai negatif pada Gambar 2.15. Nilai DV yang diperoleh harus sesuai dengan jenis permukaan jalan tertentu, baik perkerasan aspal maupun beton. Untuk perkerasan aspal, jika nilai DV lebih besar dari 2 (q = 2), maka nilai DV yang dibutuhkan juga harus lebih besar dari 2. Angka DV yang lebih besar dari 5 (q = 5) menunjukkan bahwa DV boleh digunakan nilai untuk beton dan perkerasan bandara. Nilai yang digunakan harus melebihi 5 (lima). Jika hanya ada satu nilai berbeda (DV), maka dapat langsung digunakan sebagai nilai pengurangan total (TDV). Jika nilai Dv melebihi satu, maka perlu ditentukan nilai CDV maksimal.

### 2.5.2 Menentukan nilai pengurangan terkoreksi (*Corrected Deduct Value*, CDV)

Nilai negatif yang dikoreksi ditentukan dengan memplot kurva antara jumlah nilai negatif dan nilai terkait (q), menggunakan kurva yang sesuai dari Gambar 2.15. Untuk menentukan CDV, ikuti langkah berikut: nilai DV harus melebihi 2 (q = 2) dan disesuaikan dengan mengurangkan nilai pengurangan izin (mi).

Acuan mencari nilai DV dapat dilakukan dengan langkah sebagaimanapenjelasan ini:

$m_i = 1 + (\frac{9}{98})(100 - HDVi)$ ……(2.3)

Dengan,

$m_i$ = nilai pengurang ijin

$HDV_i$ = nilai pengurang DV tertinggi *(Highest Deduct Value*)

1. Dengan asumsi ada 4 nilai DV, pilih nilai DV yang lebih besar dari 2 (q=2).
2. Tentukan nilai mi.
3. Bandingkan nilai mi dengan total kumulatif nilai DV pada titik 1. Jika nilai mi yang ditentukan adalah 5, maka mi lebih besar dari DV, atau mi = 5 lebih besar dari DV = 4, yang berarti semua nilai data DV harus sama. dimasukkan dalam perhitungan berikutnya. Jika nilai mi lebih kecil dari nilai DV, maka nilai yang digunakan adalah nilai DV lebih dari 2 yaitu q = 2.

Nilai TDV diperoleh dengan menjumlahkan nilai DV melalui beberapa iterasi hingga nilai q mendekati 1, yang mana nilai TDV menjadi setara dengan nilai

CDV. Contohnya,

1. Ada total empat nilai DV.
2. Mengingat DV bernilai 4, maka q juga bernilai 4. Jumlah nilai-nilai tersebut adalah TDV. Nomogram menggambarkan hubungan antara TDV dan CDV ketika q sama dengan 4.
3. Lanjutkan iterasi dengan mensubstitusi satu nilai DV kecil 1 dengan bilangan q = 2, lalu menjumlahkan semua bilangan tersebut untuk mendapatkan tdv. Lihat grafik 2.16 untuk mendapatkan nilai CDV ketika q sama dengan 3.
4. Langkah selanjutnya adalah mensubstitusi 2 (dua) nilai DV dengan nilai numerik q = 2, untuk 2 (dua) nilai DV terendah. Selanjutnya akan dihitung penjumlahan seluruh nilai DV untuk mendapatkan TDV, menggunakan grafik 2.16 dengan q = 2.
5. Untuk mendapatkan iterasi terakhir, substitusikan ketiga nilai DV dengan angka q = 2 untuk tiga nilai DV terendah. Kemudian menghitung jumlah seluruh nilai DV untuk memperoleh TDV, menggunakan grafik 2.16 dengan q = 1.

Gunakan nilai CDV tertinggi (CDV maksimum) yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan pada Langkah 1 hingga 4. Untuk mendapatkan nilai PCI gunakan rumus berikut:

PCI(s) = 100 – CDV ……(2.4)

dengan,

PCI(s) = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit

CDV = *Correct Deduct Value* untuk tiap unit

Untuk nilai PCI keseluruhan:

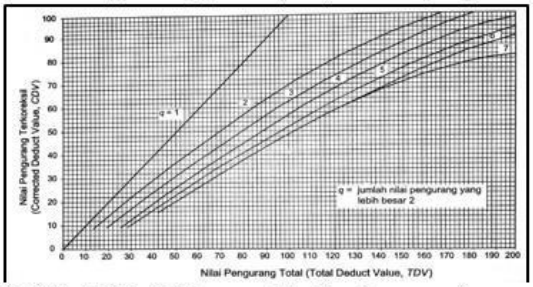
PCI = (∑PCI(s)/ N) ……..(2.5)

Dengan,

PCI = Nilai PCI perkerasan keseluruhan

PCI(s) = Nilai PCI untuk tiap unit

N = Jumlah unit




**Gambar 2. 16** Grafik Koreksi kurva untuk jalan dengan perkerasan dengan permukaan aspal

**Tabel 2.13** Nilai PCI dan kondisi perkerasan

| Nilai PCI | Kondisi |
|---|---|
| 0 – 10 | Gagal *(failed)* |
| 11 – 25 | Sangat Buruk *(very poor)* |
| 26 – 40 | Buruk *(poor)* |
| 41 – 55 | Sedang *(fair)* |
| 56 – 70 | Baik *(good)* |
| 71 – 85 | Sangat Baik *(very good)* |
| 86 – 100 | Sempurna *(Excellent)* |

Sumber: Hardiyatmo (2015)

## 2.6 Penanganan Jalan

Identifikasi memungkinkan penemuan terapi yang digunakan di wilayah tertentu. Perlakuan tersebut dapat dimodifikasi untuk mengakomodasi kebutuhan khusus perkerasan jalan. Dokumen tersebut diketahui bernama Bina Marga, No. 018/T/BNKT/1990.

Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Menurut PERMEN PU RI NOMOR 13/PRT/M/2011

**a. Pemeliharaan rutin** adalah tugas-tugas yang terlibat dalam menjaga ruas jalan yang dilayani dengan baik dalam kondisi prima dan memelihara bagian-bagian tersebut.

**b. Pemeliharaan berkala** adalah operasi untuk mengendalikan penyebaran kerusakan dan memperhitungkannya dalam perancangan, sehingga kondisi jalan dapat distabilkan sesuai rencana, dan setiap kerusakan yang terjadi dapat diperbaiki.

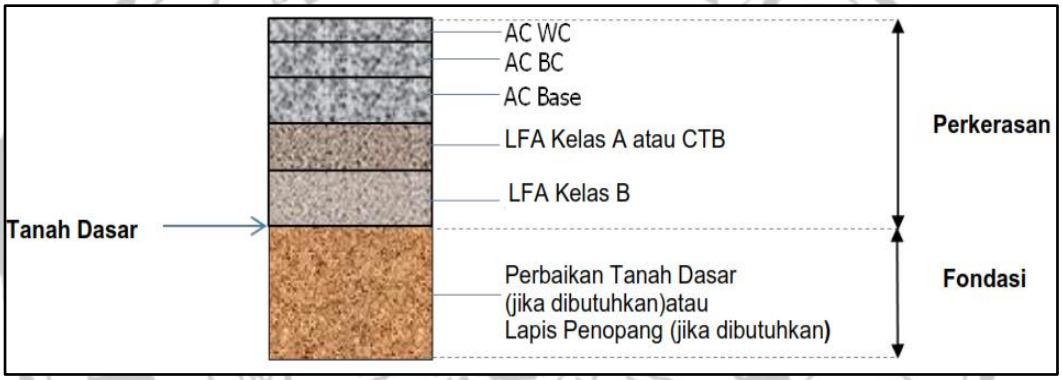
**c. Pemeliharaan Rehabilitasi** termasuk memperbaiki kerusakan jalan dan melakukan pelapisan ulang aspal, yang sering disebut pelapisan ulang (overlay), untuk menjaga jalan tetap dalam kondisi baik sesuai umur yang diharapkan.

**d. Peningkatan Rekonstruksi** Mengembalikan bagian jalan yang rusak berat ke keadaan stabil sesuai umur rencana memerlukan renovasi struktur, yaitu kegiatan penanganan yang meningkatkan kapasitas jalan.

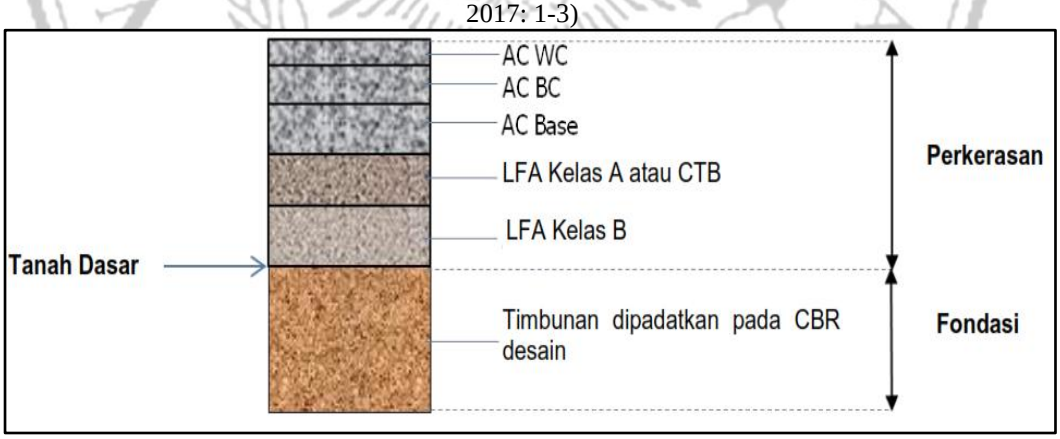
## 2.7 Merencanakan Pekerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2017

Metode Bina Marga 2017 ada dua bagian. Bagian 1 merinci tata cara pembuatan perkerasan jalan, sedangkan Bagian 2 merinci proses perbaikan jalan. Selain itu, pendekatan ini memperjelas faktor-faktor yang harus dipertimbangkan ketika merencanakan konstruksi perkerasan jalan. Pendekatan ini mempertimbangkan empat permasalahan: suhu tinggi, curah hujan tinggi, tanah tidak memadai atau lunak, dan beban berlebihan.

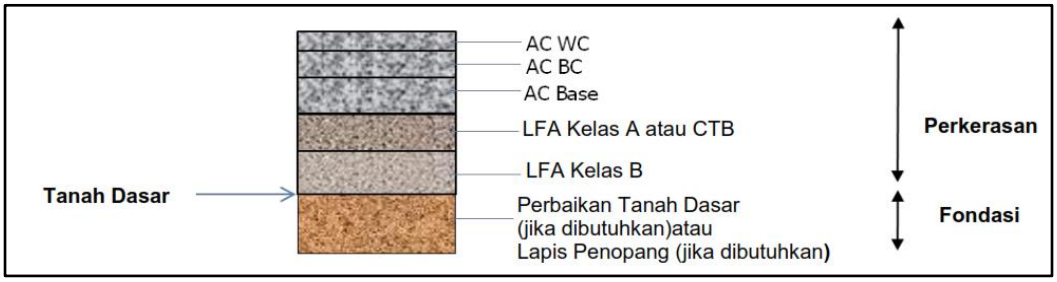
Urutan struktur yang diterapkan pada struktur perkerasan baru yaitu bagian perkerasan dan permukaan tanah dasar ditunjukkan pada Gambar 2.17, 2.18, dan 2.19.




**Gambar 2.17** Struktur Perkerasan Lentur pada Tanah Dasar (Kementerian Pekerjaan Umum, 2017: 1-3)




**Gambar 2.18** Struktur Perkerasan Lentur pada Tanah Timbunan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2017: 1-3)




**Gambar 2.19** Struktur Perkerasan Lentur pada Tanah Galian (Kementerian Pekerjaan Umum, 2017: 1-3)

### 2.7.1 Umur Rencana (UR)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2017: 2-1), proyeksi umur atau disebut juga umur layanan yang direncanakan, ditentukan dengan menghitung tahun sejak suatu jalan pertama kali dibuka hingga memerlukan atau diperkirakan memerlukan perbaikan besar. Perencanaan umur permukaan jalan baru dilakukan sesuai Tabel 2.14.

**Tabel 2.11** Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (tahun) |
|---|---|---|
| Perkerasan lentur | Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB | 20 |
| | Pondasi jalan | 40 |
| | Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. | |
| | Cement Treated Based | |
| Perkerasan Kaku | Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan. | |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen | Minimum 10 |

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 2-1)

### 2.7.2 Analisis Volume Lalu Lintas

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2017: 4-1), kriteria utama yang digunakan untuk perhitungan volume lalu lintas adalah data yang dikumpulkan dari pengemudi lalu lintas, yang menentukan beban lalu lintas yang ditanggung sepanjang tahap perencanaan. Dalam proses penanganannya dilansir

menggunakan acuan MKJI dalam menentukan volume lalulintas pada jam paling padat.

### 2.7.3Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 2.15 menjelaskan perkiraan faktor pertumbuhan lalu lintas menggunakan statistik kenaikan jumlah penduduk menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2017: 4-2). Jika Anda tidak memiliki akses ke data ini, tabel berikut dapat digunakan untuk menentukan nilai minimal.

**Tabel 2.15** Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

| Fungsi Jalan | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|---|---|---|---|---|
| Arteri dan perkotan (%) | 4,80 | 4,83 | 5,14 | 4,75 |
| Kolektor rural (%) | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| Jalan desa (%) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 4-2)

Persamaan 2.1 dan 2.2 dibawah digunakan untuk menganalisa pertumbuhan lalu lintas kumulatif selama umur perencanaan serta pertambahan lalulintas.

$$R = \frac{(1+0{,}01i)^{UR}-1}{0{,}01i} \ldots\ldots\ldots(2.1)$$

Dengan:

R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas

i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan

UR = Umur Rencana (tahun)

$$Vn = V(1+t)^{n} \ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

Dimana:

Vn = Volume Lalu Lintas Rencana

V = Volume Lalu Lintas Awal

t = Asumsi Pertumbuhan Lalu lintas (%)

n = Tahun Rencana

### 2.7.4 Faktor Distribusi Lajur

Faktor Setara Beban, seperti dilansir Direktorat Jenderal Bina Marga (2017: 4-3) Faktor Kerusakan Kendaraan (VDF) dapat dihitung sebagai perkiraan faktor setara beban dibagi dengan:

1. Penelitian menggunakan jembatan timbang, timbangan statis, atau pemodelan informasi tertimbang (WIM) (survei langsung).
2. Melakukan survey beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang dinilai cukup representatif.
3. Direktorat Bina Marga telah merilis statistik WIM regional.

**Tabel 2.12** Pengumpulan data beban gandar

| Spesifikasi Penyedia Prasarana Jalan | Sumber Data Beban Lalu Lintas |
|---|---|
| Jalan Bebas Hambatan | 1 atau 2 |
| Jalan Raya | 1 atau 2 atau 3 |
| Jalan Sedang | 2 atau 3 |
| Jalan Kecil | 2 atau 3 |

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 4-4)

**Tabel 2.13** Nilai VDF masing – masing jenis kendaraan niaga

| Jenis Kendaraan | Sumatera | | | | Jawa | | | | Kalimantan | | | | Sulawesi | | | | Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Beban Aktual | | Normal | | Beban Aktual | | Normal | | Beban Aktual | | Normal | | Beban Aktual | | Normal | | Beban Aktual | | Normal | |
| | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 | VDF 4 | VDF 5 |
| 5B | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 6A | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| 6B | 4,5 | 7,4 | 3,4 | 4,6 | 5,3 | 9,2 | 4,0 | 5,1 | 4,8 | 8,5 | 3,4 | 4,7 | 4,9 | 9,0 | 2,9 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 2,5 | 3,0 |
| 7A1 | 10,1 | 18,4 | 5,4 | 7,4 | 8,2 | 14,4 | 4,7 | 6,4 | 0,99 | 18,3 | 4,1 | 5,3 | 7,2 | 11,4 | 4,9 | 6,7 | - | - | - | - |
| 7A2 | 10,5 | 20,0 | 4,3 | 5,6 | 10,2 | 19,0 | 4,3 | 5,6 | 9,6 | 17,7 | 4,2 | 5,4 | 9,4 | 19,1 | 3,8 | 4,8 | 4,9 | 9,7 | 3,9 | 6,0 |
| 7B1 | - | - | - | - | 11,8 | 18,2 | 9,4 | 13,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7B2 | - | - | - | - | 13,7 | 21,8 | 12,6 | 17,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7C1 | 15,9 | 29,5 | 7,0 | 9,6 | 11,0 | 19,8 | 7,4 | 9,7 | 11,7 | 20,4 | 7,0 | 10,2 | 13,2 | 25,5 | 6,5 | 8,8 | 14,0 | 11,9 | 10,2 | 8,0 |
| 7C2A | 19,8 | 39,0 | 6,1 | 8,1 | 17,7 | 33,0 | 7,6 | 10,2 | 8,2 | 14,7 | 4,0 | 5,2 | 20,2 | 42,0 | 6,6 | 8,5 | - | - | - | - |
| 7C2B | 20,7 | 42,8 | 6,1 | 8,0 | 13,4 | 24,2 | 6,5 | 8,5 | - | - | - | - | 17,0 | 28,8 | 9,3 | 13,5 | - | - | - | - |
| 7C3 | 24,5 | 51,7 | 6,4 | 8,0 | 18,1 | 34,4 | 6,1 | 7,7 | 13,5 | 22,9 | 9,8 | 15,0 | 28,7 | 59,6 | 6,9 | 8,8 | - | - | - | - |

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 4-5)

### 2.7.5 Menghitung Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 4-7), yang dinamakan Beban sumbu standar kumulatif adalah penjumlahan secara menyeluruh beban lalulintas pada lajur yang direncanakan sesuai umur perrencanaan dengan indeks VDF tiap jenis kendaraan aktifitas, dirumuskan menjadi persamaan dibawah.

$$ESATH\text{-}1 = (\Sigma\ LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Agar mendapatkan nilai CESA5 dapat di lakukan perkalian dengan nilai TM *(Traffic Multiplier)* di Indonesia menurut kementrian PU 2017 sekitar 1,8-2.

### 2.7.6 Desain Struktur Perkerasan

Dalam pemilihan jenis perbaikan perkerasan berbagai macam cara, menyesuaikan volum dan umur perencanaan lalulintas serta kondisi jalan (Direktorat Jendral Bina Marga 2017: 3-1). Untuk menghasilkan design yang paling efektif penting sekali menggunakan data lalulintas dan harus memuat semua jenis kendaraan umum yang melintas. Jenis kendaraan yang memiliki beban paling berat memiliki pengaruh yang besar terhadap kondisi perkerasan jalan. Dalam melakukan survei, keakuratan sangat mempengaruhi hasil, bila didapatkan kesalahan pada data maka perlu melakukan penghitungan lalulintas sebelum akhir perencanaan dilakukan.

**Tabel 2.14** Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat Bagan desain 3A, 3B, 3C | Lihat Bagan Desain 4 untuk Alternatif Perkerasan Kaku | | | |
| Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana ($10^6$ $ESA_5$) | >10 - 30 | >30 – 50 | >50 – 100 | >100 – 200 | >200 - 500 |
| Jenis permukaan berpengikat | AC | | | | |
| Jenis lapis pondasi | Cement Treated Base (CTB) | | | | |
| AC WC | 40 | 40 | 40 | 50 | 50 |
| AC BC | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| AC BC atau AC Base | 75 | 100 | 125 | 160 | 220 |
| CTB | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Fondasi agregat Kelas A | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2017: 7-14)

## 2.8 Analisis Harga Satuan

Biaya pelaksanaan, yang mencakup penentuan seluruh jumlah yang dibutuhkan untuk bahan dan gaji, serta pengeluaran proyek lainnya, adalah inti dari Rencana Anggaran Biaya (RAB), menurut (Nurcholis Syawaldi). Langkah-langkah yang harus dilakukan agar siap menghadapi RAB:

1. Harga satuan luas lantai per meter persegi ditentukan dengan menggunakan Perkiraan Biaya Kotor (Estimate). Meskipun demikian, RAB yang dihitung dengan cermat juga dapat diperoleh dari total anggaran.
2. Perhitungan yang cermat dan menyeluruh yang dilakukan sesuai dengan aturan dan keadaan untuk membuat perkiraan biaya merupakan anggaran biaya yang akurat.

Melakukan perubahan harga pelaksanaan pekerjaan menjadi alasan dibuatnya RAB. Selain itu juga dalam rangka efisiensi dan keberhasilan pelaksanaan pembangunan struktur. Dalam menyelesaikan sesuatu, RAB adalah pusat sarafnya.

## 2.9 Analisis Harga Satuan Dasar

Bagian dari sistem penetapan harga satuan kerja (HSP) (Kementerian PUPR). Setelah data HSD diperoleh, informasi tersebut perlu dimasukkan ke dalam program rekapitulasi data untuk menentukan RAB. RAB tersebut kemudian dikalikan dengan volume pekerjaan. Pekerjaan di HSD, peralatan HSD, dan perlengkapan HSD adalah tiga kategori utama.

a. HSD Tenaga Kerja

Penetapan bahan acuan baku penetapan harga upah sesuai peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) sebagai HSD Tenaga Kerja (Kementerian PUPR) merupakan langkah awal dalam menghitung harga satuan pekerja.

Menemukan HSD tenaga kerja, yang merupakan bahan acuan standar penetapan harga upah, merupakan langkah awal dalam menentukan harga per unit pekerjaan. Berikut tata cara penetapan HSD ketenagakerjaan tahun 2016 yang dijabarkan Kementerian Pekerjaan Umum:

Pastikan apakah pekerja massal (P), tukang (Tx), MANdor (M), atau kepala pengrajin (KaT) diperlukan untuk tenaga kerja tersebut.

1. Peraturan daerah (Gubernur, Walikota, Bupati) dan data pengupahan dari survei tempat-tempat yang berdekatan digunakan untuk menyusun data gaji ini, yang dapat diterapkan di wilayah tempat pekerjaan itu akan dilakukan.
2. Selama masa kontrak, sebaiknya memperhatikan tenaga kerja yang didatangkan dari luar daerah dengan mempertimbangkan biaya makan, perumahan, dan transportasi.
3. Hitung berapa jam efektif dalam sehari (7 jam) dan berapa hari efektif dalam sebulan (24–26).

4. Cari tahu berapa biaya untuk membayar karyawan dengan tarif per jam.
5. Hitung upah rata-rata per jam dengan menjumlahkan seluruh pengeluaran gaji.

b. HSD Alat

Memerlukan data gaji operator atau pengemudi, spesifikasi peralatan (tenaga mesin, kapasitas kerja peralatan, umur ekonomis peralatan, jam kerja dalam satu tahun), harga peralatan, serta faktor investasi peralatan termasuk suku bunga bank, asuransi peralatan. Perangkat HSD meliputi biaya tetap per jam dan biaya operasional per jam (Kementerian PUPR).

c. HSD Bahan

Faktor yang berpengaruh dalam menentukan suatu bahan meliputi kualitas, kuantitas, dan lokasi asli bahan tersebut. Ditentukan berdasarkan spesifikasi yang beredar dan telah disepakati.

Untuk mengontrol harga penawaran penyedia suatu bahan diperlukan data harga satuan dasar. HSD dikelompokkan menjadi:

1. Harga bahan baku dasar per unit, termasuk batu, pasir, semen, baja bertulang, dan sebagainya.
2. Nilai per unit bahan olahan, seperti agregat (baik kasar maupun halus), semen, beton, dan aspal.
3. Material yang dianggap selesai, seperti tiang pancang, geosintetik, beton pracetak, dan panel pracetak, dikenakan HSD.

Pertama, untuk setiap satuan ukuran standar, dapatkan harga referensi bahan baku atau HSD bahan. Hanya dengan begitu Anda dapat menghitung harga satuan pekerjaan. Data bahan mentah, serta biaya produk dan transit dari bahan mentah ke bahan olahan, diperlukan untuk analisis bahan HSD.