

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perbaikan jalan yang akan dilakukan mempunyai tujuan yaitu agar mampu memberikan pelayanan yang optimal sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Salah satu cara untuk dapat memperbaiki atau membangun konstruksi jalan raya, yaitu dengan cara merencanakan atau mendesain tebal perkerasan lentur jalan dengan memahami dan menggunakan beberapa metode. Penggunaan metode yang tepat akan menjamin kekuatan jalan raya. Sehubungan dengan ini, perkerasan jalan raya sangat penting yang dijlaskan didalam Undang-undang No.13 tahun 1980 dan Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 1985, menyebutkan bahwa transportasi adalah salah satu prasarana perhubungan darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional (Made, 2018).

2.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang diperlukan dalam suatu sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat dengan tempat lainnya. Secara umum ada dua jenis jalan yaitu jalan aspal dan jalan beton. Namun setiap jenis jalan mempunyai pembagian dan klasifikasi jalan.

Klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya, dapat dibagi menjadi 3 sebagai berikut (Indriani Made Novia, 2018):

1. Jalan Arteri

Jalan arteri merupakan jalan perkotaan berkapasitas tinggi yang dapat menempuh jarak jauh, memiliki kecepatan rata-rata yang tinggi dan jumlah kendaraan yang melaju terbatas. Jalan arteri yaitu jalan yang terletak di luar pusat perdagangan.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan umum yang melayani lalu lintas kolektif dan mempunyai ciri-ciri jarak tempuh sedang, kecepatan rata-rata sedang dan

jumlah pintu masuk yang terbatas. Jalan kolektor ialah jalan yang berada di pusat-pusat perdagangan.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah masuk tidak di batasi. Jalan lokal yaitu jalan yang terletak didaerah pemukiman.

Klasifikasi jalan berdasarkan kelas jalan dibedakan menjadi empat bagian sebagai berikut (Silvia Sukirman, 2010):

1. Jalan Kelas I, ialah jalan arteri dan kolektor yang bisa dilalui oleh kendaraan bermotor dengan lebar <2,5 m, panjang <18 m, tinggi <4,2 m dan muatan sumbu terberat 10 ton.
2. Jalan Kelas II, ialah jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar <2,5 m, panjang <18 m, tinggi <4,2 m dan beban gandar maksimal 10 ton.
3. Jalan Kelas III A, ialah jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui oleh kendaraan bermotor dengan lebar <2,5 m, panjang <18 m, tinggi <4,5 m dan beban gandar maksimal 8 ton.
4. Jalan Kelas III B, merupakan ialah jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar <2,5 m, panjang <12 m, tinggi <4,5 m dan beban gandar maksimal 8 ton.
5. Jalan Kelas III C, ialah jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan lebar <2,10 m, panjang <9 m, tinggi <4,5 m dan beban gandar maksimal 8 ton.

Klasifikasi jalan berdasarkan status jalan umum dapat dibedakan menjadi empat berikut (Silvia Sukirman, 2010):

1) Jalan Nasional

Jalan Nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, jalan strategis nasional serta jalan tol.

2) Jalan Kabupaten

Jalan Kabupaten merupakan jalan yang menghubungkan antara ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, juga antar desa dalam satu kabupaten.

3) Jalan Kota

Jalan perkotaan ialah jalan umum dalam jaringan jalan sekunder yang menghubungkan pusat pelayanan kota, pusat pelayanan kota, pusat pelayanan real estate, pusat real estate dan pemukiman kota.

4) Jalan Desa

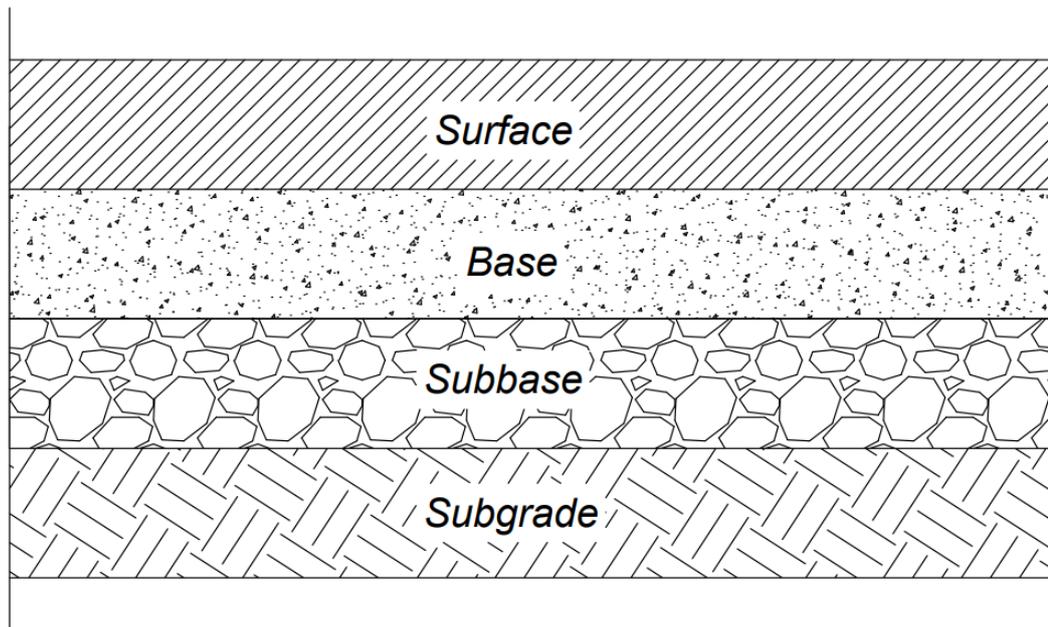
Jalan Desa merupakan jalan umum yang menghubungkan antar kawasan atau pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.3 Jenis Perkerasan Jalan

Dalam proses perbaikan jalan terdapat salah satu langkah penting yaitu perkerasan jalan yang merupakan penguatan permukaan jalan dengan lapisan konstruksi yang memiliki kekuatan, ketebalan, kekakuan dan kestabilan yang memadai. Jenis-jenis perkerasan jalan dapat dibedakan berdasarkan bahan pengikat sebagai berikut (Crhistiady, 2011):

2.3.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Aspal sendiri ialah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang yang berbentuk sampai agak padat. Keunggulan perkerasan aspal yaitu kemampuannya untuk memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar. Namun, penggunaan jenis perkerasan ini juga memiliki kelemahan seperti munculnya rutting atau alur bekas roda akibat beban berulang, perkerasan aspal juga rentan terhadap jalan bergelombang yang disebabkan oleh penurunan lapisan tanah dasar. Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah di padatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan bawah, sehingga beban yang diterima lapisan tanah bawah lebih kecil dari beban yang diterima lapisan atas dan lebih kecil dari daya dukung lapisan tanah bawah.



(Sumber: Sukirman, 1992)

Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan bagian perkerasan yang paling atas dan berfungsi sebagai berikut:

- a. Lapisan permukaan bantalan roda, harus stabil dalam menahan beban roda selama pelayanan.
- b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak menembus lapisan di bawahnya dan melemahkannya.
- c. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih buruk (Sukirman, 1999).

Untuk mencapai fungsi di atas, lapisan permukaan umumnya dibuat dengan bahan pengikat aspal, yang memberikan lapisan kedap air dengan stabilitas tinggi dan masa pakai yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia sebagai berikut:

- a. Lapisan bersifat non struktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Adapun perbedaan syarat-syarat dari jenis lapisan sebagai berikut:

- Laburan Batu Satu Lapis (BURTU) ialah lapisan permukaan yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi lapisan agregat berbutir seragam. Ketebalan maksimum 20 mm.
- Laburan Batu Dua Lapis (BURDA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.
- Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) ialah lapisan permukaan yang terdiri atas campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, disebar dan dipadatkan secara panas pada suhu tertentu.
- Laburan Aspal (BURAS) ialah lapisan permukaan yang terdiri dari lapisan aspal yang dilapisi pasir dengan ukuran butir maksimal 9,6 mm atau 3/8 inci.
- Lapis Tipis Asbuton Murni (LATASBUM) ialah lapis permukaan yang terdiri atas campuran asbuton dingin dan bahan plastisasi dengan perbandingan tertentu. Ketebalan maksimum 10 mm.
- Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran natara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal padat antara 25 mm sampai 30 mm.

Jenis lapisan permukaan diatas walaupun bersifat nonstruktural, namun dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Jenis lapisan perkerasan ini terutama digunakan untuk pemeliharaan jalan.

b. Lapisan tersebut bersifat struktural dan berfungsi sebagai lapisan yang memelihara dan mendistribusikan beban pada roda kendaraan. Adapun perbedaan syarat-syarat dari jenis lapisan sebagai berikut:

- Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN) merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila

akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu di beri kaburan aspal dengan batu penutup. Tebal maksimum 40 mm sampai 100 mm.

- Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG) merupakan Campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 30 mm sampai 50 mm.
- Lapis Aspal Beton (LASTON) ialah lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal keras yang dicampur, disebar dan dipadatkan secara panas pada suhu tertentu.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas terletak di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat. Oleh karena itu, bahan yang digunakan harus berkualitas tinggi dan pembangunannya harus dilakukan dengan hati-hati.

Lapisan pondasi atas (*Base Course*) mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lateral beban roda dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas (*Base Course*) merupakan material yang cukup kuat. Untuk pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50% Plastisitas Index (PI) < 4% bahan-bahan alam, seperti batu pecah, kerikil pecah.

Secara umum jenis lapis pondasi atas (*Base Course*) yang digunakan di Indonesia sebagai berikut:

- a. Agregat bergradasi baik, dapat dibagi menjadi batu pecah kelas A, batu pecah kelas B dan batu pecah kelas C. Pada batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B. sedangkan pada batu pecah kelas B mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas C. Kriteria setiap jenis lapisan dapat dilihat pada spesifikasi material.
- b. Pondasi Macadam

- c. Pondasi Telford
- d. Penetrasi Macadam (LAPEN)
- e. Aspal Beton Pondasi (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*)
- f. Stabilitasi yang terdiri dari:
 - Stabilitasi Agregat dengan Semen (*Cement Treated Base*)
 - Stabilitasi Agregat dengan Kapur (*Lime Treated Base*)
 - Stabilitasi Agregat dengan Aspal (*Asphalt Treated Base*)

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub-base Course*)

Lapisan pondasi bawah (*Sub-base Course*) ialah bagian jalan yang berada di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah (*Sub-base Course*) memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Bagian struktur perkerasan yang digunakan untuk menyalurkan beban roda ke permukaan tanah. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR (20% dan Palastisitas Index (PI) > 10%.
- b. Efisiensi penggunaan material. Harga material bawah permukaan relative murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Mengurangi ketebalan lapisan di atasnya, sehingga biayanya lebih mahal.
- d. Lapisan peresapan, yang mencegah air tanah terakumulasi di pondasi.
- e. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini disebabkan oleh kondisi tanah yang memerlukan segera penutup tanah untuk melindungi unsur-unsur tersebut atau karena rendahnya daya dukung tanah untuk menopang roda alat berat
- f. Lapisan yang mencegah partikel halus menembus lapisan atas pondasi.

Pada umumnya jenis lapisan pondasi bawah (*Sub-base Course*) yang digunakan di Indonesia sebagai berikut:

- a. Agregat bergradasi baik, dibagi menjadi serti/pitrun yang selanjutnya dibagi menjadi kelas A, kelas B, kelas C.
- b. Stabilitasi yang terdiri dari:
 - Stabilitasi Agregat dengan Semen (*Cement Treated Sub-base*)
 - Stabilitasi Agregat dengan Kapur (*Lime Treated Sub-base*)
 - Stabilitas Tanah dengan Semen (*Soil Cement Stabilization*)
 - Stabilitasi Tanah dengan Kapur (*Soil Lime Stabilization*)

4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*) merupakan lapisan tanah setebal 5-10 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar subgrade yang dapat berupa tanah asli dipadatkan (jika tanah aslinya bagus), tanah dibawa dari tempat lain dan dipadatkan, atau tanah distabilkan dengan kapur atau bahan lainnya. Lapisan tanah dasar dapat dibagi menjadi;

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli

Kekuatan dan ketahanan struktur permukaan jalan sangat bergantung pada sifat penahan beban lapisan tanah di bawahnya. Persoalan tanah dasar yang sering ditemui adalah sebagai berikut:

- a. Deformasi permanen pada beberapa jenis tanah akibat beban hidup.
- b. Sifat muai dan menyusut beberapa tanah akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti akibat perbedaan sifat dan kedudukan tanah, juga disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi.
- d. Perbedaan penurunan (*Differential Settlement*) akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah yang lunak dan mengakibatkan perubahan bentuk tetap.
- e. Kondisi geologis dari lokasi jalan khususnya jalanan yang berada pada daerah patahan (Made Novia Indriani, 2018).

2.3.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku sering dikenal sebagai jalan beton yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Lapisan atas struktur ini berupa pelat beton yang diletakkan di atas tanah atau di atas pondasi. Pelat beton memiliki kemampuan untuk menanggung sebagian besar beban lalu lintas, namun rentan terhadap akibat pengulangan beban. Dalam konstruksi, pelat beton sering disebut sebagai lapisan pondasi karena di atasnya dapat diletakkan lapisan beton sebagai lapisan atas. Perkerasan kaku dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan, perkerasan beton semen biasa dengan sambungan bertulangan dan perkerasan beton bertulang tanpa sambungan. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang perkerasan

kaku ialah kekuatan beton, sehingga dapat diketahui kemampuan struktur dalam menopang beban. Berbeda dengan permukaan fleksibel, kekuatannya ditentukan oleh derajat ketebalan diantara lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi dan lapisan permukaan.

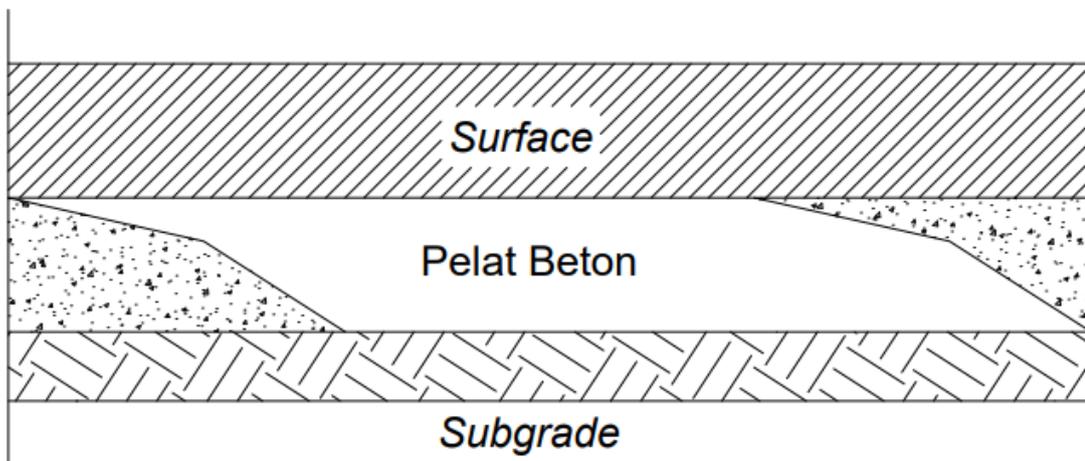
Tabel 2.1 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul Rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok idatas perletakan
4	Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus Kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

(Sumber: Sukirman, 1992)

2.3.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit menggunakan kombinasi baru dengan menggabungkan keunggulan dari kedua jenis perkerasan jalan, yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Metode konstruksi ini melibatkan peletakan lapisan fleksibel di atas permukaan yang kaku atau sebaliknya, tergantung kebutuhan proyek. Struktur perkerasan jalan komposit umumnya memberikan kenyamanan lebih besar dibandingkan struktur beton bertulang sebagai lapisan permukaan non aspal. Perbedaan pada struktur komposit dengan struktur perkerasan kaku yaitu pada struktur komposit lapisan atas berupa lapisan beraspal sedangkan struktur perkerasan kaku berupa beton atau semen. Faktor terpenting yang perlu dipertimbangkan Ketika menentukan jenis permukaan ialah beban yang dapat ditopang oleh jalan tersebut. Dengan memilih perkerasan yang sesuai dengan beban yang akan ditanggung, jalan akan memiliki daya tahan yang lama. Oleh karena itu perancangan yang matang dan pemilihan perkerasan yang tepat menjadi kunci utama dalam pembangunan jalan yang awet dan berkualitas.



(Sumber: Sukirman, 1992)

Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku

2.4 Sifat Perkerasan Lentur Jalan

Pada konstruksi perkerasan jalan menggunakan bahan pengikat aspal yang berfungsi memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri dan juga sebagai bahan pengisi yang berfungsi untuk mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Aspal harus memiliki daya tahan serta memberikan sifat elastis yang baik sebagai berikut (Sumber: Sukirman, 1992):

1) Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan mengacu pada kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya di bawah pengaruh kondisi cuaca selama penggunaan jalan.

2) Adhesi

Adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat dan tetap menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal.

3) Kohesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi.

4) Kepekaan terhadap Temperature

Sensitivitas suhu aspal ialah kepekaan terhadap perubahan viskoelastis aspal akibat perubahan suhu. Sifat ini dinyatakan dengan indeks penetrasi aspal

(IP). Viskoelastis mempunyai sifat meleleh pada suhu tinggi dan memadat pada suhu rendah.

5) Kekerasan aspal

Kekerasan aspal ialah proses pencampuran di mana agregat dipanaskan dan dicampur, sehingga menghasilkan lapisan aspal.

2.5 Penyebab Kerusakan Perkerasan Lentur Jalan

Penyebab kerusakan pada perkerasan lentur jalan adalah sebagai berikut (Sumber: Tenriajeng, 2002):

- 1) Peningkatan beban lalu lintas jalan yang berupa meningkatnya beban serta repetisi beban.
- 2) Air dari air hujan, sistem drainase jalan yang buruk dan kenaikan air karena kapilaritas.
- 3) Material konstruksi perkerasan disebabkan oleh sifat material atau dapat disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang kurang baik.
- 4) Pada iklim di Indonesia yang beriklim tropis, dimana curah hujan dan suhu udara yang umumnya tinggi.
- 5) Kondisi tanah dasar yang tidak stabil bisa disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik dan bisa juga disebabkan oleh sifat tanah dasar yang kurang bagus.
- 6) Proses pemadatan lapisan diatas tanah dasar kurang baik. Kerusakan permukaan jalan dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang saling bersangkutan.

2.6 Jenis Kerusakan pada Perkerasan Lentur Jalan

Secara teknis, kerusakan jalan menunjukkan suatu kondisi dimana jalan secara struktural dan fungsional tidak lagi mampu memberikan pelayanan yang optimal bagi aktivitas pada lalu lintas. Kegagalan pada perkerasan dapat dilihat dari kondisi kerusakan struktural dan fungsional. Kerusakan struktural merupakan kerusakan yang terjadi pada seluruh struktur jalan atau sebagian dan disebabkan oleh tidak mampunya permukaan jalan menahan beba-beban yang bekerja padanya. Sedangkan kerusakan fungsional merupakan kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan terganggunya fungsi jalan tersebut. Kondisi lalu lintas dan juga jenis kendaraan memiliki pengaruh yang penting terhadap perencanaan konstruksi

dan desain perkerasan. Jenis-jenis kerusakan pada perkerasan lentur (Aspal) dibedakan sebagai berikut (Sumber: Sukirman, 1992):

2.6.1 Retak (*Cracking*)

Retak yang terjadi pada permukaan jalan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Retak Halus (*Hair Cracks*) merupakan retak dengan lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Retak halus disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar kurang stabil.
- 2) Retak kulit buaya (*Alligator Cracks*) merupakan retak dengan lebar celah lebih besar dari 3 mm. Retak kulit buaya disebabkan oleh bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar yang kurang stabil, bahan pelapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik).
- 3) Retak pinggir (*Edge Cracks*) merupakan retakan tepi jalan dengan atau tanpa percabangan yang mengarah ke tepi jalan dan letaknya dekat dengan tepi jalan. Retakan tepi disebabkan oleh kurangnya dukungan lateral, drainase yang buruk dan penyusutan tanah.
- 4) Retak sambungan bahu dan perkerasan (*Edge Joint Cracks*) merupakan retak memanjang yang terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan jalan. Retak sambungan bahu dan perkerasan disebabkan oleh kondisi drainase di bawah bahu jalan lebih buruk dari pada di bawah perkerasan, terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan atau akibat melintasnya truk/kendaraan berat di pinggir jalan.
- 5) Retak sambungan jalan (*Lane Joint Cracks*) merupakan retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Retak sambungan jalan disebabkan oleh ikatan sambungan kedua lajur yang kurang baik.
- 6) Retak sambungan pelebaran jalan (*Widening Cracks*) merupakan retak memanjang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Retak pada sambungan melebar disebabkan oleh adanya perbedaan daya dukung antara ruas jalan melebar dengan ruas jalan yang lama, serta daya rekat antar sambungan yang kurang baik.
- 7) Retak refleksi (*Reflection Cracks*) merupakan retak memanjang, melintang, diagonal atau membentuk kotak sebagai gambaran pola retakan dibawahnya. Retak refleksi disebabkan oleh retak pada perkerasan yang lama tidak

diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan overlay dilakukan, gerakan vertikal atau horizontal di bawah lapis tambahan akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif. Retak refleksi ini terjadi pada lapis tambahan atau biasa disebut dengan *overlay* yang menggambarkan pola retakan dibawahnya.

- 8) Retak susut (*Shrinkage Cracks*) merupakan retakan yang menyatu menjadi kotak-kotak besar yang tepinya tajam akibat perubahan volume pada lapisan permukaannya. Retak susur disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan pondasi dan juga tanah dasar.
- 9) Retak slip (*Slippage Cracks*) merupakan retakan berbentuk bulan sabit yang disebabkan oleh buruknya daya rekat antara permukaan dan laosan di bawahnya. Retak slip disebabkan oleh ikatan antar lapis permukaan dan lapis dibawahnya yang kurang baik, banyaknya pasir dalam campur lapisan permukaan dan pemadatan lapis permukaan yang kurang baik.

2.6.2 Distorsi (*Distortion*)

Distorsi atau biasa disebut sebagai perubahan bentuk, distorsi disebabkan oleh lemahnya tanah dasar atau pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Distorsi/perubahan dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Alur (*Rutting*) merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan dan menimbulkan retak-retak pada perkelas jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh lapis perkerasan yang kurang padat, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan roda. Jenis kerusakan ini adalah bekas roda memanjang atau saluran.
- 2) Keriting (*Corrugation*), kerusakan ini biasa disebut dengan istilah ripples dan bentuk kerusakan berupa gelombang pada lapis permukaan atau bisa dikenal alur yang arahnya melintang akibat rendahnya stabilitas struktur perkerasan jalan.
- 3) Sungkur (*Shoving*) merupakan perpindahan lapisan perkerasan pada bagian tertentu yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang akan mendorong perkerasan tersebut dan membentuk gelombang pada lapisan perkerasan tersebut. Sungkur disebabkan oleh aspal yang tidak stabil dan terangkat ketika mendapat beban dari kendaraan pada lalu lintas.

- 4) Amblas (*Grade depressions*), Kerusakan ini dapat dideteksi dengan adanya air tergenang, yang meresap ke dalam lapisan permukaan yang akhirnya dapat menimbulkan lubang pada permukaan perkerasan.
- 5) Jembul (*Upheavel*), terjadi setempat pada ruas jalan. Kerusakan ini disebabkan oleh perubahan cuaca atau tanah menjembul keatas, adanya pengembangan tanah dasar akibat adanya tanah ekspansif. Mengembangnya jembul dapat disertai dengan retak lapisan perkerasan.
- 6) Tonjolan kecil (*Bumps and Sags*), kerusakan ini disebabkan oleh ketidakstabilan aspal, penumpukan material pada suatu celah jalan yang diakibatkan oleh beban lalu lintas.

2.6.3 Cacat Permukaan (*Disintegration*)

Cacat permukaan merupakan kerusakan muka jalan akibat kimiawi dan mekanis material lapis permukaan.

- 1) Lubang (*Potholes*), kerusakan ini berbentuk seperti mangkuk dengan ukuran yang bervariasi dari kecil sampai besar yang dapat menampung dan meresapkan air pada badan jalan. Kerusakan ini biasanya terjadi di dekat retakan atau didaerah dengan drainase yang kurang baik. Lubang menjadi tempat berkumpulnya air yang dapat meresap kelapisan dibawahnya yang menyebabkan kerusakan menjadi semakin parah. Kerusakan jenis berlubang ini disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:
 - a. Material kadar aspal rendah, sehingga film aspal tipis dan mudah lepas.
 - b. Material agregat kotor sehingga ikatan antara aspal dan agregat tidak baik.
 - c. Temperatur campuran tidak memenuhi syarat.
 - d. Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.
 - e. Sistem drainase kurang baik, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul pada lapis permukaan.
 - f. Retak-retak yang terjadi tidak segera diperbaiki sehingga air meresap masuk dan menimbulkan terjadinya lubang-lubang kecil.
- 2) Pelepasan butir (*Ravelling*), kerusakan ini berupa permukaan perkerasan yang kasar. Kerusakan ini terjadi karena salah satu pada aspal pengikat tidak kuat

untuk menahan gaya dorong roda kendaraan. Pelepasan butir diakibatkan oleh material yang digunakan buruk, adanya air yang terjebak atau pelaksanaan konstruksi yang kurang baik.

- 3) Pengelupasan lapis permukaan (*Stripping*), kerusakan ini terjadi karena kurang baiknya ikatan antara aspal dengan agregat atau terlalu tipisnya lapis permukaan.

2.6.4 Pengausan (*Polished Aggregate*)

Pengausan merupakan permukaan jalan yang licin sehingga mudah terjadi slip yang membahayakan kendaraan lalu lintas. Kerusakan ini disebabkan oleh material agregat yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin serta ukuran, bentuk dan jenis agregat yang digunakan untuk lapis aus tidak sesuai persyaratan.

2.6.5 Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)

Kegemukan merupakan naik dan melelehnya aspal pada temperatur tinggi. Pada temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Kegemukan yang mengakibatkan jejak roda pada permukaan jalan dan licin disebabkan oleh penggunaan aspal yang terlalu banyak.

2.6.6 Penurunan pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Patching*)

Penurunan yang terjadi pada bekas penanaman utilitas merupakan kerusakan yang terjadi akibat ditanamnya utilitas pada bagian perkerasan jalan dan tidak dipadatkan kembali dengan sempurna dan pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk permukaan dan menimbulkan kerusakan lainnya pada perkerasan jalan. Sebelum diberi lapis tambah, semua penurunan akibat utilitas harus diperbaiki terlebih sebelum diberi lapis tambah.

2.7 Cara Pengukuran pada Kerusakan Jalan

Cara pengukuran menurut jenis dan tingkat kerusakan yang terjadi pada perkerasan lentur jalan adalah sebagai berikut (Sumber: Shanin, 1994):

a. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retak kulit buaya yaitu retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat dengan bahu jalan. Cara pengukuran pada jenis kerusakan retak kulit buaya diukur dalam meter persegi (m²). Kesulitan

dalam mengukur jenis kerusakan ini jika terdapat dua atau tiga tingkat keparahan ada dalam lokasi. Jika bagian ini mudah dibedakan dari satu bagian sama lain, maka harus diukur dan dicatat secara terpisah. Jika retak buaya dan alur terjadi di daerah yang sama, masing-masing dicatat secara terpisah ditingkatannya. Terdapat tiga tingkatan kerusakan sebagai berikut (Sumber: Shanin 1994):

1) Tingkat Kerusakan Ringan/Rendah (Low)

Jenis kerusakan seperti retak kulit buaya, pada tingkat kerusakan ringan memiliki beberapa ciri-ciri meliputi, kerusakan bersifat halus, retak rambut atau halus memanjang sejajar satu dengan yang lain. Dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami gompal. Jenis kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan rendah dapat dilihat pada Gambar 2.3.

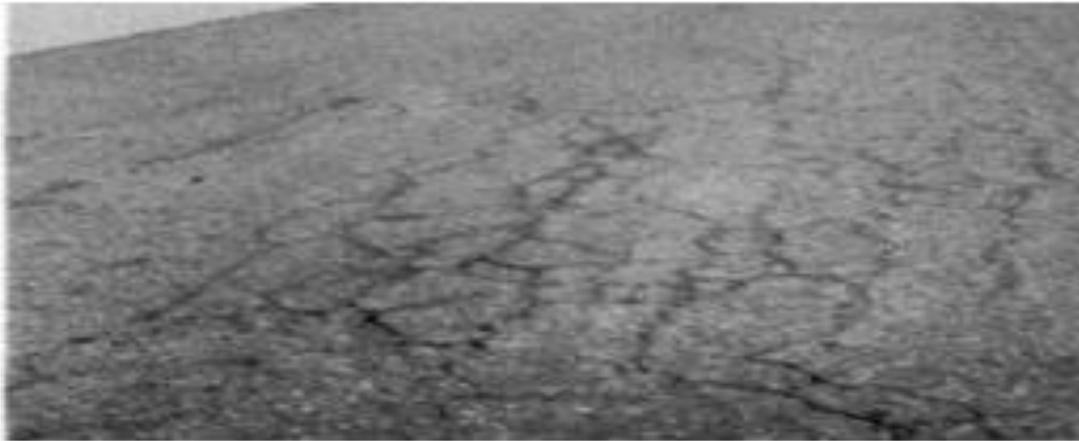


(Sumber: Made, 2018: 30)

Gambar 2.3 Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Low Severity*)

2) Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)

Jenis kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan sedang memiliki sifat seperti, retak kulit buaya ringan terus berkembang ke dalam pola atau jaringan retakan yang diikuti dengan gompal ringan. Jenis kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan sedang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

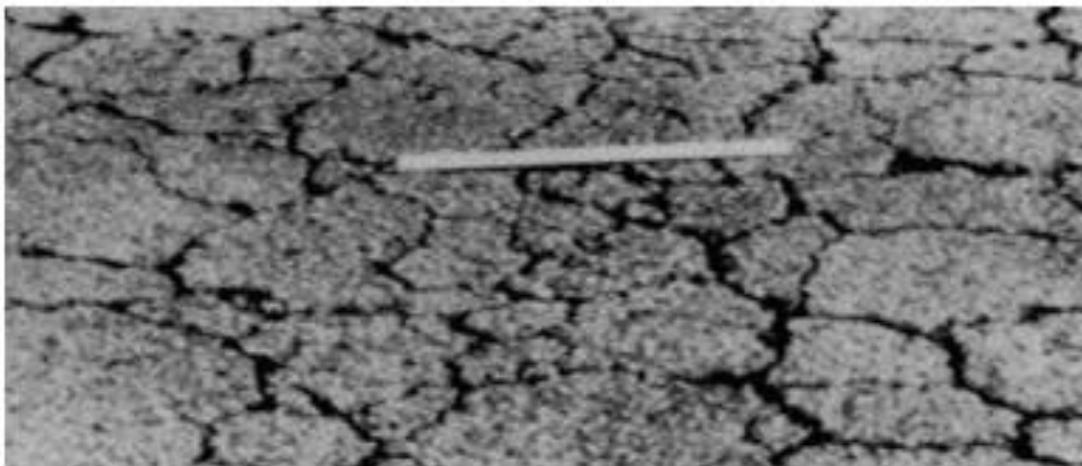


(Sumber: Made, 2018: 30)

Gambar 2.4 Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Medium Severity*)

3) Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Pada tingkat kerusakan parah atau tinggi, jaringan dan pola retak berlanjut, sehingga pecahan-pecahan dapat diketahui dengan mudah dan dapat terjadi gompal di pinggir. Beberapa pecahan mengalami rocking akibat lalu lintas. Jenis kerusakan retak kulit buaya pada tingkat kerusakan tinggi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



(Sumber: Made, 2018: 30)

Gambar 2.5 Kerusakan Retak Kulit Buaya (*High Severity*)

b. Retak Pinggir (Edge Cracking)

Retak pinggir diukur dalam meter panjang (m'). Panjang dan tingkat keparahan retak masing-masing harus diidentifikasi dan di catat secara terpisah pada setiap tingkatannya. Terdapat tiga tingkatan kerusakan sebagai berikut (Sumber: Shanin 1994):

1. Tingkat Kerusakan Ringan/Rendah (Low)
Retak sedikit sampai sedang dengan tanpa pecahan atau butiran lepas.
2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)
Retak sedang dengan beberapa pecahan dan butiran lepas.
3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)
Banyak pecahan atau butiran lepas disepanjang tepi perkerasan.



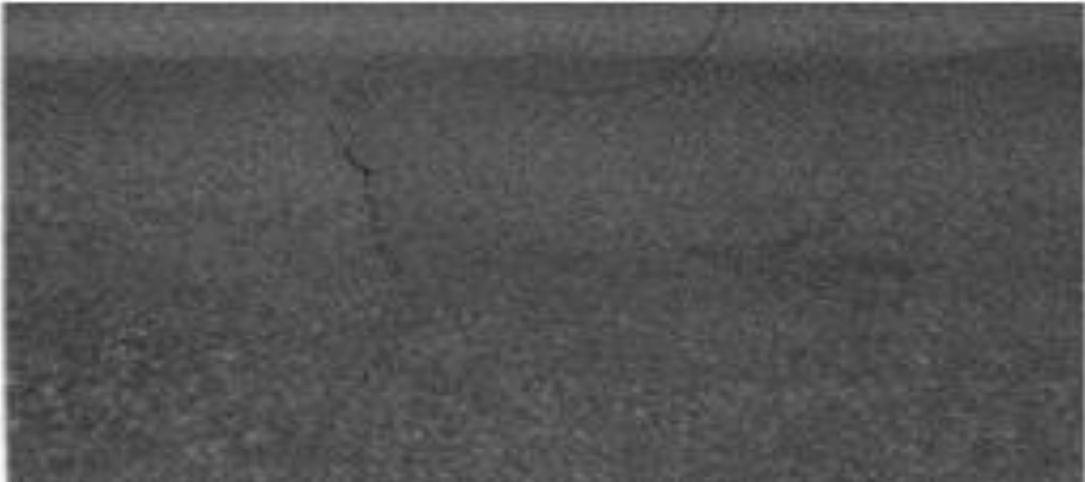
(Sumber: Made, 2018: 34)

Gambar 2.6 Kerusakan Retak Pinggir

c. Retak Memanjang dan Melintang

Retak memanjang dan retak melintang diukur di dalam meter panjang (m'). Panjang dan tingkat keparahan masing-masing retak harus diidentifikasi dan dicatat. Jika retak tidak memiliki tingkat keparahan yang sama sepanjang seluruh panjang, setiap bagian retak memiliki tingkat keparahan berbeda harus dicatat secara terpisah pada setiap tingkatannya. Terdapat tiga tingkatan kerusakan sebagai berikut (Sumber: Shanin 1994):

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)
Pada tingkat kerusakan rendah yang terdapat pada kerusakan retak memanjang dan melintang memiliki kondisi yang terjadi berikut:
 - a) Retak tak terisi, lebar $< 3/8$ in (10 mm)
 - b) Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).



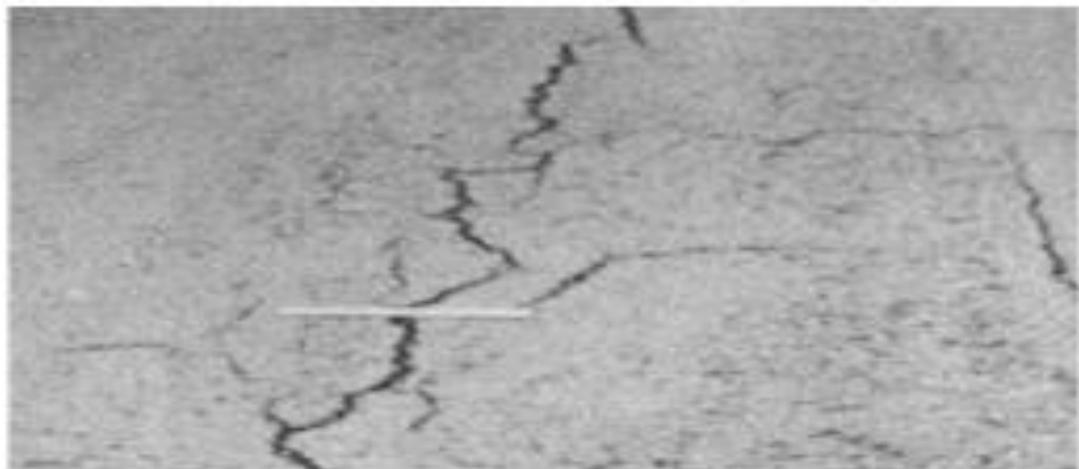
(Sumber: Made, 2018: 34)

Gambar 2.7 Kerusakan Retak Memanjang & Melintang (*Low*)

2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)

Pada tingkat kerusakan sedang yang terdapat pada kerusakan retak memanjang dan melintang memiliki kondisi yang terjadi berikut:

- a) Retak tak terisi, lebar $< 3/8$ -3 in (10-76 mm)
- b) Retak terisi, sembarang lebar dari 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan
- c) Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.



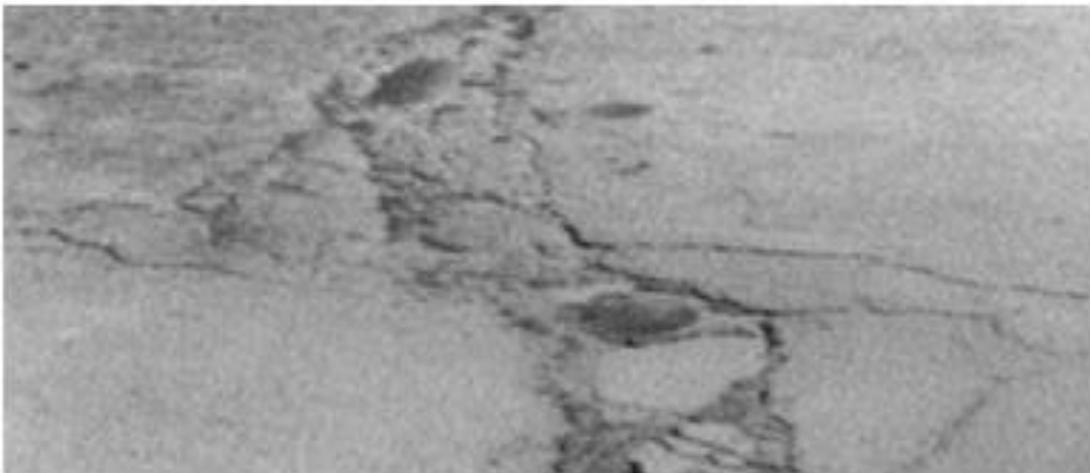
(Sumber: Made, 2018: 34)

Gambar 2.8 Kerusakan Retak Memanjang & Melintang (*Medium*)

3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Pada tingkat kerusakan tinggi yang terdapat pada kerusakan retak memanjang dan melintang memiliki kondisi yang terjadi berikut:

- a) Retak tak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi
- b) Retak terisi lebih dari 3 in (76 mm)
- c) Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).



(Sumber: Made, 2018: 36)

Gambar 2. 9 Kerusakan Retak Memanjang & Melintang (High)

d. Retak (Joint Reflection Cracking)

Jenis retak ini diukur dalam meter panjang (m'), panjang dan tingkat keparahan retak masing-masing harus diidentifikasi dan dicatat. Jika tidak retak memiliki tingkat keparahan yang sama sepanjang seluruh panjang, setiap bagian harus dicatat secara terpisah. Sebagai contoh, retak yang ada adalah 50 kaki (15 meter) panjang akan ada 10 kaki (3 meter) tinggi keparahan, 20 kaki (6 meter) dari keparahan ringan, ini semua akan dicatat secara terpisah. Terdapat tiga tingkatan kerusakan sebagai berikut (Sumber: Shanin 1994):

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)

Pada tingkat kerusakan rendah yang terdapat pada kerusakan retak memiliki kondisi yang terjadi berikut:

- a) Retak tak terisi, lebar $< 3/8$ in (10 mm)
- b) Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus).



(Sumber: Made, 2018: 35)

Gambar 2.10 Kerusakan Retak (*Low Severity*)

2. Tingkat Kerusakan Sedang (*Medium*)

Pada tingkat kerusakan rendah yang terdapat pada kerusakan retak memiliki kondisi yang terjadi berikut:

- a) Retak tak terisi, lebar $< 3/8$ -3 in (10-76 mm)
- b) Retak terisi, sembarang lebar dari 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan
- c) Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.



(Sumber: Made, 2018: 35)

Gambar 2.11 Kerusakan Retak Memanjang & Melintang (*Medium*)

3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Pada tingkat kerusakan rendah yang terdapat pada kerusakan retak memiliki kondisi yang terjadi berikut:

- a) Retak tak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi
- b) Retak terisi lebih dari 3 in (76 mm)
- c) Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan).



(Sumber: Made, 2018: 35)

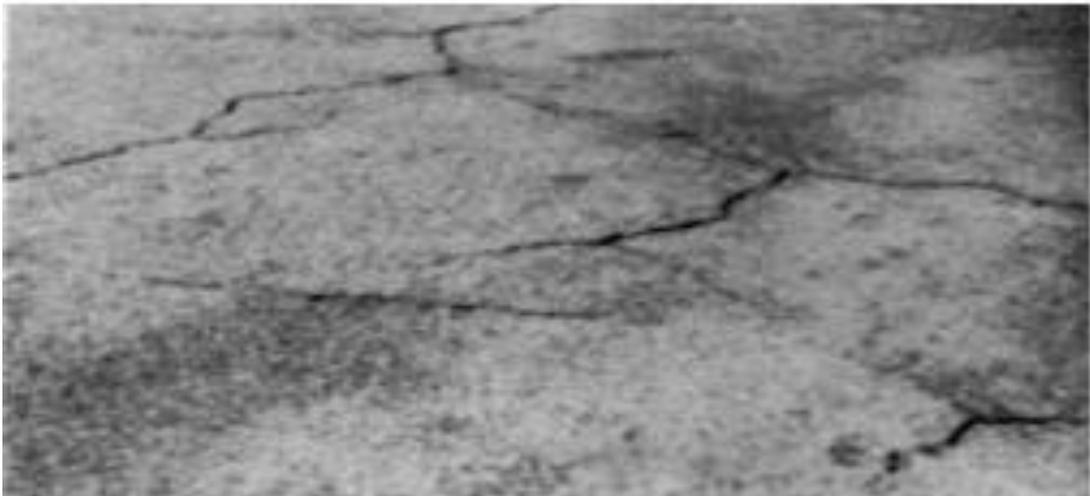
Gambar 2.12 Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang (*High*)

e. Retak Blok (Block Cracking)

Retak blok diukur dalam meter persegi (m^2). Setiap bidang bagian perkerasan memiliki tingkat keparahan yang jelas berbeda harus diukur dan dicatat secara terpisah.

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)

Blok diidentifikasi oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah. Jenis kerusakan retak blok pada tingkat kerusakan ringan dapat dilihat pada Gambar 2.13.

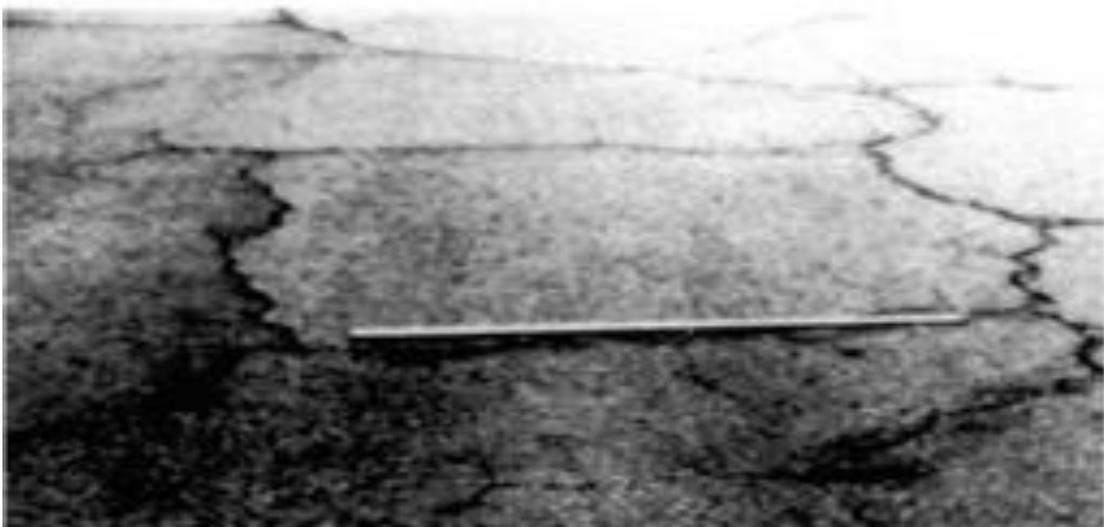


(Sumber: Made, 2018: 31)

Gambar 2.13 Kerusakan Retak Blok (*Low Severity*)

2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)

Blok diidentifikasi oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang. Jenis kerusakan retak blok pada tingkat kerusakan sedang dapat dilihat pada Gambar 2.14.



(Sumber: Made, 2018: 32)

Gambar 2.14 Kerusakan Retak Blok (*Medium Saverity*)

3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Blok diidentifikasi oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi. Jenis kerusakan retak blok pada tingkat kerusakan tinggi dapat dilihat pada Gambar 2.15.



(Sumber: Made, 2018: 32)

Gambar 2.15 Kerusakan Retak Blok (*High Saverity*)

f. Kerusakan Alur (Rutting)

Rutting diukur dalam satuan meter persegi (m^2) dan tingkatan kerusakannya ditentukan oleh kedalaman alur tersebut. Untuk menentukan kedalaman, alat ukur harus diletakkan di alur dan kedalaman maksimum yang diukur.

Tabel 2.2 Tingkat Kerusakan Alur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
Low	Kedalaman alur rata-rata 1/4-1/2 inci (6-13 mm)
Medium	Kedalaman alur rata-rata 1/2-1 inci (13-25,5 mm)
High	Kedalaman alur rata-rata >1 inci (25,5 mm)

(Sumber: Shanin, 1994)



(Sumber: Made, 2018: 39)

Gambar 2.16 Kerusakan Alur

g. Keriting (Corrugation)

Keriting diukur dalam meter persegi (m^2). Perbedaan ketinggian rata-rata antara pegunungan dan Lembah lipatan menunjukkan tingkat keparahan Untuk menentukan perbedaan ketinggian rata-rata, alat ukur (3 m) harus ditempatkan tegak lurus terhadap lipatannya sehingga kedalaman bisa diukur dalam inci (mm). Kedalaman rata-rata dihitung dari pengukuran tersebut.



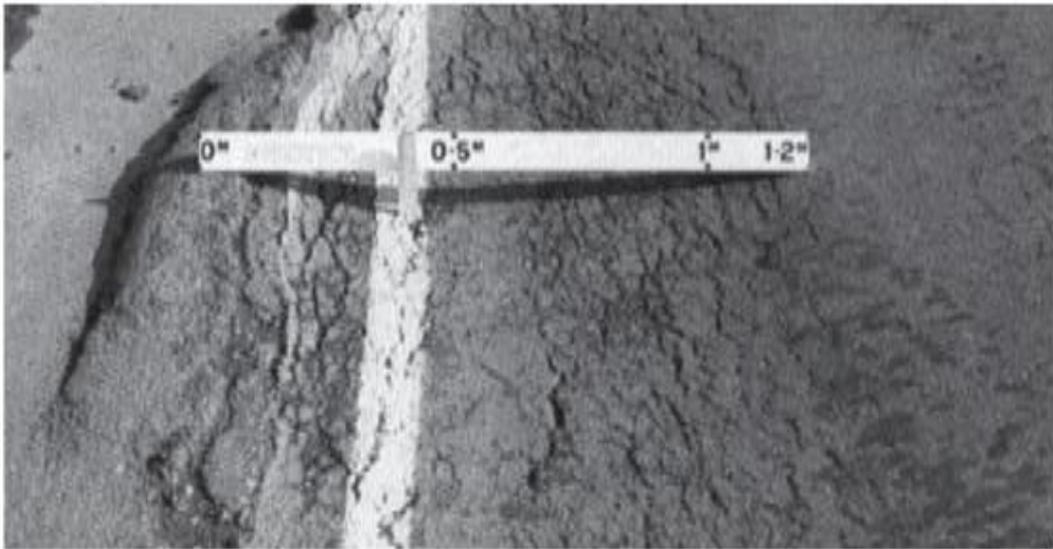
(Sumber: Made, 2018: 32)

Gambar 2.17 Kerusakan Keriting

h. Sungkur (Shoving)

Sungkur diukur dalam meter persegi (m^2) pada area yang terjadi sungkuran.

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)
Menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan.
2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)
Menyebabkan cukup gangguan kenyamanan kendaraan.
3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)
Menyebabkan gangguan besar pada kenyamanan kendaraan.



(Sumber: Made, 2018: 39)

Gambar 2.18 Kerusakan Sungkur

i. Amblas (Depression)

Kerusakan amblas diukur dalam meter persegi (m^2) dari permukaan daerah. Kedalaman depresi menentukan tingkat keparahan. Kedalaman ini dapat diukur dengan menempatkan alat ukur (3 m) sejajar di daerah depresi dan pengukuran.

j. Kerusakan Lubang (Potholes)

Kerusakan ini diukur menurut diameter lubang yang ada.

Tabel 2.3 Tingkat Kerusakan Lubang

Kedalaman maks lubang (inc)	Identifikasi Kerusakan		
	4 - 8	8 - 18	18 - 30
$\frac{1}{2}$ - 1	Low	Low	Medium
2-Jan	Low	Medium	High
>2	Medium	Medium	High

(Sumber: Shanin, 1994)



(Sumber: Made, 2018: 38)

Gambar 2.19 Kerusakan Berlubang

k. Pelepasan Butir

Pelepasan butir diukur dalam meter persegi atau luas permukaan.

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)

Identifikasi dari kerusakan pelepasan butir pada tingkat kerusakan rendah, 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.

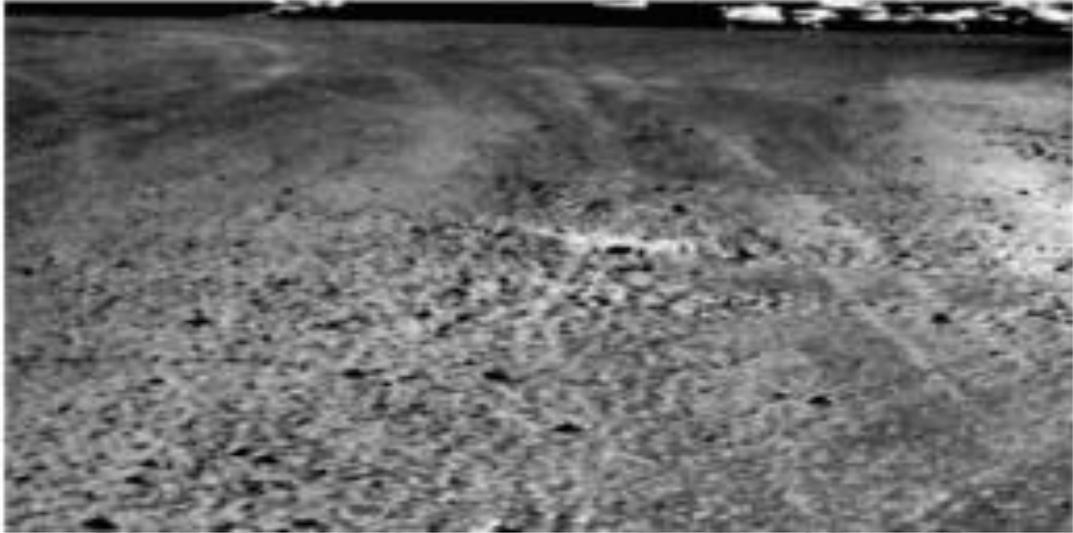
2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)

Identifikasi dari kerusakan pelepasan butir pada tingkat kerusakan rendah, agregat atau pengikat telah dilepas. Tekstur permukaan agak kasar dan berlubang. Jika ada tumpahan oli permukaannya lunak dan dapat ditembus mata uang logam.

3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Identifikasi dari kerusakan pelepasan butir pada tingkat kerusakan rendah, agregat atau pengikat telah banyak dilepas. Tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter luasan lubang <4 in (10 mm) dan kedalaman 1/2 in (13 mm). Luas lubang lebih besar dari ukuran ini, dihitung sebagai kerusakan lubang (Photoles). Jika ada tumpahan oli

permukaannya lunak, pengikat aspal telah hilang ikatannya sehingga agregat menjadi longgar.



(Sumber: Made, 2018: 42)

Gambar 2.20 Kerusakan Pelepasan Butir

I. Penggemukan (Bleeding/Flushing)

Cacat permukaan ini diukur dalam meter persegi (m^2).

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)

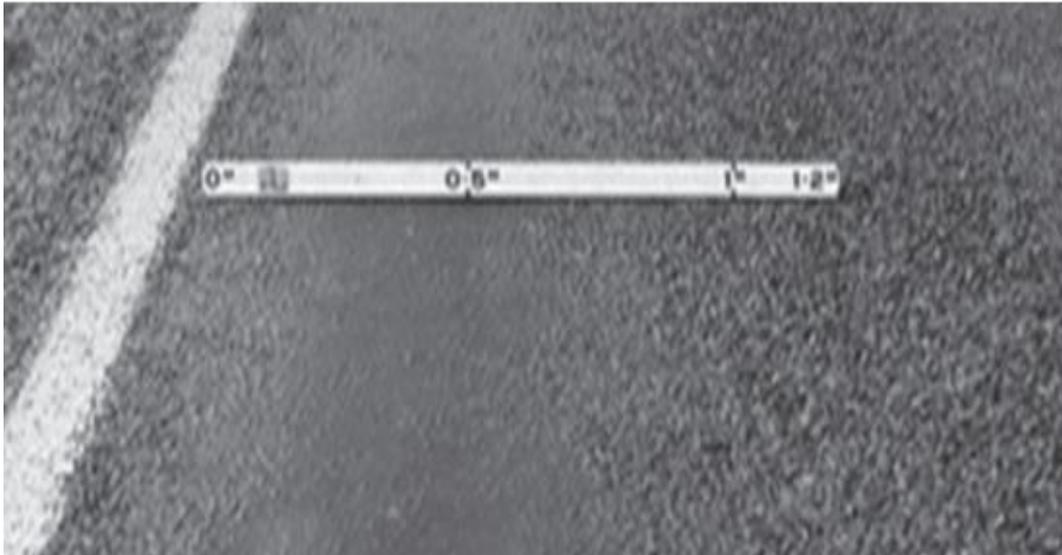
Kegemukan terjadi hanya pada derajat rendah dan nampak hanya beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak melekat pada sepatu atau roda kendaraan.

2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)

Kegemukan telah mengakibatkan aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling beberapa minggu dalam setahun.

3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)

Kegemukan telah begitu nyata dan banyak aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan, paling tidak lebih dari beberapa minggu dalam setahun.



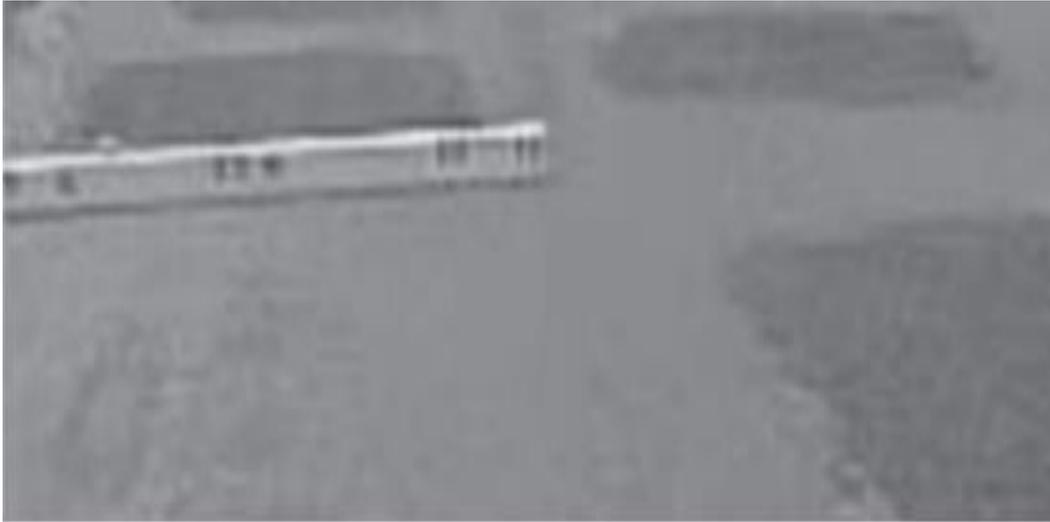
(Sumber: Made, 2018: 31)

Gambar 2.21 Kerusakan Penggemukan

m. Tambalan dan Galian Utilitas (Patching and Utility Cut Patching)

Patching diukur dalam meter persegi (m^2) dari permukaan. Namun, jika petak satu memiliki wilayah yang berbeda-beda tingkat keparahan, bidang-bidang ini harus diukur dan harus dicatat secara terpisah. Sebagai contoh, patch (2,3 meter persegi) 25 kaki persegi mungkin memiliki 10 persegi kaki (1,0 meter persegi) keparahan menengah dan 15 kaki persegi (1,4 square-meter) dari tingkat keparahan. Daerah ini akan dicatat secara terpisah.

1. Tingkat Kerusakan Rendah/Ringan (Low)
Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik.
2. Tingkat Kerusakan Sedang (Medium)
Tambalan sedikit rusak. Kenyamanan kendaraan agak terganggu.
3. Tingkat Kerusakan Tinggi (High)
Tambalan sangat rusak. Kenyamanan kendaraan sangat terganggu.



(Sumber: Made, 2018: 37)

Gambar 2.22 Kerusakan Tambalan

2.8 Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode PCI

Penilaian kondisi permukaan jalan dilakukan dengan pengamatan secara visual di lakukan dengan menghitung menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). Penilaian kondisi permukaan jalan menggunakan metode PCI memudahkan untuk mengidentifikasi jenis dan nilai kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan agar dapat menentukan penanganan secara tepat. Kondisi kerusakan jalan dapat dilakukan melalui survei atau pengamatan secara visual, yaitu dengan mengukur panjang, lebar, dalam serta luasan dari tiap kerusakan yang terjadi pada perkerasan lentur jalan. Kemudian dapat dianalisis menggunakan metode PCI dan hasil dari analisis menggunakan metode PCI ini dapat ditentukan jenis pemeliharaan perkerasan jalan yang diperlukan.

Penilaian kondirsi jalan dilakukan terhadap jenis-jenis kerusakan yang didapat dari hasil survei. Kondisi kerusakan jalan secara umum adalah sebagai berikut (Sumber: Sukirman, 1992):

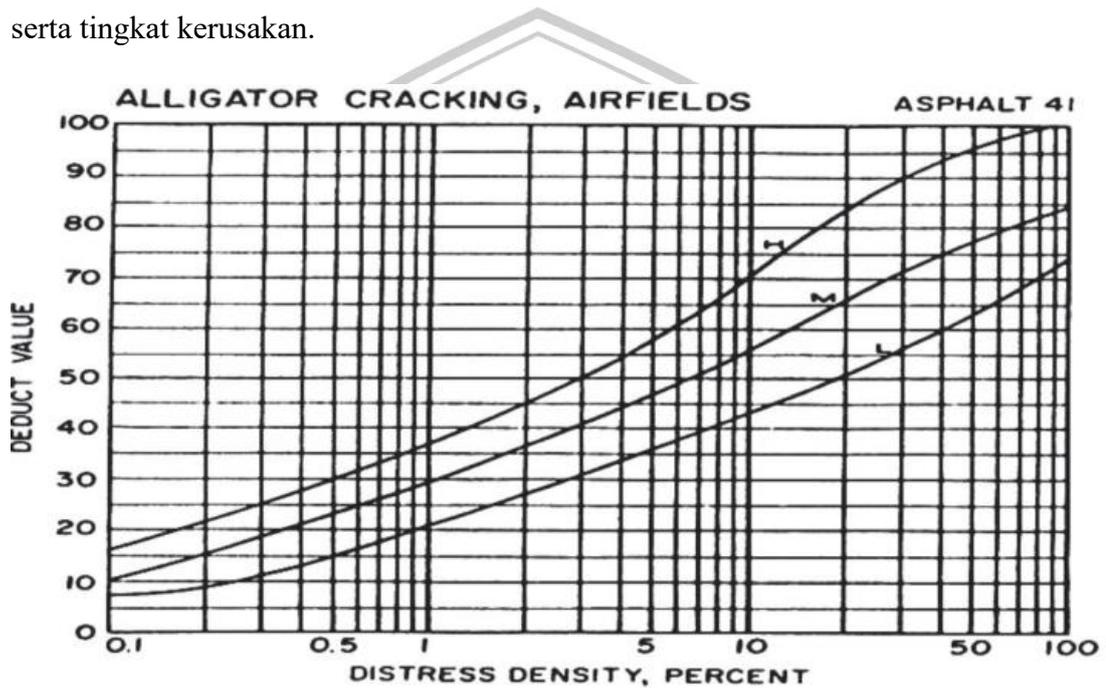
- 1) Retak-retak (*Cracking*)
- 2) Distorsi/perubahan bentuk (*Distortion*)
- 3) Cacat permukaan (*Disintegration*)
- 4) Pengausan (*Polished Aggregate*)
- 5) Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)

6) Penurunan pada penanaman utilitas

Cara menentukan nilai kerusakan menggunakan metode ini adalah sebagai berikut (Sumber: Shanin, 1994):

2.8.2 Nilai Pengurangan atau Deduct Value (DV)

Nilai pengurangan merupakan suatu nilai pengurangan untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari Gambar 2.23 Grafik hubungan kerapatan (density) serta tingkat kerusakan.



(Sumber: Made, 2018: 46)

Gambar 2.23 Grafik DV Retak Kulit Buaya

2.8.3 Kerapatan (*Density*)

Kerapatan merupakan panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luas atau panjang total bagian jalan yang diukur untuk dijadikan sampel. Dalam perhitungan kerapatan didapatkan persamaan rumus sebagai berikut:

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

Atau

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

Keterangan:

Ad : Luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan

kerusakan (m^2)

As : Luas total unit sampel (m^2)

Ld : Panjang total jenis kerusakan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m^2)

2.8.4 Nilai Pengurangan Total atau Total Deduct Value (TDV)

Nilai pengurangan total merupakan jumlah total dari nilai pengurangan pada masing-masing unit sampel atau nilai total dari individual deduct value untuk setiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sampel.

2.8.5 Nilai Pengurangan Terkoreksi atau Corrected Deduct Value (CDV)

Nilai yang diperoleh dari Gambar. Grafik hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai pengurangan (DV) dengan memilih Gambar. Grafik yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai pengurangan tertinggi atau Highest Deduct Value (HDV), maka CDV yang digunakan yaitu nilai pengurang individual yang tertinggi. Setelah CDV diperoleh, maka PCI untuk setiap unit sampel dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

PCI_s = Nilai PCI setiap sampel

CDV = Nilai CDV untuk setiap sampel

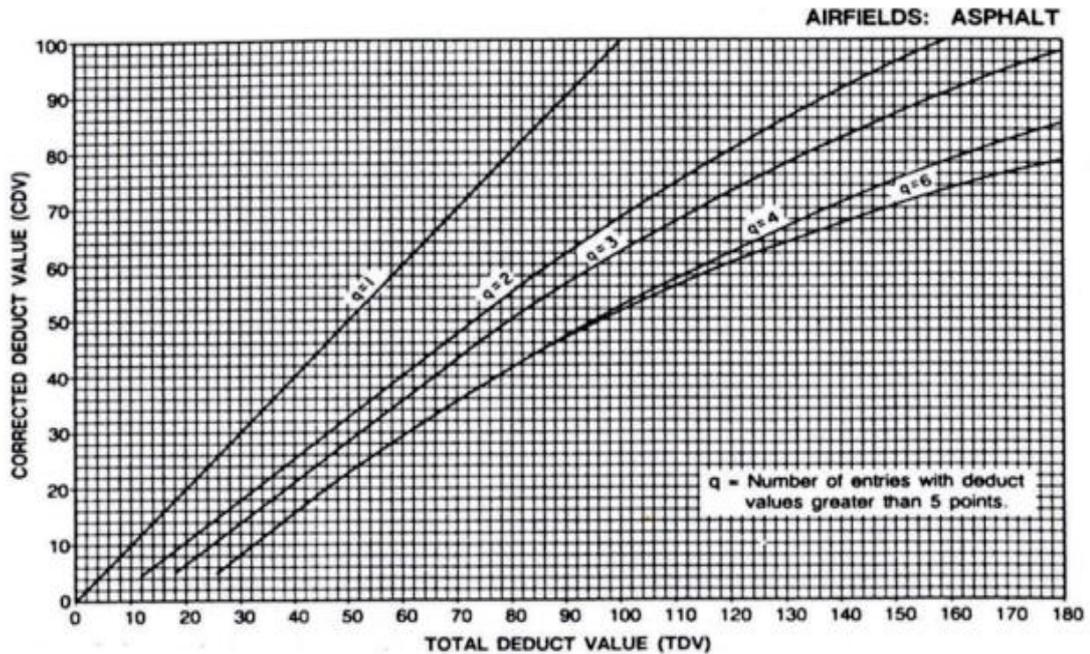
Nilai PCI perkerasan secara keseluruhan pada ruas jalan adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

PCI = Nilai PCI rata-rata dari seluruh area perencanaan

N = Jumlah unit sampel



(Sumber: Made, 2018: 47)

Gambar 2.24 Grafik Hubungan Antara (TDV) dan (CDV)

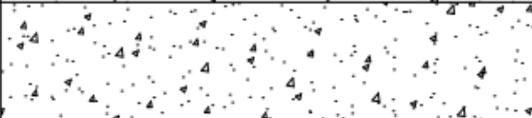
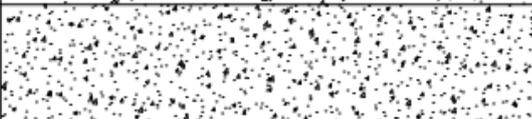
2.8.6 Klasifikasi Kualitas Perkerasan

Dari nilai PCI untuk masing-masing unit perencanaan dapat diketahui melalui kualitas lapisan perkerasan pada setiap segmen berdasarkan kondisi tertentu, meliputi: sempurna, sangat baik, baik, sedang, jelek, sangat jelek, dan gagal.

Tabel 2.4 Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai PCI

Penilaian Kondisi	Rating
86 - 100	Sempurna (Excellent)
71 - 85	Sangat Baik (Very Good)
56 - 70	Baik (Good)
41 - 55	Sedang (fair)
26 - 40	Buruk (Poor)
11 - 25	Sangat Buruk (Very Poor)
0 - 10	Buruk (Failed)

(Sumber: Shanin, 1994: 48)

PCI		RATING
100		Excellent
85		Very Good
70		Good
55		Fair
40		Poor
25		Very Poor
10		Failed
0		

(Sumber: Made, 2018: 48)

Gambar 2.25 Klasifikasi Kualitas Perkerasan

2.9 Perbaikan Tebal Lapis Tambah Dengan Metode Bina Marga 2017

Manual Desain Perkerasan 2017 merupakan revisi dari Manual Desain Perkerasan 2013. Revisi dari MDP 2013 berisi tentang perubahan struktur penyajian dengan tujuan mempermudah pemahaman pengguna untuk mengakomodasikan tantangan serta hambatan dalam kinerja asset jalan Indonesia. Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 berisi tentang ketentuan teknis untuk pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan yang berlaku sesuai dengan peraturan Direktorat Jenderal Bina Marga. Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 memiliki dua bagian yaitu meliputi, bagian I yang berisi tentang struktur perkerasan jalan baru dan bagian II yang berisi tentang rehabilitasi serta rekonstruksi perkerasan. Jenis struktur perkerasan jalan baru sebagai berikut:

1. Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



(Sumber: MDP 2017)

Gambar 2.26 Perkerasan Lentur pada Permukaan Tanah Asli

2. Perkerasan Lentur pada Timbunan



(Sumber: MDP 2017)

Gambar 2.27 Perkerasan Lentur pada Timbunan

3. Perkerasan Lentur pada Galian



(Sumber: MDP 2017)

Gambar 2.28 Perkerasan Lentur pada Galian

2.9.1 Prosedur Desain overlay

Umur rencana merupakan jumlah tahun pada saat jalan telah dibuka untuk lalu lintas kendaraan hingga diperlukan suatu perbaikan seperti overlay pada lapisan perkerasan lentur jalan. Umur rencana pada perkerasan lentur jalan umumnya sampai 20 tahun sedangkan peningkatan jalan mencapai 10 tahun. Umur rencana lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapat ketelitian yang memadai. Perencanaan umur rencana perkerasan sesuai dengan Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Umur Rencana

Kriteria beban lalu lintas (juta ESA4)	<0.5	0.5-<30	≥30
Umur rencana perkerasan lentur	Seluruh penanganan: 10 tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Rekonstruksi -20 tahun • Overlay struktural - 10 tahun • Overlay non struktural - 10 tahun • Penanganan sementara - sesuai kebutuhan 	

(Sumber: MDP 2017: 2-1)

Tabel 2.6 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Tipe Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4.80	4.83	5.14	4.75
Kolektor Rual	3.50	3.50	3.50	3.50
Jalan Desa	1.00	1.00	1.00	1.00

(Sumber: MDP 2017: 4-2)

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif:

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR}-1}{0,01.i} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

2.9.2 Lalu Lintas pada Jalur Rencana

Salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan seperti truk dan bus atau kendaraan paling besar disebut dengan jalur rencana lajur rencana. Fungsi dari faktor distribusi digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan yang memiliki dua jalur atau lebih dalam satu arah. Beban desain setiap jalur tidak diperbolehkan melebihi kapasitas lajur yang telah disesuaikan selama umur rencana. Beban desain pada setiap tahun selama umur rencana. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk Jalan dua arah faktor distribusi (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Tabel 2.7 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada jalur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: MDP 2017: 4-3)

2.9.3 Lalu Lintas Harian Rerata (LHR)

Berdasarkan data arus kendaraan yang didapatkan dari PUPR, selanjutnya menghitung nilai LHR 2023 dari data PUPR menggunakan pertumbuhan lalu lintas (i) menggunakan rumus:

$$b = a(1 + i)^n \dots \dots \dots (2.6)$$

$$i = \left[\left(\frac{b}{a} \right)^{1/n} - 1 \right] \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

b = Volume lalu lintas tahun ke-n

a = Volume lalu lintas tahun a

i = Tingkat pertumbuhan lalu lintas (% pertahun)

n = Jumlah tahun

Untuk menghitung LHR pada setiap tahunnya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{LHR akhir} = \text{LHR awal} \times (1+i)^n \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

i = Pertumbuhan lalu lintas kendaraan

n = Selisih tahun dari LHR awal dan LHR akhir

2.9.4 Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Perhitungan nilai ESA dapat dilakukan menggunakan nilai VDF masing-masing jenis kendaraan. Faktor angka ekuivalen dapat digunakan untuk mengonversi beban lalu lintas ke beban standar (ESA). Untuk menggunakan nilai VDF pada Tabel 2.8 selain mencatat kendaraan, dalam survei lalu lintas diperlukan juga untuk mencatat jenis muatannya. Nilai karakteristik VDF dikelompokkan Berdasarkan wilayah yang bersangkutan. Perkiraan beban gandar diberbagai kawasan dengan lalu lintas rendah dapat dilihat pada Tabel 2.8, Tabel 2.9 dan klasifikasi kendaraan konfigurasi sumbu Tabel 2.10.

Tabel 2. 8 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

(Sumber: MDP 2017: 4-4)

Tabel 2.9 Nilai VDF Masing-masing Jenis Konfigurasi Sumbu

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	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	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	9.9	18.3	4.1	5.3	7.2	11.4	4.9	6.7	-	-	-	-	
7A2	10.5	20	4.3	5.6	10.2	19	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	
7B1	-	-	-	-	11.8	18.2	9.4	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13.7	21.8	12.6	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15.9	29.5	7	9.6	11	19.8	7.4	9.7	11.7	20.4	7	10.2	13.2	25.5	6.5	8.8	14	11.9	10.2	8	
7C2A	19.8	39	6.1	8.1	17.7	33	7.6	10.2	8.2	14.7	4	5.2	20.2	42	6.6	8.5	-	-	-	-	
7C2B	20.7	42.8	6.1	8	13.4	24.2	6.5	8.5	-	-	-	-	-	-	-	13.5	-	-	-	-	
7C3	24.5	51.7	6.4	8	18.1	34.4	6.1	7.7	13.5	22.9	9.8	15	28.7	59.6	6.9	8.8	-	-	-	-	

(Sumber: MDP 2017: 4-5)

Tabel 2. 10 Klasifikasi Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	
Klasifikasi Lama	Alternatif			
1	1	Sepeda motor	1.1	
2, 3, 4	2, 3, 5	Sedan/Angkot/Pickup/ Station wagon	1.1	
Kendaraan Niaga	5a	5a	Bus kecil	1.2
	5b	5b	Bus besar	1.2
	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu - Cargo ringan	1.1
	6a.2	6.1	Truk 2 sumbu - ringan	1.2
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu - Cargo sedang	1.2
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.1.2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22
	7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222	

(Sumber: MDP 2017: 4-6)

2.9.5 Beban Sumbu Standar Kumulatif (CESAL)

Beban sumbu standar kumulatif merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana dan sesuai dengan VDF masing-masing kendaraan niaga.

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen pada tahun pertama

LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga

VDF_{JK} = Faktor ekivalen beban

DD = Faktor distribusi arah

DL = Faktor distribusi lajur

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

Setelah menghitung lalu lintas harian rata-rata maka didapatkan hasil CESA5 (Cumulative Equivalent Single Axle) dengan rumus:

$$CESA5 = \sum ESA5(\text{aktual}) + \sum ESA5(\text{normal}) \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga dapat ditentukan tebal perkerasan lapis atas tambahan (*Overlay*) menggunakan Tabel 2.12 Bagan Desain-3B..

Tabel 2.11 Desain Perkerasan Lentur-Lapisan Fondasi Berbutir

	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 2				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana ($10^6 ESA_5$)	<2	≥2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2		3				

(Sumber: MDP 2017: 7-14)

Catatan:

1. FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain-3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
2. Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain-3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
3. Untuk desain perkerasan lentur dengan beban >10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain-3. Bagan Desain-3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5-FFF9 dapat lebih praktis daripada

solusi Bagan Desain-3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjaditidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.

4. Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain-3 dan 3A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain-3B.
5. Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain-3B dapat dikurangi untuk *subgrade* dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik.
6. Semua CBR adalah nilai setengah sampel direndam selama 4 hari.

2.10 Perbaikan Tebal Lapis Tambah Dengan Metode AASHTO 1993

Perencanaan tebal perkerasan dalam Metode AASHTO 1993 berlaku untuk konstruksi perkerasan yang menggunakan material bergradasi lepas dan berpengikat. Perencanaan dengan metode ini digunakan untuk:

- 1) Perencanaan pelapisan tambah (overlay)
- 2) Perencanaan konstruksi bertahap
- 3) Perkerasan jalan baru

2.10.1 Analisis Lalu Lintas

Berdasarkan data LHR yang sudah didapatkan maka dapat menggunakan rumus:

$$\text{LHR akhir} = \text{LHRawal} \times (1+i)^{UR} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

i = Pertumbuhan lalu lintas kendaraan

n = Selisih tahun dari LHRawal dan LHRakhir

2.10.2 Perhitungan Angka Ekuivalen

Data dan parameter analisis lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan seperti, jenis kendaraan, volume lalu lintas harian rata-rata, pertumbuhan lalu lintas tahunan, umur rencana, faktor distribusi arah, faktor distribusi lajut, ESAL umur rencana. Menurut Siegrfried (2007), prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekuivalen atau ESAL.

- a. Penentuan umur rencana
- b. Penentuan faktor distribusi arah
- c. Penentuan faktor distribusi lajut
- d. Nilai Ekuivalen Beban Sumbu

Muatan kendaraan mempengaruhi titik letak kendaraan dan beban dari masing-masing bervariasi pada setiap jenis kendaraan.

$$\text{Angka ekuivalen sumbu Tunggal} = \left(\frac{\text{Beban sumbu (kg)}}{8160} \right)^4 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Angka ekuivalen sumbu ganda} = \left(\frac{\text{Beban sumbu (kg)}}{8160} \right)^4 \times 0,086 \dots\dots\dots (2.13)$$

Tabel 2.12 Distribusi Pembebanan pada Roda Kendaraan

Konfigurasi Sumbu dan Tipe	Berat Kosong (ton)	Berat Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	UE 18 KSAL Kosong	UE 18 KSAL Maksimum
1.1	1.5	0.5	2	0.0001	0.0005
1.2 Bus	3	6	9	0.0037	0.3006
1.2L Truk	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174
1.2H Truk	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264
1.22 Truk	5	20	25	0.0044	2.7416
1.2 +2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	3.9083
1.2 +2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179
1.2-10 2.2	10	32	42	0.0327	10.183

(Sumber: Sukirman, 1999)

2.10.2 Menentukan Nilai W_{18} dan W_t

Faktor distribusi arah berdasarkan jumlah lajur pada masing-masing arah menggunakan Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah lajur tiap arah	DL (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

(Sumber: AASHTO 1993: 11-9)

1. Perhitungan Lalu Lintas Lajur Rencana (W_{18})

$$W_{18} = D_D \times D_L \times W_{18} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

D_D = Faktor Distribusi

D_L = Faktor Distribusi Jalur

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif untuk dua arah

2. Perhitungan Kumulatif Selama Umur Rencana

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

W_t = Jumlah beban gandar standar kumulatif selama umur rencana

W_{18} = Beban gandar standar kumulatif selama 1 tahun

g = Umur pelayanan (tahun)

n = Perkembangan lalu lintas %

2.10.3 Serviceability

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian disesuaikan oleh pengguna jalan. Nilai Serviceability merupakan nilai yang

menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari sistem perkerasan jalan (Sumber: Siegrfried 2007). Ada beberapa Langkah menentukan serviceability sebagai berikut:

1. Kemampuan pelayanan awal (P_o) untuk perkerasan lentur
2. Penggunaan indeks pelayanan akhir (P_t)

Tabel 2.14 Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir

Pt	Persen Orang Berpendapat Tidak Setuju
3.0	12%
2.5	55%
2.0	85%

(Sumber: AASHTO 1993: II-10)

3. Kehilangan Kemampuan Pelayanan (ΔPSI)

$$\Delta PSI = P_o - P_t \dots\dots\dots (2.16)$$

2.10.4 Menentukan Reliabilitas (R)

Faktor perencanaan reabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas (W_{18}) dan perkiraan kinerja (W_{18}).

Tabel 2.15 Nilai Reliabilitas Sesuai Fungsi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85-99.9	80-99.9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95
Lokal	50-80	50-80

(Sumber: AASHTO 1993: II-9)

Reliabilitas merupakan tingkat kepastian atau probabilitas bahwa struktur perkerasan mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana sesuai dengan proses penurunan kinerja struktur perkerasan yang dinyatakan dengan *serviceability* yang direncanakan. Terdapat tabel nilai reliabilitas (R) sesuai fungsi jalan seperti pada Tabel 2.20 berikut:

Tabel 2.16 Nilai Reliabilitas dan ZR

Reliabilitas R (%)	Standar Normal Deviate ZR
60	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

(Sumber: AASHTO 1993: II-62)

2.10.5 Menentukan Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Nilai deviasi standar keseluruhan dapat menggunakan Tabel 2.22.

Tabel 2.17 Nilai Standar Keseluruhan (So)

Jens Perkerasan	Nilai (So)
Perkerasan Lentur	0.40-0.50
Perkerasan Kaku	0.30-0.40

(Sumber: AASHTO 1993: II-62)

2.10.6 Menentukan Modulus Resilient (MR)

Modulus resilient merupakan perbandingan antara nilai deviator stress, yang menggambarkan repetisi beban roda dan recoverable strain. Modulus resilient (MR) untuk tanah dasar dapat diperoleh melalui korelasi dengan nilai CBR seperti Rumus 2.16 dan 2.17 berikut (Silvia Sukirman, 2010):

$$MR = 1500 (CBR), \text{ MR dalam psi} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan:

CBR = Nilai CBR %

M_R = Modulus Resilient

Setelah mendapat nilai modulus resilient dapat dicari k (Modulus Of Sugrade) dengan rumus:

$$k = \frac{M_R}{19,4} \dots\dots\dots (2.18)$$

2.10.7 Menentukan Koefisien Drainase

Dalam perencanaan tebal perkerasan jalan terdapat hal penting yaitu kemampuan struktur perkerasan jalan untuk mengalirkan air. Air masuk ke dalam struktur perkerasan jalan melalui beberapa cara yaitu retak pada permukaan jalan, sambungan, infiltrasi perkerasan, akibat kapilaritas atau mata air setempat. Untuk perencanaan tebal perkerasan jalan kualitas drainase dapat ditentukan berdasarkan kemampuan menghilangkan air dari struktur perkerasan. Menentukan koefisien drainase dapat dilihat pada Tabel 2.23 berikut:

Tabel 2.18 Kelompok Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak mengalir

(Sumber: AASHTO 1993)

Besarnya angka koefisien pengaliran pada suatu daerah dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.19 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan Beton dan Aspal	0.70-0.95
2	Bahu Jalan:	
	1. Tanah Berbutir Halus	0.40-0.65
	2. Tanah Berbutir Kasar	0.10-0.20
	3. Batuan Massif Keras	0.70-0.85
	4. Batuan Massif Lunak	0.60-0.75

(Sumber: AASHTO 1993)

Menentukan faktor air hujan yang akan masuk berdasarkan rata-rata hujan di daerah serta menghitung persen harian efektif hujan dalam setahun dengan Rumus Persamaan 2.19 dan 2.20 berikut:

$$W_L = 1,00 - C \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (%)

C = Koefisien pengaliran

P_{heff} dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{heff} = \frac{T_{jam}}{24} \times \frac{T_{hari}}{365} \times W_L \times 100 \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

P_{heff} = Persen harian efektif hujan dalam setahun

T_{jam} = Rata-rata hujan perhari (mm)

T_{hari} = Rata-rata hujan pertahun

W_L = Faktor air hujan yang akan masuk ke pondasi jalan (%)

Pengaruh kualitas drainase dalam proses perencanaan tebal perkerasan lapisan dinyatakan dengan menggunakan koefisien drainase (m). Koefisien drainase bertujuan untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki oleh perkerasan jalan, koefisien drainase (m) dapat dilihat pada Tabel 2.25.

Tabel 2.20 Koefisien Drainase (m)

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	<1%	1-5%	5-25%	>25
Baik sekali	1.40-1.30	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Baik	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Sedang	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Jelek	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Jelek sekali	1.05-0.95	0.08-0.75	0.60-0.40	0.4

(Sumber: AASHTO 1993: II-25)

2.10.8 Koefisien Kekuatan Relatif Lapisan (a)

Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.29 berdasarkan nilai modulus elastisitas, E_{AC} (psi).

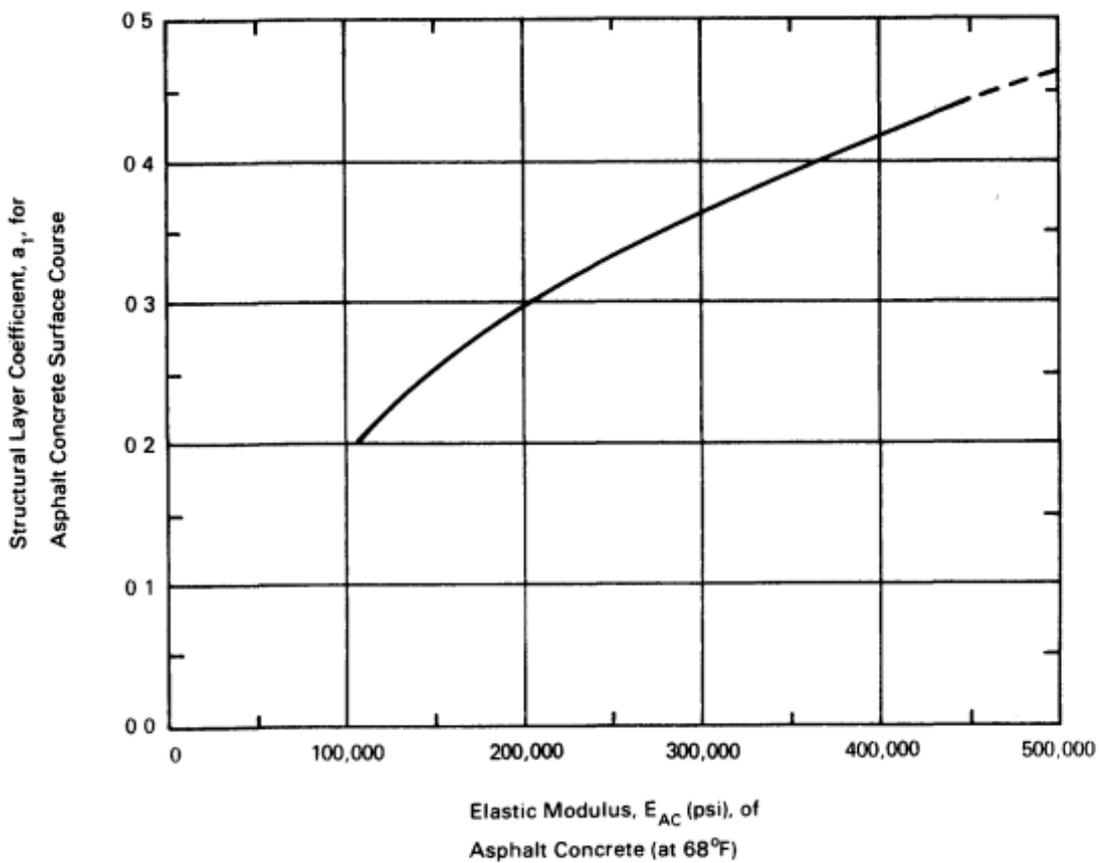


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)

(Sumber: AASHTO 1993: II-18)

Gambar 2. 29 Koefisien Kekuatan Relatif, a_1

Koefisien kekuatan relative (a_2), untuk lapis pondasi ditentukan dengan menggunakan Rumus 2.21.

$$a_2 = 0,249 (\log E_{BS}) - 0,977 \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

a_2 = Koefisien relative lapis pondasi berbutir

E_{BS} = Modulus elastisitas lapis pondasi (psi)

Koefisien kekuatan relative (a_3), untuk lapis pondasi bawah ditentukan dengan menggunakan Rumus 2.22.

$$a_3 = 0,227 (\log E_{BS}) - 0,839 \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

a_3 = Koefisien relative lapis pondasi berbutir

E_{BS} = Modulus elastisitas lapis pondasi (psi)

Selanjutnya menghitung SN dilakukan trial dan error dengan menggunakan persamaan Rumus:

$$\text{Log}_{10} W_t = Z_R S_o + 9,36 \text{Log}_{10} (SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{[SN+1]^{5,19}}} + 2,32 \text{Log}_{10} (MR) 8,07 \dots\dots (2.23)$$

Struktural Number merupakan indeks yang diturunkan dari analisis lalu lintas, kondisi tanah dasar dan lingkungan yang dapat dikonversi menjadi tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang sesuai untuk tiap jenis material masing-masing lapis struktur perkerasan. Berikutnya menentukan nilai structure number perkerasan dengan Rumus 2.24.

$$SN_{off} = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan:

SN = Nilai Sructural Number

a_1, a_2, a_3 = Koefisien relatif masing-masing perkerasan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapisan perkerasan

m_2, m_3 = Koefisien drainase masing-masing lapisan

Setelah didapat nilai SN_{off} , maka dapat dihitung tebal lapis tambahan (overlay) dengan menggunakan Rumus 2.25.

$$D_{overlay} = \frac{SN_f - SN_{off}}{a_{Overlay}} \dots\dots\dots (2.25)$$

2.10.9 Kontrol Ketebalan Lapisan Terhadap Tebal Minimum

Tebal minimum setiap lapisan perkerasan ditentukan terhadap mutu daya dukung lapis dibawahnya. Untuk menentukan tebal minimal pada masing-masing

tebal minimum lapis permukaan dari beton aspal dan lapis pondasi batu pecah, ditentukan dari masing-masing lapisan perkerasan menggunakan Tabel 2.22 berikut:

Tabel 2.21 Minimum Campuran Beraspal dan Lapis Pondasi

Lalu Lintas Rancangan	Lalu Lintas Rancangan	Lalu Lintas Rancangan
<50.000	1	4
50.001-150.000	2	4
150.001-500.000	2.5	4
500.001-2.000.000	3	6
2.000.001-7.000.000	3.5	6
>7.000.000	4	6

(Sumber: AASHTO 1993: II-35)

2.11 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan rencana biaya sebelum proyek dilaksanakan. Rencana anggaran biaya disebut juga sebagai biaya konstruksi dipakai sebagai perkiraan dan pegangan sementara dalam suatu pelaksanaan dalam proyek. Karena biaya konstruksi yang sebenarnya baru bisa disusun setelah pelaksanaan proyek selesai. Tujuan dari adanya RAB yaitu untuk menyesuaikan harga pekerjaan dalam pelaksanaan proyek.

Menurut Smith (1995) Rencana Anggaran Biaya dalam Teknik sipil mempunyai tujuh tingkatan sebagai berikut:

- 1) Preliminary Estimate merupakan Hitungan kasaran sebagai awal estimasi.
- 2) Appraisal Estimate bisa disebut juga sebagai estimasi kelayakan, estimasi ini diperlukan dalam membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana tertentu.
- 3) Proposal Estimate merupakan estimasi dari rencana terpilih. Estimasi ini biasanya dibuat berdasarkan konsep desain dan studi spesifikasi desain.
- 4) Approved Estimate merupakan modifikasi dan proposal estimate bagi kepentingan pelanggan, dengan maksud menjadi dasar utama dalam pengendalian biaya proyek.
- 5) Pre-tender Estimate merupakan penyempurna dan approved estimate berdasar desain pekerjaan sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat).

- 6) Post-Contract Estimate merupakan perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan serta tercantum dalam kontrak. Estimasi ini berisi mengenai perincian uang pada setiap pekerjaan dan pengeluaran biaya.
- 7) Achieved Cost merupakan besar biaya sesungguhnya. Estimasi ini disusun setelah proyek selesai dilaksanakan sebagai data untuk proyek mendatang.

2.12 Analisa Harga Satuan

Analisa Harga Satuan merupakan analisa mengenai harga suatu jenis pekerjaan berdasarkan rincian komponen tenaga kerja, bahan, peralatan yang diperlukan dengan menggunakan harga satuan dasarnya. AHSP menetapkan tahap-tahap menghitung Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, HSD bahan dan HSD peralatan, yang berikutnya menghitung Harga Satuan Pekerjaan (HSP) sebagai bagian dari Harga Perkiraan Sendiri (HPS), dapat digunakan juga untuk menganalisis Harga Perkiraan Perancang (HPP) sebagai penanganan pekerjaan. Perhitungan pada analisa harga satuan pekerjaan digunakan sebagai penanganan pekerjaan yang meliputi pemeliharaan, pembangunan serta peningkatan suatu pekerjaan. Proses Analisa biaya didasarkan dari hasil yang didapat dari masing-masing metode perbaikan (Kementerian PUPR).

- 1) Harga Satuan Dasar merupakan harga suatu komponen dari HSP per satu satuan tertentu.
- 2) Harga Satuan Dasar Peralatan merupakan besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen biaya alat yang meliputi biaya pasti dan tidak pasti, untuk memproduksi satu kesatuan pengukuran pekerjaan tertentu. HSD alat memerlukan data gaji pengemudi, spesifikasi alat atau tenaga mesin, kapasitas kerja alat, umur ekonomis alat, jam kerja dalam satu tahun, harga alat dan faktor investasi alat termasuk suku bunga bank, asuransi alat.
- 3) Harga Satuan Dasar Bahan merupakan besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen bahan untuk memproduksi satu satuan pengukuran pekerjaan tertentu. Untuk mengontrol harga penawaran penyedia diperlukan data harga satuan dasar HSD dibedakan menjadi sebagai berikut:
 - a) Harga per unit bahan baku dasar
 - b) Harga satuan dasar bahan olahan

- c) HSD untuk bahan jadi
- 4) Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja merupakan besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen tenaga kerja per satuan waktu untuk memproduksi satu satuan pengukuran pekerjaan tertentu. Menghitung harga pekerja satuan, terlebih dahulu perlu ditentukan bahan acuan standar harga upah. Untuk menghitung harga per unit pekerjaan, terlebih dahulu perlu ditentukan bahan acuan standar harga upah sebagai HSD tenaga kerja. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2016, Tahap-tahap dalam perhitungan HSD tenaga kerja sebagai berikut:
 - a) Pendataan gaji sesuai peraturan daerah.
 - b) Memperhatikan tenaga kerja yang didatangkan dari luar wilayah dengan memperhitungkan biaya makan, akomodasi dan transportasi selama masa kontrak kerja.
 - c) Menentukan jumlah hari kerja efektif dalam sebulan dan jumlah jam efektif dalam sehari.
 - d) Menghitung biaya upah per karyawan per orang dan perjamnya.
 - e) Rata-rata semua biaya upah per jam sebagai upah rata-rata per jam.
- 5) Harga Satuan Pekerjaan merupakan biaya yang dihitung dengan analisis harga satuan suatu pekerjaan yang terdiri dari biaya langsung dan tidak langsung. HSP terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung masing-masing ditentukan sebagai Harga Satuan Dasar (HSD) untuk setiap satuan pengukuran standar.

Tabel 2. 22 Persamaan dan Perbedaan dari Peneliti Sebelumnya

No.	JUDUL	PERBEDAAN	PERSAMAAN
1	Studi Perencanaan Peningkatan Perkerasan pada Ruas Jalan Taji-Bakalan Kabupaten Bojonegoro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi di Kabupaten Bojonegoro 2. Menggunakan AHSP Bojonegoro 3. Tidak menghitung nilai kerusakan jalan 4. STA yang digunakan STA 0+000-1+790 	Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993
2	Studi Perencanaan Peningkatan Perkerasan pada Ruas Jalan Kumai Kawasan Pelabuhan Kabupaten Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi di Kabupaten Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah 2. Menggunakan AHSP Kotawaringin Barat Kalimantan Tengah 3. Menghitung nilai Kerusakan menggunakan Metode SDI 4. STA jalan yang digunakan pada STA 0+000-4+000 	Menggunakan Metode Bina Marga 2017
3	Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dengan Menggunakan Metode Bina Marga Dan Metode AASHTO 1993	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi di Kabupaten Bone Bolango dan Gorontalo 2. Menggunakan AHSP Bone Bolango dan Gorontalo 3. STA jalan yang digunakan pada STA 0+000-5+000 4. Jalan yang digunakan merupakan Jalan Baru 	Menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993
4	Analisa Perencanaan Overlay pada Ruas Jalan Craken-Ngulungkulon Nambak-Ngulungkulon dengan Menggunakan Bahan ACL pada STA 0+00-13+345 Kecamatan Mujungan Kabupaten Trenggalek	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi di Kabupaten Trenggalek 2. Menggunakan AHSP Trenggalek 3. STA jalan yang digunakan pada STA 0+000-13+345 	Menggunakan Metode Bina Marga 2017

5	Evaluasi Perkerasan Jalan Serta Perencanaan Lapis Tambah (Overlay Menggunakan Metode Bina Marga 1987 dan Metode Bina Marga 2017	<ol style="list-style-type: none">1. Lokasi di Kabupaten Sumenep2. STA jalan yang digunakan pada STA 0+000-3+0003. Menggunakan Metode Bina Marga 1987	Menggunakan Metode Bina Marga 2017
---	---	---	------------------------------------

