

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerusakan Perkerasan Jalan

2.1.1 Pengertian Jalan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian area jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Jalan dapat memiliki tingkat kelancaran dan keselamatan lalu lintas yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu kondisi kegiatan penduduk dan penggunaan lahan sekitar ruas jalan, kondisi persimpangan sepanjang jalan, kondisi trase jalan, volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan. (Binamarga, 1997)

2.1.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan. Perkerasan jalan berfungsi sebagai pemikul beban lalu lintas yang kemudian menyebarkan beban, baik ke arah horizontal maupun arah vertikal dan diteruskan beban ke tanah dasar (*subgrade*) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah yang diizinkan. (U.Soe, 2012)

Lapisan perkerasan suatu jalan terdiri dari beberapa lapis material batuan dan bahan ikat. Lapis material yang dimaksud dapat terdiri dari berbagai fraksi batuan

yang direncanakan sedemikian rupa guna memenuhi persyaratan yang diperlukan. Agregat yang dipakai adalah jenis agregat batu pecah, batu belah, batu kali, atau bahan lainnya. Di sisi lain, untuk bahan ikat yang digunakan dapat berupa aspal, semen, atau tanah liat.

2.1.3 Jenis Perkerasan Jalan

Jenis konstruksi perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, volume lalu lintas yang dilayani, serta kecepatan pembangunan agar lalu-lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek (Hardiyatmo, 2023). Menurut Hardiyatmo, tipe-tipe perkerasan yang banyak digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)
2. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)
3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*)
4. Jalan tak diperkeras (*unpaved road*).

Berikut ini dijelaskan masing-masing tipe perkerasan tersebut.

2.1.3.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*) adalah perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada di lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah.

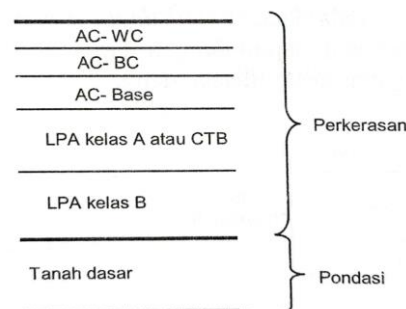
Secara umum, perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu:

1. Lapis permukaan (*surface course*)
2. Lapis pondasi (*base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*).

Dalam beberapa kasus, lapis pondasi bawah dan/atau lapis pondasi tidak digunakan, yaitu bila perkerasan merupakan perkerasan aspal di seluruh kedalamannya (*full depth asphalt pavement*). Kasus lain, perkerasan aspal dengan lapis pondasi dan/atau lapis pondasi bawah yang distabilisasi dengan menggunakan aspal atau semen. Struktur perkerasan lentur dapat dilihat di Gambar 2.1 untuk perkerasan lentur dan Gambar 2.2 untuk perkerasan lentur lalu lintas berat berdasarkan Dirjen Bina Marga No.02/M/BM/2013 dalam (Hardiyatmo, 2023).



Gambar 2. 1 Perkerasan Lentur



Gambar 2. 2 Struktur Perkerasan Lentur Untuk Lalu Lintas Berat

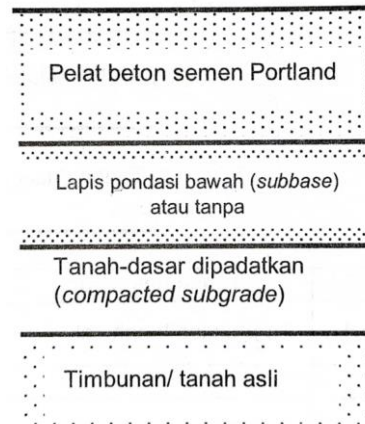
Dengan keterangan:

LPA	= Lapis pondasi atas (<i>base course</i>)
LMC (<i>Lean Mix Concrete</i>)	= Campuran material berbutir dengan semen, pada kadar semen yang rendah. Lapisan ini digunakan sebagai lapis pondasi bawah (<i>subbase course</i>) untuk perkerasan beton.
CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	= Campuran material berbutir dengan semen dan air dalam perbandingan tertentu. Lapisan ini digunakan sebagai lapisan pondasi atas (<i>base course</i>).
AC-WC (<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>)	= Aspal beton lapis penutup perkerasan jalan yang bergradasi padat.
AC-BC (<i>Aphalt Concrete - Binder Course</i>)	= Lapisan ini diletakkan di antara lapis pondasi atas dan lapis aus yang bergradasi agregat tertentu.
AC-Base	= Lapis aspal beton untuk lapis pondasi dengan ukuran agregat maksimum tertentu. Lapisan ini berfungsi untuk memberi dukungan pada lapis permukaan, mengurangi tegangan akibat beban dan menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.

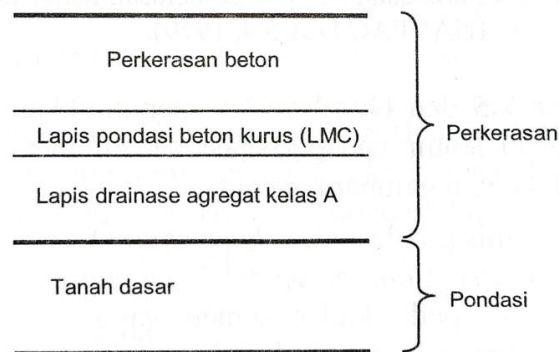
2.1.3.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton (*concrete pavement*) banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara. Jika perkerasan lentur terdiri dari beberapa komponen seperti lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah, perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen Portland, dengan atau tanpa tulangan. Pada Permukaan perkerasan beton, kadang ditambahkan lapisan aspal. Perkerasan beton cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi/berat dan berkecepatan tinggi. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 untuk perkerasan kaku dan Gambar 2.4 untuk

perkerasan kaku dengan lalu lintas berat berdasarkan berdasarkan Dirjen Bina Marga, 2013 No.02/M/BM/2013 dibawah ini (Hardiyatmo, 2023).



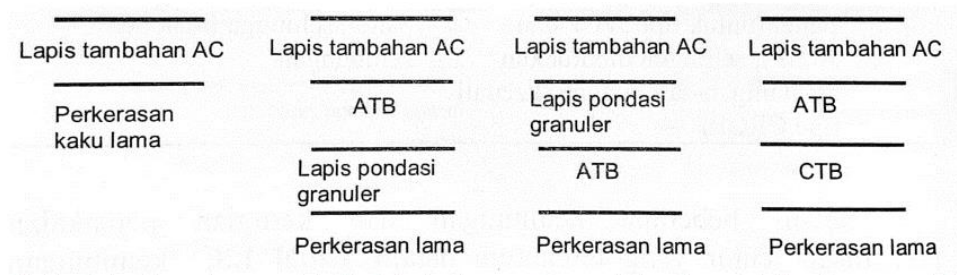
Gambar 2. 3 Perkerasan Kaku



Gambar 2. 4 Struktur Perkerasan Kaku Untuk Lalu Lintas Berat

2.1.3.3 Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

Pada perkerasan beton semen Portland, umumnya dibutuhkan syarat minimum kerataan permukaan jalan. Dalam kondisi di mana kualitas kenyamanan kendaraan diutamakan, maka lapis tambahan (*overlay*) aspal diberikan pada permukaan perkerasan kaku. Disajikan di Gambar 2.5 untuk contoh struktur perkerasan komposit (Hardiyatmo, 2023).



Gambar 2. 5 Contoh Struktur Perkereasan Komposit

Perkerasan komposit adalah perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen portland dan perkerasan aspal. Perkerasan terdiri dari lapis beton aspal (*asphalt concrete, AC*) yang berada di atas perkerasan beton semen portland atau lapis pondasi yang dirawat. Lapis pondasi yang dirawat, dapat terdiri dari lapis pondasi dirawat aspal (*asphalt treated base, ATB*) atau lapis pondasi dirawat semen (*cement treated base, CTB*). Lapis pondasi perlu dirawat, karena untuk memperbaiki kekakuan dan kekuatannya.

Hardiyatmo menyandingkan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang disajikan di Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
1	Komponen perkerasan terdiri dari pelat beton yang terletak tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah (<i>subbase</i>).	Komponen perkerasan terdiri dari lapisan permukaan, pondasi atas (<i>base</i>) dan pondasi bawah (<i>subbase</i>).
2	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelas tinggi.	Digunakan untuk semua kelas jalan dan tingkat volume lalu lintas.
3	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol.	Pengontrolan kualitas campuran lebih rumit.

Tabel 2. 2 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku (Lanjutan)

No	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur
4	Umur rencana dapat mencapai 20 – 40 tahun.	Umur rencana lebih pendek, yaitu sekitar 10 - 20 tahun, jadi kurang dari perkerasan kaku.
5	Lebih tahan terhadap drainase yang buruk.	Kurang tahan terhadap drainase buruk.
6	Biaya awal pembangunan lebih tinggi.	Biaya awal pembangunan lebih rendah.
7	Biaya pemeliharaan kecil, namun jika terjadi kerusakan biaya pemeliharaan lebih tinggi.	Biaya pemeliharaan lebih besar.
8	Kekuatan perkerasan lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton.	Kekuatan perkerasan ditentukan oleh kerjasama setiap komponen lapis perkerasan.
9	Tebal struktur perkerasan adalah tebal pelat beton.	Tebal perkerasan adalah seluruh lapisan pembentuk perkerasan di atas tanah dasar.
10	Perkerasan dibuat dalam panel-panel.	Tidak dibuat dalam panel-panel sehingga tidak ada sambungan.

2.1.3.4 Jalan Tak Diperkeras

Jalan tak diperkeras (*unpaved road*) adalah jenis jalan dengan perkerasan sederhana, yaitu permukaan jalan hanya berupa lapisan granuler (kerikil) yang dihamparkan di atas tanah dasar. Jalan yang tak diperkeras kadang-kadang berupa jalan yang terdiri dari tanah dasar (asli atau dimodifikasi) yang dipadatkan. Jalan tipe ini digunakan bila volume lalu-lintas sangat kecil atau populasi penduduk yang

dilayani masih rendah. Lapis permukaan perkerasan, umumnya hanya digunakan lapisan kerikil yang dipadatkan.

2.1.4 Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan jalan merupakan evaluasi dari pengamatan hasil survei dengan bersifat menentukan pemeliharaan, penunjang, peningkatan, ataupun rehabilitasi terhadap kerusakan yang timbul pada perkerasan tersebut.

Kerusakan pada konstruksi jalan dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban, dan repetisi beban.
2. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air akibat sifat kapilaritas.
3. Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang tidak baik.
4. Iklim, Indonesia mempunyai iklim tropis, dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
5. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya memang jelek.
6. Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

Kerusakan jalan umumnya dapat timbul tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan penyebab yang saling kait mengait. Sebagai contoh, retak pinggir, pada awalnya dapat diakibatkan oleh tidak baiknya sokongan

dari samping. Dengan terjadinya retak pinggir, memungkinkan air meresap masuk kedalam lapis bawahnya yang melemahkan ikatan antara aspal dan agregat, hal ini dapat menimbulkan lubang-lubang disamping serta melemahkan daya dukung lapisan bawahnya. (Sukirman. S, 1999)

Menurut Sukirman, dalam mengevaluasi kerusakan jalan diperlukan diantaranya yaitu:

- Jenis Kerusakan (*distress type*),
- Tingkat Kerusakan (*distress severity*),
- Jumlah Kerusakan (*distress amount*)

Sehingga dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang paling sesuai dengan kerusakan perkerasan yang terjadi. Hal ini sejalan dengan pedoman yang digunakan berdasarkan Pedoman Pd-01-2016-B yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk pelaksanaan penentuan indeks kondisi perkerasan (IKP) dengan acuan berdasarkan ASTM D6433-11 “*Standar Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*”

2.1.4.1 Kerusakan Perkerasan Lentur




Berdasarkan Pedoman Pd-01-2016-B tentang Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP). Terdapat 20 macam jenis kerusakan perkerasan jalan yang diantaranya:

1. Retak Kulit Buaya (retak lelah)

Retak kulit buaya atau retak lelah merupakan rangkaian retak saling berhubungan pada permukaan lapisan perkerasan sebagai akibat keruntuhan lelah oleh beban kendaran yang berulang. Retak dimulai dari dasar lapis pondasi

distabilisasi yang diakibatkan oleh roda kendaraan. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar retak kulit buaya disajikan pada Tabel 2.3 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 3 Tingkat Kerusakan Retak kulit Buaya (retak lelah)




Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Kondisi halus, retak rambut/halus memanjang sejajar satu dengan yang lain, dengan atau tanpa berhubungan satu sama lain. Retakan tidak mengalami retak gompal	
Sedang (S)	Retak kulit buaya ringan terus berkembang kedalam pola atau jaringan retakan yang diikuti dengan gompal ringan	
Tinggi (T)	Jaringan dan pola retak berlanjut, sehingga pecahan – pecahan dapat diketahui dengan mudah dan dapat terjadi gompal dipinggir. Beberapa pecahan mengalami rocking akibat lalu lintas	

2. Kegemukan (*bleeding*)

Kegemukan adalah kondisi permukaan perkerasan mengandung film aspal yang mengkilap, menyerupai kaca, memantulkan sinar dan kadang-kadang sangat lengket. Hal ini disebabkan oleh kandungan aspal keras atau tar dalam campuran

terlalu tinggi. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar kegemukan disajikan pada Tabel 2.4 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 4 Tingkat Kerusakan Kegemukan (*bleeding*)




Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Kegemukan hanya terjadi pada tingkat yang sangat ringan dan dalam satu tahun hanya terlihat dalam beberapa hari saja. Aspal tidak melekat ke sepatu atau roda kendaraan	
Sedang (S)	Kegemukan terjadi pada tingkat yang dalam satu-dua minggu dalam satu tahun, aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan	
Tinggi (T)	Kegemukan terjadi secara ekstensif dan dalam beberapa minggu dalam satu tahun aspal melekat pada sepatu atau roda kendaraan	

3. Retak blok

Retak blok merupakan retak saling berhubungan dan membagi permukaan menjadi kotak-kotak yang terbentuk hampir bujur sangkar. Retak blok terutama disebabkan oleh penyusutan lapis beraspal serta siklus temperatur dalam satu hari

yang menghasilkan siklus tegangan/regangan. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar retak blok disajikan pada Tabel 2.5 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 5 Tingkat Kerusakan Retak Blok



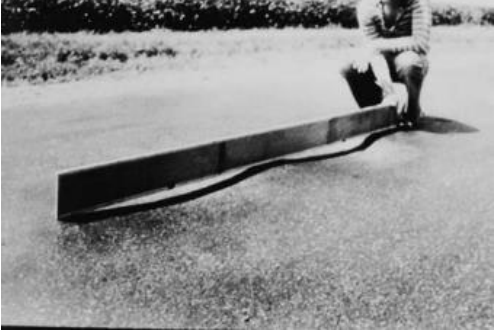
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Retak blok dinyatakan dengan keparahan rendah	
Sedang (S)	Retak blok dinyatakan dengan keparahan sedang	
Tinggi (T)	Retak blok dinyatakan dengan keparahan tinggi	

4. Keriting (*corrugation*)

Keriting merupakan kerusakan seri punggung (*ridges*) dan lembah (*valleys*) yang jaraknya berdekatan, dan terjadi cukup beraturan. Tingkat kerusakan,

identifikasi kerusakan, dan contoh gambar keriting disajikan pada Tabel 2.6 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


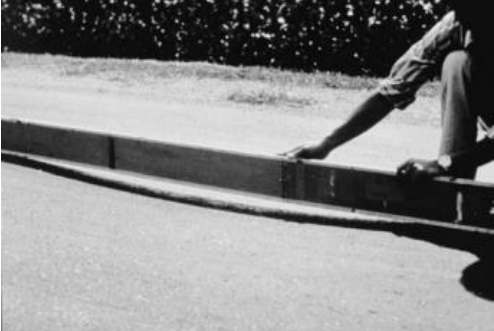

Tabel 2. 6 Tingkat Kerusakan Keriting (*corrugation*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Keriting menimbulkan gangguan rendah terhadap kenyamanan	
Sedang (S)	Keriting menimbulkan gangguan sedang terhadap kenyamanan	
Tinggi (T)	Keriting menimbulkan gangguan tinggi terhadap kenyamanan	

5. Ambles/Depresi (*depression*)

Ambles/Depresi merupakan kondisi perkerasan yang elevasinya lebih rendah dari permukaan perkerasan disekitarnya. Pada beberapa kasus, depresi ringan sulit dilihat, kecuali pada saat hujan yang menimbulkan genangan air. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar ambles disajikan pada Tabel 2.7 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


Tabel 2. 7 Tingkat Kerusakan Amblas/Depresi (*depression*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Kedalaman 13 mm sampai 25 mm ($\frac{1}{2}$ in sampai 1 in)	
Sedang (S)	Kedalaman 25 mm sampai 50 mm (1 in sampai 2 in)	
Tinggi (T)	Kedalaman lebih dari 50 mm (2 in)	

6. Retak Tepi (*edge cracking*)

Retak tepi merupakan retak yang sejajar dengan tepi perkerasan. Retak ini diperparah oleh beban kendaraan dan dapat ditimbulkan oleh pelemahan lapis fondasi atau tanah dasar. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar retak tepi disajikan pada Tabel 2.8 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 8 Tingkat Kerusakan Retak Tepi (*edge cracking*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Retak dengan keparahan ringan atau sedang yang tidak disertai dengan pelepasan butir	
Sedang (S)	Retak dengan keparahan sedang yang disertai dengan pelepasan butir ringan	
Tinggi (T)	Kehancuran atau pelepasan butir parah pada sepanjang tepi perkerasan	

7. Retak Refleksi Sambungan (*joint reflection cracking*)

Retak refleksi sambungan merupakan retak yang terjadi pada sambungan perkerasan lentur menuju perkerasan kaku. Retak refleksi ini hanya mencakup retak yang terjadi pada lapis beton aspal yang dihampar pada perkerasan kaku bersambung, tidak mencakup retak refleksi yang berasal dari lapis fondasi lain yang distabilisasi, misal yang distabilisasi dengan semen atau kapur. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar retak refleksi sambungan disajikan pada Tabel 2.9 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 9 Tingkat Keparahan Retak Refleksi Sambungan



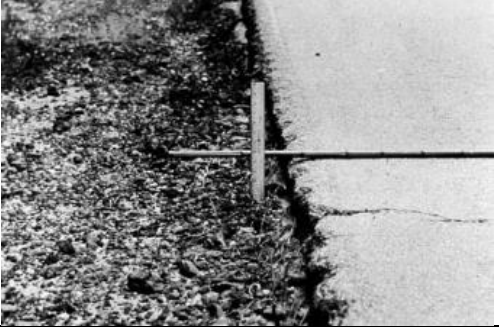
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar $\frac{3}{8}$ in (10 mm) 2. Retak terisi, lebar $>\frac{3}{8}$ in (10 mm) 	
Sedang (S)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tak terisi, lebar $<\frac{3}{8} - 3$ in (10-76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan. 	
Tinggi (T)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan pecah. 	

8. Penurunan Lajur/Bahu (*lane/shoulder drop off*)

Penurunan lajur/bahu merupakan kondisi yang terjadi penurunan akibat dari erosi atau penurunan lajur/bahu jalan. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan,

dan contoh gambar penurunan lajur disajikan pada Tabel 2.10 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 10 Tingkat Kerusakan Penurunan Lajur




Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah antara 25 mm (1 in) dan 50 mm (2 in),	
Sedang (S)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah antara 50 mm (2 in) dan 100 mm (4 in)	
Tinggi (T)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah lebih dari 100 mm (4 in)	

9. Retak Memanjang dan Melintang

Retak memanjang merupakan retak yang sejajar dengan sumbu jalan atau penghamparan sedangkan retak melintang merupakan retak yang terjadi pada arah lebar perkerasan dan hampir tegak lurus sumbu jalan. Hal ini disebabkan oleh sambungan memanjang kurang baik dan penyusutan lapisan oleh temperatur.

Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar penurunan lajur disajikan pada Tabel 2.11 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 11 Tingkat Kerusakan Retak Memanjang dan Melintang




Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1) Retak tak terisi, lebar < 3/8 in (10 mm) 2) Retak terisi, sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)	
Sedang (S)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1) Retak tak terisi, lebar < 3/8 – 3 in (10-76 mm) 2) Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3) Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan	
Tinggi (T)	Satu dari kondisi berikut yang terjadi: 1) Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi dengan retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2) Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm) 3) Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan pecah.	

10. Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas

Tambalan merupakan suatu bagian perkerasan yang telah diganti dengan bahan baru dalam rangka memperbaiki bagian perkerasan yang mengalami

kerusakan. Tambalan dinilai cacat sekalipun baiknya tambalan tersebut. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar tambalan disajikan pada Tabel 2.12 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 12 Tiungkat Kerusakan Tambalan dan Galian Utilitas

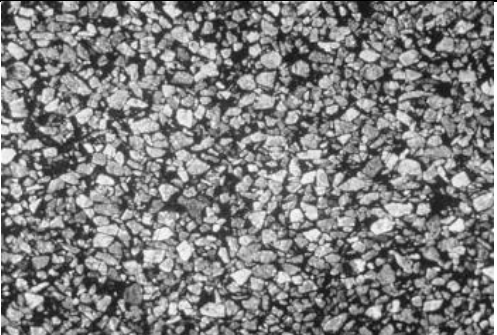
Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Tambalan mempunyai kondisi yang baik dan memadai. Gangguan terhadap kenyamanan dinilai rendah	
Sedang (S)	Tambalan mengalami kerusakan ringan, atau menimbulkan gangguan kenyamanan dengan tingkat yang sedang, atau kedua-duanya	
Tinggi (T)	Tambalan mengalami kerusakan parah, atau menimbulkan gangguan kenyamanan dengan tingkat yang tinggi, atau kedua-duanya	

11. Pengausan Agregat (*polished aggregate*)

Pengausan agregat merupakan kerusakan yang diakibatkan oleh sedikitnya porsi agregat kasar yang terdapat pada permukaan perkerasan beton aspal yang berakibat tahanan gesekannya kurang. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan,

dan contoh gambar penurunan lajur disajikan pada Tabel 2.13 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


Tabel 2. 13 Tingkat Kerusakan Pengausan Agregat

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
-	Permukaan perkerasan yang terasa halus menunjukkan bahwa pada agregat telah terjadi pengausan	

12. Lubang

Lubang merupakan cekungan pada permukaan perkerasan yang mempunyai diameter kecil, biasanya kurang dari 750 mm (30 in). Tingkat kerusakan lubang disajikan di Tabel 2.14 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

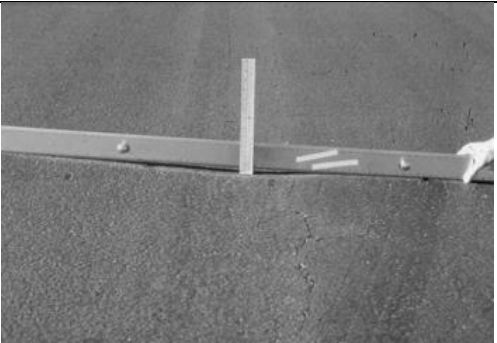


Tabel 2. 14 Tingkat Kerusakan Lubang

Kedalaman Maksimum Lubang	Diameter rata-rata lubang		
	100 mm – 200 mm (4in – 8in)	200 mm – 450 mm (8in – 18 in)	450 mm – 750 mm (18 in – 30 in)
13 mm \leq 25 mm ($\frac{1}{2}$ in \leq 1 in)	Rendah (R)	Rendah (R)	Sedang (S)
>25 mm \leq 50 mm ($>$ $\frac{1}{2}$ in \leq 2 in)	Rendah (R)	Sedang (S)	Tinggi (T)
> 50 mm ($>$ 2 in)	Sedang (S)	Sedang (S)	Tinggi (T)
Gambar			

13. Alur (*rutting*)

Alur merupakan kerusakan depresi permukaan akibat dari jejak roda kendaraan sehingga menimbulkan deformasi atau pergerakan bahan perkerasan. Di sepanjang sisi alur dapat terjadi peninggian, dalam beberapa kasus, alur hanya dapat dilihat setelah hujan datang, yaitu apabila alur tergenang air. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar alur disajikan pada Tabel 2.15 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 15 Tingkat Kerusakan Alur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Kedalaman 6 mm – 13 mm ($\frac{1}{4}$ in – $\frac{1}{2}$ in)	
Sedang (S)	Kedalaman > 13 mm – 25 mm ($\frac{1}{2}$ in – 1 in)	
Tinggi (T)	Kedalaman > 25 mm (> 1 in)	

14. Sungkur (*shoving*)

Sungkur merupakan kerusakan dengan perubahan bentuk permukaan secara memanjang (*longitudinal*) akibat dari beban roda kendaraan. Ketika beban kendaraan mendorong permukaan, maka permukaannya akan terjadi gelombang pendek. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar sungkur disajikan pada Tabel 2.16 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 16 Tingkat kerusakan Sungkur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Sungkur menimbulkan gangguan kenyamanan berkendara dengan tingkat keparahan yang rendah	
Sedang (S)	Sungkur menimbulkan gangguan kenyamanan berkendara dengan tingkat keparahan yang sedang	
Tinggi (T)	Sungkur menimbulkan gangguan kenyamanan berkendara dengan tingkat keparahan yang tinggi	

15. Retak Selip (*slippage cracking*)

Retak selip merupakan retak yang menyerupai bulan sabit atau bulang setengah bulat, biasanya melintang arah lalu lintas. Hal ini disebabkan pada saat kendaraan direm atau berbelok yang mengakibatkan lapisan perkerasan terdorong atau mengalami perubahan bentuk. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar retak slip disajikan pada Tabel 2.17 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


Tabel 2. 17 Tingkat Kerusakan Retak Selip

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Lebar rata-rata retak <10 mm ($\frac{1}{8}$ in)	
Sedang (S)	Lebar retak adalah antara > 10 mm ($\frac{3}{4}$ in) dan <40 mm ($1\frac{1}{2}$ in); atau permukaan di sekitar retak mengalami gompal moderat, atau dikelilingi dengan retak sekunder	
Tinggi (T)	Memenuhi salah satu kondisi sebagai berikut (lihat Gambar 21C): lebar retak adalah > 40 mm ($1\frac{1}{2}$ in); atau permukaan di sekitar retak pecah-pecah sehingga pecahannya mudah dicabut	

16. Pemuaian

Pemuaian ini ditandai dengan adanya menggelembung pada permukaan perkerasan yang membentuk gelombang gradual. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pemuaian disajikan pada Tabel 2.18 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).



Tabel 2. 18 Tingkat Kerusakan Pemuaian

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Pemuaian menimbulkan gangguan kenyamanan yang rendah. Pemuaian dengan tingkat keparahan rendah tidak selalu mudah dilihat, namun dapat dirasakan pada saat menaiki kendaraan, yaitu melalui gerakan kendaraan yang menaik (<i>upward motion</i>)	
Sedang (S)	Pemuaian menimbulkan gangguan kenyamanan yang tingkatannya sedang	
Tinggi (T)	Pemuaian menimbulkan gangguan kenyamanan yang tingkatannya tinggi	

17. Pelepasan Butir (*ravelling*)

Pelepasan butir merupakan pelepasan butir-butir agregat kasar yang diakibatkan oleh kandungan aspal yang rendah, campuran yang kurang baik, pemadatan yang kurang, segregasi, atau pengelupasan aspal. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pemuaian disajikan pada Tabel 2.19 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


Tabel 2. 19 Tingkat Kerusakaan Pelepasan Butir (*ravelling*)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Jumlah butir agregat yang hilang lebih dari 20 buah per meter persegi (yard persegi), atau apabila dijumpai gugus agregat yang hilang, atau keduanya	
Tinggi (T)	Permukaan perkerasan sangat kasar dan dapat terbentuk cekungan, bahkan pada permukaan dapat terkumpul agregat lepas	



18. Pelapukan (*surface wear*)

Pelapukan merupakan pelepasan aspal dan butir-butir halus pada perkerasan beton aspal. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.20 dan Tabel 2.21 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 20 Tingkat Kerusakan Pelapukan

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Permukaan menunjukkan gejala penuaan yang dapat dipercepat oleh kondisi cuaca. Permukaan terlihat butir-butir halus yang hilang dan disertai dengan warna aspal yang pudar, dan agregat kasar mulai terbuka (lebih kecil dari 1 mm atau 0,05 in).	

Tabel 2. 21 Tingkat Kerusakan Pelapukan (Lanjutan)

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Sedang (S)	Permukaan mengalami kehilangan butir-butir halus yang nyata dan sisi-sisi agregat kasar terbuka pada $\frac{1}{4}$ bagian sisi terpanjang	
Tinggi (T)	Sisi-sisi agregat kasar terbuka pada lebih dari $\frac{1}{4}$ bagian sisi terpanjang	




2.1.4.2 Kerusakan Perkerasan Kaku

Berdasarkan Pedoman Pd-01-2016-B tentang Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP). Terdapat 19 macam jenis kerusakan perkerasan kaku, namun yang terapat kerusakannya hanya 8 macam, diantaranya:

1. Retak Sudut

Retak sudut merupakan retak yang memotong sambungan pada jarak yang kurang dari atau sama dengan setengah panjang kedua sisi panel, yang diukur dari titik sudut panel. Retak sudut dibedakan dari gompal sudut. Dalam hal tersebut, retak sudut menembus secara vertikal seluruh tebal pelat, sedangkan gompal sudut memotong sambungan secara bersudut (miring). Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.22 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 22 Tingkat Kerusakan Retak Sudut

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Ditandai oleh retak dengan tingkat keparahan rendah.	
Sedang (S)	Ditandai oleh retak dengan tingkat keparahan sedang, atau pada permukaan antara retak dengan sambungan terdapat retak lain dengan keparahan sedang.	
Tinggi (T)	Ditandai oleh retak dengan tingkat keparahan tinggi, atau pada permukaan antara retak dengan sambungan terdapat retak lain dengan keparahan tinggi.	

2. Kerusakan Bahan Penyumbat (*joint seal damage*)

Kerusakan bahan penyumbat merupakan kondisi yang memungkinkan tanah atau kerikil atau air memasuki sambungan. Bahan padat yang terakumulasi pada sambungan akan mencegah pemuaian panel sehingga dapat menimbulkan pelengkungan, peremukan, atau gompal. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.23 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 23 Tingkat Keparahan Kerusakan Bahan Penyumbat

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Bahan penyumbat di seluruh seksi secara umum mempunyai kondisi yang baik, dan hanya terdapat kerusakan minor. (Seperti pengelupasan, ekstrusi, tumbuh rumput)	
Sedang (S)	Bahan penyumbat di seluruh seksi umumnya mempunyai kondisi yang cukup baik, dengan satu atau lebih kerusakan bahan penyumbat mempunyai tingkat keparahan sedang. Dalam tempo dua tahun, bahan penyumbat perlu diganti.	
Tinggi (T)	Bahan penyumbat di seluruh seksi umumnya mempunyai kondisi yang jelek, dengan satu atau lebih kerusakan bahan penyumbat mempunyai tingkat keparahan tinggi. Bahan penyumbat perlu segera diganti	

3. Penurunan lajur/bahu (*lane/shoulder drop off*)

Penanganan lajur/bahu merupakan perbedaan elevasi permukaan bagian tepi perkerasan dengan permukaan bahu yang menurun atau tererosi. Perbedaan elevasi dapat mengganggu keselamatan, dan juga dapat meningkatkan infiltrasi air. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.24 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).




Tabel 2. 24 Tingkat Keparahan Penurunan Lajur

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah antara >25 mm (1 in) dan < 50 mm (2in).	
Sedang (S)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah antara >50 mm (2 in) dan <100 mm (4in).	
Tinggi (T)	Perbedaan ketinggian antara perkerasan dan bahu adalah lebih dari 100 mm (4 in)	

4. Retak Linear (retak memanjang, melintang, dan diagonal)

Retak linier ini membagi panel menjadi dua atau tiga bagian, biasanya merupakan akibat kombinasi repetisi beban lalu lintas, pelengkungan akibat gradien temperatur, serta repetisi kelembaban. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.25 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

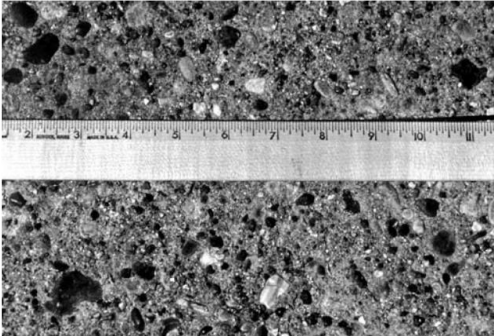
Tabel 2. 25 Tingkat Kerusakan Retak Linear

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Retak tanpa penyumbat yang lebarnya antara <3 mm (<1/8 in) dan <25 mm (1 in)	
Sedang (S)	Terdapat salah satu kondisi sebagai berikut: retak tanpa bahan penyumbat dengan lebar antara >25 mm (>1 in) dan <75 mm (<3 in) dan tanpa faulting/penanganan	
Tinggi (T)	Terdapat salah satu kondisi sebagai berikut: retak tanpa bahan penyumbat dengan lebar >75 mm (>3 in), atau setiap retak dengan atau tanpa bahan pengisi dengan faulting/penanganan	

5. Pengausan Agregat

Pengausan agregat merupakan akibat repetisi beban lalu lintas. Kerusakan tersebut dapat diketahui dengan cara meraba permukaan perkerasan; apabila pada permukaan perkerasan dirasakan sangat sedikit agregat yang menonjol atau dirasakan tidak ada agregat yang kasar atau bersudut yang dapat menghasilkan kekesatan. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.26 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).


Tabel 2. 26 Tingkat Keparahan Pengausan Agregat

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
-	Tidak ada batasan tingkat keparahan pengausan agregat; namun demikian, sebelum dicatat sebagai kerusakan pada saat survei kondisi, derajat pengausan harus benar-benar diketahui secara nyata	

6. Popouts

Popouts merupakan fenomena dengan pecahan kecil perkerasan hancur dan lepas dari permukaan perkerasan, yang dikombinasikan dengan agregat ekspansif. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.27 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 27 Tingkat Keparahan Popouts


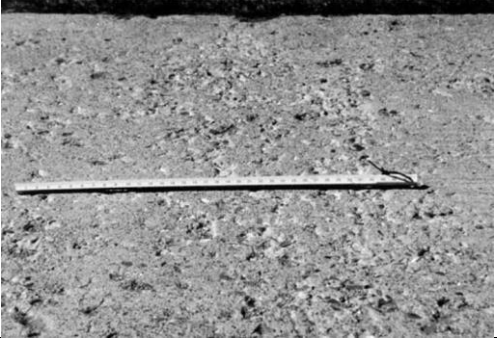

Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
-	Tidak ada batasan tingkat keparahan popouts; namun demikian, sebelum dicatat sebagai kerusakan pada saat survei kondisi, derajat popouts harus benar-benar diketahui secara nyata. Kerapatan rata-rata popouts di seluruh permukaan seksi harus lebih dari tiga buah/m ²	

7. *Scaling, map cracking, dan crazing*

Map cracking atau crazing merupakan jaringan retak dangkal dan halus yang hanya terjadi pada permukaan beton. Retak cenderung berpotongan yang

membentuk sudut sekitar 120° . Scaling dapat terjadi pula sebagai akibat penggaraman anti pembekuan (*deicing salts*), kesalahan pelaksanaan, 40 dari 79 siklus pembekuan-pencairan, dan agregat yang jelek. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.28 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 28 Tingkat Keparahan *Scaling*, *Map Cracking*, dan *Crazing*


Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan	Gambar
Rendah (R)	Map cracking atau crazing dijumpai hampir pada seluruh permukaan; permukaan mempunyai kondisi yang baik, hanya disertai dengan scaling minor	
Sedang (S)	Permukaan panel mengalami scaling kurang dari 15%.	
Tinggi (T)	Permukaan panel mengalami scaling lebih dari 15%.	

8. Gompal sambungan (*spalling, joint*)

Gompal sambungan merupakan kerusakan/pecahnya tepi panel di sekitar sambungan dalam daerah sekitar 0,5 m (*1,5 feet*). Gompal sambungan biasanya

tidak membentuk bidang vertikal, tetapi membentuk sudut terhadap bidang datar. Tingkat kerusakan, identifikasi kerusakan, dan contoh gambar pelapukan disajikan pada Tabel 2.29 berdasarkan ASTM (2011) dalam (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 29 Tingkat Keparahan Gompal Sambungan

Pecahan Gompal	Lebar Gompal	Tingkat Keparahan	
		<0,5 m (1,5 ft)	>0,5 m (1,5 ft)
Kuat (tight) – sulit dilepas (beberapa buah mungkin hilang)	<100 mm (4 in)	Rendah (R)	Rendah (R)
	>100 mm (4 in)	Rendah (R)	Rendah (R)
Longgar (loose) – mudah dilepas dan beberapa buah; bila sebagian besar atau semua pecahan hilang, gompal dangkal,	<100 mm (4 in)	Rendah (R)	Sedang (S)
	>100 mm (4 in)	Rendah (R)	Sedang (S)
Hilang (missing) – sebagian besar atau semua pecahan hilang	<100 mm (4 in)	Rendah (R)	Sedang (S)
	>100 mm (4 in)	Sedang (S)	Tinggi (T)
Gambar			

2.2 Penilaian Indeks Kondisi Perkerasan Jalan

2.2.1 Pengertian Indeks Kondisi Perkerasan (IKP)

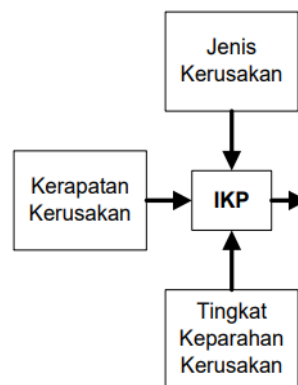
Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) adalah penentuan indikator kuantitatif (numerik) kondisi perkerasan jalan yang mempunyai rentang nilai mulai dari 0 (terendah) sampai dengan 100 (tertinggi). Dengan nilai 0 menyatakan kondisi perkerasan paling jelek yang mungkin terjadi dan nilai 100 menyatakan kondisi perkerasan terbaik yang mungkin dicapai dapat dilihat dalam Gambar 2.6 untuk

prinsip penentuan IKP serta pada Tabel 2.30 untuk kelas kondisi perkerasan (KPUPR, 2016).

Menurut Broten dan Sombre, 2001 dalam (Hardiyatmo, H. C, 2023) inspeksi visual permukaan perkerasan ini merupakan informasi yang sangat berguna, karena dapat digunakan untuk:

1. Mengevaluasi kondisi perkerasan saat dilakukan inspeksi,
2. Menentukan prioritas pemeliharaan perkerasan dan kebutuhan rehabilitasi,
3. Mengestimasi kuantitas pemeliharaan,
4. Mengevaluasi kinerja cara pemeliharaan dan rehabilitasi yang berbeda.

Penilaian kondisi kerusakan perkerasan yang dikembangkan oleh *U.S. Army Corp of Engineer* (Shahin, 1994), dinyatakan dalam Indeks Kondisi Perkerasan. Penggunaan IKP untuk perkerasan bandara, jalan, dan tempat parkir telah dipakai secara luas di Amerika.



Gambar 2. 6 Prinsip Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan (IKP)

Tabel 2. 30 Hubungan IKP Dengan Kelas Kondisi

Interval IKP	Kelas Kondisi Jalan
85 - 100	Sangat Baik (<i>good</i>)
70 – 85	Baik (<i>Satisfactory</i>)
55 – 70	Sedang (<i>fair</i>)
40 – 55	Jelek (<i>poor</i>)
25 – 40	Parah (<i>very poor</i>)
10 – 25	Sangat parah (<i>serious</i>)
0 – 10	Hancur (<i>failed</i>)

Prosedur penilaian kondisi perkerasan jalan yang disampaikan mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Shanin pada tahun 1994 dalam “*Pavement Management For Airports, Roads and Parking Lots*” dan ASTM D6433-11. Untuk maksud membandingkan, maka dipelajari cara perhitungan IKP pada perkerasan bandara yang disarankan oleh FAA (1982) namun ada beberapa yang disesuaikan seperti jenis kerusakan, serta cara perhitungan dimulai dari perhitungan sampel hingga perhitungan nilai IKP yang mengacu kepada medan yang diteliti, yaitu perkerasan aspal dan perkerasan beton.

Metode IKP memberikan informasi kondisi perkerasan hanya pada saat survei dilakukan, tapi tidak dapat memberikan gambaran prediksi di masa datang. Namun demikian, dengan melakukan survei kondisi secara periodik, informasi kondisi perkerasan dapat berguna untuk prediksi kinerja di masa datang, selain juga dapat digunakan sebagai masukan pengukuran yang lebih detail. (Hardiyatmo, H. C, 2023)

Perkerasan pada ruas jalan yang telah dipilih dibagi menjadi beberapa unit perkerasan. Apabila perkerasan pada ruas tidak seragam, maka ruas perlu terlebih

dahulu dibagi menjadi seksi-seksi yang seragam kemudian tiap seksi dibagi menjadi unit-unit perkerasan. Selanjutnya dari unit-unit perkerasan dipilih beberapa unit sampel yang akan disurvei. Survei dilakukan secara visual dan data yang akan dinilai dan dicatat pada survei tiap unit sampel adalah jenis, tingkat keparahan, dan kualitas kerusakan perkerasan.

Indeks Kondisi Perkerasan menunjukkan tingkat kondisi permukaan perkerasan serta ukuran kondisi perkerasan pada saat disurvei, berdasarkan kerusakan yang terpantau pada permukaan perkerasan, yang juga menunjukkan kepaduan struktural dan kondisi fungsional perkerasan (ketidakrataan dan kekesatan). IKP tidak dapat mengukur kapasitas struktural perkerasan, juga tidak dapat menunjukkan ukuran langsung kekesatan atau ketidakrataan, melainkan dasar objektif dan rasional untuk menentukan program pemeliharaan dan perbaikan yang diperlukan serta prioritas penanganan.

2.2.2 Perhitungan Penentuan Indeks Kondisi Perkerasan

Tahapan penentuan Indeks Kondisi Perkerasan dapat diuraikan menjadi 6 tahapan, yaitu diantara lain:

- 1) Penentuan Jumlah Unit Sampel
- 2) Perhitungan kerapatan kerusakan,
- 3) Penentuan nilai pengurang kerusakan,
- 4) Penentuan nilai pengurang terkoreksi (NPT) maksimum,
- 5) Perhitungan IKP unit sampel atau unit khusus, dan
- 6) Perhitungan IKP ruas.

Setelah NPT maksimum diperoleh, IKP unit sampel ditentukan dengan mengurangi NPT maksimum dari 100, sehingga didapat nilai IKP.

2.2.2.1 Penentuan Jumlah Unit Sampel

Dalam menentukan jumlah unit sampel harus diperhatikan unit sampel yang disyaratkan untuk perkerasan kaku yaitu dengan tiap unit sampel harus mempunyai luas (225 ± 90) m². Ukuran unit sampel sebaiknya dapat mendekati nilai rata-rata yang direkomendasikan agar hasilnya akurat (Hardiyatmo, H. C, 2023).

Jumlah unit sampel yang akan disurvei dapat bervariasi, yaitu sebagai berikut:

- a) Pengambilan Unit Sampel diambil sepanjang ruas jalan yang dibagi per seksi. Dengan tujuan metode ini yaitu untuk kebutuhan analisis proyek yang dimana dapat menentukan biaya estimasi untuk pemeliharaan dan perbaikan pada ruas jalan.
- b) Pengambilan Unit Sampel diambil menggunakan standar deviasi dengan memberikan tingkat kepercayaan 95%. Karena kendala sumber daya manusia, biaya, dan waktu survei terhadap seluruh unit sepanjang ruas yang biasanya tidak dilakukan untuk keperluan manajemen rutin. Jumlah minimum unit sampel (n) yang harus disurvei pada seksi tertentu untuk mendapatkan estimasi nilai IKP seksi yang secara statistika memadai (95% kepercayaan), nilai IKP yang akan diperoleh $\pm 5\%$ dari IKP rata-rata dengan seluruh unit sampel diperiksa. Kurva dalam Gambar 2.7 yang digambar (Shahin, 1994) untuk pemilihan jumlah minimum unit sampel dengan persamaan 2.1 (Hardiyatmo, H. C, 2023).

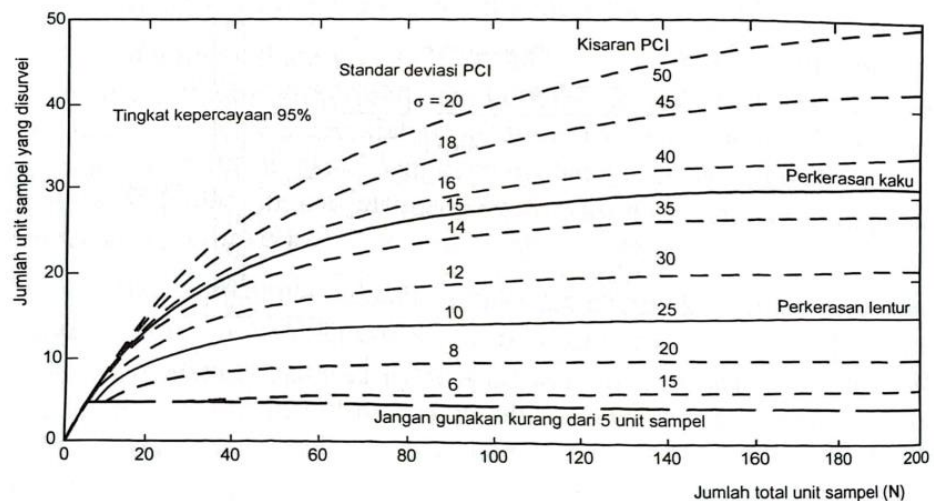
$$N = \frac{Nd^2}{\frac{e^2}{4}(n-1)+d^2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

d = Standar deviasi, diasumsikan d = 10 untuk perkerasan lentur

e = Penyimpangan yang diizinkan dalam mengestimasi IKP, e = 5

N = Jumlah unit sampel



Gambar 2. 7 Pemilihan Jumlah Minimum Unit Sampel Yang Harus Disurvei

Kurva diatas digunakan berdasar pada standar deviasi (d) dari IKP di antara unit-unit sampel, atau kisaran IKP (nilai terbesar IKP dikurangi nilai terkecil). Pada inspeksi awal, standar deviasi IKP untuk satu bagian perkerasan dianggap bernilai d = 10 atau kisaran IKP = 25 untuk permukaan beton aspal (*Asphalt Concrete, AC*). Nilai tersebut didasarkan pada data lapangan yang diperoleh dari banyak survei

(Shahin, 1994). Jika jumlah sampel total di dalam bagiannya kurang dari 5, maka disarankan seluruh unit sampel harus disurvei.

Jika dengan menggunakan asumsi standar deviasi $d = 10$ yang menghasilkan 95% tingkat kepercayaan yang kritis, maka jumlah unit sampel perlu dikonfirmasi dengan berdasarkan standar deviasi aktual. Berikut merupakan rumus untuk menentukan jumlah unit sampel yang diperlukan:

1) Hitung deviasi standar aktual dengan persamaan:

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (IKP_s - IKP_r)^2}{(n - 1)}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

d = Standar deviasi

IKP_s = Nilai IKP unit Sampel

IKP_r = Nilai IKP ruas jalan

2) Lakukan perhitungan ulang revisi jumlah minimum unit sampel yang harus di survei (n) dengan menggunakan standar deviasi aktual yang telah dihitung. Jika unit sampel revisi lebih besar dari jumlah unit sampel yang telah disurvei, maka pilih dan survei unit sampel tambahan.

3) Ulangi proses pengecekan jumlah unit sampel sampai jumlah unit sampel yang disurvei terakhir (yang ditentukan menggunakan standar deviasi aktual berdasarkan hasil survei sebelumnya) sama

dengan atau lebih besar dari jumlah unit sampel yang ditentukan dengan menggunakan standar deviasi asumsi.

- c) Apabila jumlah sampel yang lebih kecil dari jumlah sampel yang menghasilkan 95% tingkat kepercayaan dapat digunakan berdasarkan tujuan survei kondisi perkerasan jalan. Dapat langsung diterapkan unit sampel dengan tingkat kepercayaan tersebut seperti pada Tabel 2.31 (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 31 Jumlah Minimum Unit sampel Yang Harus Disurvei

Jumlah Unit Sampel	Unit Sampel yang Harus Diuji
1 – 5	1 Unit Sampel
6 – 10	2 Unit Sampel
11 – 15	3 Unit Sampel
16 – 40	4 Unit Sampel
≥ 40	10%

Berikutnya adalah menentukan jarak atau antar unit atau interval unit sampel yang harus disurvei dengan menggunakan persamaan berikut.

$$i = \frac{N}{n} \quad (2.3)$$

Keterangan:

I = Jarak antar unit sampel yang harus diamati

N = Jumlah semua unit sampel

n = Jumlah unit sampel yang harus diamati

2.2.2.2 Perhitungan Kerapatan Kerusakan

Kerapatan kerusakan adalah presentase kuantitas (luas, panjang, atau buah) dalam suatu jenis kerusakan dengan tingkat kerusakan tertentu yang dijumpai pada unit sampel terhadap luas unit sampel. Dengan demikian, kerapatan kerusakan pada suatu unit sampel, atau unit khusus dapat dihitung dengan persamaan 2.4 s.d. 2.6 dibawah ini.

1. Kerapatan retak tepi, retak refleksi sambungan, penurunan bahu, dan retak memanjang/melintang

$$Kerapatan = \frac{P_m}{A_u} \times 100\% \quad (2.4)$$

2. Kerapatan lubang

$$Kerapatan = \frac{B_l}{A_u} \times 100\% \quad (2.5)$$

3. Kerapatan kerusakan diluar 1 dan 2

$$Kerapatan = \frac{A_l}{A_u} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

P_m = Panjang total suatu jenis kerusakan, untuk tiap tingkat keparahan tertentu, yang dijumpai pada unit sampel atau unit khusus, m (*feet*).

B_l = Jumlah lubang, dengan tingkat keparahan tertentu, yang dijumpai pada unit sampel atau unit khusus, buah.

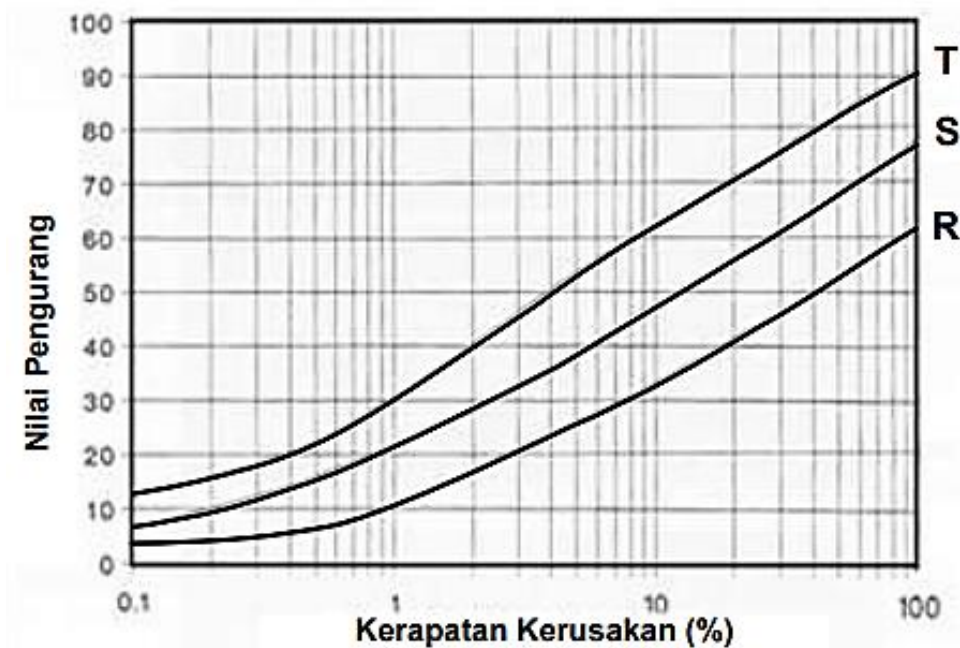
A_l = Luas total suatu jenis kerusakan, untuk tiap tingkat keparahan tertentu, yang dijumpai pada unit sampel atau unit khusus, m^2 (*feet*²).

A_u = Luas unit sampel atau unit khusus, m^2 (*feet*²).

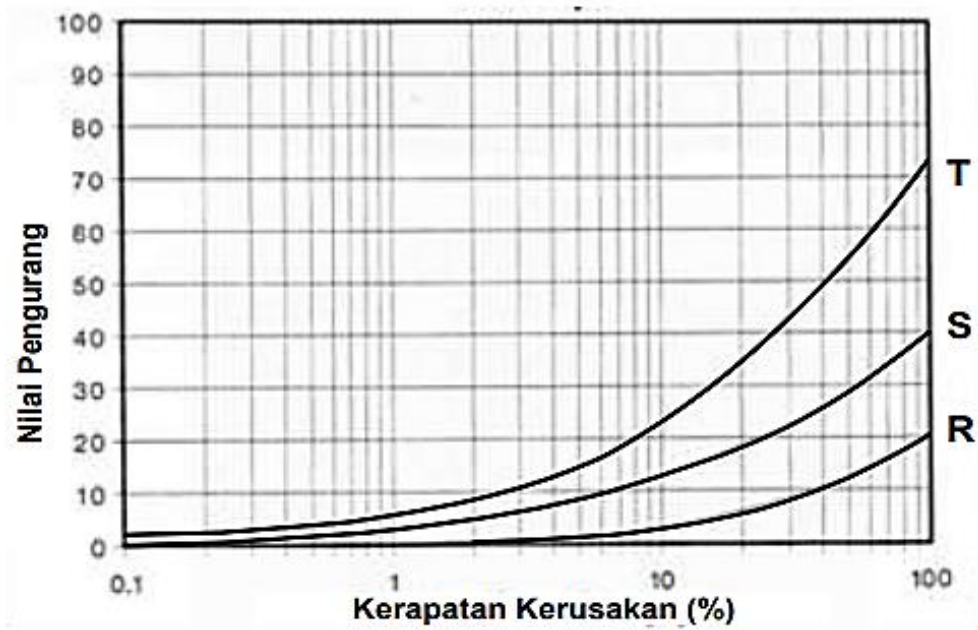
2.2.2.3 Perhitungan Perkerasan Lentur

2.2.2.3.1 Penentuan Nilai Pengurang (NP) Kerusakan Perkerasan Lentur

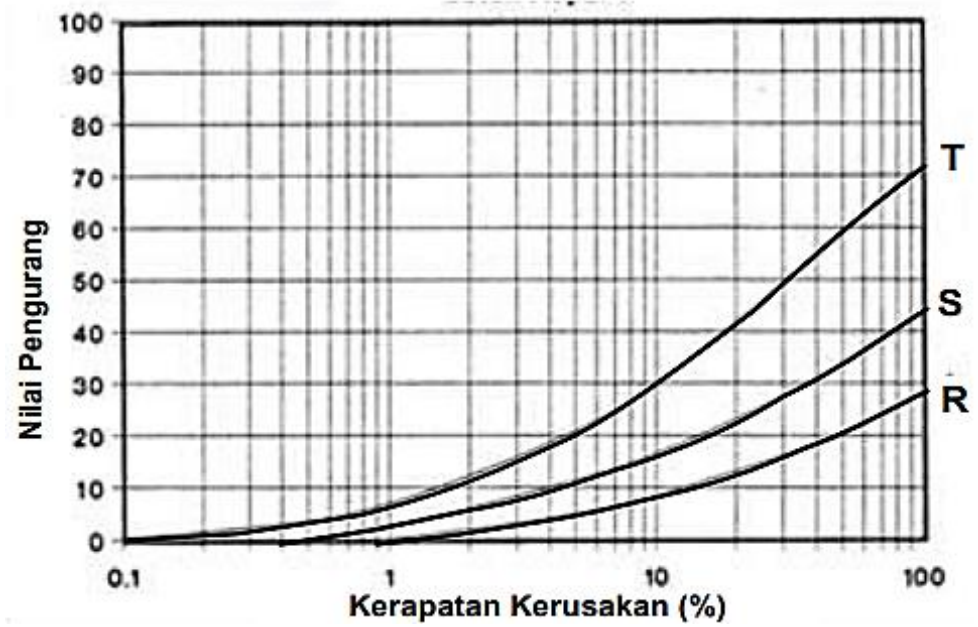
Nilai pengurang (NP) untuk suatu jenis kerusakan diperoleh dari kurva hubungan kerapatan dan tingkat keparahan kerusakan. Kurva untuk mendapatkan nilai pengurang kerusakan perkerasan beton aspal ditunjukkan pada Gambar 2.8. s.d Gambar 2.25 untuk setiap kerusakan perkerasan (KPUPR, 2016).



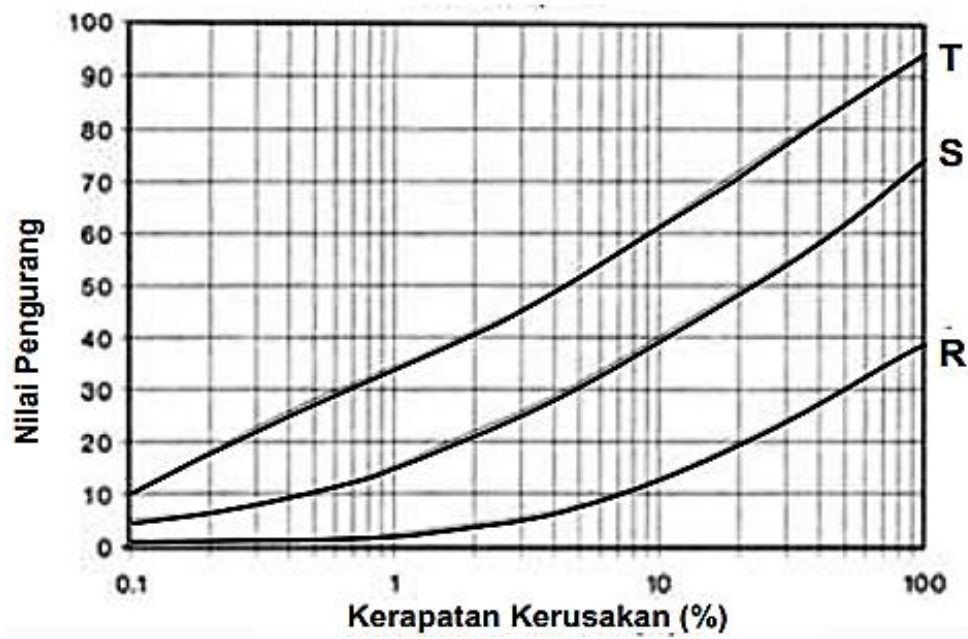
Gambar 2. 8 Grafik Nilai Pengurang Kerusakan Retak Kulit Buaya



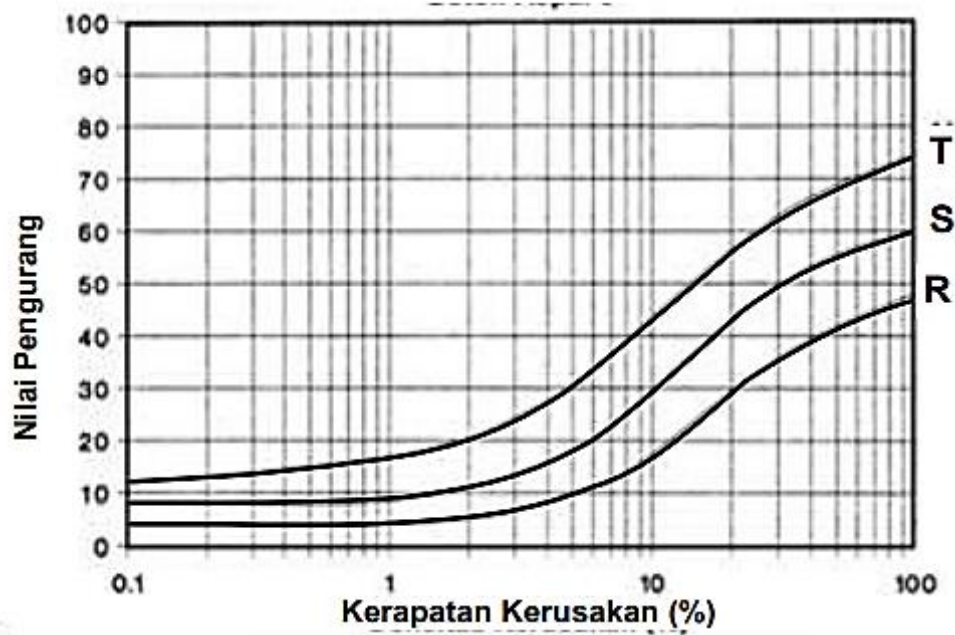
Gambar 2. 9 Grafik Nilai Pengurang Kegemukan (*Bleeding*)



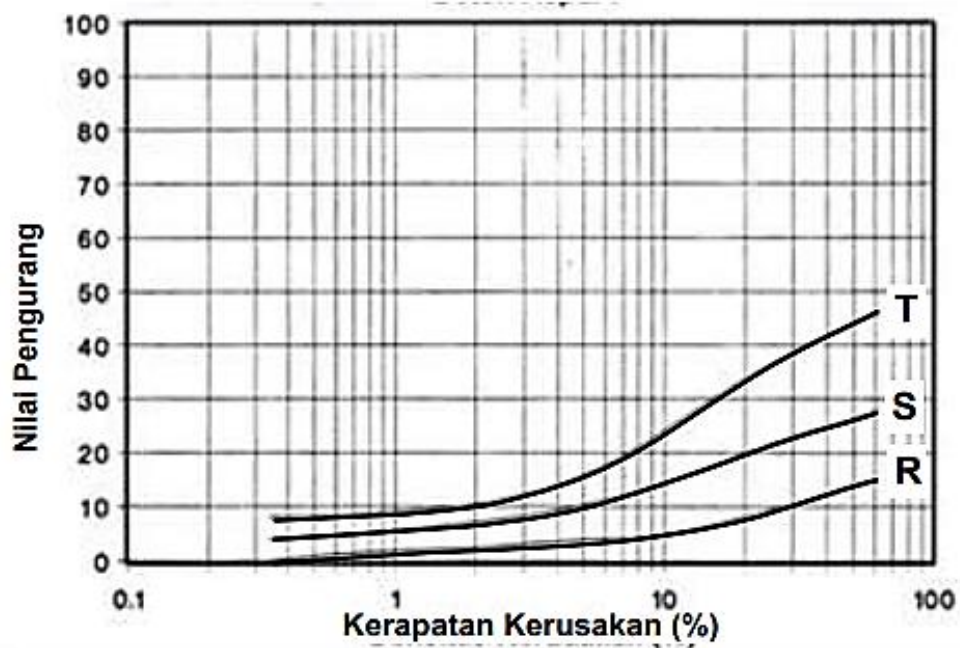
Gambar 2. 10 Grafik Nilai Pengurang Retak Blok



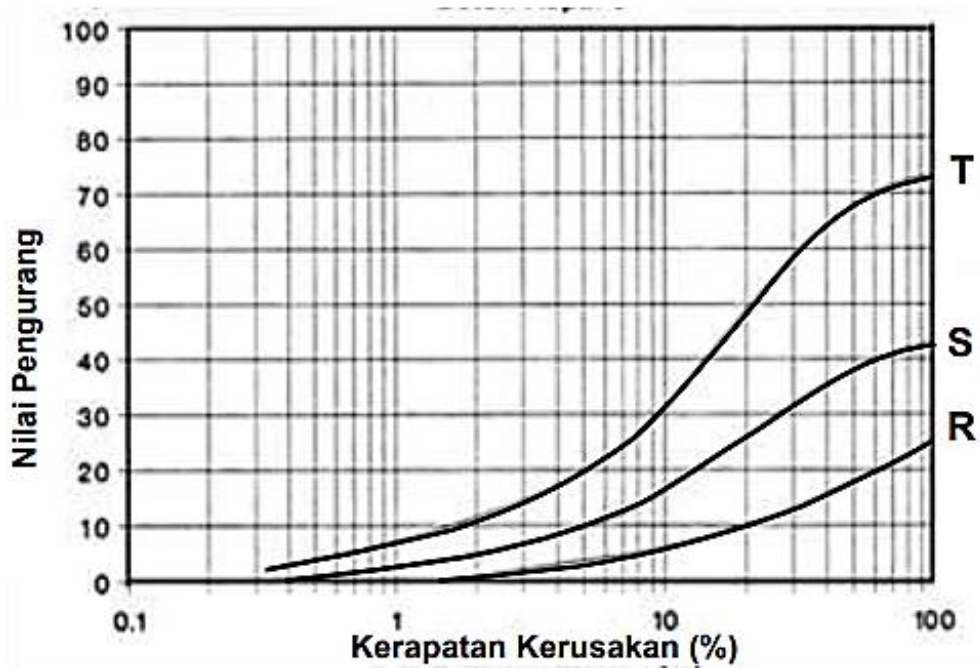
Gambar 2. 11 Grafik Nilai Pengurang Keriting



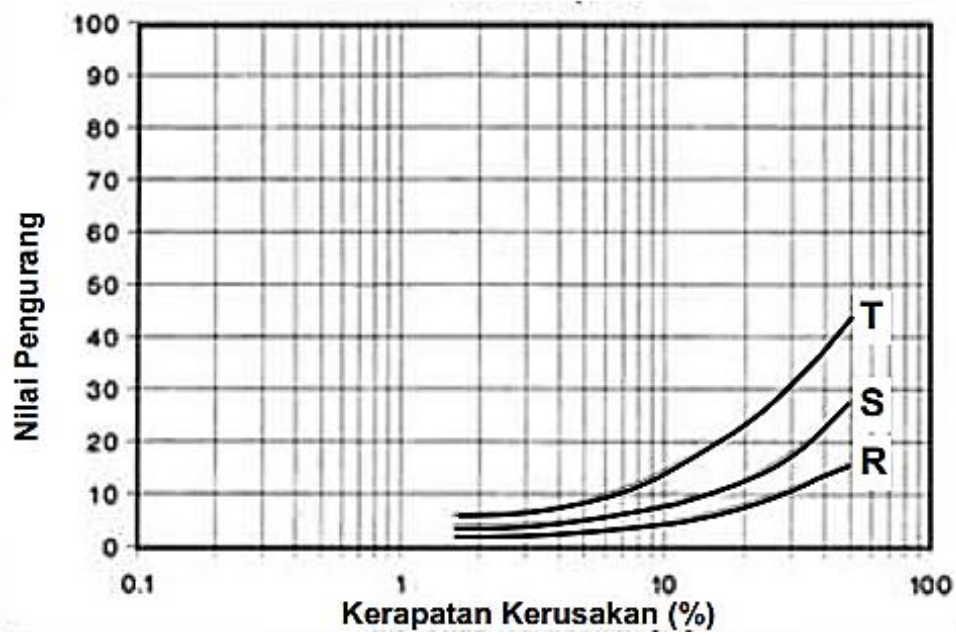
Gambar 2. 12 Grafik Nilai Pengurang Depresi



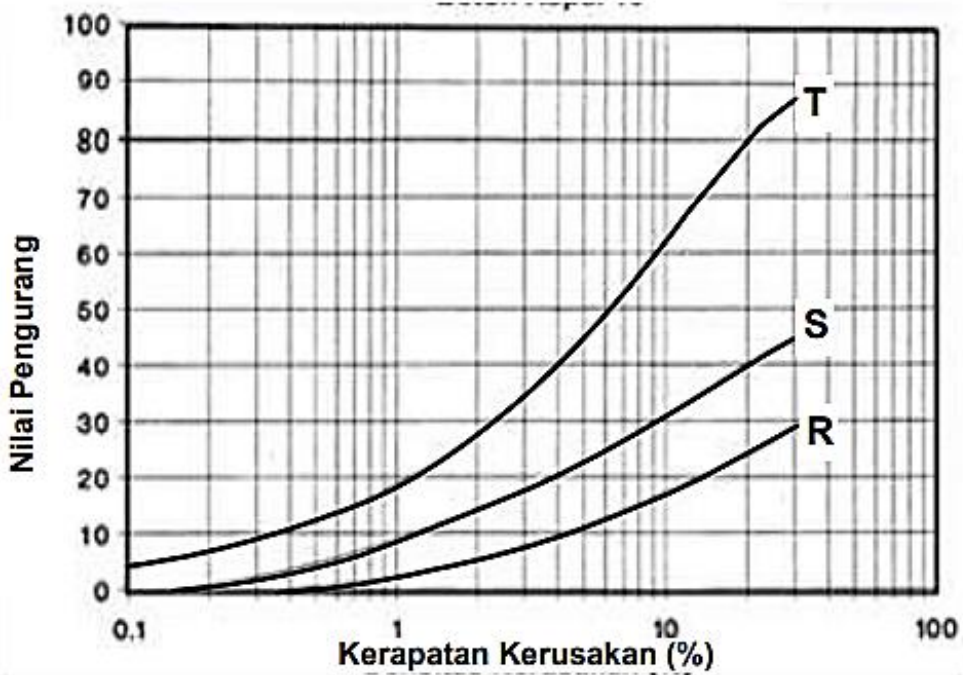
Gambar 2. 13 Grafik Nilai Pengurang Retak Tepi (Metrik)



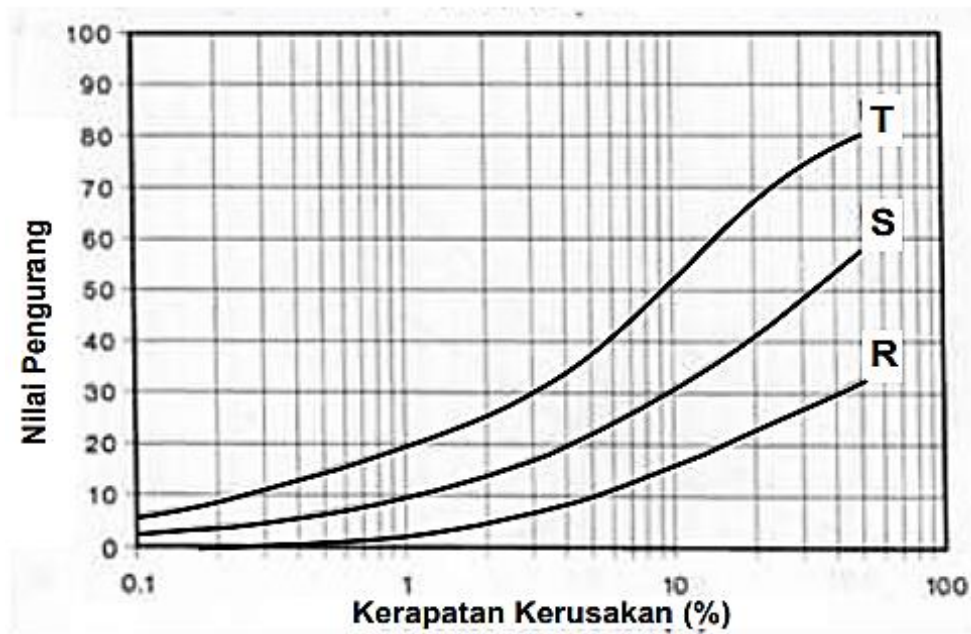
Gambar 2. 14 Grafik Nilai Pengurang Retak Refleksi Sambungan (Metrik)



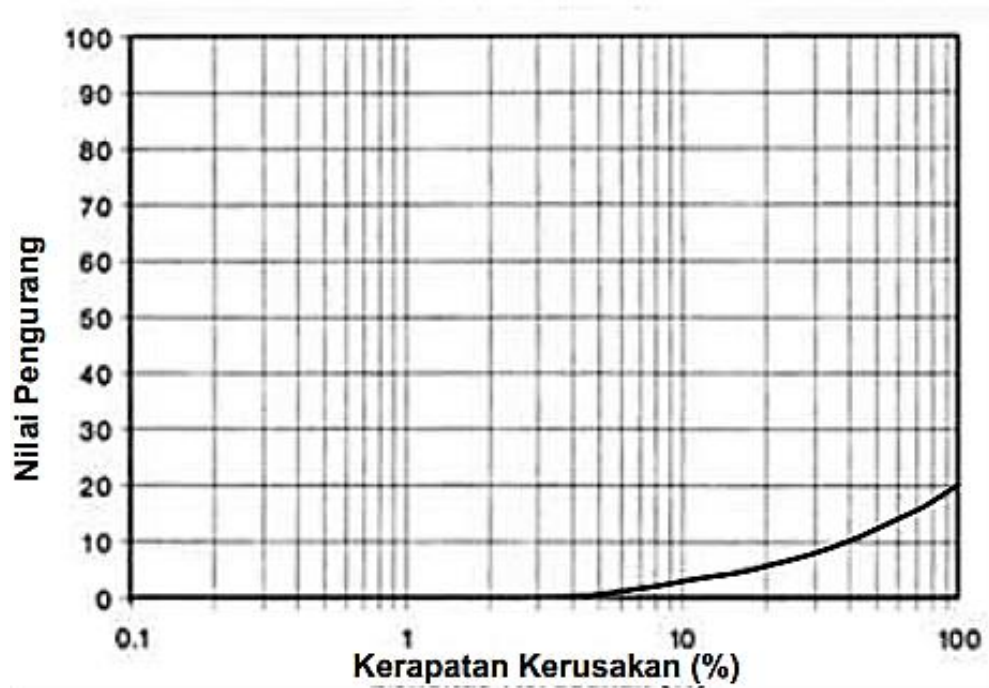
Gambar 2. 15 Grafik Nilai Pengurang Penanganan Lajur/Bahu (Metrik)



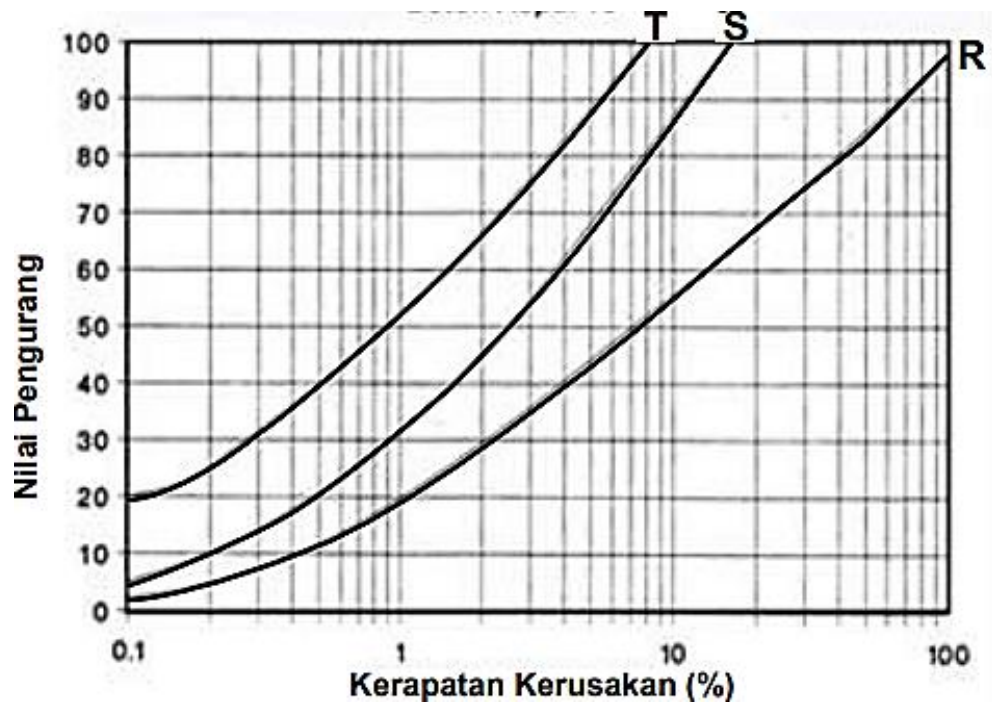
Gambar 2. 16 Grafik Nilai Pengurang Retak Memanjang/Melintang (Metrik)



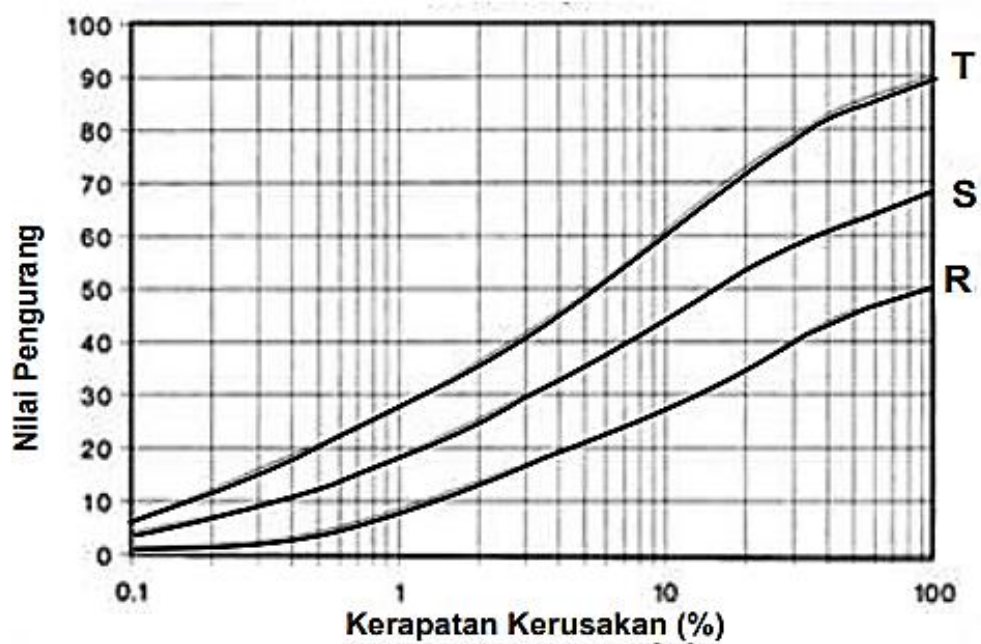
Gambar 2. 17 Grafik Nilai Pengurang Tambalan Dan Tambalan Galian Utilitas



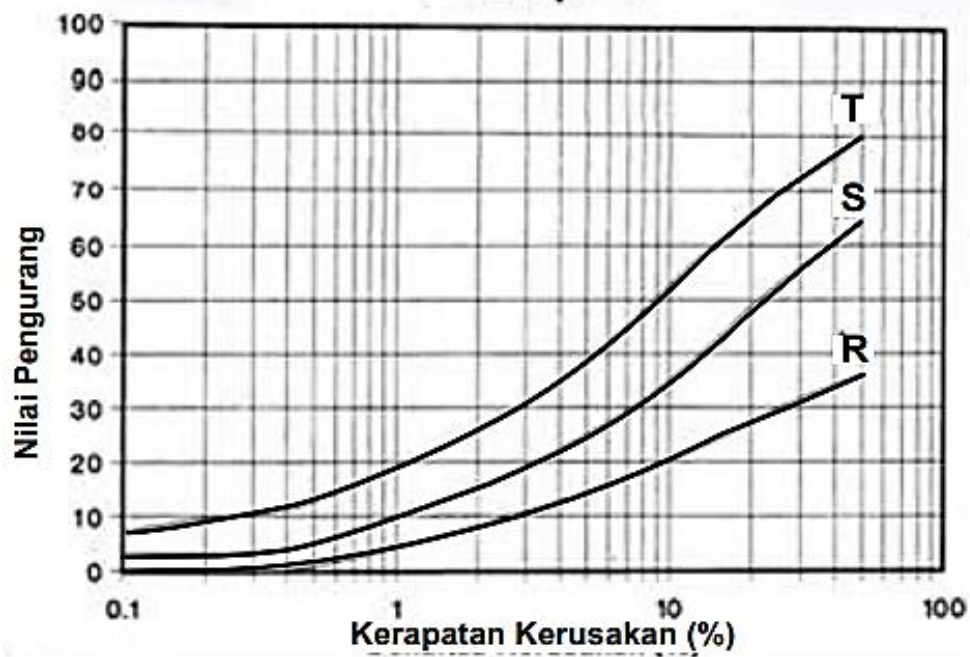
Gambar 2. 18 Grafik Nilai Pengurang Pengausan Agregat



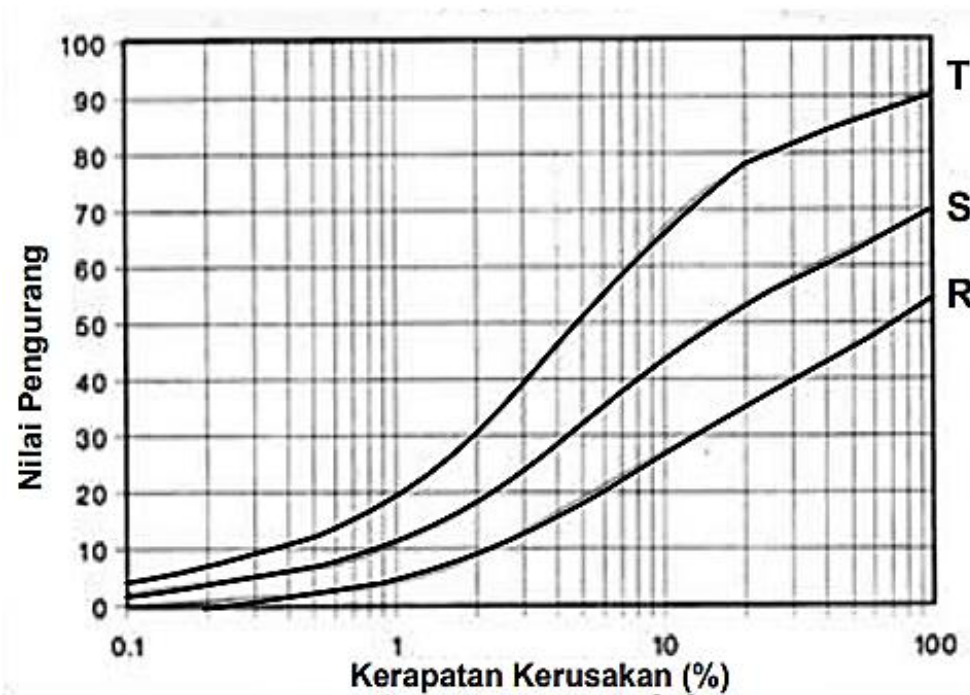
Gambar 2. 19 Grafik Nilai Pengurang Lubang (Metrik)



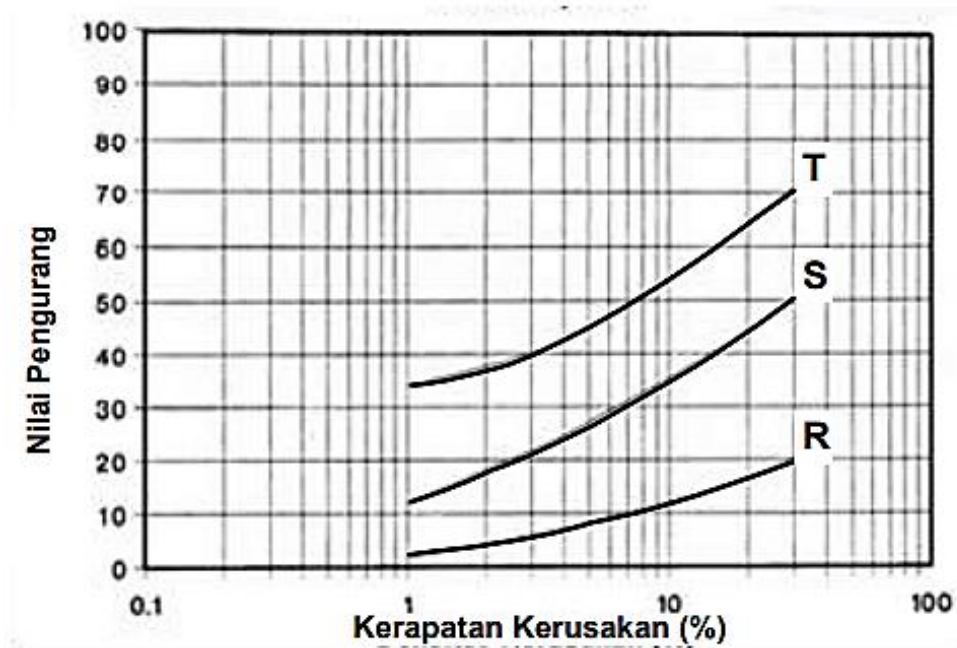
Gambar 2. 20 Grafik Nilai Pengurang Alur



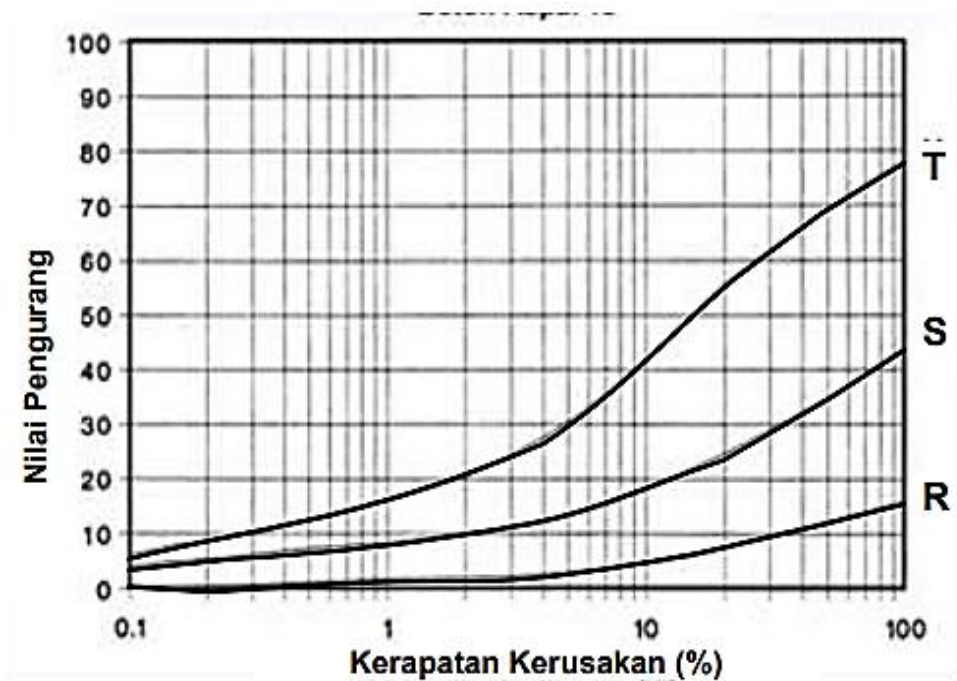
Gambar 2. 21 Grafik Nilai Pengurang Sungkur



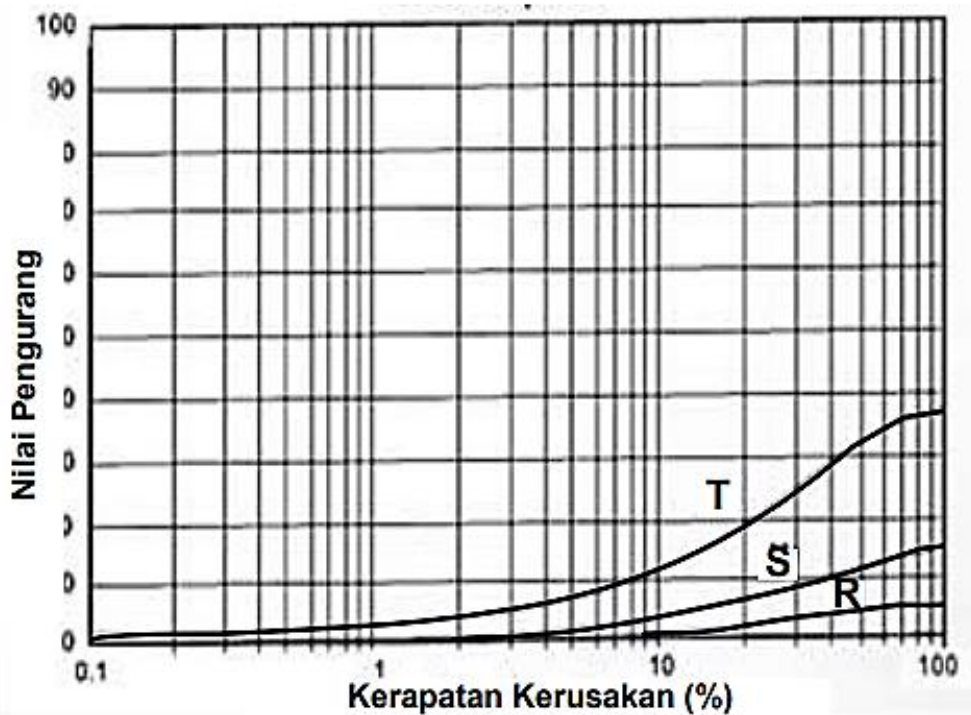
Gambar 2. 22 Grafik Nilai Pengurang Retak Selip



Gambar 2. 23 Grafik Nilai Pengurang Pengembangan (*Swelling*)



Gambar 2. 24 Grafik Nilai Pengurang Pelepasan Butir



Gambar 2. 25 Grafik Nilai Pengurang Pelapukan

2.2.2.3.2 Penentuan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) Maksimum Perkerasan Lentur

Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai Pengurang total dengan jumlah individu Nilai Pengurang yang lebih besar dari $2(q)$, dapat ditentukan menggunakan kurva, dan menggunakan persamaan.

Jika pada suatu unit sampel tidak ada atau hanya satu buah NP yang lebih besar dari 2, maka digunakan jumlah semua NP sebagai NPT maksimum. Jika pada suatu unit sampel terdapat dua buah atau lebih NP yang lebih besar dari 2, maka untuk menentukan NPT maksimum harus diikuti prosedur dibawah.

1. Susun Nilai Pengurang dalam urutan mulai dari terbesar sampai terkecil,

2. Tentukan jumlah maksimum individu Nilai Pengurang yang diizinkan (m), dengan menggunakan kurva pada Gambar 2.26 dan persamaan 2.7 dibawah ini (KPUPR, 2016),

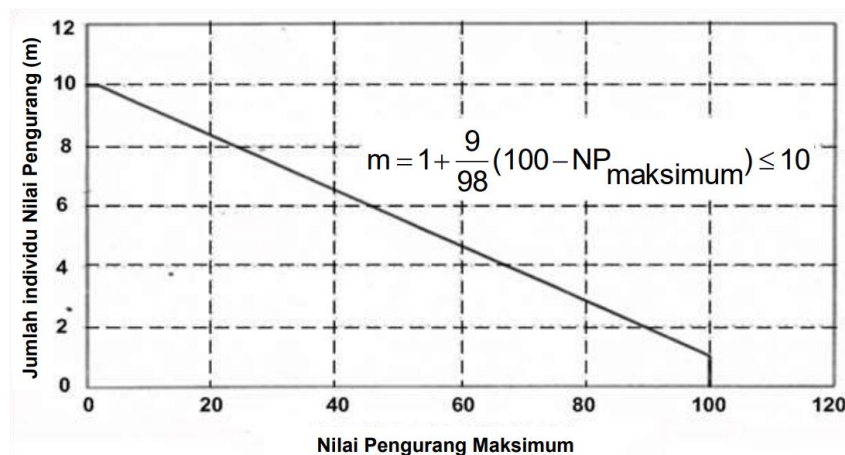
$$m = 1 + \frac{9}{98}(100 - NP_{maksimum}) \leq 10 \quad (2.7)$$

Keterangan:

m = Jumlah individu nilai-nilai pengurang yang diizinkan termasuk pecahan (harus lebih kecil atau sama dengan sepuluh).

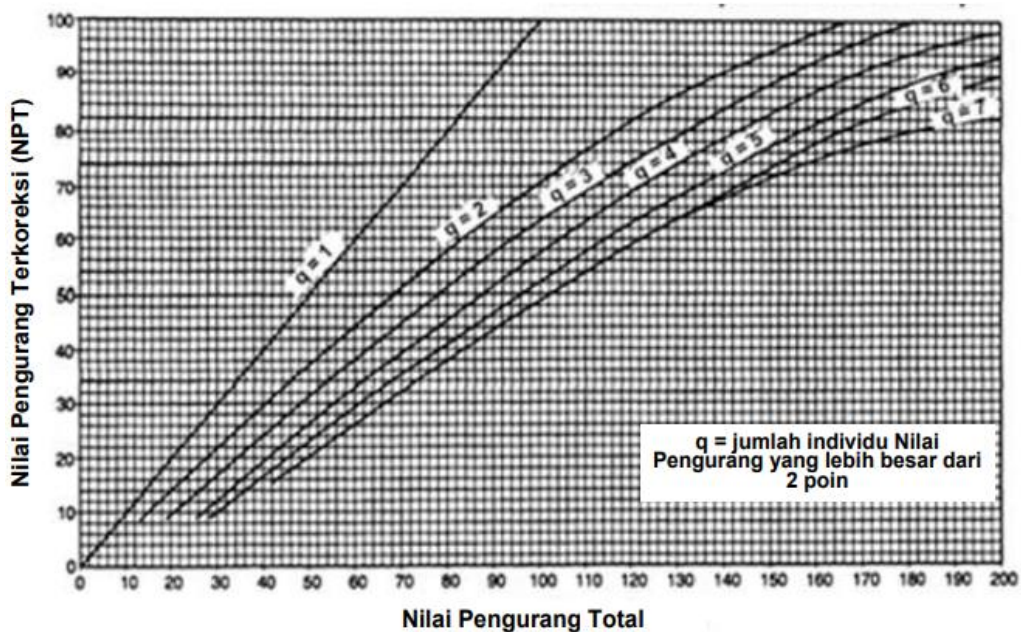
$NP_{maksimum}$ = Nilai Pengurang terbesar unit sampel perkerasan beton aspal.

3. Reduksi jumlah individu Nilai Pengurang menjadi m buah, termasuk bagian pecahannya, dan lakukan koreksi NP terakhir. Apabila jumlah individu Nilai-nilai Pengurang lebih kecil dari m , maka semua Nilai Pengurang digunakan pada proses penentuan NPT maksimum diakumulasi kan tanpa menghitung nilai pengurang yang diizinkan (m) terlebih dahulu



Gambar 2. 26 Kurva Penentuan Jumlah Maksimum Individu Nilai Pengurang

4. Tentukan NPT maksimum dengan cara iterasi sebagai berikut:
- Tentukan nilai Pengurang Total dengan menjumlahkan Nilai-nilai Pengurang semua kerusakan pada unit sampel.
 - Tentukan q sebagai jumlah individu Nilai-nilai Pengurang yang lebih besar dari 2,0.
 - Tentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) dengan cara mengoreksi Nilai Pengurang total oleh q . Koreksi dilakukan dengan menggunakan kurva yang ditunjukkan pada Gambar 2.27.
 - Reduksi nilai pengurang terkecil yang lebih besar dari 2,0 menjadi 2,0 dan ulangi langkah-langkah di atas, sampai $q=1$.
 - Tentukan NPT maksimum dari nilai-nilai yang diperoleh melalui langkah iterasi diatas.



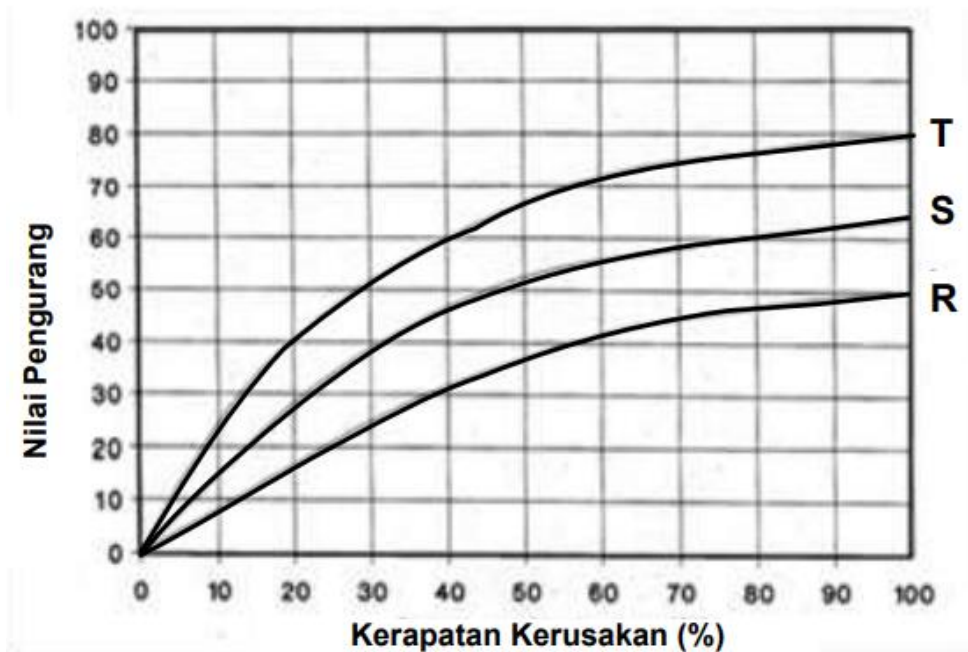
Gambar 2. 27 Kurva Untuk Menentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT)

Perkerasan Lentur

2.2.2.4 Perhitungan Perkerasan Kaku

2.2.2.4.1 Penentuan Nilai Pengurang (NP) Kerusakan Perkerasan Kaku

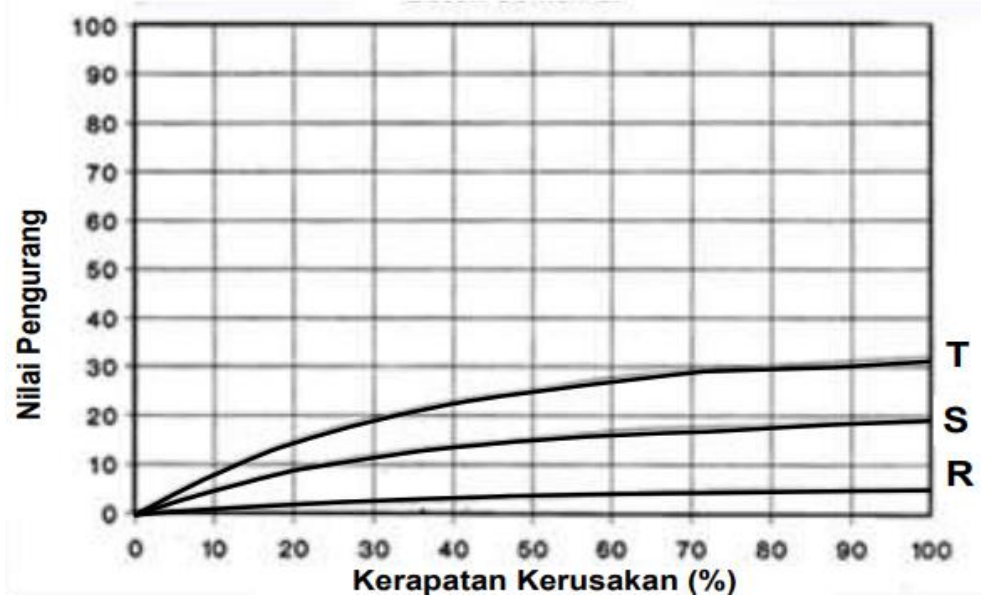
Sama halnya dengan perkerasan lentur nilai pengurang (NP) untuk suatu jenis kerusakan diperoleh dari kurva hubungan kerapatan dan tingkat keparahan kerusakan. Kurva untuk mendapatkan nilai pengurang kerusakan perkerasan beton aspal ditunjukkan pada Gambar 2.28. s.d Gambar 2.34 dan tabel 2.32 untuk setiap kerusakan perkerasan yang terjadi di ruas jalan pengamatan (KPUPR, 2016).



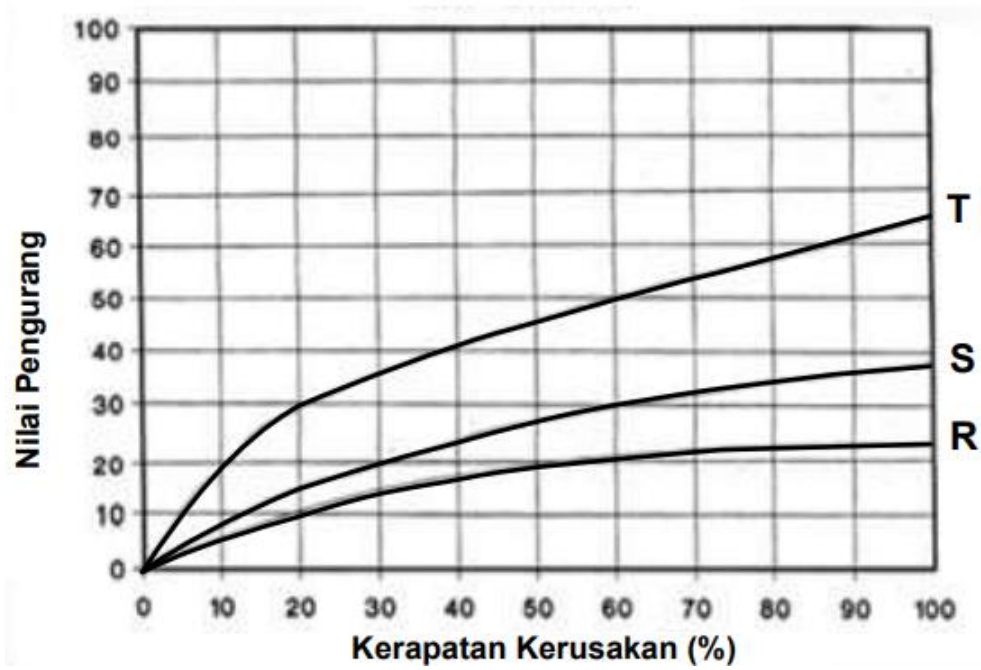
Gambar 2. 28 Grafik Nilai Pengurang Kerusakan Retak Sudut

Tabel 2. 32 Nilai Pengurang Penyumbat Sambungan

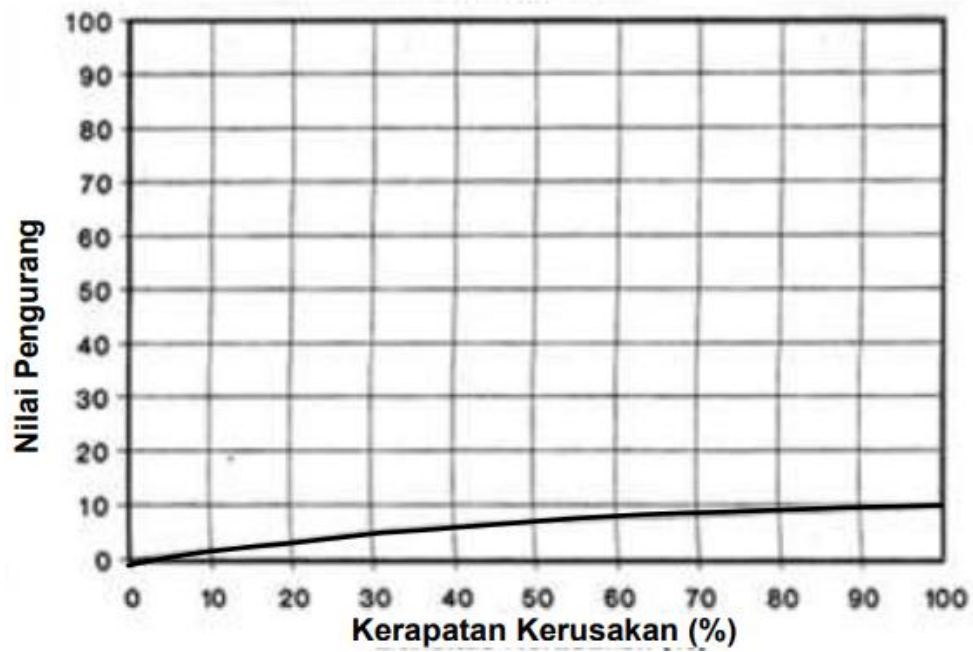
Kerusakan penyumbat sambungan tidak dinilai berdasarkan densitas kerusakan. Tingkat keparahan kerusakan menurut kondisi bahan penyumbat pada seluruh unit contoh Nilai pengurang untuk tiga tingkat keparahan adalah:	
L	2 point
M	4 point
H	6 point



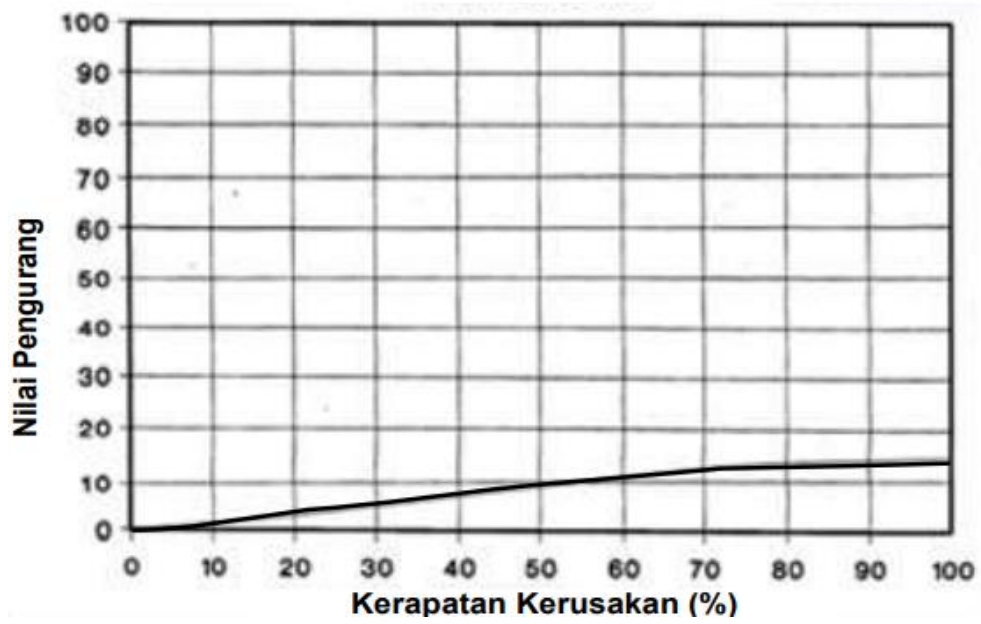
Gambar 2. 29 Grafik Nilai Pengurang Penanganan Lajur/Bahu



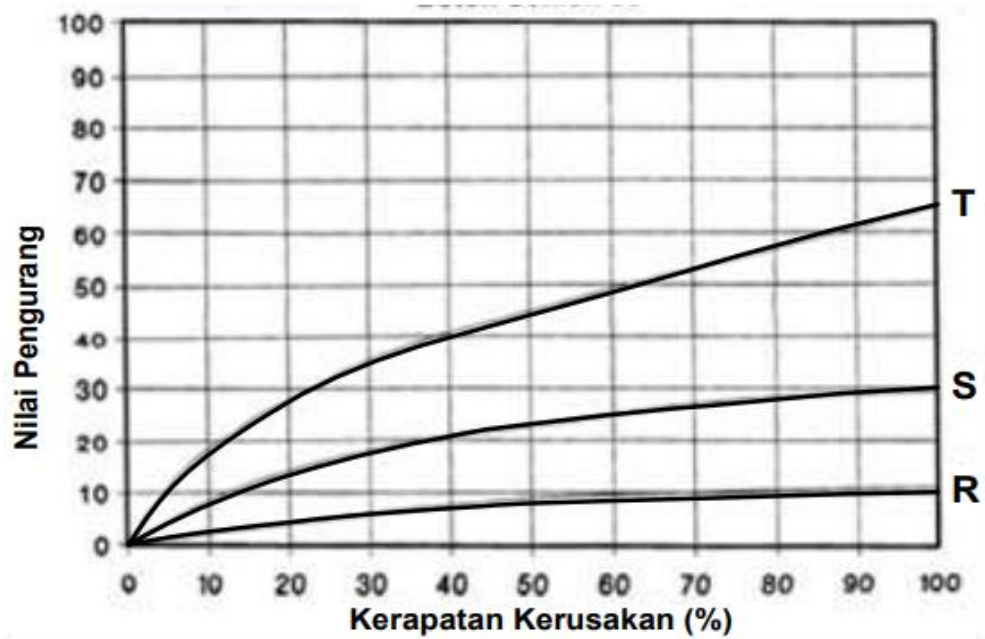
Gambar 2. 30 Grafik Nilai Pengurang Retak Linear



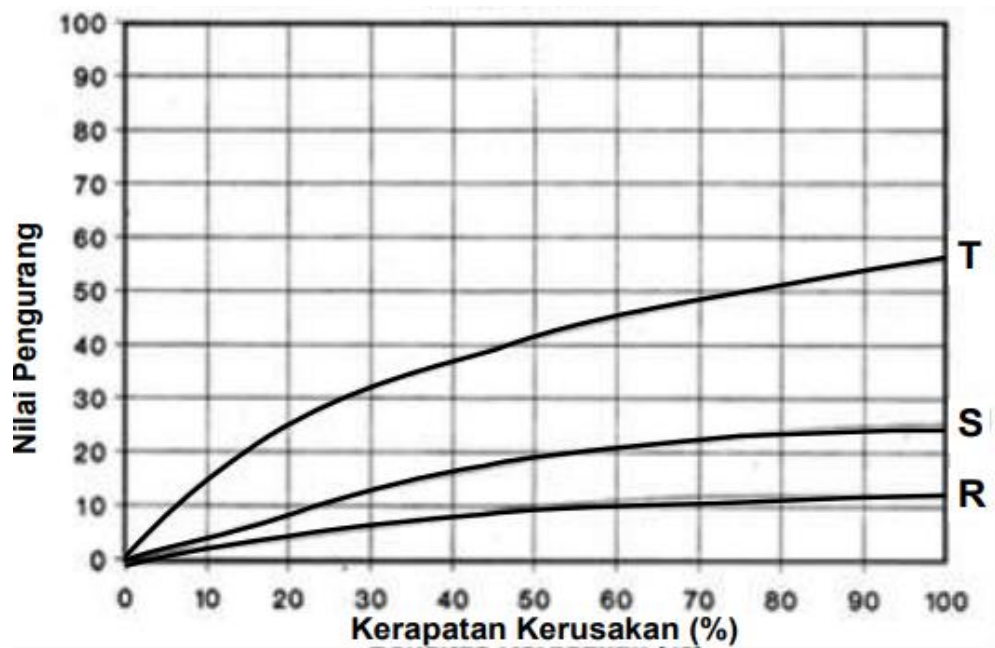
Gambar 2. 31 Grafik Nilai Pengurang Pengausan Agregat



Gambar 2. 32 Grafik Nilai Pengurang Popouts



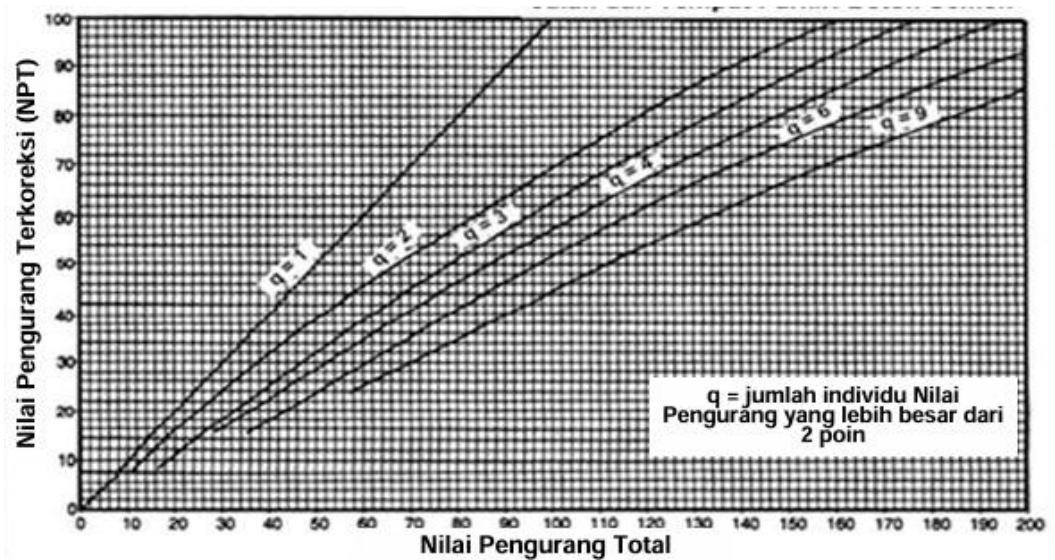
Gambar 2. 33 Grafik Nilai Pengurang Scaling map cracking/crazing



Gambar 2. 34 Grafik Nilai Pengurang Gompal Sambungan

2.2.2.4.2 Penentuan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) Maksimum Perkerasan Kaku

Berbeda dengan syarat nilai pengurang terkoreksi (NPT) perkerasan lentur yang mengharuskan q sebanyak 2 buah, namun pada perkerasan kaku tidak dihiraukan begitu juga m ijin atau nilai pengurang terkoreksi. Dalam hal tersebut, kurva untuk mendapatkan NPT kerusakan pada unit sampel perkerasan kaku ditunjukkan pada Gambar 2.35 (KPUPR, 2016).



Gambar 2. 35 Kurva Untuk Menentukan Nilai Pengurang Terkoreksi (NPT) Perkerasan Kaku

2.2.2.5 Perhitungan Nilai IKP Unit Sampel atau Unit Khusus

Nilai Indeks Kondisi Perkerasan unit sampel menggunakan rumus yang sama baik perkerasan lentur atau perkerasan kaku. Setelah NPT maksimum diperoleh, maka IKP setiap unit sampel dapat dihitung dengan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$IKP = 100 - NPT_{maksimum} \quad (2.8)$$

Keterangan:

IKP = Indeks Kondisi Perkerasan unit sampel perkerasan beton aspal,

$NPT_{Maksimum}$ = Nilai Pengurang Terkoreksi terbesar unit sampel perkerasan jalan

Cara menentukan IKP unit khusus perkerasan beton aspal adalah sama dengan menentukan IKP unit sampel perkerasan beton aspal dan perkerasan kaku.

2.2.2.6 Perhitungan IKP Ruas dan Seksi Jalan

Perhitungan IKP untuk ruas jalan dan seksi jalan digunakan rumus yang sama berdasarkan nilai IKP ruas jalan, dan luas seksi jalan keseluruhan yang dihitung. IKP ruas jalan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$IKP_r = \overline{IKP_s} = \sum_{j=1}^l \frac{\overline{IKP_{s-j}} \times A_{s-j}}{A_r} \quad (2.9)$$

Keterangan:

IKP_r = Indeks Kondisi Perkerasan Ruas

$\overline{IKP_s}$ = Rata-rata Indeks Kondisi Perkerasan Seksi

$\overline{IKP_{s-j}}$ = Indeks Kondisi Perkerasan Seksi ke-j;

A_{s-j} = Luas Unit Sampel Seksi ke-j

A_r = Luas Ruas

2.3 Rancangan Penanganan Jalan

2.3.1 Penanganan Berdasarkan IKP

Jenis penanganan jalan ditentukan berdasarkan nilai IKP yang diperoleh. Setelah mendapat nilai IKP keseluruhan, dapat disimpulkan jenis penanganan yang dapat dilakukan, serta jenis penanganan yang dapat dilakukan per 50 m (*survei*). Penentuan jenis penanganan jalan yang harus dilakukan dicantumkan di Tabel 2.33 dibawah ini (KPUPR, 2016).

Tabel 2. 33 Penggunaan IKP Untuk Menentukan Jenis Penanganan

IKP	Jenis Penanganan
≥ 85	Pemeliharaan Rutin
70-85	Pemeliharaan berkala
55-70	Peningkatan struktural
< 55	Rekonstruksi/daur ulang

Pemantauan yang menerus terhadap IKP dapat digunakan untuk mengetahui laju kerusakan perkerasan, yang dapat dijadikan dasar untuk identifikasi dini kebutuhan rehabilitasi. IKP juga dapat memberikan umpan balik terhadap kinerja perkerasan, yang diperlukan untuk validasi atau perbaikan metode perancangan tebal perkerasan saat ini dan prosedur pemeliharaan.

Berikut merupakan penjelasan jenis penanganan berdasarkan pedoman Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) pada pengantar preservasi jalan.

1. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin yaitu penanganan ruas jalan yang diberikan hanya kepada lapis permukaan. Pemeliharaan rutin ditujukan hanya untuk meningkatkan

kualitas berkendara (Riding Quality), tanpa meningkatkan kekuatan struktural, pemeliharaan rutin dapat dilakukan sepanjang tahun. Kegiatannya meliputi pekerjaan perbaikan dan perawatan yang dilakukan terus menerus sepanjang tahun pada ruas jalan dalam kondisi baik, seperti pemangkasan rumput liar, pembersihan saluran drainase, penambalan lapis permukaan, dan pekerjaan perbaikan untuk menjaga agar jalan dalam kondisi baik.

2. Pemeliharaan Berkala

Pemeliharaan berkala yaitu kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang lebih luas dan setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jalan dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana.

3. Peningkatan Struktural (Rehabilitasi Jalan)

Peningkatan Struktural adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang luas dan setiap kerusakan yang tidak diperhitungkan dalam desain, yang berakibat menurunnya kondisi kemantapan pada bagian/tempat tertentu dari suatu ruas jalan dengan kondisi rusak ringan, agar penurunan kondisi kemantapan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana.

4. Rekonstruksi/Daur Ulang

Rekonstruksi/daur ulang adalah peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi mantap kembali sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan.

2.3.2 Penanganan Berdasarkan Jenis Kerusakan

Berdasarkan jenis kerusakan yang telah dijelaskan pada 2.1.4 terhadap jenis-jenis kerusakan perkerasan yang dijelaskan berdasarkan ASTM D6433-11 pada Pd-01-2016-B. Terdapat penanganan atau perbaikan berdasarkan jenis kerusakan perkerasan lentur dan kerusakan perkerasan kaku yang dijelaskan oleh Shahin pada buku Pemeliharaan Jalan Raya dibawah ini. (Hardiyatmo, 2023)

2.3.2.1 Penanganan Kerusakan Perkerasan Lentur

Penanganan atau perbaikan berdasarkan jenis kerusakan perkerasan lentur diantara lain yaitu:

1. Retak Kulit Buaya (*alligator cracks*)
 - Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
 - 2) Jika tingkat kerusakan ringan, pemeliharaan sementara seperti menutup dengan larutan penutup (*slurry seal*) atau penanganan permukaan yang lain. Penambalan dapat membantu sebelum perbaikan permanen dilakukan. Penutupan retakan dengan pengisi tidak begitu efektif untuk perbaikan retak kulit buaya.
 - 3) Lapis tambahan (*overlay*).
 - 4) Perbaikan permanen berupa pembongkaran bagian yang rusak, jika perlu tanah – dasar diperbaiki dan dilakukan penambalan di seluruh kedalaman perkerasan.
 - 5) Jika kerusakan akibat drainasenya buruk, maka harus diperbaiki.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 3.34 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 34 Pilihan Perbaikan Retak Kulit Buaya

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penutup permukaan; lapisan tambahan (<i>overlay</i>).
Sedang (S)	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan; rekonstruksi.
Tinggi (T)	Penambalan parsial, atau di seluruh kedalaman; lapisan tambahan, rekonstruksi.

2. Kegemukan (*bleeding*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Pemberian pasir panas atau batu saring panas untuk mengimbangi kelebihan aspal.
 - 2) Jika kegemukan ringan, perawatan dilakukan dengan agregat *seal coat*, dengan menggunakan agregat yang mudah menyerap.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 3.35 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 35 Pilihan Perbaikan Kegemukan

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan.
Tinggi (T)	Tambahkan pasir/agregat dan padatkan.

3. Retak Blok (*Block Cracks*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Retak dapat ditutup dengan larutan pengisi. Retak yang besar diisi dengan larutan emulsi aspal yang diikuti dengan pengangran permukaan atau larutan pengisi.
 - 2) Pengkasaran dengan pemanas (*heater scarify*) dan lapis tambahan (*overlay*).

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 3.36 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 36 Pilihan Perbaikan Retak Blok

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>) bila retak melebihi 3mm; penutup permukaan.
Sedang (S)	Penutup retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan.
Tinggi (T)	Penutup retak (<i>seal cracks</i>); mengembalikan permukaan; dikasarkan dengan pemanas dan lapis tambahan.

4. Keriting

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perbaikan yang paling baik dilakukan dengan menambal di seluruh kedalaman.
 - 2) Keriting dangkal dapat dibongkar dengan mesin pengupas (*pavement milling machine*), diikuti dengan memberikan lapistambahan (*overlay*)

dari campuran aspal panas HMA (*hot mix*) agar struktur perkerasan lebih kuat.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 3.37 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 37 Pilihan Perbaikan Keriting

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki
Sedang (S)	Rekonstruksi
Tinggi (T)	Rekonstruksi

5. Amblas (*depression*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perawatan permukaan (*surface treatment*) atau *micro surfacing*.
 - 2) Untuk area kerusakan yang besar, perbaikan dapat dilakukan dengan menambal kulitnya (permukaan), atau menambal pada seluruh kedalaman

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 3.38 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 38 Pilihan Perbaikan Amblas

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki
Sedang (S)	Penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman
Tinggi (T)	Penambahan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman

6. Retak Tepi (*edge cracking*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perbaikan bergantung pada tingkat kerusakannya, Jika bahu jalan tidak mendukung pinggir perkerasan, maka material yang buruk dibongkar dan digantikan dengan material baik yang dipadatkan.
 - 2) Jika air menjadi faktor penyebab kerusakan pecah, maka harus dibuat drainase.
 - 3) Penutupan retakan/penutupan permukaan.
 - 4) Penambalan parsial.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.39 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 39 Pilihan Perbaikan Retak Tepi

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak untuk retakan 3mm.
Sedang (S)	Penambalan Penutup retak; penambalan parsial.
Tinggi (T)	Penambalan parsial.

7. Retak Refleksi Sambungan (*Joint Reflection Cracks*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perbaikan atau penutupan retakan didasarkan pada ukuran dan tingkat kerusakannya.
 - 2) Penambalan di kedalaman parsial.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.40 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 40 Pilihan Perbaikan Retak Refleksi Sambungan

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Pengisian untuk yang melebihi 3mm.
Sedang (S)	Penutupan retak; penambalan kedalaman parsial.
Tinggi (T)	Penambalan kedalaman parsial; rekonstruksi sambungan.

8. Penurunan Bahu (*shoulder drop off*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Untuk beda tinggi yang relatif kecil dan bahu jalan berupa aspal, maka campuran aspal panas (*hot mix*) dapat ditempatkan pada bagian yang elevasinya berbeda.
 - 2) Untuk beda tinggi yang besar, bahu jalan harus ditinggikan dengan menghamparkan lapisan tambahan (*overlay*).
 - 3) Jika penyebabnya adalah drainase yang buruk, maka dibuatkan drainase yang baik.
 - 4) Jika bahu jalan tidak diperkeras, maka dibongkar dan material jelek diganti dengan material yang bagus dan didapadatkan

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.41 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 41 Pilihan Perbaikan Penurunan Bahu

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Perataan Kembali
Sedang (S)	
Tinggi (T)	

9. Retak Memanjang dan Melintang (*longitudinal cracks and transverse cracks*)

- Pilihan untuk perbaikan

1) Penutupan retakan menggunakan *crack sealent*.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.42 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 42 Pilihan Perbaikan Retak Memanjang dan Melintang

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; oengisian retark (<i>seal crack</i>)
Sedang (S)	Penutupan retak.
Tinggi (T)	Penutupan retak; penambalan kedalaman parsial.

10. Tambalan dan Tambalan Galian Utilitas (*patching and utility cut patching*)

- Pilihan untuk perbaikan

1) Perbaikan atau penggantian tambalan di seluruh kedalaman untuk perbaikan permanen.

2) Dilakukan penambalan permukaan untuk perbaikan sementara.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.43 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 43 Pilihan Perbaikan Tambalan

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Belum perlu diperbaiki; tambalan dibongkar.
Tinggi (T)	Tambalan dibongkar.

11. Pengausan Agregat (*polished aggregate*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Plapisan ulang (*overlay*) tipis.
 - 2) Membersihkan bahan-bahan yang bisa membuat aus agregat di lapisan permukaan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.44 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 44 Pilihan Perbaikan Pengausan Agregat

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
-	Belum perlu diperbaiki; perawatan permukaan; <i>mill</i> dan lapisan tambahan.

12. Lubang (*potholes*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perbaikan permanen dilakukan dengan penambalan di seluruh kedalaman.
 - 2) Perbaikan sementara dilakukan dengan membersihkan lubang dan mengisinya dengan campuran aspal dingin yang khusus untuk tambalan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.45 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 45 Pilihan Perbaikan Lubang

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
Sedang (S)	Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
Tinggi (T)	Penambalan di seluruh kedalaman.

13. Alur (*rutting*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Jika penyebabnya dipermukaan, perbaikan permanen dilakukan dengan menambal di seluruh kedalaman atau memberikan lapis tambahan (*overlay*) campuran aspal panas (*hot mix*) dengan perataan dan pelapisan permukaan. Perbaikan alur dengan menambal permukaan ditunjukkan untuk perbaikan sementara.
 - 2) Jika penyebabnya lapis pondasi (*base*) atau tanah dasar, pembangunan kembali perkerasan secara total mungkin diperlukan, termasuk juga penambahan drainase, terutama jika air menjadi salah satu faktor kerusakan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.46 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 46 Pilihan Perbaikan Alur

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; <i>mill</i> dan lapisan tambahan
Sedang (S)	Penambalan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman; <i>mill</i> dan lapisan tambahan
Tinggi (T)	Penambahan dangkal, parsial atau di seluruh kedalaman; <i>mill</i> dan lapisan tambahan

14. Sungkur (*shoving*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Perbaikan yang paling baik dilakukan dengan menambal di seluruh kedalaman.
 - 2) Sungkur dangkal dapat dibongkar dengan mesin pengupas (*pavement milling machine*), yang diikuti dengan lapis tambahan campuran aspal panas (*hot mix*) agar memberikan kekuatan yang cukup pada perkerasan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.47 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 47 Pilihan Perbaikan Sungkur

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; <i>mill</i>
Sedang (S)	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman
Tinggi (T)	<i>Mill</i> ; penambalan parsial atau di seluruh kedalaman

15. Retak Selip (*slippage cracks*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Membongkar lapisan aspal yang rusak, kemudian dilakukan penambalan permukaan

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.48 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 48 Pilihan Perbaikan Retak Selip

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial.
Sedang (S)	Penambalan parsial.
Tinggi (T)	Penambalan parsial.

16. Pemuaiian (*swell*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Menambal di seluruh kedalaman.
 - 2) Pembongkaran total area yang rusak dan menggantikannya dengan material baru.
 - 3) Perataan permukaan dengan cara menimbunnya dengan material baru.
 - 4) Untuk perbaikan permanen, maka dilakukan cara-cara yang bertujuan untuk menstabilkan kadar air dalam zona struktur perkerasan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.49 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 49 Pilihan Perbaikan Pemuaiian

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Belum perlu diperbaiki; rekonstruksi.
Tinggi (T)	Rekonstruksi.

17. Pelapukan (*stripping*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Penghamparan lapis tambahan (*overlay*) tipis.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, tetap dilakukan perbaikan seperti cara diatas untuk setiap tingkat keparahan kerusakan.

18. Pengelupasan / Pelepasan Butir

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Penghamparan lapis tambahan (*overlay*).

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, tetap dilakukan perbaikan seperti cara diatas untuk setiap tingkat keparahan kerusakan.

2.3.2.2 Penganganan Kerusakan Perkerasan Kaku

Penanganan atau perbaikan berdasarkan jenis kerusakan perkerasan kaku diantara lain yaitu:

1. Retak Sudut (*corner cracks*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Pengisian retak untuk retakan melebihi 3mm. Retakan dibersihkan dan ditutup untuk mencegah infiltrasi air kedalam perkerasan.
 - 2) Penambalan di seluruh kedalaman.
 - 3) Untuk celah yang lebih lebar (lebih dari 5mm), maka dapat dilakukan pembangunan kembali pelat secara lokal.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.50 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 50 Pilihan Perbaikan Retak Sudut

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak > 3mm.
Sedang (S)	Penutupan retak; penambalan di seluruh kedalaman.
Tinggi (T)	Penutupan retak; penambalan di seluruh kedalaman.

2. Kerusakan Penutup Sambungan (*Joint Seal Damage*)

- Pilihan untuk perbaikan

1) Penggantian bahan penutup sambungan

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.51 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 51 Pilihan Perbaikan Kerusakan Penutup Sambungan

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Sambungan ditutup kembali.
Tinggi (T)	Sambungan ditutup kembali.

3. Pinggir Turun (*lane/shoulder drop-off*)

- Pilihan untuk perbaikan

1) Untuk beda tinggi yang relatif kecil dan bahu jalan berupa aspal, maka campuran aspal panas (*hot mix*) dapat ditempatkan pada bagian yang elevasinya berbeda.

2) Untuk beda tinggi yang besar, bahu jalan harus ditinggikan dengan menghamparkan lapisan tambahan (*overlay*).

3) Jika penyebabnya adalah drainase yang buruk, maka dibuatkan drainase yang baik.

- 4) Jika bahu jalan tidak diperkeras, maka dibongkar dan material jelek diganti dengan material yang bagus dan didapadatkan

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.52 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 52 Pilihan Perbaikan Pinggir Turun

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak (<i>seal cracks</i>) > 3mm.
Sedang (S)	Penutupan retakan.
Tinggi (T)	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); penambalan di seluruh kedalaman; pelat diganti.

4. Retak Linear

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Untuk celah yang kecil (<5mm), maka dilakukan pengisian celah. Retakan dibersihkan dan ditutup untuk mencegah infiltrasi air ke dalam perkerasan.
 - 2) Untuk celah yang lebih lebar (lebih dari 5mm), maka dapat dilakukan pembangunan kembali pelat secara lokal.
 - 3) Penambalan di seluruh kedalaman.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.53 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 53 Pilihan Perbaikan Retak Linear

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki; penutupan retak (<i>seal cracks</i>) > 3mm.
Sedang (S)	Penutupan retakan.
Tinggi (T)	Penutupan retak (<i>seal cracks</i>); penambalan di seluruh kedalaman; pelat diganti.

5. Pengausan Agregat (*polished aggregate*)

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Permukaan perkerasan ditutup dengan aspal yang tahan aus.
 - 2) Dibuat alur-alur kecil untuk mengkasarkan permukaan.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.54 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 54 Pilihan Perbaikan Pengausan Agregat

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
-	Permukaan dibuat alur-alur, lapisan tambahan.

6. *Popouts*

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Tidak perlu diperbaiki.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.55 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 55 Pilihan Perbaikan *Popouts*

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
-	Belum perlu diperbaiki.

7. *Scalling/Map Cracking/Crazing*

- Pilihan untuk perbaikan
 - 1) Pelat diganti.
 - 2) Penambalan parsial atau di seluruh kedalaman.
 - 3) Pada area rusak dengan kedalaman sekitar 10 mm atau kurang, perbaikan sementara dapat dilakukan dengan menggunakan penutup larutan emulsi aspal.
 - 4) Jika kerusakan perkerasan dalam, perkerasan harus ditutup dengan beton aspal sebagai lapis tambahan (*overlay*).

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.56 berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 56 Pilihan Perbaikan *Scalling*

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Belum perlu diperbaiki; penggantian pelat.
Tinggi (T)	Penambalan kedalaman parsial atau seluruhnya; penggantian pelat; lapisan tambahan.

8. Gompal (*spalling*)

- Pilihan untuk perbaikan

- 1) Penambalan pada sebagian kedalaman, untuk kedalaman gompal lebih besar dari 50 mm.
- 2) Pelapisan tambahan tipis, untuk kedalaman gompal kurang dari 50 mm.

Tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan hitungan IKP, identifikasi pemilihan perbaikannya ditunjukkan pada Tabel 2.57 Berdasarkan (Shahin, 1994) dalam (Hardiyatmo, 2023).

Tabel 2. 57 Pilihan Perbaikan Gompal (*spalling*)

Tingkat Kerusakan	Pilihan untuk perbaikan
Rendah (R)	Belum perlu diperbaiki.
Sedang (S)	Penambalan di kedalaman parsial.
Tinggi (T)	Penambalan di kedalaman parsial.