

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 PERKERASAN JALAN

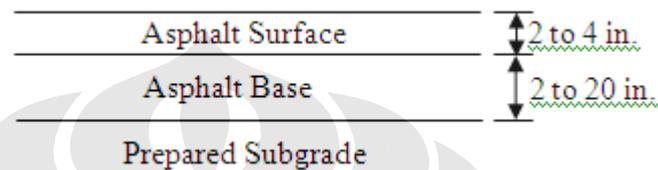
Perancangan konstruksi perkerasan jalan mutlak diperhitungkan dalam perencanaan sistem jaringan jalan. Tingginya biaya yang dikeluarkan untuk membangun jalan sangat mempengaruhi keputusan dalam merencanakan sistem jaringan jalan. Hal ini pula turut mempengaruhi pemilihan jenis konstruksi perkerasan jalan yang akan digunakan.

Salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan adalah konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Berbeda dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Jika diperhitungkan dari segi biaya pembangunannya, jalan yang dibangun dengan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) membutuhkan dana jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jalan yang dibangun dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Namun program pemeliharaannya relatif lebih minim dibandingkan bila jalan dibangun dengan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Dalam merencanakan struktur perkerasan jalan, beban dan volume lalu lintas yang akan menggunakan jalan tersebut selama umur rencana menjadi acuan utama dalam perhitungan struktur perkerasannya. Struktur perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan tersebut.

Struktur perkerasan jalan lentur jenis *Full Depth* terdiri dari lapisan permukaan (*surface layer*) dan lapisan pondasi (*base layer*). Kemudian menyusul di bawahnya yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*). Konsep struktur perkerasan jenis ini diperkenalkan oleh *Asphalt Institute*. Sedangkan struktur perkerasan konvensional terdiri dari *seal coat*, lapis permukaan, *tack coat*, *binder course*, *prime coat*, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, tanah dasar yang dipadatkan, dan tanah dasar asli.



Gambar II.1 Tipikal Penampang Melintang dari Perkerasan Aspal “*Full-Depth*” (*full-depth asphalt pavement*) (1 in. = 25.4 mm)

Sumber : *Asphalt Institute* (1960)

Struktur perkerasan lentur memiliki klasifikasi sistem yang dijabarkan dalam tabel berikut ini :

Tabel II. 1 Sistem Klasifikasi Perkerasan Jalan Lentur

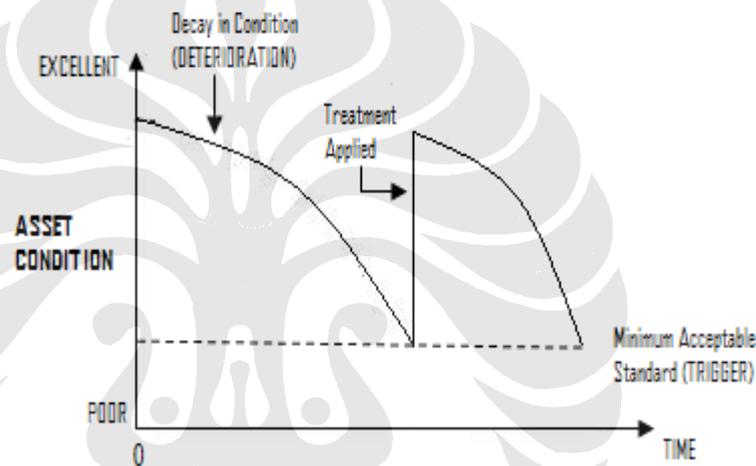
Jenis Lapis Permukaan	Jenis Lapis Pondasi	Jenis Perkerasan
<i>Asphalt Mix</i>	<i>Granular Base</i>	AMGB
	<i>Asphalt Base</i>	AMAB
	<i>Stabilized Base</i>	AMSB
	<i>Asphalt Pavement</i>	AMAP
<i>Surface Treatment</i>	<i>Granular Base</i>	STGB
	<i>Asphalt Base</i>	STAB
	<i>Stabilized Base</i>	STSB
	<i>Asphalt Pavement</i>	STAP

Sumber : *World Road Association (The Highway Development and Management Series)*

II.1.1 Karakteristik Perkerasan Jalan

Kondisi jalan secara umum dikelompokkan menjadi 3 yaitu¹:

- Baik (*good*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang bebas dari kerusakan atau cacat dan hanya membutuhkan pemeliharaan rutin untuk mempertahankan kondisi jalan.
- Sedang (*fair*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang memiliki kerusakan cukup signifikan dan membutuhkan pelapisan ulang dan perkuatan.
- Buruk (*poor*) yaitu kondisi perkerasan jalan yang memiliki kerusakan yang sudah meluas dan membutuhkan rehabilitasi dan pembangunan kembali dengan segera.



Gambar II.2 Penurunan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Waktu

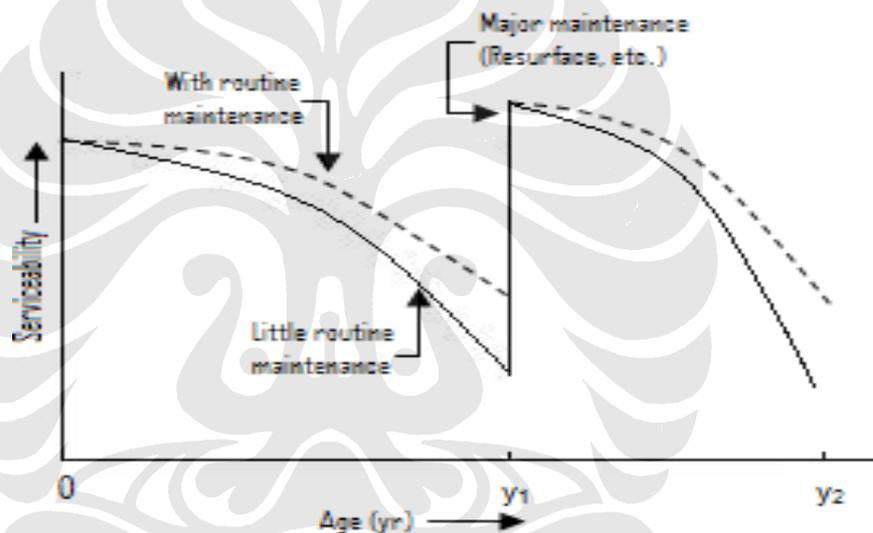
Kinerja perkerasan jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan. Bobot penurunan tingkat pelayanan perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas konstruksi atau kualitas pekerjaan pada saat membangun jalan. Pengaruh tersebut signifikan terhadap penurunan tingkat pelayanan jalan setelah jalan tersebut dibuka. Tingkat pelayanan jalan memiliki kriteria yang menjadi ukuran penilaian hasil atau proses dalam tahapan penyelenggaraan jalan. Pengertian kriteria adalah tingkat kerataan permukaan jalan yang dinyatakan dengan jumlah perubahan vertikal permukaan jalan untuk setiap satuan panjang jalan (mm/km) atau yang dinyatakan dengan IRI (*International Roughness Index*). IRI menjadi ukuran tingkat kerusakan jalan yang

¹ A World Bank Policy Study . “Road Deterioration in Developing Country”. 1988

terjadi. Semakin tinggi nilai IRI maka jalan dikatakan makin besar tingkat kerusakannya.

Disamping faktor kualitas pekerjaan konstruksi dan program pemeliharaan jalan terdapat faktor lain yang mempengaruhi kerusakan jalan, diantaranya:

- Topografi dan lapisan tanah dasar
- Material dan ketebalan lapisan perkerasan
- Drainase (permukaan dan bawah perkerasan)
- Kualitas pekerjaan konstruksi dan program pemeliharaan jalan
- Lingkungan (curah hujan, temperatur)
- Lalu lintas (volume, berat sumbu, konfigurasi)

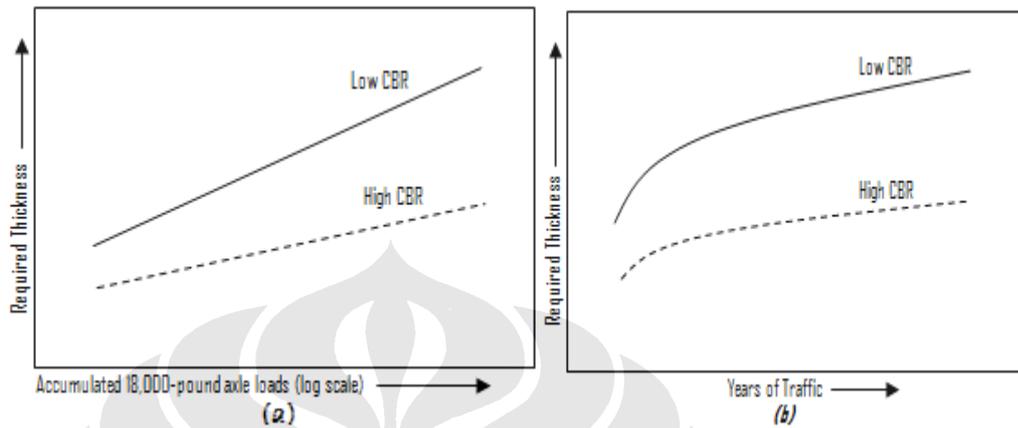


Gambar II.3 Kinerja Pelayanan Jalan Dipengaruhi Faktor Pemeliharaan Jalan

Sumber : *Principles of Pavement Design 2nd Ed, E.J Yoder, M.W. Witczak*

Pada tahun ke-nol, jalan yang baru dibangun akan memiliki tingkat pelayanan (*serviceability*) yang optimal, meskipun jarang mencapai nilai PSI (*Present Serviceability Index*) mendekati 5,0, jalan mampu memberikan kinerjanya yang terbaik. Seiring dengan dibebaninya jalan dengan lalu lintas kendaraan, tingkat pelayanannya akan menurun. Tingkat penurunannya tergantung kepada kegiatan pemeliharaan rutin yang dilakukan. Seperti pada grafik II.3, dimana pada tahun ke- y_1 , pada jalan dilakukan pelapisan ulang (*resurfacing*) sehingga jalan dapat kembali mencapai tingkat pelayanannya yang terbaik seperti semula. Akibat

pembebanan kendaraan yang terjadi pada jalan, jalan kembali mengalami penurunan tingkat pelayanan. Hal ini berlangsung secara terus menerus selama umur jalan.



Gambar II.4 Pengaruh Nilai CBR Terhadap Ketebalan Perkerasan

Sumber : *Principles of Pavement Design 2nd Ed, E.J Yoder, M.W. Witczak*

Gambar II.4 mengilustrasikan suatu proses desain untuk perkerasan jalan tergantung pada banyak faktor. Pada perencanaan ketebalan perkerasan jalan, beban kendaraan yang akan melewati di atasnya menjadi faktor yang sangat penting. Disamping itu, faktor CBR tanah dasar juga berpengaruh terhadap ketebalan perkerasan jalan. Tanah dasar yang memiliki nilai CBR rendah membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih besar untuk mendukung kinerja perkerasan dibandingkan dengan tanah dasar dengan nilai CBR tinggi.

II.1.2 Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan dan Metode Perbaikan Kerusakannya

Jalan dikatakan mampu memberi rasa aman dan nyaman bagi para penggunanya jika memenuhi dua kriteria utama yaitu:

a. Kriteria berlalu lintas

Dipandang dari segi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan, konstruksi perkerasan perlu memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- Permukaan yang rata, tidak berlubang, tidak melendut, dan tidak bergelombang.

- Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.
- Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar matahari.

b. Kriteria kekuatan atau struktural perkerasan jalan.

Dipandang dari kemampuan memikul dan menyebarkan beban, jalan harus memenuhi syarat-syarat berikut ini:

- Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Penanganan konstruksi perkerasan yang berupa pemeliharaan, penunjang, peningkatan, ataupun rehabilitasi dapat dilakukan dengan baik setelah kerusakan-kerusakan yang timbul pada perkerasan tersebut dievaluasi penyebab dan akibatnya.

Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

- Lalu lintas diperhitungkan berdasarkan peningkatan beban dan repetisi beban
- Air, yang dapat berasal dari air hujan dan sistem drainase jalan yang tidak baik.
- Material konstruksi perkerasan, sifat material dan sistem pengolahan bahan yang tidak baik.
- Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi.

- Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, akibat sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau sifat tanah dasarnya yang memang kurang baik.
- Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi 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 ke lapis dibawahnya yang melemahkan ikatan antara aspal dan agregat, hal ini dapat menimbulkan lubang-lubang disamping melemahkan daya dukung lapisan di bawahnya.

Dalam mengevaluasi kerusakan jalan perlu ditentukan:

- ✓ Jenis kerusakan (*distress type*) dan penyebabnya
- ✓ Tingkat kerusakan (*distress severity*)
- ✓ Jumlah kerusakan (*distress amount*)

Sehingga dapat ditentukan jenis penanganan yang paling sesuai.

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Nomor : 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan atas²:

- A. Retak (*cracking*)
- B. Distorsi (*distortion*)
- C. Cacat permukaan (*disintegration*)
- D. Pengausan (*polished aggregate*)
- E. Kegemukan (*bleeding or flushing*)
- F. Penurunan pada bekas penanaman utilitas

A. Retak (*Cracking*) dan Penanganannya

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan atas:

1. Retak halus (*hair cracking*) memiliki lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm. Penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar

² Sukirman, S. "Perkerasan Lentur Jalan Raya". Nova. Bandung. 1993

atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapis permukaan. Retak rambut dapat berkembang menjadi retak kulit buaya jika tidak ditangani sebagaimana mestinya.

2. Retak kulit buaya (*alligator crack*) memiliki lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Retak kulit buaya jika tidak diperbaiki dapat diresapi air sehingga lama kelamaan terlepas butir-butirnya hingga menimbulkan lubang.
3. Retak pinggir (*edge crack*) yaitu retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Penyebabnya adalah tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadi penyusutan tanah, atau terjadinya *settlement* di bawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan dapat pula menjadi sebab terjadinya retak pinggir ini. Di lokasi retak, air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan.
4. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*) yaitu retak memanjang yang umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat 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 lintasan truk atau kendaraan berat di bahu jalan.
5. Retak sambungan jalan (*lane joint crack*) yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 jalur lalu lintas. Penyebabnya yaitu tidak baiknya ikatan sambungan kedua jalur.
6. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening crack*), adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Penyebabnya ialah perbedaan daya dukung di bawah bagian

pelebaran dan bagian jalan lama atau dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik.

7. Retak refleksi (*reflection crack*) yaitu retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan.
8. Retak susut (*shrinkage cracks*) yaitu retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Penyebabnya ialah perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.
9. Retak selip (*slippage cracks*) yaitu retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Penyebabnya ialah kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya *tack coat* sebagai bahan pengikat di antara kedua lapisan.

Pada umumnya perbaikan kerusakan jenis retak dilakukan dengan mengisi celah retak dengan campuran pasir dan aspal. Bila retak telah meluas dan kondisinya cukup parah maka dilakukan pembongkaran lapisan yang retak tersebut untuk kemudian diganti dengan lapisan yang lebih baik.

B. Distorsi (*Distortion*) dan Penanganannya

Distorsi adalah perubahan bentuk yang dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas.

Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan atas:

1. Alur (*ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan. Penyebabnya ialah lapis perkerasan yang kurang padat, dengan demikian terjadi tambahan pemadatan akibat repetisi beban lalu lintas pada lintasan

roda. Perbaikan dapat dilakukan dengan memberi lapisan tambahan dari lapis permukaan yang sesuai.



Gambar II.5 Alur (*Rutting*) Pada Badan Jalan

2. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi melintang jalan. Penyebabnya ialah rendahnya stabilitas campuran yang dapat berasal dari terlalu tingginya kadar aspal, terlalu banyak mempergunakan agregat halus, agregat berbentuk bulat dan berpermukaan licin, atau aspal yang dipergunakan mempunyai penetrasi yang tinggi. Keriting dapat juga terjadi jika lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang mempergunakan aspal cair).
3. Sungkur (*shoving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam.
4. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang. Air tergenang ini dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang. Penyebab amblas adalah beban kendaraan yang melebihi apa yang direncanakan, pelaksanaan yang kurang baik, atau penurunan bagian perkerasan dikarenakan tanah dasar mengalami *settlement*.
5. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif.

Pada umumnya perbaikan kerusakan jenis distorsi dilakukan dengan cara membongkar bagian yang rusak dan melapisnya kembali.

C. Cacat Permukaan (*Desintegration*)

Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah:

1. Lubang (*potholes*) berbentuk serupa mangkuk, memiliki ukuran bervariasi dari kecil sampai besar yang mampu menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan.



Gambar II.6 Lubang Pada Badan Jalan

2. Pelepasan butir (*raveling*), memiliki akibat yang sama dengan yang terjadi pada jalan berlubang. Perbaikan dilakukan dengan memberikan lapisan tambahan di atas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan dan dikeringkan.
3. Pengelupasan lapisan permukaan (*stripping*), dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Perbaikan dilakukan dengan cara diratakan kemudian dipadatkan dengan lapisan baru.

D. Pengausan (*Polished Aggregate*)

Pengausan menyebabkan permukaan jalan licin yang membahayakan kendaraan. Penyebabnya adalah karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical.

E. Kegemukan (Bleeding or Flushing)

Penyebab kegemukan (*bleeding*) ialah pemakaian kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal yang mengakibatkan permukaan jalan menjadi licin, khususnya pada temperature tinggi aspal menjadi lunak dan menimbulkan jejak roda. Perbaikan dilakukan dengan mengangkat lapis aspal dan kemudian memberi lapisan penutup atau menaburkan agregat panas yang kemudian dipadatkan.

F. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas (*Utility Cut Depression*)

Penurunan lapisan perkerasan ini terjadi akibat pemadatan yang tidak memenuhi syarat setelah dilakukannya penanaman utilitas. Perbaikan dilakukan dengan membongkar kembali dan mengganti dengan lapis yang sesuai.

II.2 METODE PENGUKURAN KERUSAKAN JALAN

Kualitas jalan yang ada maupun yang akan dibangun harus sesuai dengan standar dan ketentuan yang berlaku. Untuk mengetahui tingkat kerataan permukaan jalan dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan berbagai cara atau metode yang telah direkomendasikan oleh Bina Marga maupun AASHTO.

Sebelum merencanakan metode pemeliharaan yang akan dilakukan, perlu dilakukan terlebih dahulu survey kondisi permukaan. Survey ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja (*pavement evaluation*) perkerasan jalan yang diamati. Terdapat dua jenis survey untuk mengetahui kondisi permukaan, yaitu:

- Survey secara visual.

Survey secara visual atau *visual inspection* dilakukan dengan pengamatan mata surveyor untuk mengukur kondisi permukaan permukaan jalan yang karenanya data yang dikumpulkan menjadi sangat subjektif sehingga tingkat keakurasiannya rendah. Survey secara visual meliputi:

- Penilaian kondisi dari lapisan permukaan, apakah masih baik, kritis, ataupun sudah rusak.

- Penilaian kenyamanan kendaraan dengan menggunakan jenis kendaraan tertentu. Penilaian dikelompokkan menjadi nyaman, kurang nyaman, tidak nyaman.
- Penilaian bobot kerusakan yang terjadi, baik kualitas maupun kuantitas. Penilaian dilakukan terhadap retak (*crack*), lubang (*pothole*), alur (*rutting*), pelepasan butir (*raveling*), pengelupasan lapis permukaan (*stripping*), keriting (*corrugation*), amblas (*depression*), *bleeding*, sungkur (*shoving*), dan jembul (*upheaval*).
- Survey dengan bantuan alat.

Metode pengukuran kerataan permukaan jalan yang dikenal pada umumnya antara lain metode NAASRA (SNI 03-34260-1994). Metode lain yang dapat digunakan untuk pengukuran dan analisis kerataan perkerasan *Rolling Straight Edge*, *Slope Profilometer (AASHO Road Test)*, *CHLOE Profilometer*, dan *Roughometer*. Alat ini dipasang pada sumbu belakang roda kendaraan penguji. Prinsip dasar dari alat ini ialah mengukur jumlah gerakan vertikal sumbu belakang pada kecepatan tertentu. Ukuran jumlah gerakan vertikal pada jarak tertentu tersebut dinyatakan dalam indeks kerataan permukaan (*International Roughness Index*) dalam satuan meter per kilometer. Survey dengan bantuan alat lainnya juga dapat dilakukan dengan teknologi *laser beam* yang secara otomatis dapat memonitor jenis kerusakan jalan seperti retak (*crack*), lubang (*pothole*), alur (*rutting*). Data ini kemudian dengan bantuan komputer diubah menjadi data numerik sehingga dapat dimasukkan ke *database* sebagai masukan untuk keperluan analisa selanjutnya.

II.3 KINERJA PERKERASAN JALAN (PAVEMENT PERFORMANCE)

Kinerja perkerasan meliputi struktural (*structural performance*) maupun fungsional (*functional performance*). Kinerja perkerasan secara struktural meliputi keamanan atau kekuatan perkerasan, sedangkan kinerja perkerasan secara fungsional dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) dan Indeks Kondisi Jalan atau *Road Condition Index* (RCI).

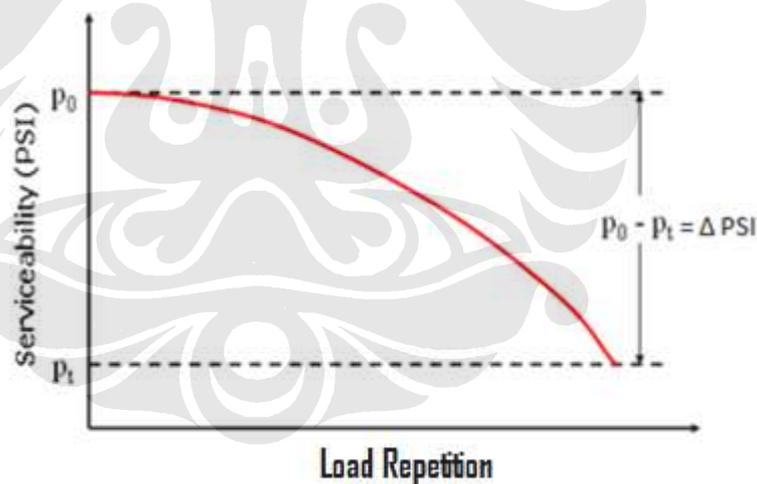
Indeks Permukaan (IP) atau *Present Serviceability Index* (PSI) diperkenalkan oleh AASHTO berdasarkan pengamatan kondisi jalan meliputi kerusakan seperti retak (*crack*), alur (*rutting*), lubang (*pothole*), lendutan pada lajur roda, kekasaran permukaan, dan sebagainya yang terjadi selama umur pelayanan.

Indeks Permukaan bervariasi dari angka 0-5, masing-masing angka menunjukkan fungsi pelayanan sebagai berikut:

Tabel II. 2 Indeks Permukaan

No.	Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
1	4 - 5	Sangat baik
2	3 - 4	Baik
3	2 - 3	Cukup
4	1 - 2	Kurang
5	0 - 1	Sangat kurang

Sumber : Silvia Sukirman (1992)



Gambar II.7 Indeks Permukaan Jalan Terhadap Repetisi Beban

Indeks Permukaan (IP) tersebut memiliki hubungan dengan *International Roughness Index* (IRI) dimana IP dinyatakan sebagai fungsi dari IRI melalui persamaan :

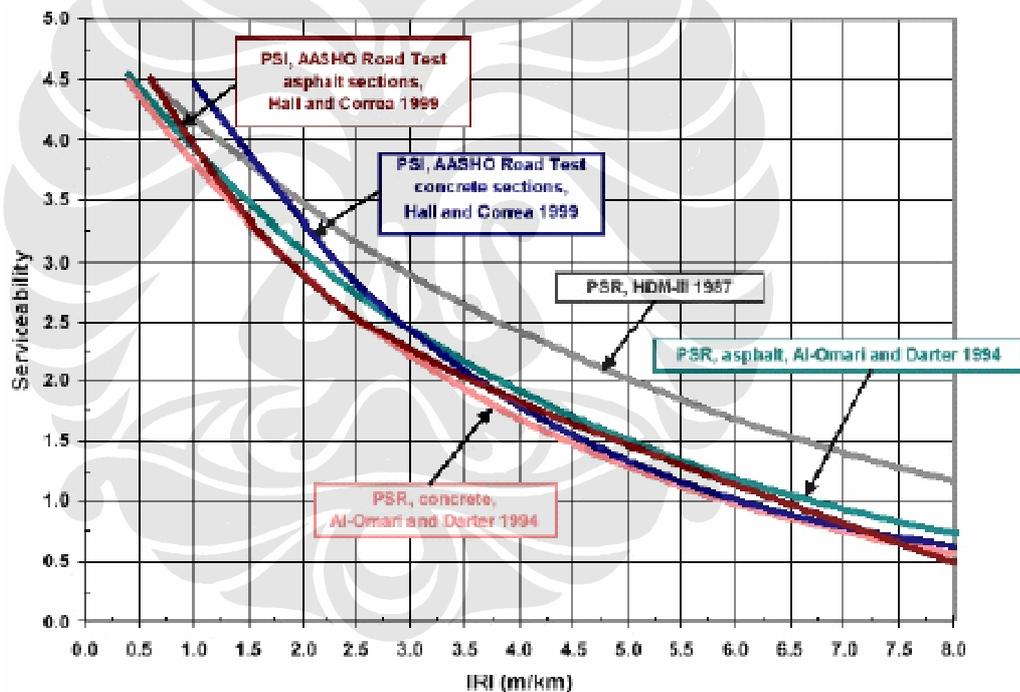
Untuk perkerasan jalan lentur (aspal)

$$PSI = 5 - 0,2937 X^4 + 1,1771 X^3 - 1,4045 X^2 - 1,5083 \dots \dots \dots (II.1)$$

dimana: $X = \text{Log}(1 + SV)$
 $SV = 2,2704 \text{ IRI}^2$
 $\text{PSI} = \text{Present Serviceability Index}$
 $\text{IRI} = \text{International Roughness Index, m/km}$

IRI merupakan parameter kekasaran yang dihitung dari jumlah kumulatif naik-turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak atau panjang permukaan yang diukur. IRI dinyatakan dalam satuan meter per kilometer (m/km).

Bila digambarkan dalam grafik maka hubungan indeks permukaan (IP) dan IRI (m/km) ditampilkan seperti grafik II.8 :



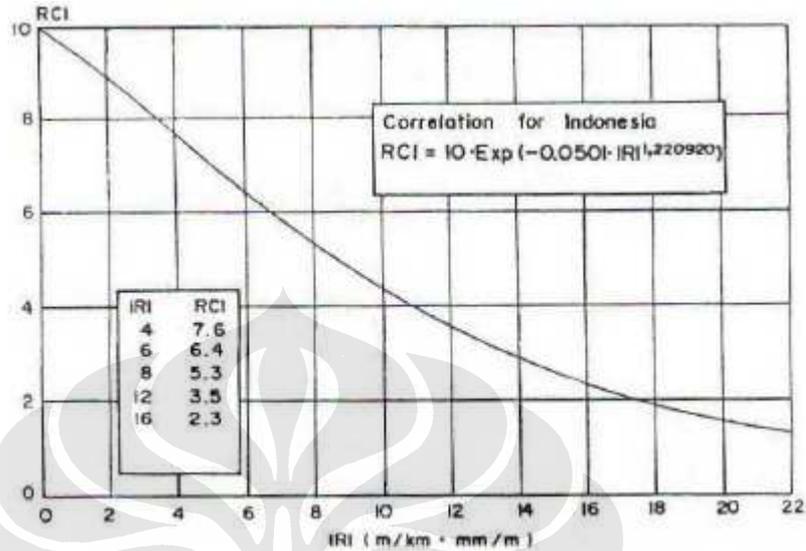
Gambar II.8 Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI (m/km)

Sumber : NCHRP, 2001

Indikator kinerja fungsional jalan lainnya yaitu *Road Condition Index* (RCI). *Road Condition Index* (RCI) adalah skala tingkat kenyamanan atau kinerja jalan yang dapat diperoleh dengan alat *roughometer* maupun secara visual. Dari alat *roughometer* dapat diperoleh nilai *International Roughness Index* (IRI), yang

kemudian dikonversi untuk mendapat nilai RCI. Korelasi antara RCI dengan IRI diformulasikan baik dinyatakan dalam persamaan II.2 maupun grafik II.9 :

$$RCI = 10 \times \text{Exp}(-0,0501 \times IRI^{1,220920}) \dots \dots \dots (II.2)$$



Gambar II.9 Korelasi antara Nilai IRI dan Nilai RCI

Sumber : Silvia Sukirman (1992)

Dari grafik maupun persamaan hubungan antara nilai IRI dengan RCI dapat diketahui kondisi permukaan secara visual. Tabel II.3 menjelaskan hubungan antara nilai IRI dengan RCI berdasarkan kondisi permukaan jalan secara visual.

Tabel II. 3 Kondisi Permukaan Secara Visual dan Nilai RCI

RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 – 10	Sangat rata dan teratur
7 – 8	Sangat baik, umumnya rata
6 – 7	Baik
5 – 6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan
4 – 5	Jalan tidak rata
3 – 4	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
2 – 3	Rusak, bergelombang, banyak lubang
2	Rusak berat, banyak lubang, dan seluruh daerah perkerasan hancur
	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD Jeep

Sumber : Silvia Sukirman (1992)

II.4 METODE AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 merupakan salah satu metode perencanaan untuk tebal perkerasan jalan yang sering digunakan. Metode ini telah dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 pada dasarnya adalah metode perencanaan yang didasarkan pada metode empiris dengan menggunakan beberapa parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan diantaranya:

- a. *Structural Number (SN)*
- b. Lalu Lintas
- c. *Reliability*
- d. Faktor Lingkungan
- e. *Serviceability*

a. *Structural Number (SN)*

Structural Number (SN) merupakan fungsi dari ketebalan lapisan dan koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*). Persamaan untuk *Structural Number* adalah sebagai berikut:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 \dots\dots\dots(II.3)$$

dimana:

- SN = nilai *Structural Number*
- a_1, a_2 = koefisien relatif masing-masing lapisan
- D_1, D_2 = tebal masing-masing lapisan perkerasan

b. Lalu Lintas

Prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas didasarkan pada kumulatif beban gandar standar ekivalen (*Cumulative Equivalent Standard Axle, CESA*). Perhitungan untuk CESA ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 KN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, serta faktor bangkitan lalu lintas (*growth factor*).

c. *Reliability*

Dalam proses perencanaan perkerasan terdapat beberapa ketidakpastian (*uncertainties*). Konsep reabilitas merupakan upaya untuk menyertakan

derajat kepastian (*degree of certainty*) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Tingkatan *reliability* ini yang digunakan tergantung pada volume lalu lintas, klasifikasi jalan yang akan direncanakan maupun ekspektasi pengguna jalan (lihat tabel II.4). Secara garis besar pengaplikasian konsep *reliability* adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan klasifikasi ruas jalan yang akan direncanakan menjadi hal pertama yang harus dilakukan. Klasifikasi ini mencakup apakah jalan tersebut adalah jalan dalam kota (*urban*) atau jalan antar kota (*rural*).
- b. Menentukan tingkat *reliability* yang dibutuhkan dengan menggunakan tabel yang ada pada metode perencanaan AASHTO 1993. Semakin tinggi tingkat *reliability* yang dipilih, maka semakin tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan (lihat tabel II.5).
- c. Satu nilai standar deviasi (*So*) harus dipilih. Nilai ini mewakili dari kondisi-kondisi lokal yang ada. Nilai tipikal untuk perkerasan lentur adalah 0.40 – 0.50.

Tabel II. 4 Rekomendasi Tingkat *Reliability* Untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99.99	80 – 99.99
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 – 80	50 – 80

Tabel II. 5 Nilai Penyimpangan Normal Standar (*Standar Normal Deviate*) Untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu

Reliabilitas, R (%)	Standar Normal Deviate, Z_R
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
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	-3,090
99,99	-3,750

d. Faktor Lingkungan

Diantara faktor lingkungan yang mempengaruhi adalah cuaca atau iklim dan kembang susut tanah dasar. Sedangkan pengaruh jangka panjang akibat temperatur dan kelembaban pada penurunan *serviceability* belum dipertimbangkan.

e. *Serviceability*

Serviceability merupakan tingkat pelayanan yang diberikan oleh sistem perkerasan yang kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Nilai *serviceability* ini diberikan dalam beberapa tingkatan antara lain:

- a. Untuk perkerasan yang baru dibuka (*open traffic*), nilai *serviceability* ini diberikan sebesar 4.0–4.2. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai *initial serviceability* (P_o).
- b. Untuk perkerasan yang harus dilakukan perbaikan pelayanannya, nilai *serviceability* ini diberikan sebesar 2.0. Nilai ini dalam terminology perkerasan diberikan sebagai nilai *terminal serviceability* (P_t).
- c. Untuk perkerasan yang sudah rusak dan tidak bisa dilewati, maka nilai *serviceability* ini akan diberikan sebesar 1.5. Nilai ini diberikan dalam terminology *failure serviceability* (P_f).

II.4.1 Persamaan AASHTO 1993

Dari hasil percobaan jalan AASHTO untuk berbagai macam variasi kondisi dan jenis perkerasan, maka disusunlah metode perencanaan AASHTO yang kemudian berubah menjadi AASHTO. Dasar perencanaan metode AASHTO baik AASHTO 1972, AASHTO 1986, hingga yang terbaru yaitu AASHTO 1993, adalah persamaan berikut ini:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{P_o - P_t}{P_o - P_f} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07 \dots \dots \dots (II.4)$$

dimana:

- W_{18} = kumulatif beban gandar standar selama umur perencanaan (CESA)
- Z_R = *Standard Normal Deviate*
- S_o = *Combined Standard Error* dari prediksi lalu lintas dan kinerja
- SN = *Structural Number*
- P_o = *Initial Serviceability*
- P_t = *Terminal Serviceability*
- P_f = *Failure Serviceability*
- M_r = Modulus Resilien (psi)

II.4.2 Langkah-Langkah Perencanaan dengan Metode AASHTO 1993

Langkah-langkah perencanaan dengan metode AASHTO 1993 yaitu sebagai berikut:

- a. Menentukan lalu lintas rencana yang akan diakomodasi di dalam perencanaan tebal perkerasan. Lalu lintas rencana ini jumlahnya tergantung dari komposisi lalu lintas, volume lalu lintas yang lewat, beban aktual yang lewat, serta faktor bangkitan lalu lintas serta jumlah lajur yang direncanakan. Semua parameter tersebut akan dikonversikan menjadi kumulatif beban gandar standar ekivalen atau *Cumulative Equivalent Standard Axle (CESA)*.
- b. Menghitung CBR tanah dasar yang mewakili ruas jalan tersebut. Pengambilan data CBR biasanya dilakukan setiap jarak 100 meter. Dari nilai CBR representatif tersebut kemudian diprediksi modulus elastisitas (resilien) tanah dasar dengan persamaan berikut:

$$Mr = 1500 \text{ CBR (psi)} \dots \dots \dots (II.5)$$

dimana:

CBR = nilai CBR representatif (%)

Mr = Modulus resilien tanah dasar (psi)

Tabel II. 6 Kriteria CBR Tanah Dasar (*Subgrade*)

<i>Roadbed Soil Type</i>	<i>Resilient Modulus</i>	<i>CBR</i>
<i>Poor</i>	3,000	2
<i>Fair</i>	7,500	5
<i>Good</i>	15,000	10

Sumber : AASHTO 1986

- c. Menentukan besaran-besaran fungsional dari sistem perkerasan jalan yang ada seperti *Initial Present Serviceability Index (Po)*, *Terminal Serviceability Index (Pt)*, dan *Failure Serviceability Index (Pf)*. Masing-masing besaran ini nilainya tergantung dari klasifikasi jalan yang akan direncanakan.
- d. Menentukan *reliability* dan *standard normal deviate*. Keduanya ditentukan berdasarkan beberapa asumsi antara lain tipe perkerasan dan klasifikasi jalan.

- e. Menggunakan data lalu lintas, modulus elastisitas tanah dasar serta besaran-besaran fungsional P_o , P_t , dan P_f serta *reliability* dan *standard deviate* untuk mendapatkan nilai *Structural Number* yang dibutuhkan untuk mengakomodasi lalu lintas rencana. Selain menggunakan rumus AASHTO tersebut dapat juga digunakan grafik-grafik AASHTO.
- f. Menentukan bahan pembentuk lapisan perkerasan. Masing-masing bahan pembentuk memiliki koefisien lapisan yang berbeda.
- g. Menggunakan koefisien masing-masing lapisan tersebut untuk mendapatkan tebal masing-masing lapisan perkerasan dengan persamaan (II.3).

Tabel II. 7 Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Traffic, ESALs	Minimum Thickness (in.)	
	Asphalt Concrete	Agregate Base
Less than 50,000	1.0 (<i>or surface treatment</i>)	4
50,001 – 150,000	2.0	4
150,001 – 500,000	2.5	4
500,001 – 2,000,000	3.0	6
2,000,001 – 7,000,000	3.5	6
$\geq 7,000,0001$	4.0	6

II.4.3 Equivalent Axle Load Factor (E)

Pembebanan lalu lintas terhadap sedikitnya dibedakan menjadi dua, seperti dijelaskan berikut ini :

1. Fixed Traffic

Dengan prosedur *fixed traffic*, ketebalan perkerasan ditentukan oleh beban roda tunggal dimana banyaknya repitisi beban tidak diperhitungkan sebagai variabel. Metode ini paling sering digunakan untuk perhitungan perkerasan bandara atau jalan raya dengan beban roda tinggi namun dengan volume lalulintas ringan.

2. Fixed Vehicle

Dengan prosedur *fixed vehicle*, ketebalan perkerasan ditentukan oleh banyaknya repitisi beban sumbu atau kendaraan standar (beban sumbu tunggal

seberat 80 KN atau 8160 Kg). Jika beban sumbu bukan 80 KN atau merupakan beban sumbu ganda maka harus dikonversikan dahulu ke dalam beban sumbu standar dengan faktor ekivalen beban sumbu (EALF = *Equivalent Axle Load Factor*). Besarnya repitisi beban sumbu tunggal maupun ganda harus dikalikan dengan nilai EALF untuk memperoleh nilai efek ekivalensi yang sesuai dengan beban sumbu tunggal (80 KN). Penjumlahan efek ekivalensi dari seluruh beban sumbu selama periode desain dinamakan beban sumbu tunggal ekivalen (ESAL = *Equivalent Single-Axle Load*). Pada prinsipnya adalah bahwa di lapangan terdapat variasi besar beban sumbu kendaraan, dengan prosedur ini maka seluruh variasi beban sumbu tersebut dikonversikan ke dalam satu beban sumbu yaitu yang disebut dengan beban sumbu standar yang besarnya 80 KN dengan suatu faktor pengali (EALF) untuk setiap jenis beban sumbu.

Angka Ekivalen (E) dari suatu beban sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban standar sumbu tunggal seberat 8,16 ton (18,000 lb). Faktor atau angka ekivalen beban sumbu (*equivalent axle load factor*) mendefinisikan kerusakan perkerasan akibat beban sumbu kendaraan yang lewat relatif terhadap kerusakan perkerasan akibat beban sumbu tunggal (80 KN). Desain perkerasan jalan didasarkan oleh banyaknya beban sumbu standar yang lewat jalan tersebut selama periode desain, yang dirumuskan ke dalam beban sumbu tunggal ekivalen (ESAL = *Equivalent Single-Axle Load*) dalam bentuk :

$$ESAL = \sum_{i=1}^m F_i n_i \dots \dots \dots (II.6)$$

Dimana m adalah banyaknya kelompok beban sumbu, F_i adalah faktor pengali (EALF) untuk kelompok beban sumbu ke-i, dan n_i adalah jumlah kelompok beban sumbu ke-i yang melewati jalan tersebut selama periode desain.

$$E_{\text{sumbu tunggal}} = \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal (ton)}}{8,16} \right)^4 \dots \dots \dots (II.7)$$

$$E_{\text{sumbu ganda}} = \left(\frac{\text{beban sumbu ganda (ton)}}{8,16} \right)^4 \cdot 0,086 \dots \dots \dots (II.8)$$

ESALs dapat dihitung per tahun melalui persamaan berikut ini :

ESALs per tahun

$$= \left(\frac{\text{kendaraan}}{\text{hari}} \right) (\text{Faktor Distribusi Lajur}) \left(\frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \right) \left(\frac{\text{ESALs}}{\text{kendaraan}} \right) \dots (II.9)$$

Tabel II. 8 Lane Distribution Factor (Faktor Distribusi Lajur)

No. of Lanes in Each Direction	Percentage of 18-kip ESAL in Design Lane
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sementara itu, untuk dapat menghitung ESALs dengan mudah dapat digunakan persamaan berikut ini yaitu :

Bilangan pengali (*multiplier*)

$$\text{multiplier} = \frac{(1 + g)^n - 1}{g} \dots \dots \dots (II.10)$$

Contoh:

20 year design life:

$$ESALs \text{ awal} \left[\frac{(1 + 0,03)^{20} - 1}{0,03} \right] = \text{Cumulative ESALs akhir periode}$$

Kendaraan yang muatannya melebihi batas maksimum daya dukung jalan akan mengakibatkan kerusakan jalan dan jembatan (mengurangi umur teknis jalan dan jembatan). Mengutip tentang Muatan Lebih dan Kerusakan Jalan dari Masterplan Transportasi Darat, 2005, “Akibat yang ditimbulkan oleh kondisi muatan lebih (*overloading*) adalah kerusakan jalan sebelum periode atau umur teknis rencana tercapai. Secara langsung kondisi yang terjadi adalah kerusakan jalan secara langsung yang dapat mengakibatkan kemacetan yang pada akhirnya akan merugikan pemerintah (pengelola jalan), masyarakat (pengguna jalan) dan

masyarakat umum. Dengan keterbatasan dana pemeliharaan, kondisi ini akan menyebabkan dana tersedot pada satu lokasi yang akan mengurangi alokasi untuk jaringan yang lain, yang pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan pada seluruh jaringan.

Kerusakan jalan mengindikasikan kondisi struktural dan fungsional jalan yang sudah tidak mampu memberikan pelayanan yang optimal terhadap pengguna jalan, seperti ketidaknyamanan dan ketidakamanan pengguna jalan mengemudikan kendaraan di atas permukaan jalan yang bergelombang dan licin.

Beberapa studi menunjukkan bahwa kerusakan struktural jalan tidak semua disebabkan beban *overload*. Faktor perencanaan, pengawasan, pelaksanaan, dan lingkungan memberikan kontribusi kerusakan³.



Gambar II.10 Truk yang *Overload*

Untuk pengaturan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas, jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas, berdasarkan fungsi jalan, daya dukung jalan menerima muatan sumbu terberat kendaraan, dan intensitas lalu lintas.

Pengelompokkan jalan di Indonesia menurut kelas jalan terdiri dari:

- a. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton;

³ Studi SID Implementasi Penanganan Muatan Lebih Berbasis Performance Base Kontrak di Pulau Jawa. Dirjen Perhubungan Darat 2008.

- b. Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton;
- c. Jalan Kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton;
- d. Jalan Kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton;
- e. Jalan Kelas III C, yaitu jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Satu lintasan *traffic* yang melebihi tonase yang diizinkan, korelasinya dapat mengurangi umur rencana jalan sebesar pangkat empat dari nilai ESAL (*Equivalent Single Axle Load*) atau angka ekivalen jenis truck yang melaluinya.

Berdasarkan riset yang dilakukan *the American Association of State Highway Officials*, kerusakan jalan yang disebabkan oleh beban yang melintasinya mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$D = \left(\frac{w}{8.2}\right)^4 \dots \dots \dots (II.11)$$

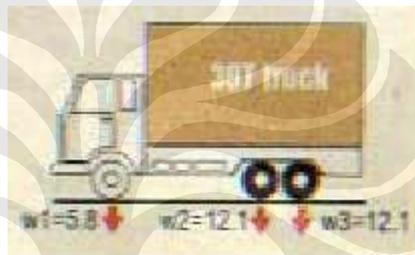
dimana D adalah *damaging effect* (efek kerusakan) dan w adalah *axle load* (beban sumbu).

Berikut ini digambarkan *damaging effect* dari kendaraan yang *overload*. Sebagai contoh pada gambar II.11 dan gambar II.12 adalah truk dengan berat bersih 10 ton. Pada gambar II.11, truk mengangkut muatan sesuai dengan standar yaitu 11 ton, sehingga beban sumbunya adalah masing-masing 4.6 ton untuk sumbu 1 dan

8.2 ton untuk sumbu 2 dan 3. Sedangkan pada gambar II.12, truk mengangkut muatan melebihi standar yaitu 20 ton, sehingga beban sumbunya adalah masing-masing 5.8 ton untuk sumbu 1 dan 12.1 ton untuk sumbu 2 dan 3.



Gambar II.11 Truk dengan Berat Bersih 10 Ton dan Berat Muatan 11 Ton



Gambar II.12 Truk dengan Berat Bersih 10 Ton dan Berat Muatan 20 Ton

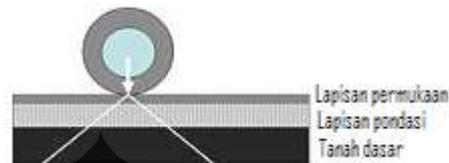
Dengan menggunakan rumus *damaging effect* diatas maka dapat dicari efek kerusakan total yang ditimbulkan oleh truk dengan muatan standar (11 ton) dan truk dengan muatan lebih (20 ton).

Tabel II. 9 Perbandingan Efek Kerusakan dari Truk 21 Ton dan 30 Ton

Berat Bersih	Muatan Sumbu (w_1)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_1}{8.2}\right)^4$	Muatan Sumbu (w_2)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_2}{8.2}\right)^4$	Muatan Sumbu (w_3)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_3}{8.2}\right)^4$	Total Efek Kerusakan
21 T	4.6	0.0990	8.2	1	8.2	1	2.0990
30 T	5.8	0.2503	12.1	4.7412	12.1	4.7412	9.7365

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa truk dengan muatan standar (11 ton) mengakibatkan total efek kerusakan sebesar 2.099 sedangkan truk dengan muatan lebih (20 ton) mengakibatkan total efek kerusakan sebesar 9.7365. Sehingga truk dengan berat bersih 30 ton mengakibatkan efek kerusakan 4.64 kali lebih besar (9.7365/2.099) bila dibandingkan dengan truk berat bersih 21 ton.

Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Beban tersebut selanjutnya didistribusikan ke fondasi jalan, bila daya dukung jalan tidak mampu menahan muatan sumbu maka jalan akan rusak. Oleh karena itu ditetapkanlah Muatan Sumbu Terberat (MST) yang bisa melalui suatu kelas jalan tertentu.

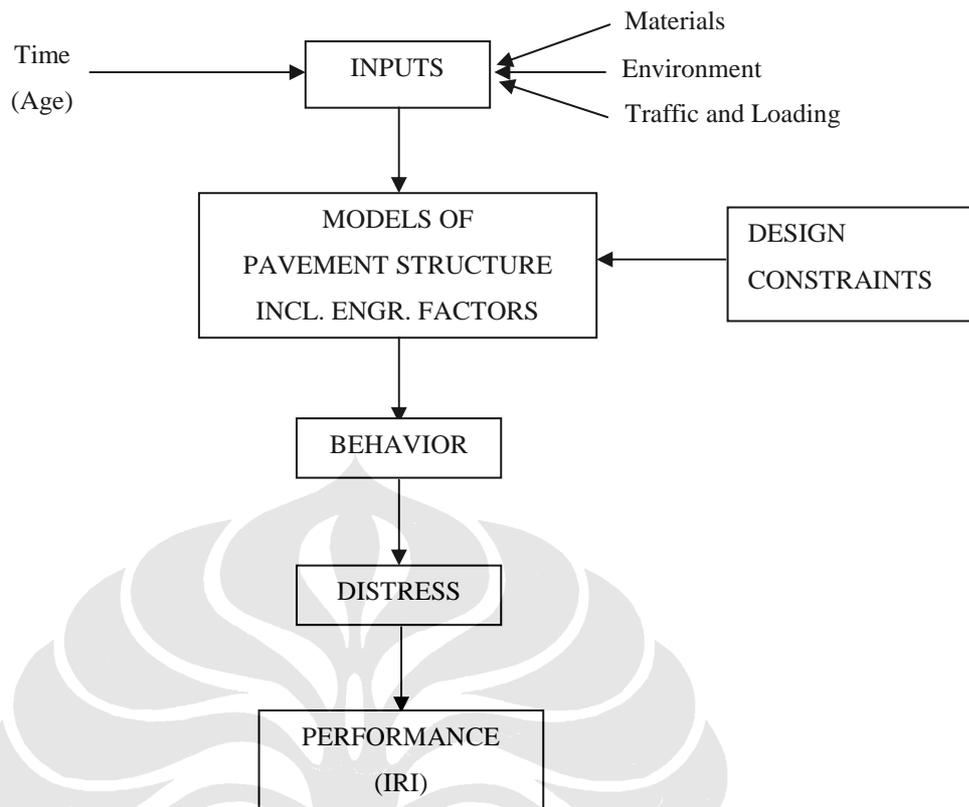


Gambar II.13 Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan

Muatan sumbu terberat adalah jumlah tekanan maksimum roda terhadap jalan, penetapan muatan sumbu terberat ditujukan untuk mengoptimalkan antara biaya konstruksi dengan efisiensi angkutan. Muatan sumbu terberat untuk masing-masing kelas jalan ditunjukkan dalam daftar berikut:

II.5 PERMODELAN KERUSAKAN JALAN DENGAN PROGRAM HDM-PRD

Program HDM-PRD (*Highway Development and Management-Pavement Road Deterioration*) adalah program yang secara komprehensif diterbitkan oleh Bank Dunia (*World Bank*) untuk membantu negara-negara di dunia dalam merencanakan program pembangunan dan pemeliharaan jalan. Program ini adalah aplikasi yang mampu memprediksi kerusakan jalan di tahun analisa khususnya pada jalan dengan struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*). Hasil kerusakan jalan yang dihitung merupakan proses peramalan kinerja pelayanan jalan di tahun-tahun setelah jalan tersebut selesai dibangun. Dengan bantuan program ini, kerusakan jalan di masa mendatang dapat diprediksi sehingga jenis maupun tingkat kerusakannya dapat diperhitungkan untuk mendapatkan program pemeliharaan yang sesuai.



Gambar II.14 Flow Diagram Permodelan Kinerja Perkerasan

II.5.1 Masukan Data (*Input*) HDM-PRD

Untuk dapat memprediksi kerusakan jalan yang terjadi di masa mendatang, diperlukan masukan data (*input*) mengenai jalan yang diamati di tahun awal (*initial year*) pengamatan. Masukan data (*input*) yang diperlukan mencakup:

- Data jalan (*roads database*)
- Data pembebanan sumbu kendaraan (*axle load data*)
- Waktu analisa

Data jalan (*roads database*) meliputi informasi mengenai:

- Geometri jalan (*road geometry*), yaitu panjang dan lebar jalan (dalam meter)
- Lingkungan jalan (*road environment*), yaitu curah hujan (dalam meter/bulan)
- Struktur jalan, yaitu:
 - Jenis permukaan jalan (*surface type*)
 - Jenis lapisan pondasi atas (*base type*)

- *Structural Number*
 - CBR tanah dasar (*CBR subgrade*)
 - Ketebalan lapisan baru (*new layer thickness*)
 - Ketebalan lapisan lama (*old layer thickness*)
 - Kualitas pekerjaan konstruksi (apakah ada kesalahan pekerjaan atau tidak)
- Kondisi jalan (*road condition*), yaitu:
 - Kerusakan jalan (*road distress*), yang mencakup:
 - ❖ Luas retak (persen) yaitu prosentase jumlah luas retak kecil maupun lebar dengan total luas jalan.
 - ❖ Luas retak lebar (persen) yaitu perbandingan jumlah luas retak lebar (*wide crack*) dengan rata-rata lebar retak 3 mm atau lebih pada total luas jalan.
 - ❖ Luas retak kecil (persen) yaitu perbandingan jumlah luas retak sempit (*narrow crack*) dengan rata-rata lebar retak kurang dari 3 mm pada total luas jalan.
 - ❖ Luas pelepasan butir (persen) yaitu perbandingan luas jalan yang mengalami pelepasan butir (*raveling*) dengan total luas jalan.
 - ❖ Luas lubang (persen) yaitu perbandingan luas jalan yang berlubang (*potholes*) dengan total luas jalan.
 - Deformasi melintang (*transversal deformation*), yang mencakup:
 - ❖ Kedalaman alur (*rut depth*), yaitu kedalaman alur maksimal pada jarak melintang 1.2 meter berpotongan dengan lintasan roda (dalam mm)
 - ❖ Kedalaman alur rata-rata (*mean rut depth*), yaitu kedalaman alur rata-rata dari alur yang ada pada jalan (dalam mm)
 - ❖ Standar deviasi alur rata-rata (*STD rut depth*), yaitu standar deviasi pengukuran kedalaman alur (dalam mm)
 - Deformasi memanjang (*longitudinal deformation*), yang mencakup:
 - ❖ Kerataan permukaan (*roughness*), yaitu ukuran kerataan permukaan dalam IRI (*International Roughness Index*)
 - Sejarah pelayanan jalan

- ❖ Umur permukaan (*surfacing age*), yaitu umur permukaan yang dihitung sejak terakhir kali dilakukannya *reseal*, *overlay*, *reconstruction*, atau *new construction* pada jalan tersebut (dalam tahun).
- ❖ Umur konstruksi (*construction age*), yaitu umur jalan yang dihitung sejak terakhir kali dilakukannya *overlay*, *reconstruction* atau *new construction* pada jalan tersebut (dalam tahun).
- ❖ Luas keretakan total pada permukaan lama (*Old Surface All Crack Area*), yaitu luas keretakan total pada permukaan lama sebelum dilakukan *reseal* atau *overlay* (dalam persen)
- ❖ Luas keretakan lebar pada permukaan lama (*Old Surface Wide Cracks Area*), yaitu luas keretakan lebar pada permukaan lama sebelum dilakukan *reseal* atau *overlay* (dalam persen)
- Faktor kerusakan jalan (*road deterioration factor*), yaitu faktor koefisien pengali linear dari perkembangan kerusakan yang akan terjadi di masa mendatang (nilai *default* sama dengan satu).
- Lalu lintas (*road traffic*), yang mencakup:
 - Rata-rata lalu lintas harian, yaitu rata-rata jumlah tiap jenis kendaraan yang lewat setiap hari.
 - Faktor pertumbuhan lalu lintas (*traffic growth rate*), yaitu faktor pertumbuhan kendaraan dalam prosentase peningkatan dari tahun ke tahun.
- Program pemeliharaan (*maintenance operations*), yaitu
 - Kuantitas penambalan (*patching amount*), yaitu presentase penambalan yang akan dilakukan setiap tahun pada periode atau tahun pengamatan (*analysis periode*).
 - Ambang *overlay* (*overlay threshold*) yaitu maksimal tingkat kekasaran permukaan yang diizinkan (*allowable roughness index*) dimana *overlay* akan dilakukan jika kondisi kekasaran permukaan jalan telah melebihi ambang maksimal kerusakan jalan yang diizinkan (dalam IRI)
 - Ketebalan *overlay* (*overlay thickness*), yaitu ketebalan lapisan permukaan baru (lapisan *overlay*) dalam milimeter.
 - Jenis *overlay* (digunakan aspal campuran panas-*hotmix asphalt*)

- Ambang *reseal* (*reseal threshold*) yaitu maksimal luas jalan yang rusak dimana *reseal* dilakukan bila kerusakan jalan telah melebihi maksimal luas jalan rusak yang diizinkan. Luas jalan yang rusak didefinisikan sebagai jumlah luas rusak akibat retak, lubang, atau pelebaran butir.
- Jenis lapisan *reseal* (*chip seal* atau *slurry seal*)

Disamping data jalan atau *road database*, masukan data lain yang dibutuhkan ialah data pembebanan sumbu kendaraan (*axle load data*) yang meliputi:

- Jumlah sumbu tiap kendaraan (mobil penumpang, mobil *pick up*, bus, truk ringan, truk sedang, truk berat, dan truk gandeng).
- Angka ekuivalen kendaraan (*equivalent standard axle load factor*), yaitu angka yang menunjukkan jumlah lintasan dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.

Selain itu dibutuhkan masukan data berupa waktu analisa (*analysis period*), yaitu periode analisa (lamanya waktu dilakukannya peramalan kinerja pelayanan jalan) dan tahun awal analisa atau *initial year* (tahun dimulainya analisa atau tahun dimulainya perhitungan peramalan kinerja pelayanan).

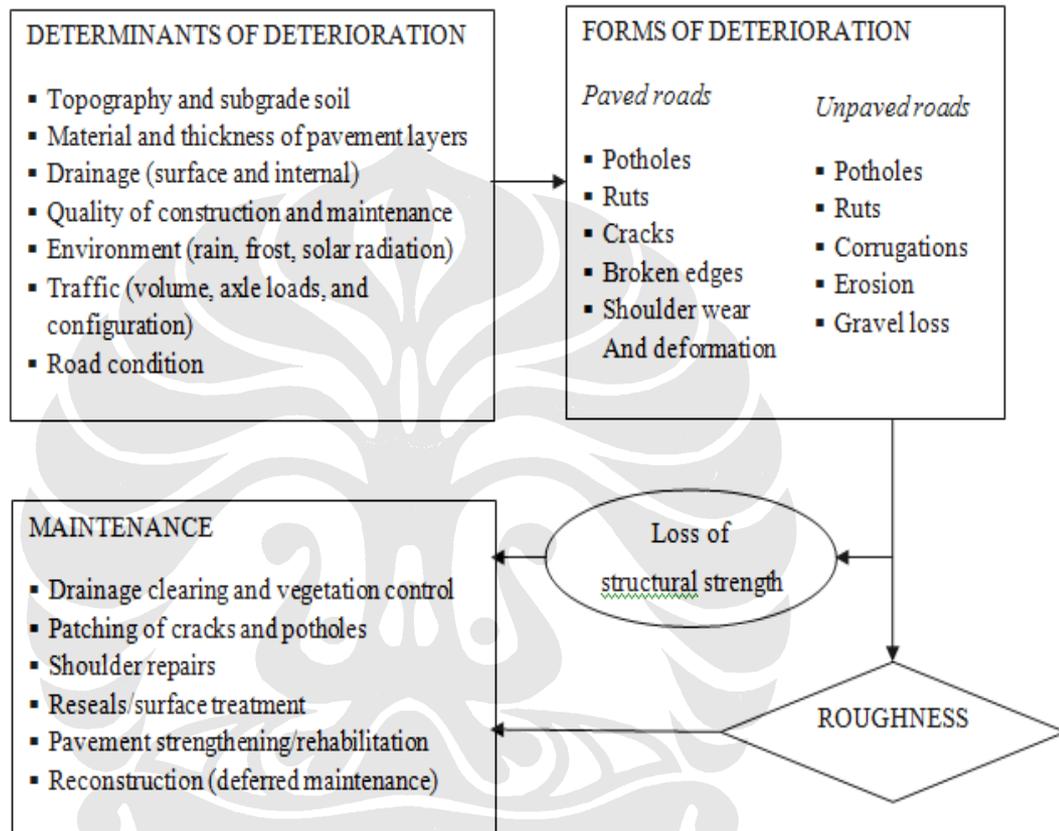
II.5.2 Hasil Permodelan (*Output*) HDM-PRD

Setelah proses pemasukan data selesai dilakukan kemudian secara otomatis program akan memproses *input* tersebut untuk selanjutnya dapat ditampilkan hasil permodelan. Hasil permodelan di antaranya adalah:

- Jumlah kendaraan lewat per hari ($ADT = \text{Annual Day Traffic}$)
- Luas setiap jenis kerusakan (persen)
- Ukuran kerusakan jalan ($IRI = \text{International Roughness Index}$)

Setiap jenis *output* tersebut ditampilkan per tahun selama periode analisa. Hal ini berarti jika dimasukkan periode analisisnya 20 tahun dan waktu analisa awalnya 2007, maka *output* yang ditampilkan adalah dari tahun 2007 hingga tahun 2026.

Hasilnya sangat bergantung tidak hanya dari kondisi jalannya, melainkan juga dari metode pemeliharaan yang menurut rencana akan dilakukan. Terdapat dua perencanaan metode pemeliharaan yang dapat dimodelkan pada program HDM-PRD ini yaitu *reseal* dan *overlay*. Penanganan jalan menurut kedua metode ini memberikan hasil kinerja pelayanan jalan yang berbeda yang ditunjukkan dalam luas kerusakan dan ukuran kerusakannya (IRI).



Sumber : A World Bank Policy Study
Road Deterioration in Developing Countries

Gambar II.15 Bagan Kerusakan Jalan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 KERANGKA PIKIR

Perkembangan teknologi pemrograman atau perangkat lunak (*software*) di bidang transportasi, khususnya struktur perkerasan jalan, dapat dimanfaatkan seoptimal