

826/FT.01/SKRIP/07/2008

**KAJIAN PERKERASAN JALAN LENTUR
AKIBAT BEBAN LALU LINTAS
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HDM-III**

SKRIPSI

Oleh :

NURITA PUTRI HARDIANI

04 04 01 057 Y



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

826/FT.01/SKRIP/07/2008

**KAJIAN PERKERASAN JALAN LENTUR
AKIBAT BEBAN LALU LINTAS
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HDM-III**

SKRIPSI

Oleh :

NURITA PUTRI HARDIANI

04 04 01 057 Y



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

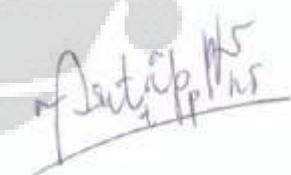
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

KAJIAN PERKERASAN JALAN LENTUR AKIBAT BEBAN LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HDM-III

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui, skripsi ini bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juli 2008



Nurita Putri Hardiani

040401057Y

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

KAJIAN PERKERASAN JALAN LENTUR AKIBAT BEBAN LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HDM-III

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 10 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Menyetujui,

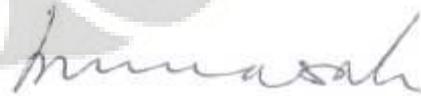
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Sigit P Hadiwardoyo DEA

NIP. 131 645 342



Ir. Heddy Rohandi Agah M.Eng

NIP. 130 794 137

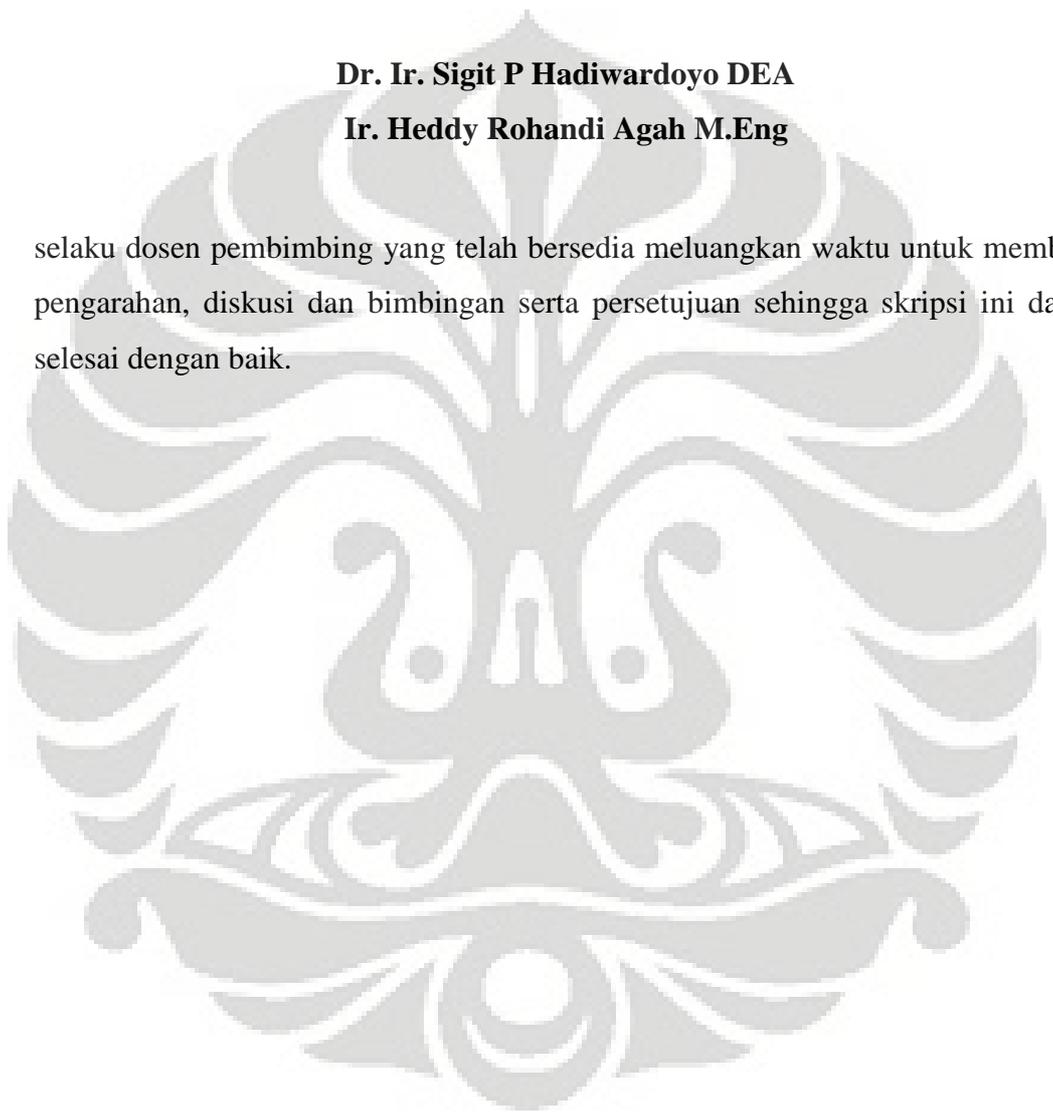
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Sigit P Hadiwardoyo DEA

Ir. Heddy Rohandi Agah M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'aalamiin. Segala Puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Atas berkat rahmat Allah Subhanahuwata'ala, skripsi dengan judul "*Kajian Perkerasan Jalan Lentur Akibat Beban Lalu Lintas dengan Menggunakan Program HDM-III*" ini dapat terselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk dapat meraih gelar Sarjana di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat doa dan bantuan banyak pihak. Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, Ayah Haryogi dan Mama Nur Susri Kardiani, serta Adik Septama Hardanto Putro dan Adik Primastoro Harsastyo Putro atas doa, nasehat, motivasi, pengertian, perhatian, semangat, penghiburan yang tiada tara tercurah untuk penulis.
2. Dr. Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA dan Ir. Heddy Rohandi Agah, M.Eng selaku pembimbing dalam skripsi ini atas ilmu, waktu, pengarahan, dan bimbingan yang diberikan untuk penulis.
3. Dr. Ir. Jachrizal Soemabrata, selaku Dosen Penguji Sidang Skripsi.
4. Seluruh keluarga besar di Purwokerto, Klaten, Semarang, dan Jogjakarta, atas kiriman doa dan semangatnya melalui telepon dan sms kepada penulis.
5. Destia Setiarini, Evie Komalasari, Rahmadilla Sakina, Tuti Alawiyah. Para "Srikandi Transportasi Sipil 2004" yang merasa senasib sepenanggungan seperjuangan selama kuliah di peminatan kita. (Semangat buat yang belum sidang!!!)
6. Seluruh rekan (boys crew) di peminatan transportasi angkatan 2004 : Adrian, Andi (Ogud), Paojan (Fauzan), Junior (Jun), Nando, Purwadi (Pur), dan Oji, atas kerjasamanya yang baik saat kita sekelompok bareng ngerjain tugas-tugas yang banyak itu.
7. Rekan Citra Chergia (Egi) – Mankon 2004, untuk informasinya mengenai panduan penulisan skripsi yang sangat bermanfaat, dan rekan Irma N. Indah

(Irma) – Geotek 2004, untuk ajakannya nginep bareng buat bergadang demi menyelesaikan skripsi (*hectic time.. I can't imagine that..*):p

8. Rekan Yustian Heri S (Geotek 2004), untuk bantuannya membetulkan laptop penulis yang tiba-tiba rusak (padahal di dalamnya banyak tulisan-tulisan skripsi yang belum di-back-up, u're so helpful) dan untuk penjelasannya yang panjang lebar atas pertanyaan penulis soal CBR tanah dasar (Anak Geotek yang tidak diragukan kapabilitasnya).
9. Rekan Yudho Widiatmoko (Struktur 2004), yang dengan bantuannya penulis bisa masuk ke Departemen PU untuk nanya-nanya perihal topik skripsi dengan “mudah”.
10. Seluruh rekan-rekan Angkatan 2004 Sipil FTUI (Geotek, Mankon, Sruktur, PSDA). Selamat buat yang lulus dan semangat buat yang tertunda!!!
11. Rekan-rekan di ITB : Mayang Seruni (Teknik Material 2004) dan Saga Hayyu (Teknik Sipil 2004), atas cerita-ceritanya soal siding skripsi disana dan motivasi serta semangatnya yang menular, alhamdulillah akhirnya sudah ST semua.
12. Rekan-rekan “senior” peminatan transportasi angkatan 2003 yang bareng-bareng sidangnya dengan penulis : Diana P, Pitoyo, Panji. (*hectic* bareng).
13. Seluruh pihak yang telah membantu dalam hal melengkapi referensi
14. Seluruh pihak yang telah membantu baik dalam doa maupun perhatian namun tidak dapat penulis sebutkan satu- persatu. Terimakasih banyak.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi lebih baiknya skripsi ini. Semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Depok, Juli 2008

Penulis

Nurita Putri Hardiani
NPM 04 04 01 057 Y
Departemen Teknik Sipil

Dosen Pembimbing
I. Dr. Ir. Sigit P. Hadiwardoyo, DEA
II. Ir. Heddy R. Agah, M.Eng

**KAJIAN PERKERASAN JALAN LENTUR
AKIBAT BEBAN LALU LINTAS
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HDM-III**

ABSTRAK

Kinerja pelayanan jalan dapat dinyatakan dalam Indeks Kekasaran Permukaan atau *International Roughness Index* (IRI) yang dikembangkan oleh Bank Dunia. IRI merupakan parameter kekasaran yang dihitung dari jumlah kumulatif naik-turunnya permukaan arah profil memanjang pada jarak permukaan yang diukur dan digunakan untuk mengevaluasi kinerja perkerasan yang dapat dinilai dari kualitas berkendara di atas permukaan jalan. IRI dinyatakan dalam satuan meter per kilometer (m/km). Pada umumnya, jika umur jalan dan beban lalu lintas meningkat, kerusakan jalan semakin bertambah sehingga nilai IRI juga meningkat.

Pada perencanaan jalan, beban lalu lintas dan tipe tanah dasar adalah faktor utama yang menentukan nilai *structural number*, yang merupakan angka yang digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan perkerasan. Jalan yang dibangun sesuai kebutuhan lalu lintasnya memiliki kinerja pelayanan yang optimal selama umur layanannya.

Program HDM-III (*Highway Development and Management*) telah diadopsi banyak negara dalam perencanaan jalan untuk memprediksi nilai IRI jaringan jalan setiap tahun selama periode analisa sehingga dapat dianalisa cara yang tepat dalam pembangunan jalan.

Parameter yang digunakan pada kajian ini adalah tipe tanah dasar, curah hujan, beban lalu lintas berdasarkan klasifikasi *Asphalt Institute*, faktor pertumbuhan lalu lintas, dan umur layanan jalan. Parameter tersebut dinyatakan dalam angka. Korelasi antara parameter tersebut terhadap nilai IRI dianalisa untuk mendapat informasi mengenai seberapa besar parameter-parameter tersebut berpengaruh.

Hasilnya menunjukkan bahwa *structural number* dan umur layanan jalan secara signifikan mempengaruhi nilai IRI, sementara tipe tanah dasar dan curah hujan memiliki pengaruh cukup kecil terhadap nilai IRI.

Kata kunci : *International Roughness Index* (IRI), CBR tanah dasar, curah hujan, *structural number*, HDM-III (*Highway Development and Management-III*)

Nurita Putri Hardiani
NPM 04 04 01 057 Y
Civil Engineering Department

Counsellors
I. Dr. Ir. Sigit P. Hadiwardoyo, DEA
II. Ir. Heddy R. Agah, M.Eng

**STUDY OF FLEXIBLE PAVEMENT PERFORMANCE
DUE TO TRAFFIC LOADING USING HDM-III**

ABSTRACT

The performance of road serviceability is stated by the International Roughness Index (IRI) which was developed by World Bank. IRI is used to define a characteristic of the longitudinal profile of a traveled wheeltrack and is accepted for evaluating pavement serviceability, especially its riding quality. The commonly recommended units are meters per kilometer (m/km). Generally, as the age of pavement increases, its condition deteriorates and its IRI values increases.

In road planning, traffic loading and subgrade type are the main factors determining the structural number, as one of the major inputs for flexible pavement layer thickness. The road which is well-constructed has the optimum serviceability performance over its service age.

The Highway Development and Management (HDM) program has been adopted by many countries in road planning for predicting their road network's IRI values over the analysis period so they can analyze the convenient way for their road construction.

The parameters used in this study are subgrade type, rainfall, traffic loading (normal loading and overloading) based on Asphalt Institute classification, traffic growth, and road service age. Those parameters are assumed in numbers. The correlation of those parameters to IRI values are analyzed to get information about the more and the less affected parameters.

The results show that the structural number and road service age significantly impact the roughness, while subgrade type and rainfall have little influence on the IRI values.

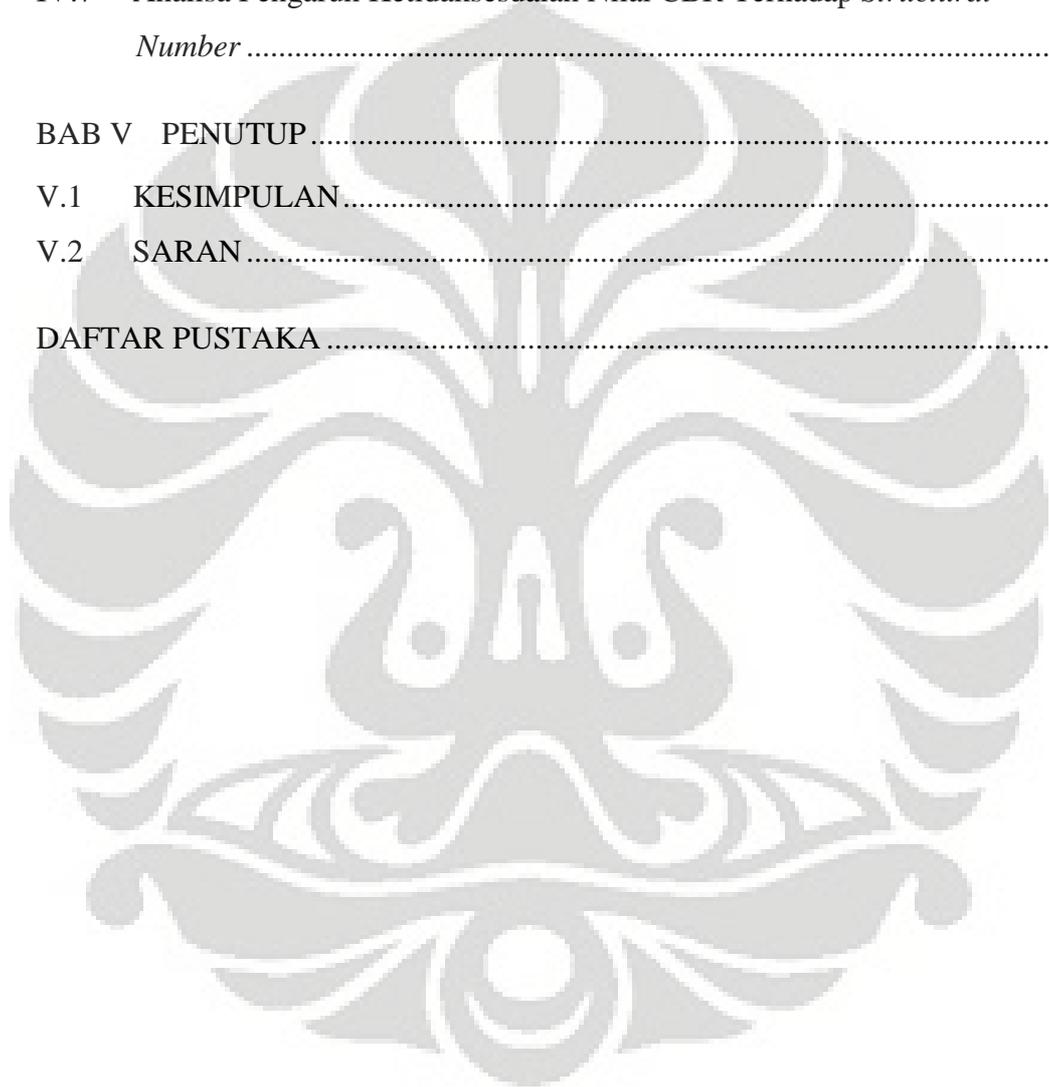
Keywords : International Roughness Index (IRI), subgrade CBR, rainfall, structural number, HDM-III (Highway Development and Management-III)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 LATAR BELAKANG.....	1
I.2 TUJUAN PENULISAN.....	2
I.3 RUMUSAN MASALAH.....	2
I.4 BATASAN MASALAH.....	2
I.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
II.1 PERKERASAN JALAN.....	4
II.1.1 Karakteristik Perkerasan Jalan.....	6
II.1.2 Jenis Kerusakan Perkerasan Jalan dan Metode Perbaikan Kerusakannya.....	8
II.2 METODE PENGUKURAN KERUSAKAN JALAN.....	15
II.3 KINERJA PERKERASAN JALAN (PAVEMENT PERFORMANCE).....	16
II.4 METODE AASHTO 1993.....	20

II.4.1	Persamaan AASHTO 1993	23
II.4.2	Langkah-Langkah Perencanaan dengan Metode AASHTO 1993.	24
II.4.3	Equivalent Axle Load Factor (E)	25
II.5	PERMODELAN KERUSAKAN JALAN DENGAN PROGRAM HDM-PRD.....	31
II.5.1	Masukan Data (<i>Input</i>) HDM-PRD.....	32
II.5.2	Hasil Permodelan (<i>Output</i>) HDM-PRD.....	35
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	36
III.1	KERANGKA PIKIR.....	36
III.2	SIMULASI PERMODELAN	38
III.3	JENIS DAN SUMBER DATA.....	38
III.4	METODE ANALISA	38
BAB IV	ANALISA	40
IV.1	MODELISASI STRUKTUR PERKERASAN JALAN	40
IV.1.1	Asumsi Beban Lalu Lintas.....	40
IV.1.2	Asumsi Kekuatan Tanah Dasar (<i>Subgrade CBR</i>)	42
IV.1.3	Asumsi Tingkat Curah Hujan (<i>Rainfall</i>).....	42
IV.1.4	Asumsi Ketebalan Perkerasan Jalan Lentur.....	42
IV.2	INPUT PARAMETER.....	44
IV.2.1	Lalu Lintas Berat.....	45
IV.2.2	Lalu Lintas Sedang	45
IV.2.3	Lalu Lintas Ringan.....	46
IV.3	ANALISA PENGARUH NILAI CBR TANAH DASAR TERHADAP NILAI IRI.....	46
IV.3.1	Analisa Pada Lalu Lintas Berat.....	46
IV.3.2	Analisa Pada Lalu Lintas Sedang (<i>Normal Loading</i>)	52
IV.3.3	Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (<i>Normal Loading</i>).....	59
IV.4	ANALISA PENGARUH TINGKAT CURAH HUJAN TERHADAP NILAI IRI.....	63
IV.4.1	Analisa Pada Lalu Lintas Berat.....	63

IV.4.2	Analisa Pada Lalu Lintas Sedang (<i>Normal Loading</i>)	65
IV.4.3	Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (<i>Normal Loading</i>).....	67
IV.5	ANALISA PERBANDINGAN PERKEMBANGAN IRI PADA MASING-MASING KLASIFIKASI LALU LINTAS.....	70
IV.6	ANALISA PENGARUH KETIDAKSESUAIAN NILAI SN DENGAN KEBUTUHAN LALU LINTAS	74
IV.7	Analisa Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai CBR Terhadap <i>Structural</i> <i>Number</i>	76
BAB V	PENUTUP.....	79
V.1	KESIMPULAN.....	79
V.2	SARAN.....	83
DAFTAR PUSTAKA	xvi



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Tipikal Penampang Melintang dari Perkerasan Aspal “ <i>Full-Depth</i> ” (<i>full-depth asphalt pavement</i>) (1 in. = 25.4 mm)	5
Gambar II.2 Penurunan Kinerja Perkerasan Jalan Terhadap Waktu	6
Gambar II.4 Pengaruh Nilai CBR Terhadap Ketebalan Perkerasan	8
Gambar II.5 Alur (<i>Rutting</i>) Pada Badan Jalan	13
Gambar II.6 Lubang Pada Badan Jalan.....	14
Gambar II.7 Indeks Permukaan Jalan Terhadap Repetisi Beban.....	17
Gambar II.8 Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI (m/km)	18
Gambar II.9 Korelasi antara Nilai IRI dan Nilai RCI.....	19
Gambar II.10 Truk yang <i>Overload</i>	28
Gambar II.11 Truk dengan Berat Bersih 10 Ton dan Berat Muatan 11 Ton	30
Gambar II.12 Truk dengan Berat Bersih 10 Ton dan Berat Muatan 20 Ton	30
Gambar II.13 Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan	31
Gambar II.14 <i>Flow Diagram</i> Permodelan Kinerja Perkerasan.....	32
Gambar II.15 Bagan Kerusakan Jalan.....	36
Gambar III. 1 Kerangka Pikir	37
Gambar III. 2 <i>Flow Diagram</i> Simulasi HDM-III	38
Gambar III. 3 Metode Analisa	39
Gambar IV. 1 Tipikal Penampang Perkerasan Jalan Lentur	43
Gambar IV. 2 Prediksi Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat (<i>Normal Loading</i>)	48
Gambar IV. 3 Perkembangan Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat (<i>Overloading</i>)51	
Gambar IV. 4 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dan <i>Overloading 50%</i>	52
Gambar IV. 5 Prediksi Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Sedang (<i>Normal Loading</i>) .54	
Gambar IV. 6 Prediksi Nilai IRI Selama Umur Layanan Jalan Untuk	55
Gambar IV. 7 Perkembangan Nilai IRI Pada Kondisi <i>Overloading 50%</i>	57

Gambar IV. 8 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dengan <i>Overloading 50%</i>	58
Gambar IV. 9 Perkembangan Nilai IRI Selama Umur Layanan Jalan (10 Tahun).....	60
Gambar IV. 10 Perkembangan Nilai IRI Pada Kondisi <i>Overloading 50%</i> Untuk Lalu Lintas Ringan.....	62
Gambar IV. 11 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dengan <i>Overloading (Lalu Lintas Ringan)</i>	63
Gambar IV. 12 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat	65
Gambar IV. 13 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Sedang.....	67
Gambar IV. 14 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Ringan	69
Gambar IV. 15 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Berat Selama Periode Analisa 20 Tahun	70
Gambar IV. 16 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Sedang Selama Periode Analisa	71
Gambar IV. 17 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Ringan Selama Periode Analisa	72
Gambar IV. 18 Perkembangan Nilai IRI Selama Umur Rencana Berdasarkan Klasifikasi Lalu Lintas	73
Gambar IV. 19 Perkembangan Nilai IRI Setelah Habis Umur Layanan Jalan Berdasarkan Klasifikasi Lalu Lintas	74
Gambar IV. 20 Perkembangan Nilai IRI Menurut Nilai SN (Analisa Ketidakesesuaian Nilai SN dengan <i>Traffic Loading</i>)	76
Gambar IV. 21 Perkembangan Nilai IRI Menurut Nilai CBR (Analisa Ketidakesesuaian Nilai CBR dengan nilai <i>Structural Number</i>) ..	78

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Sistem Klasifikasi Perkerasan Jalan Lentur	5
Tabel II. 2 Indeks Permukaan	17
Tabel II. 3 Kondisi Permukaan Secara Visual dan Nilai RCI	19
Tabel II. 4 Rekomendasi Tingkat <i>Reliability</i> Untuk Berbagai macam Klasifikasi Jalan	21
Tabel II. 5 Nilai Penyimpangan Normal Standar (<i>Standar Normal Deviate</i>) Untuk Tingkat	22
Tabel II. 6 Kriteria CBR Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	24
Tabel II. 7 Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan	25
Tabel II. 8 <i>Lane Distribution Factor</i> (Faktor Distribusi Lajur)	27
Tabel II. 9 Perbandingan Efek Kerusakan dari Truk 21 Ton dan 30 Ton	30
Tabel IV. 1 Klasifikasi Lalu Lintas oleh <i>Asphalt Institute</i>	40
Tabel IV. 2 Asumsi Beban Lalu Lintas	40
Tabel IV. 3 Kriteria CBR Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	42
Tabel IV. 4 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Berat	43
Tabel IV. 5 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Sedang	43
Tabel IV. 6 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Ringan	44
Tabel IV. 7 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Berat	45
Tabel IV. 8 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Sedang	45
Tabel IV. 9 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Ringan	46
Tabel IV. 10 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Berat (<i>Normal Loading</i>)	47
Tabel IV. 11 Prediksi Nilai IRI <i>Overloading</i> 50%	50
Tabel IV. 12 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Sedang (<i>Normal Loading</i>)	53
Tabel IV. 13 Prediksi Nilai IRI <i>Overloading</i> 50% Pada Lalu Lintas Sedang	56
Tabel IV. 14 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Ringan (<i>Normal Loading</i>)	59
Tabel IV. 15 Hasil Prediksi Nilai IRI Pada Volume Lalu Lintas Ringan (<i>Overloading</i>)	61
Tabel IV. 16 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Berat	64
Tabel IV. 17 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Sedang	66

Tabel IV. 18 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Ringan.....68
Tabel IV. 19 Hasil Prediksi Nilai IRI (Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai SN.....75
Tabel IV. 20 Hasil Prediksi Nilai IRI (Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai CBR
dengan Kebutuhan Nilai *Structural Number*)77



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Tinjauan terhadap kinerja perkerasan jalan erat kaitannya dengan kepentingan pengguna jalan yang dapat diukur dari kenyamanan berkendara. Oleh karena itu, setiap investasi dalam pembangunan jalan perlu dilaksanakan menurut proses desain yang sesuai dengan kebutuhan lalu lintas. Kegiatan pengamatan atau *monitoring* dilakukan rutin untuk mengantisipasi kerusakan jalan. Upaya ini dilakukan agar jalan tetap memiliki tingkat pelayanan yang optimal. Terbaiknya pekerjaan pemeliharaan sarana jalan dapat menyebabkan kerusakan jalan seperti retak (*cracking*) dan lubang (*pothole*) seringkali ditemukan yang menjadi indikasi penurunan tingkat pelayanan jalan. Bila tidak ditangani segera, kerusakan jalan akan terjadi secara meluas karena perkembangan kerusakannya meningkat menurut fungsi waktu. Kinerja perkerasan jalan diwakili antara lain oleh tingkat kerataan atau kekasaran permukaan jalan atau IRI (*International Roughness Index*). Nilai ini bertambah menurut jumlah repitisi beban lalu lintas yang mengindikasikan turunnya kinerja perkerasan ditandai dengan bertambahnya nilai IRI.

Dalam program pembangunan jalan, perencanaan jalan memiliki porsi sangat penting karena proses ini sangat mempengaruhi kualitas jalan terutama perkembangan kerusakannya setelah jalan tersebut selesai dibangun. Jalan yang dibangun tanpa didahului perencanaan jalan yang baik akan mengalami kerusakan yang relatif lebih cepat dan luas. Perencanaan jalan meliputi perhitungan perkiraan volume lalu lintas yang akan melewati jalan, yang besarnya berpengaruh terhadap ketebalan perkerasan jalan. Namun, seringkali proses perencanaan tidak dilakukan sebagaimana mestinya. Adakalanya kinerja perkerasan menurun begitu cepat lantaran ketidaksesuaian antara volume lalu lintas yang membebani jalan dengan rencana atau tebal perkerasan jalan.

Sehingga jalan yang sebenarnya untuk volume lalu lintas rendah namun digunakan untuk melayani volume lalu lintas tinggi.

I.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan karya tulis adalah :

1. Mencari hubungan antara tingkat kerusakan jalan dengan beban lalu lintas kendaraan yang melewati jalan
2. Mencari hubungan antara tingkat kerusakan jalan dengan tingkat curah hujan
3. Mencari hubungan antara tingkat kerusakan jalan dengan skenario simulasi yang diaplikasikan

I.3 RUMUSAN MASALAH

Tingginya biaya pembangunan jalan menuntut proses perencanaan yang berkualitas sehingga jalan dapat mengakomodir volume lalu lintas selama umur rencana jalan. Untuk itu, peramalan kondisi jalan masa yang akan datang menjadi salah satu informasi penting yang bermanfaat bagi pengembangan jalan tersebut.

I.4 BATASAN MASALAH

Masalah yang dibahas dalam karya tulis dibatasi pada jenis perkerasan yang digunakan yaitu perkerasan lentur. Data yang digunakan bersifat model simulasi beban dan konstruksi jalan. Perangkat lunak (*software*) permodelan yang digunakan adalah HDM-PRD (*Highway Development and Management-Pavement Road Deterioration*) dengan batasan utilitas perangkat lunak.

I.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan dalam melakukan analisa terhadap permasalahan yang diangkat maka dilakukan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian, tujuan penulisan, batasan masalah, dan metodologi penulisan serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan teori atau pustaka lain yang relevan dengan topik penelitian yang dibahas sehingga dapat memberi gambaran pendahuluan mengenai topik yang diangkat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan kerangka berpikir penulis, tahapan penelitian, metode penelitian, dan metode pengolahan data.

BAB IV ANALISA

Bab ini membahas hasil analisa dengan metode yang telah diuraikan pada bab III Metodologi Penelitian.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan berdasarkan hasil pembahasan dan analisa yang diperoleh pada bab sebelumnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 PERKERASAN JALAN

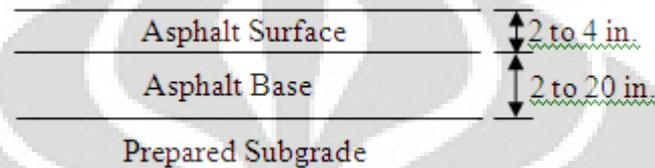
Perancangan konstruksi perkerasan jalan mutlak diperhitungkan dalam perencanaan sistem jaringan jalan. Tingginya biaya yang dikeluarkan untuk membangun jalan sangat mempengaruhi keputusan dalam merencanakan sistem jaringan jalan. Hal ini pula turut mempengaruhi pemilihan jenis konstruksi perkerasan jalan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

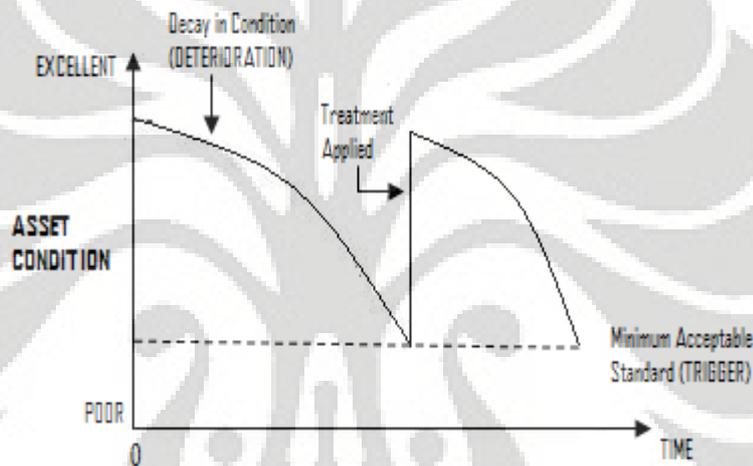
Jenis Lapis Permukaan	Jenis Lapis Pondasi	Jenis Perkerasan
<i>Asphalt Mix</i>	<i>Granular Base</i>	AMGB
	<i>Asphalt Base</i>	AMAB
	<i>Stabilized Base</i>	AMSB
	<i>Asphalt Pavement</i>	AMAP
<i>Surface Treatment</i>	<i>Granular Base</i>	STGB
	<i>Asphalt Base</i>	STAB
	<i>Stabilized Base</i>	STSB
	<i>Asphalt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

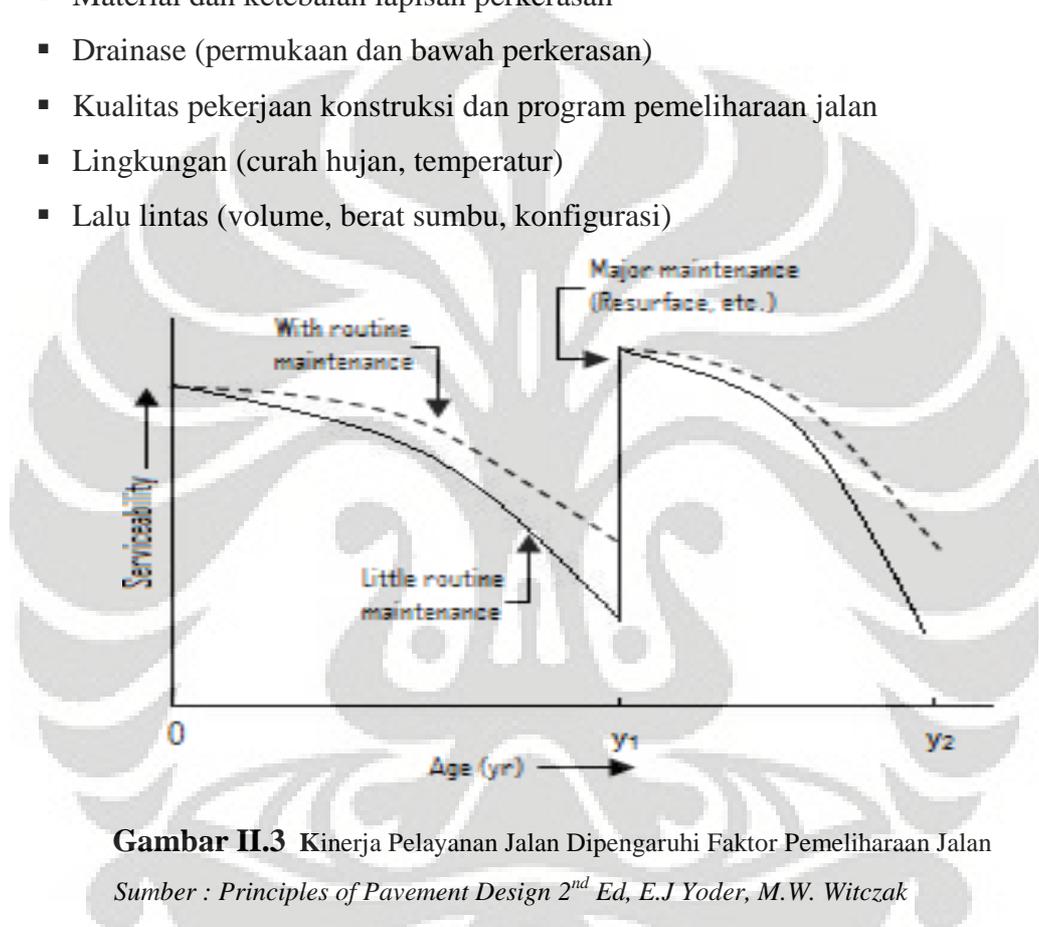
Kinerja perkerasan jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan. Bobot penurunan tingkat pelayanan perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas konstruksi atau kualitas pekerjaan pada saat membangun jalan. Pengaruh tersebut signifikan terhadap penurunan tingkat 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)

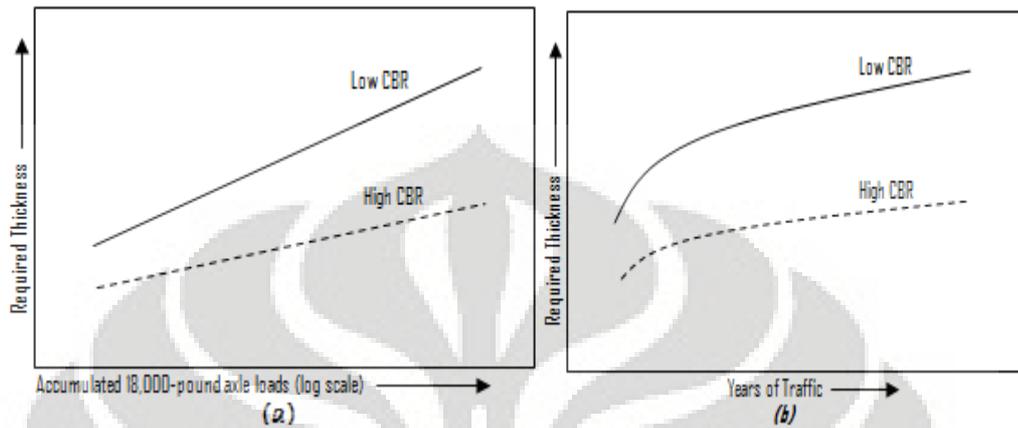


Gambar II.3 Kinerja Pelayanan Jalan Dipengaruhi Faktor Pemeliharaan Jalan

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. Kegerumukan (Bleeding or Flushing)

Penyebab kegerumukan (*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 :

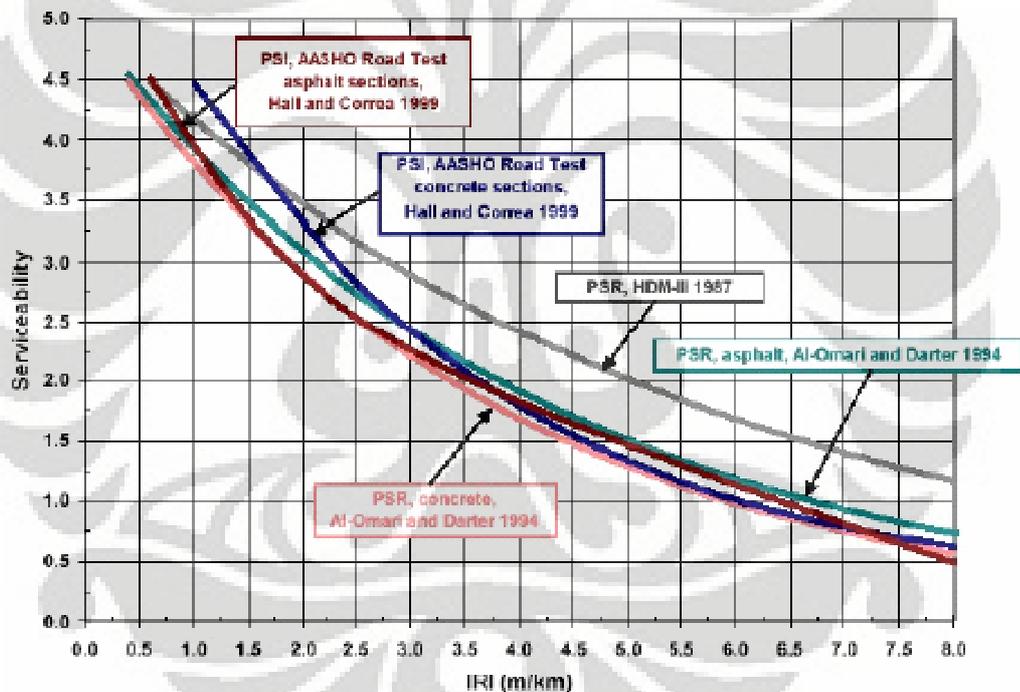
Untuk perkerasan jalan lentur (aspal)

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

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

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 :



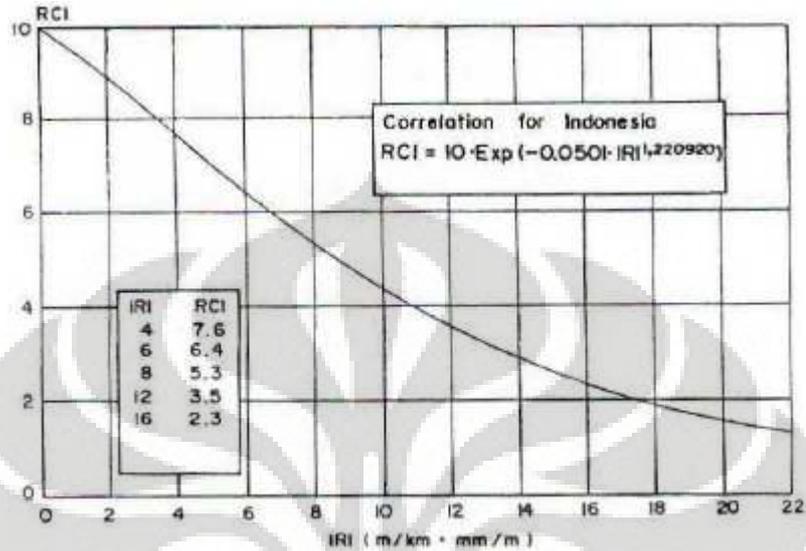
Gambar II.8 Hubungan Indeks Permukaan (IP) dan IRI (m/km)

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 local 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 AASHO untuk berbagai macam variasi kondisi dan jenis perkerasan, maka disusunlah metode perencanaan AASHO 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 (ψ)

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:

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

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 repetisi 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 repetisi 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.

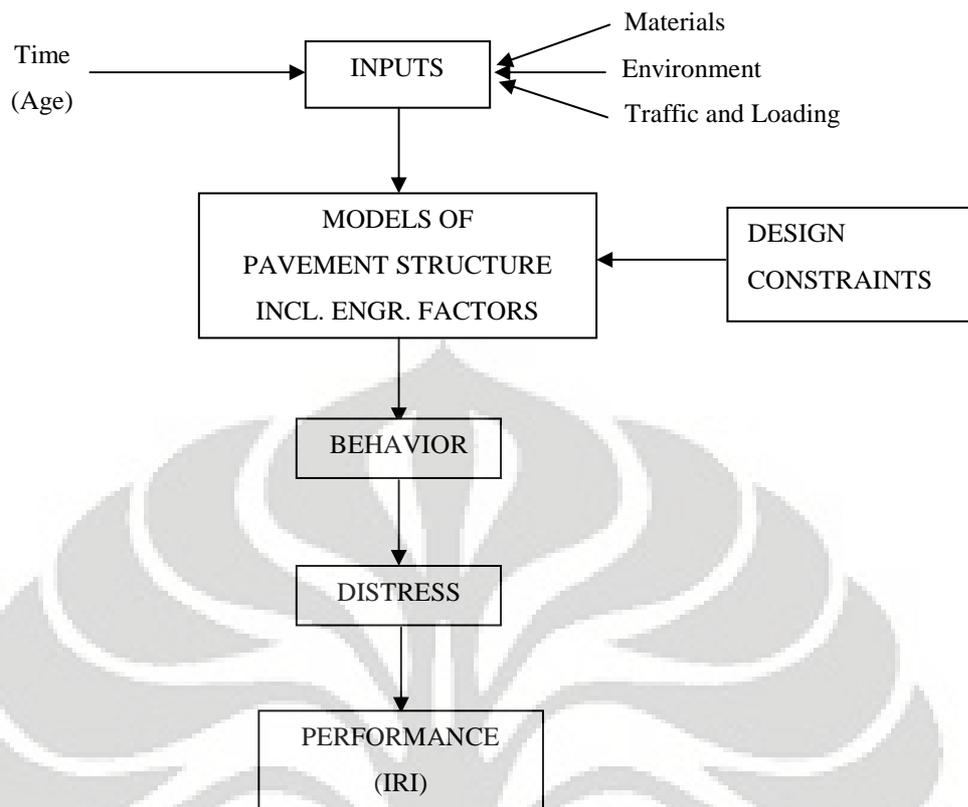


Gambar II.13 Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan

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 pelebasan 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).

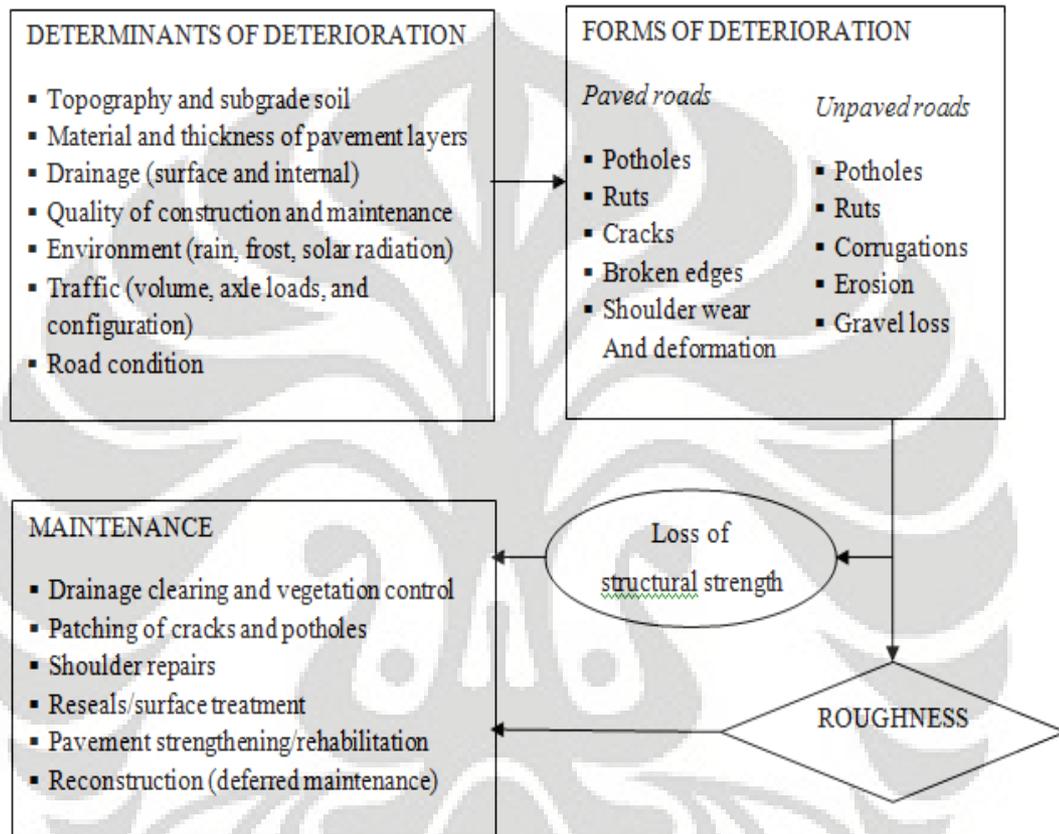
II.5.2 Hasil Permodelan (*Output*) HDM-PRD

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 = Annual Day Traffic*)
- Luas setiap jenis kerusakan (persen)
- Ukuran kerusakan jalan (*IRI = 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

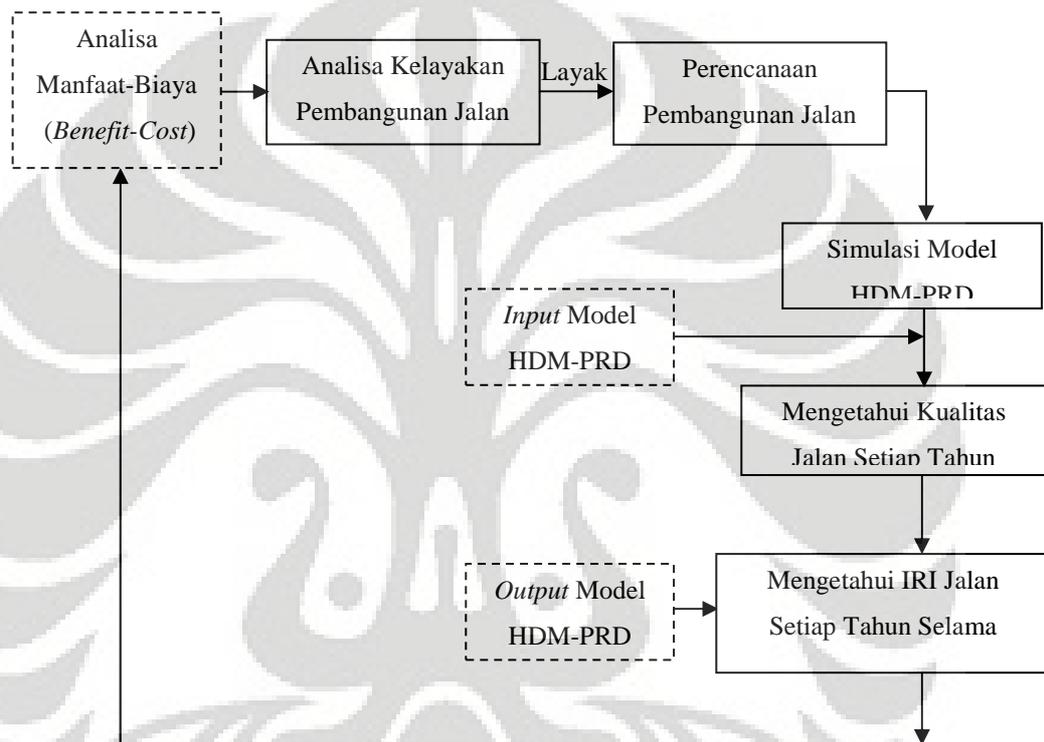
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 KERANGKA PIKIR

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

mungkin dalam proses perencanaan perkerasan jalan. Salah satu program yang dikembangkan oleh Bank Dunia (*World Bank*) bernama HDM (*Highway Development and Management*). Program ini mampu memprediksi kinerja perkerasan di tahun awal dan di tahun-tahun berikutnya selama periode analisa. Kinerja perkerasan yang dihitung diwakili dengan tingkat kerataan atau kerusakan permukaan atau IRI (*International Roughness Index*) dalam satuan meter per kilometer (m/km).

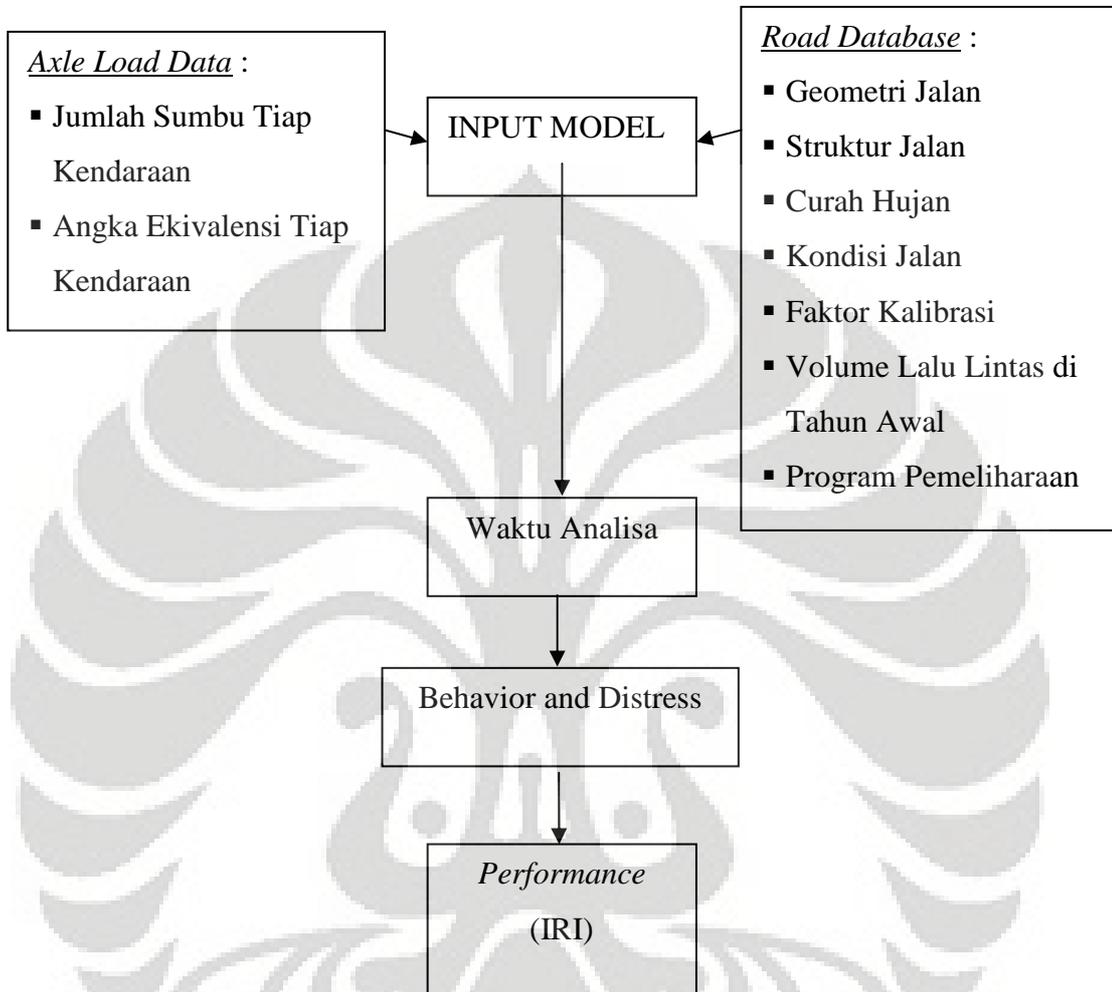


Gambar III. 1 Kerangka Pikir

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini yaitu program HDM-PRD (*Highway Development and Management-Pavement Road Deterioration*) turut mendukung tercapainya tujuan penelitian ini yang berupaya mengkaji tingkat perkembangan kerusakan jalan yang terjadi. Program HDM-PRD yang khusus menghitung kinerja perkerasan jalan merupakan bagian yang terintegrasi dari program HDM-III.

III.2 SIMULASI PERMODELAN

Diagram alir permodelan mencakup urutan pekerjaan simulasi model seperti ditunjukkan pada gambar III.2 :

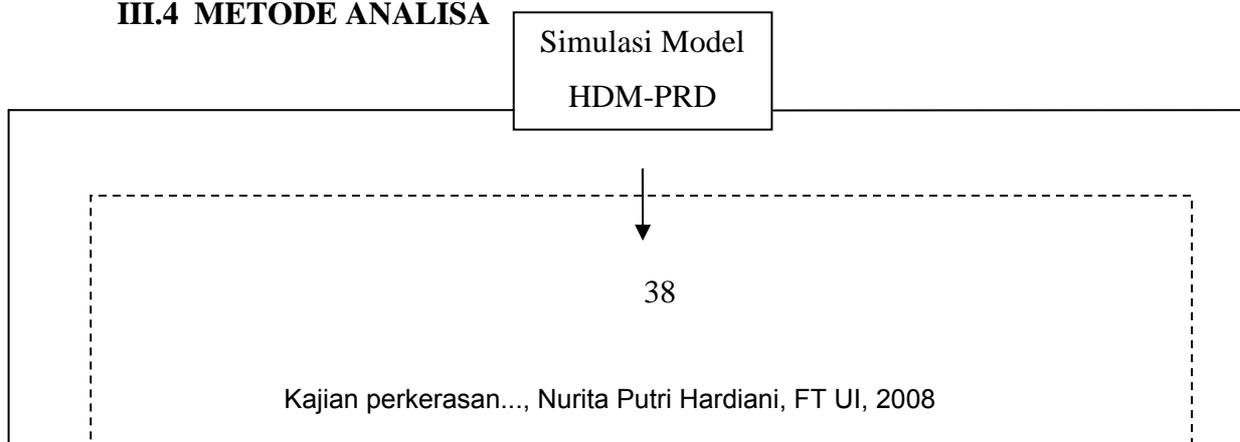


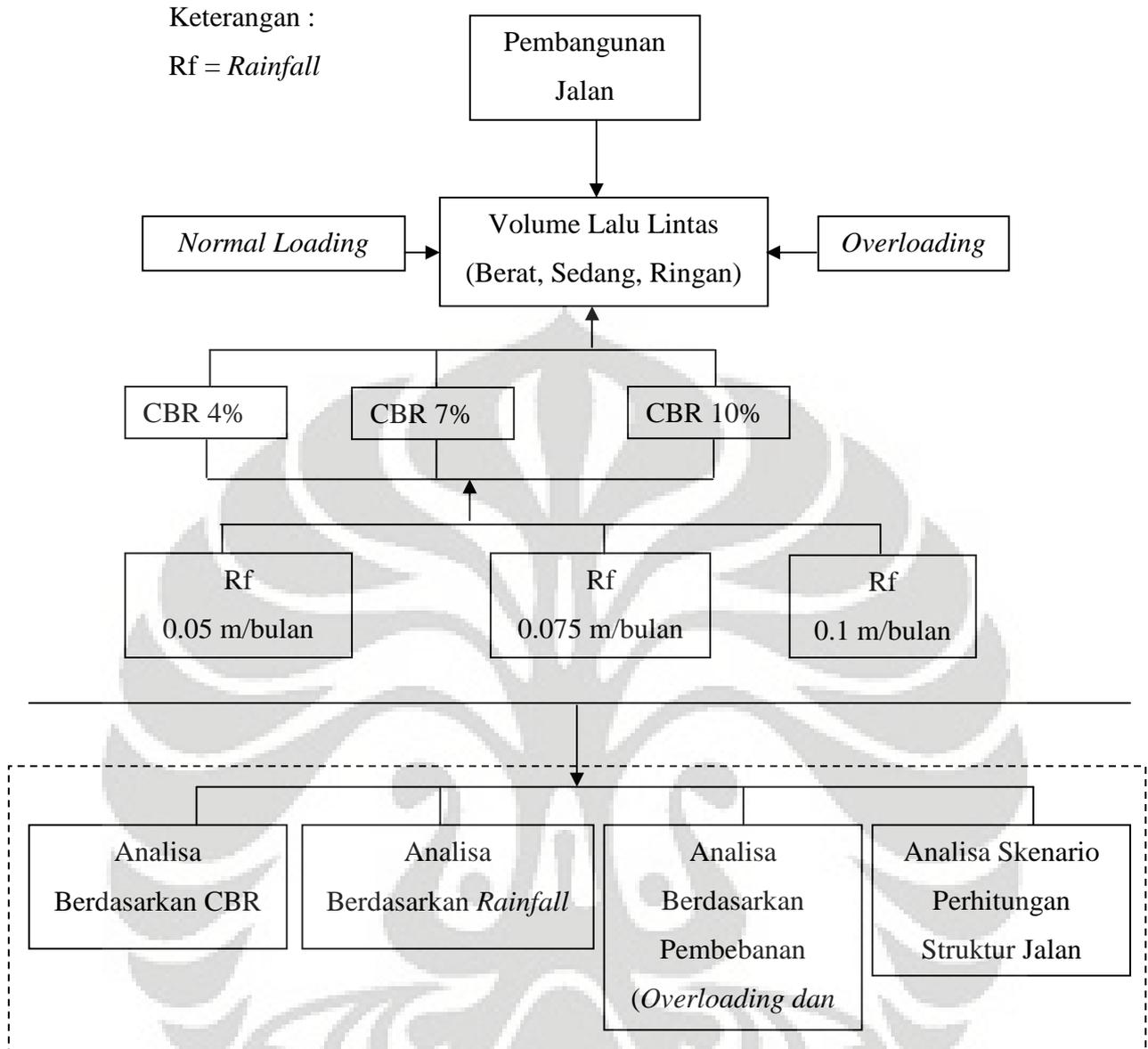
Gambar III. 2 Flow Diagram Simulasi HDM-III

III.3 JENIS DAN SUMBER DATA

Jenis data yang digunakan bersumber dari literatur dasar-dasar peraturan yang digunakan AASHTO, *Asphalt Institute*, dan Bina Marga.

III.4 METODE ANALISA





Gambar III. 3 Metode Analisa

Kajian perilaku perkerasan lentur dianalisa berdasarkan beban yang diaplikasikan melewati jalan lentur tersebut yaitu beban wajar (*normal loading*) dan beban berlebih (*overloading*). Sehingga setiap skenario tersebut akan memunculkan tingkat kerusakan jalan yang tertentu. Disamping itu, perkembangan kerusakan juga dilihat dari nilai CBR dan SN serta tingkat curah hujan.

BAB IV

ANALISA

IV.1 MODELISASI STRUKTUR PERKERASAN JALAN

IV.1.1 Asumsi Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang ditinjau diasumsikan klasifikasinya menurut *Asphalt Institute*. Beban lalu lintas tersebut diklasifikasikan ke dalam lalu lintas berat, sedang, dan rendah dengan komposisi lalu lintas seperti ditunjukkan pada tabel IV.1 :

Tabel IV. 1 Klasifikasi Lalu Lintas oleh *Asphalt Institute*

Klasifikasi Lalu Lintas	Kepadatan Lalu Lintas Maksimum, per lajur per hari	
	Volume Harian Mobil Penumpang dan Truk Ringan	Volume Harian Bus dan Truk
Ringan	25	5
Sedang	500	25
Berat	Tidak Terbatas	500
Sangat Berat	Tidak Terbatas	Tidak Terbatas

Berdasarkan klasifikasi oleh *Asphalt Institute*, asumsi beban lalu lintas dalam kajian ini yang digunakan yaitu pada tabel IV.2 :

Tabel IV. 2 Asumsi Beban Lalu Lintas

Klasifikasi Lalu Lintas	Kepadatan Lalu Lintas Maksimum, per lajur per hari			
	Volume Harian Mobil Penumpang	Volume Harian Bus	Volume Harian Truk 2 as	Volume Harian Truk 3 as
Ringan	25	-	5	-
Sedang	500	10	10	5
Berat	3500	250	150	100

Dengan asumsi tingkat pertumbuhan (*growth factor*) sebesar 3% setiap tahun.

ESALs masing-masing jenis kendaraan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Kendaraan ringan 2 ton (1T+1T) $= (1/8.16)^4 + (1/8.16)^4$
 $= 0.0002 + 0.0002 = 0.0004$
- Bus 8 ton (3T+5T) $= (3/8.16)^4 + (5/8.16)^4$
 $= 0.0183 + 0.1410 = 0.1593$
- Truk 2 as 13 ton (5T+8T) $= (5/8.16)^4 + (8/8.16)^4$
 $= 0.1410 + 0.9238 = 1.0648$
- Truk 3 as 20 ton (6T+14G) $= (6/8.16)^4 + ((14/8.16)^4 \times 0.086)$
 $= 0.2923 + 0.7452 = 1.0357$

Dari perhitungan tersebut maka total efek kerusakan kendaraan berat (0.1593 + 1.0648 + 1.0357) adalah 2.2598.

ESALs kendaraan tersebut adalah ESALs izin atau yang kapasitasnya tidak melebihi ketentuan pembebanan yang berlaku di jalan yang direncanakan (*normal loading*). Sehingga jalan masih mampu mengakomodir pembebanan yang dilakukan oleh lalu lintas.

Sedangkan *overloading* atau beban berlebih diasumsikan bila sumbu belakang kendaraan melebihi 8 ton. Berikut ini ESALs kendaraan *overloading* 50% :

$$\begin{aligned} \text{Truk 2 as 13 ton (5T + 12T)} &= (5/8.16)^4 + (12/8.16)^4 \\ &= 0.1410 + 4.68 = 4.818 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Truk 3 as 20 ton (6T + 21G)} &= (6/8.16)^4 + ((21/8.16)^4 \times 0.086) \\ &= 0.2923 + 3.772 = 4.065 \end{aligned}$$

Nilai ESALs tersebut, baik *normal loading* maupun *overloading*, kemudian dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai ESALs per tahun untuk semua jenis kendaraan.

ESALs per tahun

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

Setelah setiap nilai ESALs masing-masing kendaraan dijumlahkan, didapat nilai ESALs seluruh kendaraan di tahun awal. Nilai tersebut kemudian dikonversikan untuk mendapatkan nilai CESA (*Cumulative Equivalent Single Axle*) atau nilai

kumulatif ekivalensi sumbu kendaraan selama umur rencana jalan. Nilai CESA digunakan untuk menentukan nilai *Structural Number* lapisan perkerasan.

$$\text{CESA selama umur rencana jalan} = \text{ESALs awal} \times \text{multiplier}$$

CESA untuk 10 tahun pada lalu lintas berat : 1.27×10^6

CESA untuk 10 tahun pada lalu lintas sedang : 7.2×10^4

CESA untuk 10 tahun pada lalu lintas ringan : 2.2×10^4

IV.1.2 Asumsi Kekuatan Tanah Dasar (*Subgrade CBR*)

Klasifikasi jenis tanah dasar menurut AASHTO adalah sebagai berikut:

Tabel IV. 3 Kriteria CBR Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tipe Tanah Dasar	<i>Resilient Modulus</i>	<i>CBR</i>
Jelek	3,000	2
Sedang	7,500	5
Baik	15,000	10

Sumber: AASHTO 1986

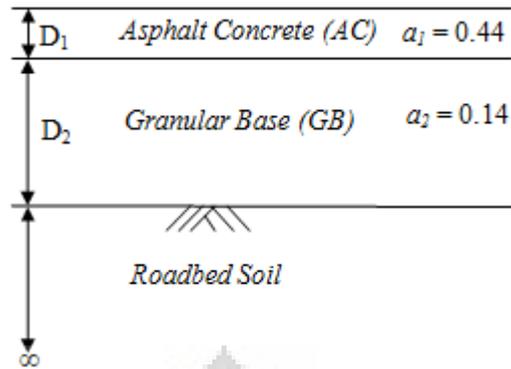
Pada kajian ini, digunakan variasi tipe tanah dasar dengan CBR yaitu 4%, 7%, dan 10%.

IV.1.3 Asumsi Tingkat Curah Hujan (*Rainfall*)

Asumsi tingkat curah hujan yang digunakan yaitu 0.05 meter/bulan, 0.075 meter/bulan, dan 0.1 meter/bulan.

IV.1.4 Asumsi Ketebalan Perkerasan Jalan Lentur

Modelisasi ketebalan perkerasan jalan lentur ialah perhitungan *structural number* yang mencakup penentuan tebal lapisan perkerasan jalan. Asumsi yang digunakan adalah perkerasan menggunakan dua lapisan yaitu lapis permukaan dan lapis pondasi. Umur jalan diasumsikan 10 tahun. Namun demikian, analisa dikembangkan dalam rentang periode 20 tahun.



Gambar IV. 1 Tipikal Penampang Perkerasan Jalan Lentur

A. Skenario Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Berat

Berdasarkan komposisi lalu lintas berat yang ditentukan *Asphalt Institute* tersebut, kemudian dihitung ketebalan perkerasan untuk komposisi lalu lintas berat tersebut.

Tabel IV. 4 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Berat

<i>CBR Subgrade (%)</i>	<i>Structural Number (SN)</i>	Tebal Lapis Pondasi (mm)	Tebal Lapis Permukaan (mm)
4	3.9	225	150
7	3.6	250	125
10	3.3	275	100

B. Skenario Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Sedang

Berdasarkan komposisi lalu lintas sedang yang ditentukan *Asphalt Institute* tersebut, kemudian dihitung ketebalan perkerasan untuk komposisi lalu lintas sedang tersebut.

Tabel IV. 5 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Sedang

<i>CBR Subgrade (%)</i>	<i>Structural Number (SN)</i>	Tebal Lapis Pondasi (mm)	Tebal Lapis Permukaan (mm)
4	2.4	150	100
7	2.1	150	75
10	1.9	150	60

C. Skenario Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Ringan

Berdasarkan komposisi lalu lintas ringan yang ditentukan *Asphalt Institute* tersebut, kemudian dihitung ketebalan perkerasan untuk komposisi lalu lintas ringan tersebut.

Tabel IV. 6 Perhitungan Ketebalan Perkerasan Untuk Lalu Lintas Ringan

<i>CBR Subgrade (%)</i>	<i>Structural Number (SN)</i>	Tebal Lapis Pondasi (mm)	Tebal Lapis Permukaan (mm)
4	2.1	150	75
7	1.8	150	55
10	1.6	150	45

IV.2 INPUT PARAMETER

Road code (kode jalan) semata-mata digunakan untuk penamaan setiap jalan yang dianalisa berdasarkan masing-masing kondisinya. Indeks huruf pertama menunjukkan klasifikasi volume lalu lintas. Indeks angka setelah huruf pertama menunjukkan nilai curah hujan (*rainfall*). Sedangkan indeks angka terakhir menunjukkan nilai *CBR subgrade*.

Indeks Pertama (Klasifikasi Lalu Lintas)	Indeks Kedua (Curah Hujan atau <i>rainfall</i>)	Indeks Ketiga (CBR Tanah dasar)
B → Berat	1 → 0.05 m/bulan	1 → 4%
S → Sedang	2 → 0.075 m/bulan	2 → 7%
R → Ringan	3 → 0.1 m/bulan	3 → 10%

Contoh : B1-1 → Kode untuk jalan pada komposisi lalu lintas berat (B), dengan curah hujan (*rainfall*) sebesar 0.05 m/bulan dan nilai CBR tanah dasar sebesar 4%.

Sehingga variasi untuk ketiga komposisi lalu lintas tersebut adalah berdasarkan curah hujan dan CBR tanah dasar.

IV.2.1 Lalu Lintas Berat

Tabel IV. 7 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Berat

No.	Road Code	Rainfall (m/month)	Subgrade CBR (%)	Structural Number (SN)	Benkelman Deflection (mm)	Base Type	Base Thickness(mm)	Surface Type	New Surface Layers Thickness (mm)
1	B1-1	0.05	4	3.9	0.095	Granular	225	AC	150
2	B1-2	0.05	7	3.6	0.095	Granular	250	AC	125
3	B1-3	0.05	10	3.3	0.095	Granular	275	AC	100
4	B2-1	0.075	4	3.9	0.095	Granular	225	AC	150
5	B2-2	0.075	7	3.6	0.095	Granular	250	AC	125
6	B2-3	0.075	10	3.3	0.095	Granular	275	AC	100
7	B3-1	0.1	4	3.9	0.095	Granular	225	AC	150
8	B3-2	0.1	7	3.6	0.095	Granular	250	AC	125
9	B3-3	0.1	10	3.3	0.095	Granular	275	AC	100

IV.2.2 Lalu Lintas Sedang

Tabel IV. 8 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Sedang

No.	Road Code	Rainfall (m/month)	Subgrade CBR (%)	Structural Number (SN)	Benkelman Deflection (mm)	Base Type	Base Thickness(mm)	Surface Type	New Surface Layers Thickness (mm)
1	S1-1	0.05	4	2.4	0	Granular	150	AC	100
2	S1-2	0.05	7	2.1	0	Granular	150	AC	75
3	S1-3	0.05	10	1.9	0	Granular	150	AC	60
4	S2-1	0.075	4	2.4	0	Granular	150	AC	100
5	S2-2	0.075	7	2.1	0	Granular	150	AC	75
6	S2-3	0.075	10	1.9	0	Granular	150	AC	60
7	S3-1	0.1	4	2.4	0	Granular	150	AC	100
8	S3-2	0.1	7	2.1	0	Granular	150	AC	75
9	S3-3	0.1	10	1.9	0	Granular	150	AC	60

IV.2.3 Lalu Lintas Ringan

Tabel IV. 9 Input Parameter Program Untuk Lalu Lintas Ringan

No.	Road Code	Rainfall (m/month)	Subgrade CBR (%)	Structural Number (SN)	Benkelman Deflection (mm)	Base Type	Base Thickness(mm)	Surface Type	New Surface Layers Thickness (mm)
1	R1-1	0.05	4	2.1	0	Granular	150	AC	75
2	R1-2	0.05	7	1.8	0	Granular	150	AC	55
3	R1-3	0.05	10	1.6	0	Granular	150	AC	45
4	R2-1	0.075	4	2.1	0	Granular	150	AC	75
5	R2-2	0.075	7	1.8	0	Granular	150	AC	55
6	R2-3	0.075	10	1.6	0	Granular	150	AC	45
7	R3-1	0.1	4	2.1	0	Granular	150	AC	75
8	R3-2	0.1	7	1.8	0	Granular	150	AC	55
9	R3-3	0.1	10	1.6	0	Granular	150	AC	45

IV.3 ANALISA PENGARUH NILAI CBR TANAH DASAR TERHADAP NILAI IRI

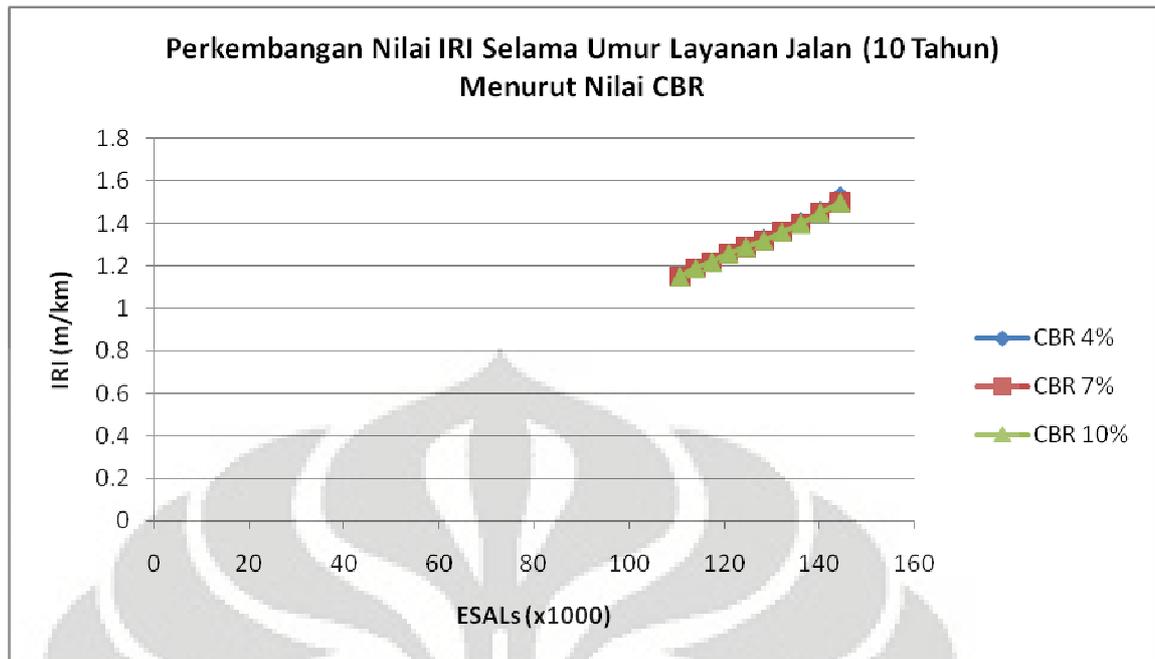
IV.3.1 Analisa Pada Lalu Lintas Berat

Analisa pengaruh nilai CBR tanah dasar terhadap perkembangan nilai IRI jalan selama umur layanan jalan yaitu 10 tahun pada lalu lintas berat memperlihatkan hasil pada tabel IV.10 :

Tabel IV. 10 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Berat (*Normal Loading*)

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	<i>Rainfall = 0.05 m/bulan</i>		
		CBR 4%	CBR 7%	CBR 10%
		SN = 3.9	SN = 3.6	SN = 3.3
1	110.63	1.15	1.15	1.15
2	113.95	1.19	1.19	1.19
3	117.37	1.22	1.22	1.22
4	120.89	1.26	1.26	1.26
5	124.52	1.29	1.29	1.29
6	128.26	1.33	1.32	1.32
7	132.09	1.36	1.36	1.36
8	136.06	1.41	1.4	1.4
9	140.14	1.46	1.45	1.45
10	144.35	1.53	1.5	1.5
11	148.68	1.62	1.58	1.58
12	153.13	1.73	1.68	1.68
13	157.73	1.86	1.8	1.8
14	162.47	2.01	1.94	1.94
15	167.35	2.16	2.08	2.13
16	172.35	2.36	2.28	2.35
17	177.53	2.58	2.5	2.6
18	182.86	2.81	2.73	2.86
19	188.35	3.05	2.99	3.16
20	193.99	3.3	3.26	3.49

Grafik IV.2 menunjukkan bahwa nilai pengaruh CBR tanah dasar terhadap kinerja jalan yang diwakili dengan nilai IRI kurang signifikan. Tiga grafik IRI menurut masing-masing nilai CBR (4%, 7%, dan 10%) saling berhimpit satu sama lain.



Gambar IV. 2 Prediksi Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat (*Normal Loading*)

Persamaan garis untuk CBR 4%, $y = 0.04x + 1.1$

Persamaan garis untuk CBR 7%, $y = 0.037x + 1.107$

Persamaan garis untuk CBR 10%, $y = 0.037x + 1.107$

dimana x merepresentasikan umur layanan jalan dengan nilai dari tahun ke-nol hingga tahun ke-sepuluh.

Ketiga persamaan garis tersebut memiliki nilai gradien dengan delta rata-rata sebesar 0.003. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa selama umur rencana jalan (10 tahun) jalan dengan kondisi CBR 4%, 7%, dan 10%, diprediksi memiliki perkembangan tingkat kerusakan jalan akibat beban lalu lintas yang tidak terlalu berbeda. Nilai CBR tanah dasar tidak mempengaruhi secara signifikan perkembangan nilai IRI. Kondisi tersebut terjadi ketika ketebalan perkerasan jalan diperhitungkan secara benar menurut prosedur perencanaan yang sesuai. Sehingga jalan dikatakan mampu memiliki kinerja optimal selama umur pelayanan yang dikehendaki yaitu 10 tahun.

Sedangkan bila pada jalan diaplikasikan beban berlebih (*overloading*), maka berikut ini hasil prediksi perkembangan IRI jalan tersebut :

❖ *Overloading 50%*

Berat Bersih	Muatan Sumbu (w ₁)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_1}{8.16}\right)^4$	Muatan Sumbu (w ₂)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_2}{8.16}\right)^4$	Muatan Sumbu (w ₃)	Efek Kerusakan $\left(\frac{w_3}{8.16}\right)^4 \times 0.086$	Total Efek Kerusakan
17 T	5	0.14	12	4.68	-	-	4.818
27 T	6	0.2923	-	-	21	3.772	4.065
Σ							8.883

Sementara total efek kerusakan beban lalu lintas normal (*normal loading*) adalah 2.2598. Perbandingan efek kerusakan antara *overloading 50%* dengan *normal loading* yaitu $8.883/2.2598 = 3.93$.

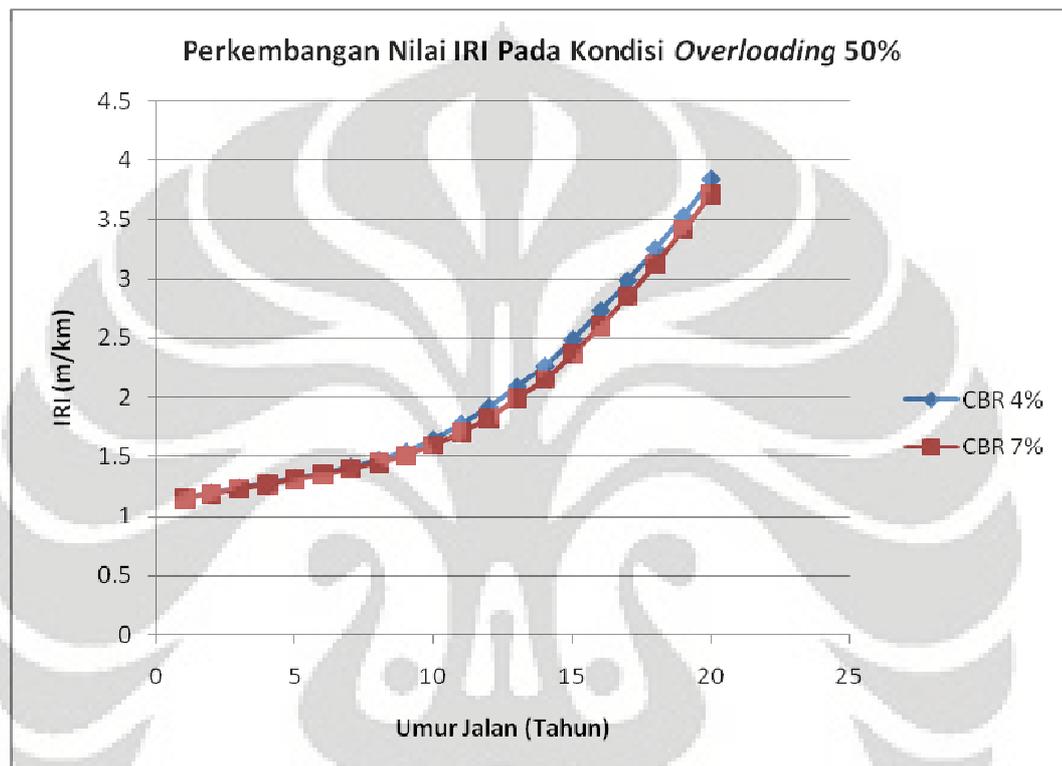
Melalui program HDM-III, didapat hasil prediksi IRI pada tabel IV.11 :

Tabel IV. 11 Prediksi Nilai IRI *Overloading* 50%

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	CBR 4%	CBR 7%	Δ IRI
		SN = 3.9	SN = 3.6	
1	402.25	1.15	1.15	0
2	414.32	1.2	1.19	0.01
3	426.75	1.24	1.23	0.01
4	439.55	1.28	1.27	0.01
5	452.73	1.32	1.31	0.01
6	466.32	1.36	1.35	0.01
7	480.31	1.41	1.4	0.01
8	494.71	1.47	1.45	0.02
9	509.56	1.55	1.51	0.04
10	524.84	1.65	1.6	0.05
11	540.59	1.78	1.71	0.07
12	556.81	1.92	1.83	0.09
13	573.51	2.09	1.99	0.1
14	590.72	2.27	2.15	0.12
15	608.44	2.49	2.37	0.12
16	626.69	2.73	2.6	0.13
17	645.49	2.99	2.85	0.14
18	664.86	3.25	3.12	0.13
19	684.8	3.53	3.41	0.12
20	705.34	3.84	3.71	0.13

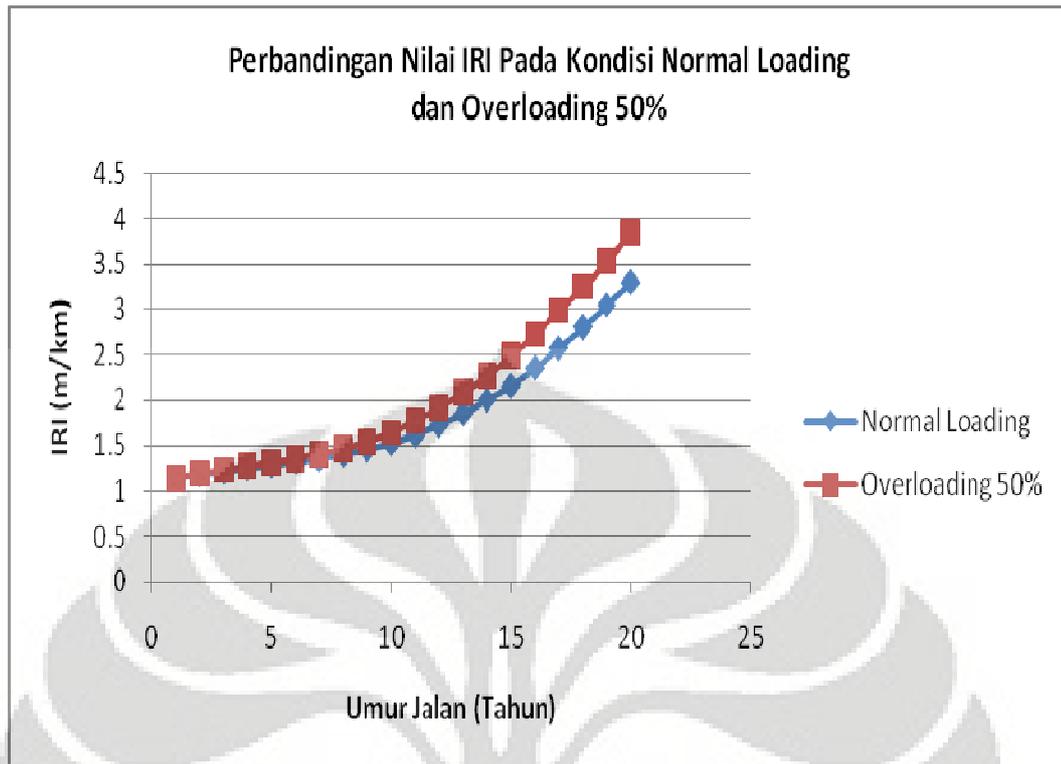
Pada kondisi *overloading* 50%, nilai IRI pada jalan dengan CBR 7% relatif lebih kecil sepanjang periode analisa dibandingkan dengan nilai IRI pada jalan dengan CBR 4%. Kekuatan struktur perkerasan jalan mempengaruhi perkembangan nilai IRI. Perbedaan kenaikan nilai IRI pada lalu lintas berat pada CBR 4% dan 7% sebesar 0.066m/km.

Setelah jalan melewati umur rencananya, memasuki tahun ke-11, incremental IRI baik pada jalan dengan CBR 4% maupun CBR 7%, meningkat signifikan hingga di atas 50%. Namun demikian, di akhir periode analisa yaitu pada tahun ke-20, kekuatan struktur jalan CBR 7% memberi nilai IRI lebih kecil yaitu 3.71 m/km dibandingkan dengan CBR 4% dengan nilai IRI 3.84 m/km.



Gambar IV. 3 Perkembangan Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat (*Overloading*)

Pada grafik IV.4 perbandingan nilai IRI pada kondisi *normal loading* dengan *overloading* 50%, pada umur jalan yang sama di tahun ke-20, jalan *normal loading* misalnya memiliki nilai IRI sebesar 3.3 m/km sedangkan jalan dengan *overloading* memiliki nilai IRI sebesar 3.84 m/km. Rata-rata perbedaan kenaikan nilai IRI pada *normal loading* dan *overloading* lalu lintas berat selama umur rencana sebesar 0.205 m/km.



Gambar IV. 4 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dan *Overloading* 50%

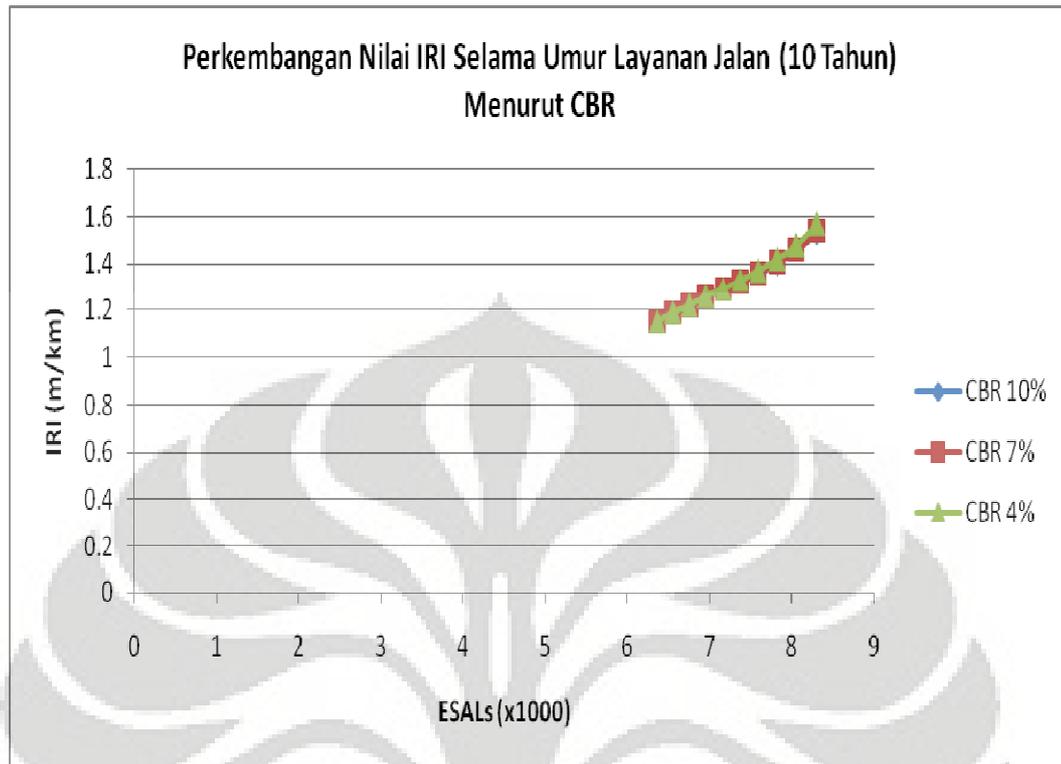
IV.3.2 Analisa Pada Lalu Lintas Sedang (*Normal Loading*)

Disamping melakukan kajian terhadap beban lalu lintas berat, juga dilakukan analisa terhadap jalan yang dilalui beban lalu lintas sedang, hasil prediksi IRI seperti dijabarkan pada tabel IV.12 :

Tabel IV. 12 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Sedang (*Normal Loading*)

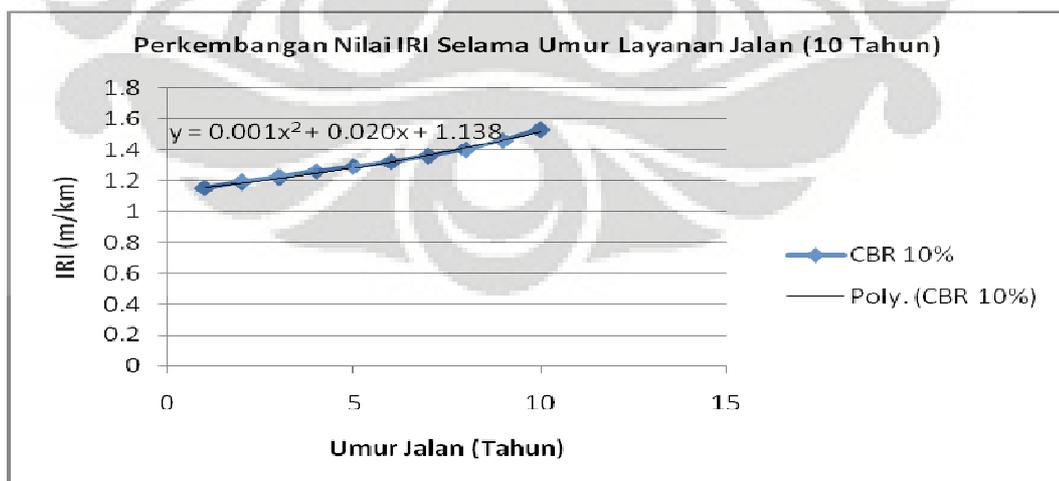
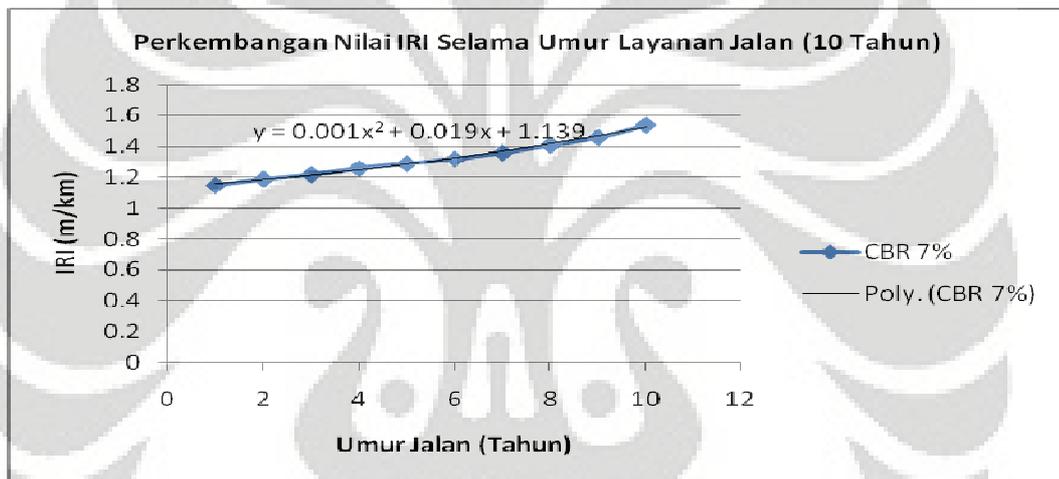
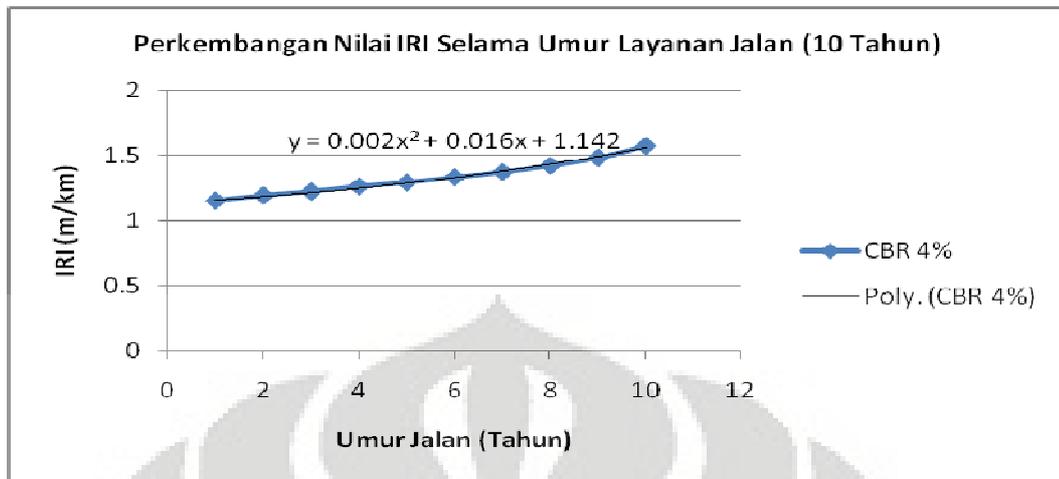
Umur Jalan	ESALs (10^3)	Rainfall = 0.05 m/bulan		
		CBR 4%	CBR 7%	CBR 10%
		SN = 2.4	SN = 2.1	SN = 1.9
1	6.36	1.15	1.15	1.15
2	6.55	1.19	1.19	1.19
3	6.75	1.22	1.22	1.22
4	6.95	1.26	1.26	1.26
5	7.16	1.29	1.29	1.29
6	7.37	1.33	1.32	1.32
7	7.59	1.37	1.36	1.36
8	7.82	1.42	1.41	1.4
9	8.05	1.48	1.46	1.46
10	8.3	1.57	1.54	1.53
11	8.55	1.68	1.64	1.63
12	8.8	1.8	1.75	1.74
13	9.07	1.95	1.89	1.89
14	9.34	2.09	2.04	2.04
15	9.62	2.24	2.2	2.2
16	9.91	2.38	2.34	2.36
17	10.2	2.51	2.48	2.51
18	10.51	2.63	2.62	2.65
19	10.82	2.74	2.75	2.79
20	11.15	2.85	2.86	2.93

Bila disajikan dalam grafik, maka perkembangan nilai IRI selama umur layanan jalan (10 tahun) seperti gambar IV.5 :



Gambar IV. 5 Prediksi Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Sedang (*Normal Loading*)

Serupa dengan kajian IRI pada beban lalu lintas berat, pada beban lalu lintas sedang, nilai CBR tanah dasar tidak berpengaruh terhadap perkembangan kerusakan (IRI) dari perkerasan jalan tersebut. Tiga persamaan garis tersebut terlihat berhimpit satu sama lain. Namun demikian, terdapat perbedaan antara beban lalu lintas berat dengan beban lalu lintas sedang, yaitu tingkat progresif nilai IRI. Pada lalu lintas berat persamaan garis merupakan persamaan linear, dimana garisnya terlihat lebih curam dibandingkan dengan garis pada persamaan volume lalu lintas sedang yang merupakan persamaan garis polinomial derajat dua.



Gambar IV. 6 Prediksi Nilai IRI Selama Umur Layanan Jalan Untuk Lalu Lintas Sedang

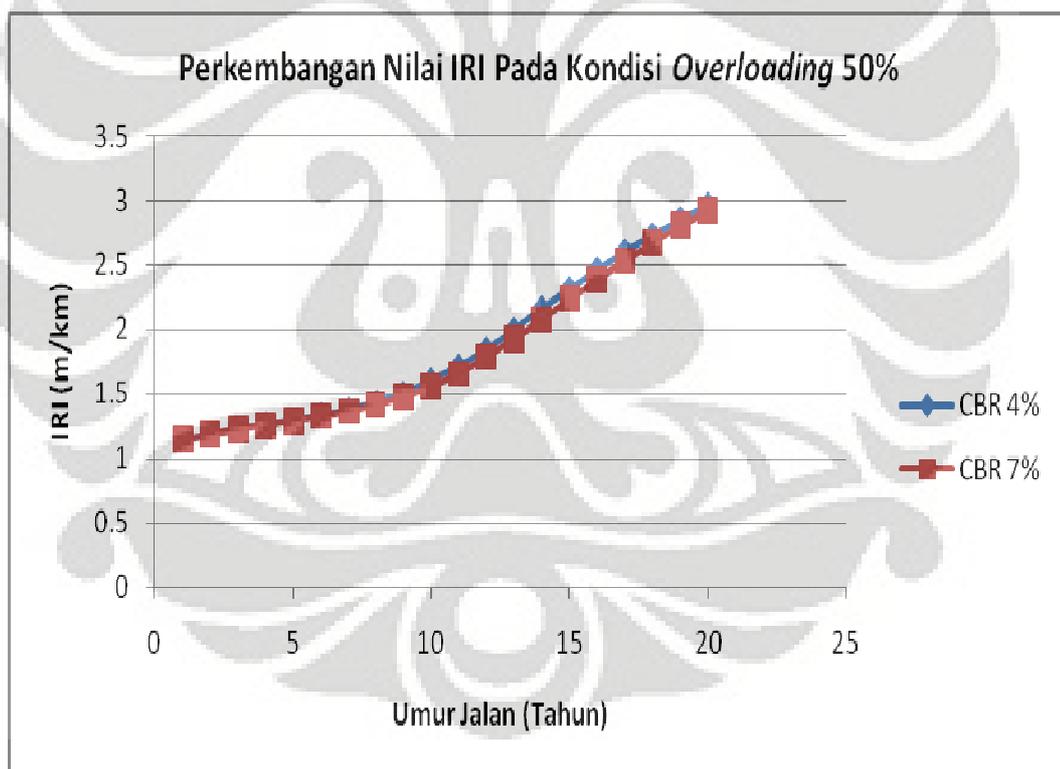
Masing-masing nilai CBR memberikan persamaan grafik yang berbeda. Namun demikian, persamaan grafik tersebut tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan akan nilai IRI.

Sedangkan jika terjadi *overloading* 50% maka prediksi dengan program HDM-III, seperti tabel IV.13 :

Tabel IV. 13 Prediksi Nilai IRI *Overloading* 50% Pada Lalu Lintas Sedang

Umur Jalan	ESALs (10^3)	CBR 4%	CBR 7%	Δ IRI (m/km)
		SN = 2.4	SN = 2.1	
1	24.36	1.15	1.15	0
2	25.09	1.19	1.19	0
3	25.85	1.23	1.23	0
4	26.62	1.27	1.26	0.01
5	27.42	1.3	1.3	0
6	28.24	1.34	1.33	0.01
7	29.09	1.38	1.37	0.01
8	29.96	1.44	1.42	0.02
9	30.86	1.51	1.48	0.03
10	31.79	1.61	1.56	0.05
11	32.74	1.72	1.66	0.06
12	33.73	1.85	1.79	0.06
13	34.74	2	1.93	0.07
14	35.78	2.17	2.08	0.09
15	36.85	2.32	2.24	0.08
16	37.96	2.47	2.39	0.08
17	39.1	2.61	2.54	0.07
18	40.27	2.74	2.68	0.06
19	41.48	2.86	2.81	0.05
20	42.72	2.97	2.93	0.04

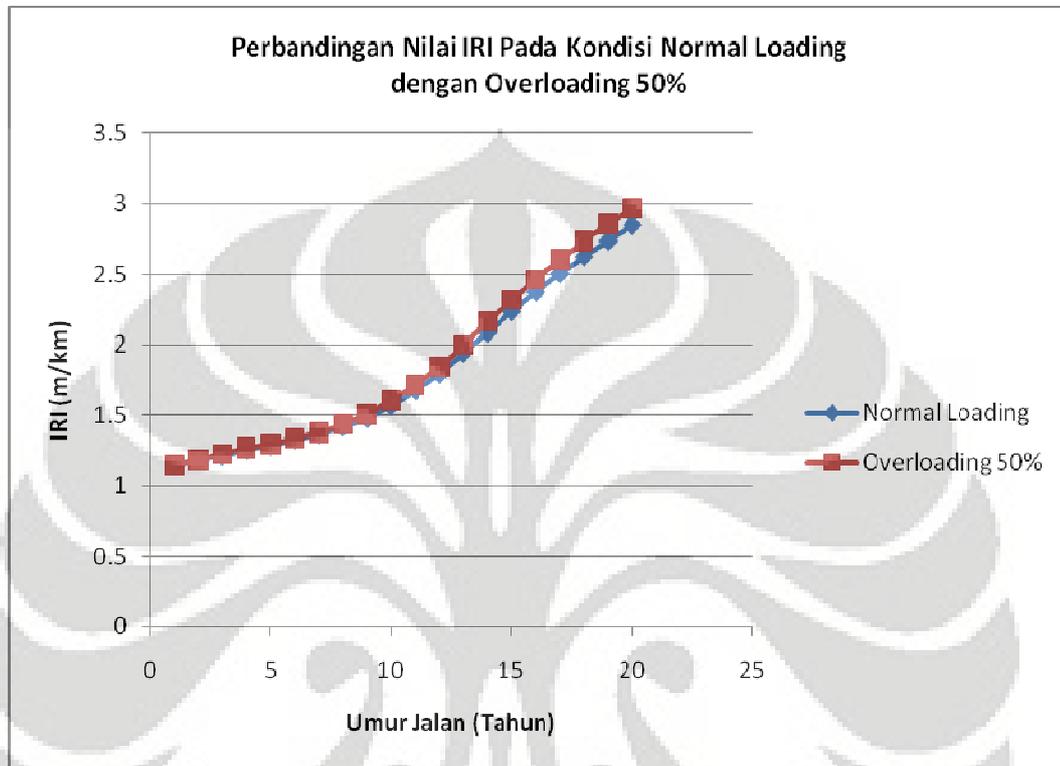
Pada lalu lintas sedang, kecenderungan yang terjadi pun relatif sama dengan yang terjadi pada lalu lintas berat. Pengaruh nilai CBR tanah dasar baru terlihat setelah jalan melewati umur layanannya selama 10 tahun. Pada jalan dengan CBR lebih rendah, perkembangan kerusakan akan terjadi lebih cepat dibandingkan dengan jalan dengan CBR lebih tinggi. Namun demikian, pengaruh ini tidak signifikan, yang juga turut mempengaruhi adalah volume lalu lintasnya. Pada grafik di bawah, perbedaan nilai IRI pada CBR 4% dan 7% tidak terlalu terlihat, hal ini diakibatkan volume lalu lintasnya yang tergolong sedang. Sedangkan pada volume lalu lintas berat perbedaan perkembangan IRI pada jalan dengan CBR 4% dengan 7% jauh lebih terlihat. Perbedaan kenaikan nilai IRI pada CBR 4% dan 7% untuk kondisi *overloading* (lalu lintas sedang) rata-rata sebesar 0.0395m/km per tahun.



Gambar IV. 7 Perkembangan Nilai IRI Pada Kondisi *Overloading* 50%

Sementara perbandingan nilai IRI pada kondisi *normal loading* dengan *overloading* 50% seperti ditunjukkan pada grafik berikut ini. Peningkatan

kerusakan jalan pada volume lalu lintas sedang rata-rata sebesar 0.049 m/km per tahun. Nilai ini tentu saja lebih kecil bila dibandingkan dengan peningkatan kerusakan jalan pada volume lalu lintas berat.



Gambar IV. 8 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dengan *Overloading* 50%

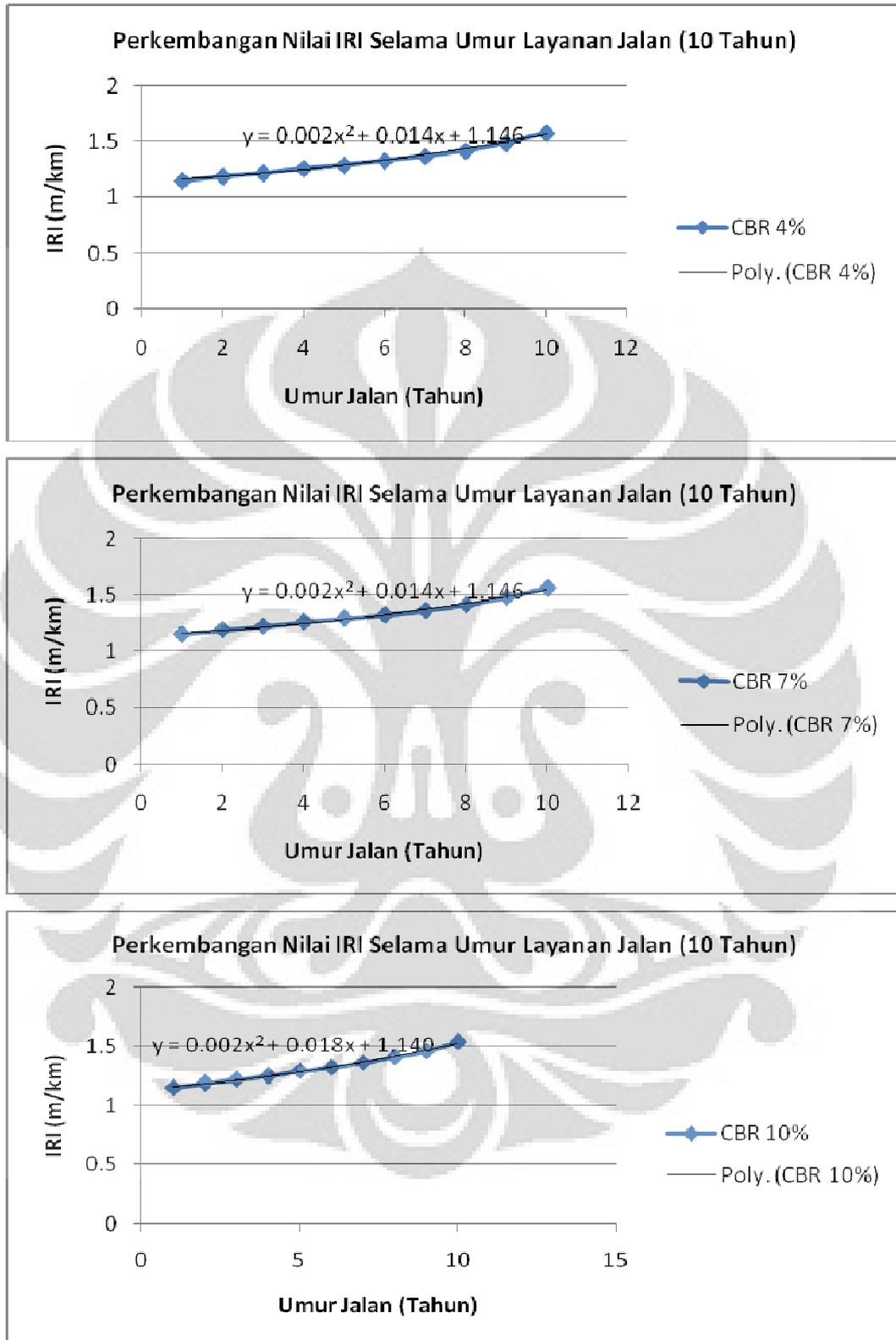
IV.3.3 Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (*Normal Loading*)

Analisa juga dilakukan terhadap lalu lintas ringan, dengan mempertimbangkan nilai CBR tanah dasar.

Tabel IV. 14 Hasil Prediksi IRI Lalu Lintas Ringan (*Normal Loading*)

Umur Jalan	ESALs (10^3)	Rainfall = 0.05 m/bulan		
		CBR 4%	CBR 7%	CBR 10%
		SN = 2.1	SN = 1.8	SN = 1.6
1	1.89	1.15	1.15	1.15
2	1.95	1.19	1.19	1.19
3	2.01	1.22	1.22	1.22
4	2.07	1.26	1.26	1.25
5	2.13	1.29	1.29	1.29
6	2.19	1.33	1.32	1.32
7	2.26	1.37	1.36	1.36
8	2.33	1.42	1.41	1.41
9	2.4	1.49	1.48	1.46
10	2.47	1.58	1.56	1.54
11	2.54	1.69	1.67	1.64
12	2.62	1.82	1.79	1.76
13	2.7	1.97	1.94	1.9
14	2.78	2.11	2.08	2.04
15	2.86	2.23	2.21	2.17
16	2.95	2.35	2.33	2.29
17	3.03	2.45	2.43	2.4
18	3.13	2.53	2.52	2.5
19	3.22	2.6	2.59	2.58
20	3.32	2.67	2.66	2.65

Persamaan grafik pada lalu lintas ringan seperti digambarkan pada gambar IV.9 :



Gambar IV. 9 Perkembangan Nilai IRI Selama Umur Layanan Jalan (10 Tahun) Pada Lalu Lintas Ringan

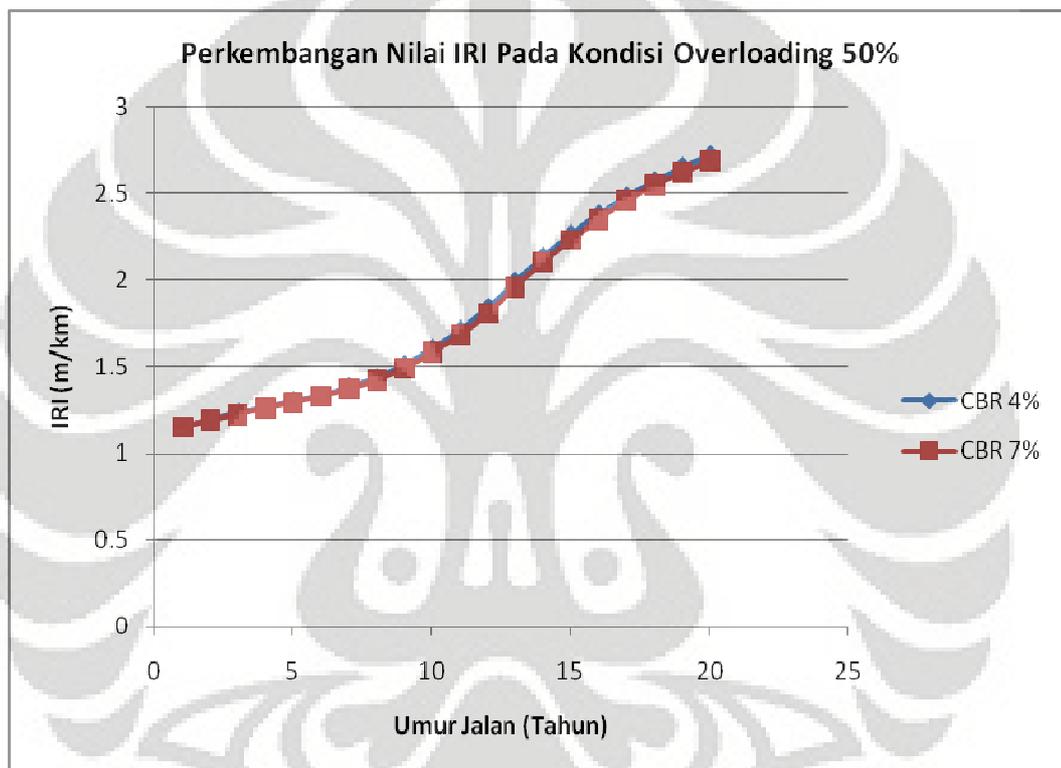
Grafik tersebut menunjukkan persamaan yang membentuk kurva yang saling berhimpit satu sama lain. Serupa dengan kajian pada lalu lintas berat maupun sedang, pengaruh nilai CBR tanah dasar tidak terlalu signifikan dalam menentukan nilai IRI.

Sementara jika jalan dibebani secara berlebihan atau *overloading* 50% maka prediksi melalui program HDM-III seperti tabel IV.15 :

Tabel IV. 15 Hasil Prediksi Nilai IRI Pada Volume Lalu Lintas Ringan (*Overloading*)

Umur Jalan	ESALs (10^3)	CBR 4%	CBR 7%	Δ IRI (m/km)
		SN = 2.1	SN = 1.8	
1	7.42	1.15	1.15	0
2	7.64	1.19	1.19	0
3	7.87	1.23	1.22	0.01
4	8.11	1.26	1.26	0
5	8.35	1.3	1.29	0.01
6	8.6	1.33	1.33	0
7	8.86	1.38	1.37	0.01
8	9.12	1.43	1.42	0.01
9	9.4	1.51	1.49	0.02
10	9.68	1.6	1.58	0.02
11	9.97	1.71	1.68	0.03
12	10.27	1.84	1.81	0.03
13	10.58	1.99	1.96	0.03
14	10.89	2.13	2.1	0.03
15	11.22	2.26	2.23	0.03
16	11.56	2.38	2.35	0.03
17	11.9	2.48	2.46	0.02
18	12.26	2.57	2.55	0.02
19	12.63	2.65	2.62	0.03
20	13.01	2.72	2.69	0.03

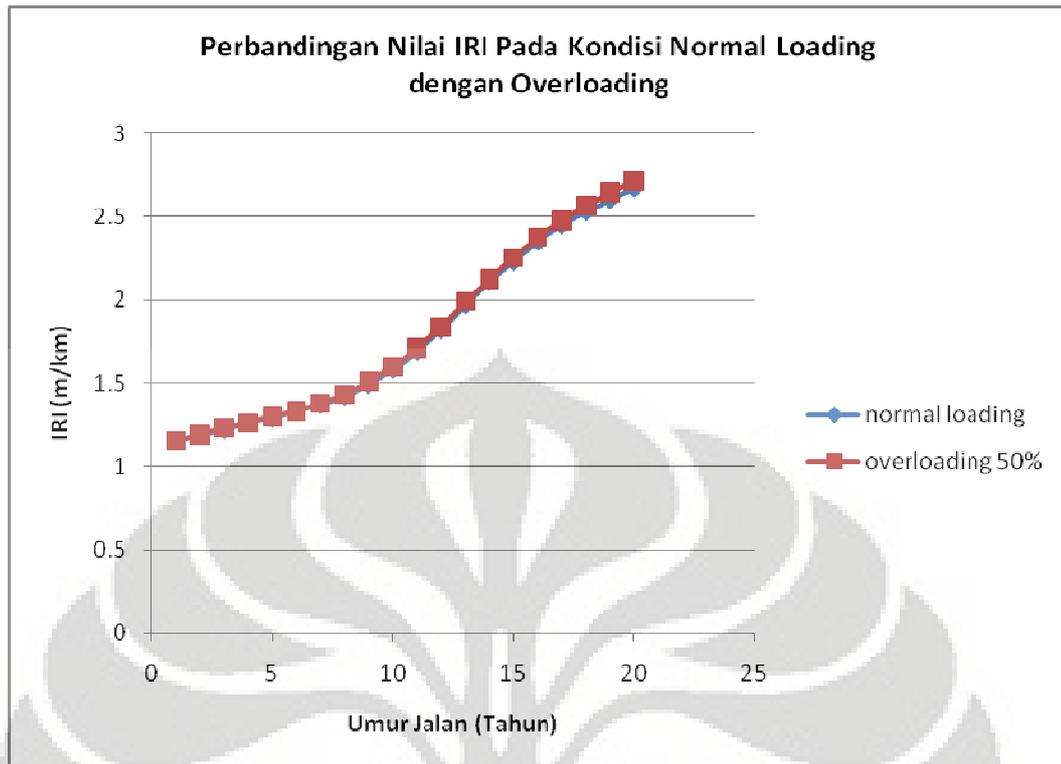
Grafik IV.10 menjelaskan perkembangan nilai IRI pada komposisi lalu lintas ringan. Perbedaan nilai IRI tidak terlalu signifikan akibat volume lalu lintas yang ringan. Namun demikian pada tabel, jalan dengan nilai CBR lebih besar memberi kekuatan struktur lebih besar sehingga nilai IRI lebih kecil dibandingkan dengan jalan dengan CBR rendah. Selanjutnya besar nilai IRI lebih ditentukan kepada volume lalu lintas yang melewati perkerasan jalan tersebut. Jika volume lalu lintasnya besar maka potensi kerusakan jalan akan menjadi lebih besar sebanding dengan volumenya.



Gambar IV. 10 Perkembangan Nilai IRI Pada Kondisi *Overloading* 50% Untuk Lalu Lintas Ringan

Perbedaan kenaikan nilai IRI pada CBR 4% dan 7% untuk *overloading* rata-rata sebesar 0.018 m/km per tahun.

Pada volume lalu lintas ringan, *overloading* 50% mengakibatkan peningkatan rata-rata tingkat kerusakan sebesar 0.0195 m/km per tahun. Peningkatan ini yang paling kecil dibandingkan dengan volume lalu lintas berat dan sedang



Gambar IV. 11 Perbandingan Nilai IRI Pada Kondisi Normal Loading dengan Overloading (Lalu Lintas Ringan)

IV.4 ANALISA PENGARUH TINGKAT CURAH HUJAN TERHADAP NILAI IRI

IV.4.1 Analisa Pada Lalu Lintas Berat

Analisa pengaruh tingkat curah hujan terhadap nilai IRI pada lalu lintas berat berikut ini ditampilkan dalam tabel IV.16 dan grafik IV.12.

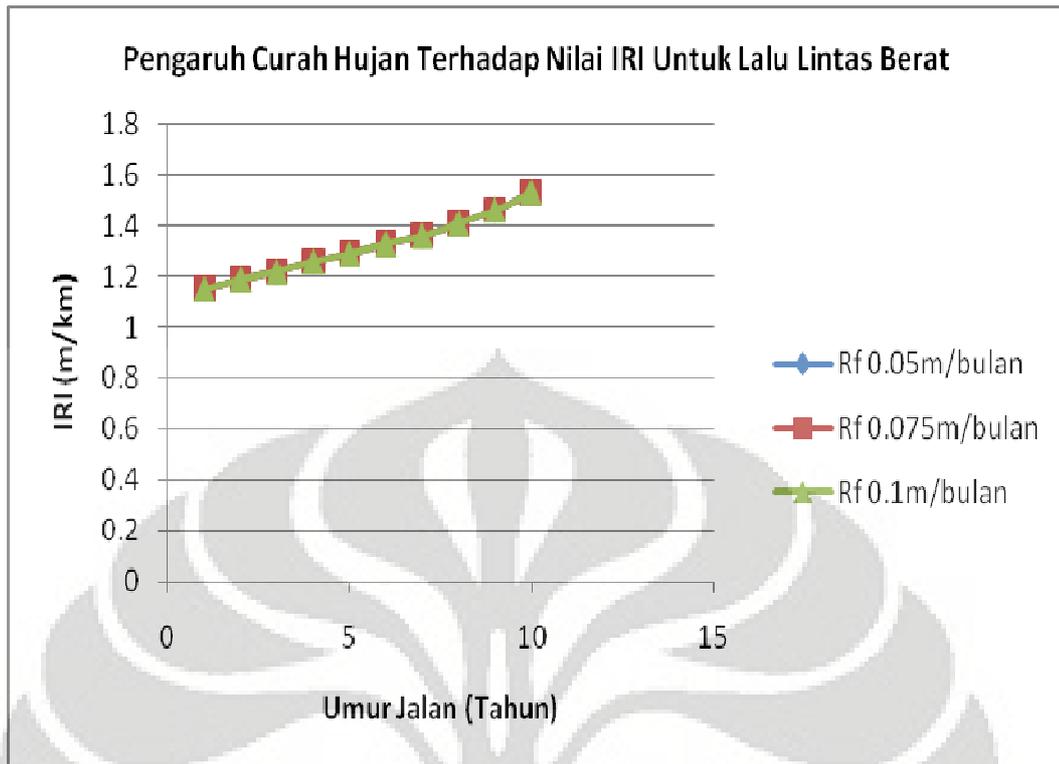
Tabel IV. 16 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Berat

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	IRI pada CBR 4%			Δ IRI (m/km)
		RF ₁	RF ₂	RF ₃	
		SN = 3.9			
1	110.63	1.15	1.15	1.15	0
2	113.95	1.19	1.19	1.19	0
3	117.37	1.22	1.22	1.22	0
4	120.89	1.26	1.26	1.26	0
5	124.52	1.29	1.29	1.29	0
6	128.26	1.33	1.33	1.33	0
7	132.09	1.36	1.36	1.36	0
8	136.06	1.41	1.41	1.41	0
9	140.14	1.46	1.46	1.46	0
10	144.35	1.53	1.53	1.53	0

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	IRI pada CBR 4%			Δ IRI (RF ₂ – RF ₁) m/km	Δ IRI (RF ₃ – RF ₂) m/km
		RF ₁	RF ₂	RF ₃		
		SN = 3.9				
11	148.68	1.62	1.62	1.62	0	0
12	153.13	1.73	1.73	1.73	0	0
13	157.73	1.86	1.86	1.86	0	0
14	162.47	2.01	2.01	2.01	0	0
15	167.35	2.16	2.16	2.16	0	0
16	172.35	2.36	2.36	2.36	0	0
17	177.53	2.58	2.58	2.58	0	0
18	182.86	2.81	2.81	2.82	0	0.01
19	188.35	3.05	3.06	3.07	0.01	0.01
20	193.99	3.3	3.32	3.35	0.02	0.03

Incremental nilai IRI akibat pengaruh tingkat curah hujan pada lalu lintas berat selama umur rencana jalan (10 tahun) relatif konstan. Nilai pengaruh akibat curah hujan selama umur rencana jalan selama sama dengan nol.

Kecenderungan *incremental* konstan terjadi hingga tahun ke-17, sebelum akhirnya terjadi perbedaan nilai IRI akibat masing-masing tingkat curah hujan.



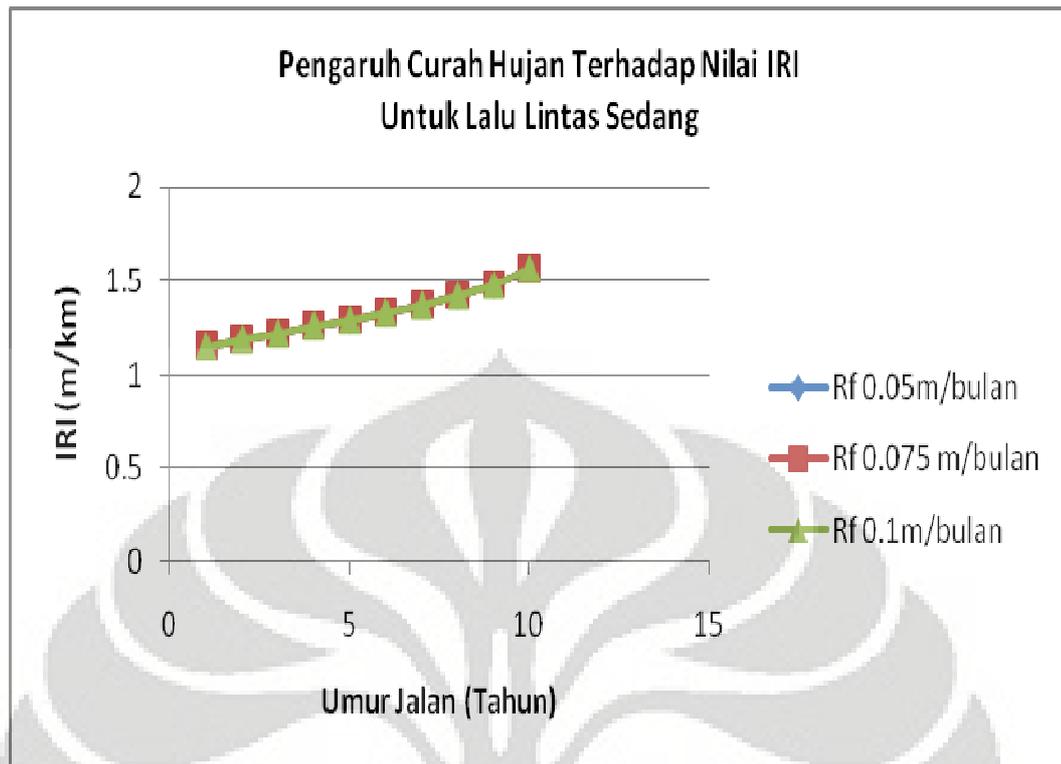
Gambar IV. 12 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat

IV.4.2 Analisa Pada Lalu Lintas Sedang (*Normal Loading*)

Analisa pengaruh tingkat curah hujan terhadap nilai IRI pada lalu lintas sedang berikut ini ditampilkan dalam tabel IV.17 dan grafik IV.13.

Tabel IV. 17 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Sedang

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	IRI pada CBR = 4%			Δ IRI (m/km)
		RF ₁	RF ₂	RF ₃	
		SN = 2.4			
1	6.36	1.15	1.15	1.15	0
2	6.55	1.19	1.19	1.19	0
3	6.75	1.22	1.22	1.22	0
4	6.95	1.26	1.26	1.26	0
5	7.16	1.29	1.29	1.29	0
6	7.37	1.33	1.33	1.33	0
7	7.59	1.37	1.37	1.37	0
8	7.82	1.42	1.42	1.42	0
9	8.05	1.48	1.48	1.48	0
10	8.3	1.57	1.57	1.57	0
11	8.55	1.68	1.68	1.68	0
12	8.8	1.8	1.8	1.8	0
13	9.07	1.95	1.95	1.95	0
14	9.34	2.09	2.09	2.09	0
15	9.62	2.24	2.24	2.24	0
16	9.91	2.38	2.38	2.38	0
17	10.2	2.51	2.51	2.51	0
18	10.51	2.63	2.63	2.63	0
19	10.82	2.74	2.74	2.75	0
20	11.15	2.85	2.85	2.85	0



Gambar IV. 13 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Sedang

Masing-masing tingkat curah hujan memberi nilai pengaruh sama dengan nol pada lalu lintas sedang selama periode analisa 20 tahun.

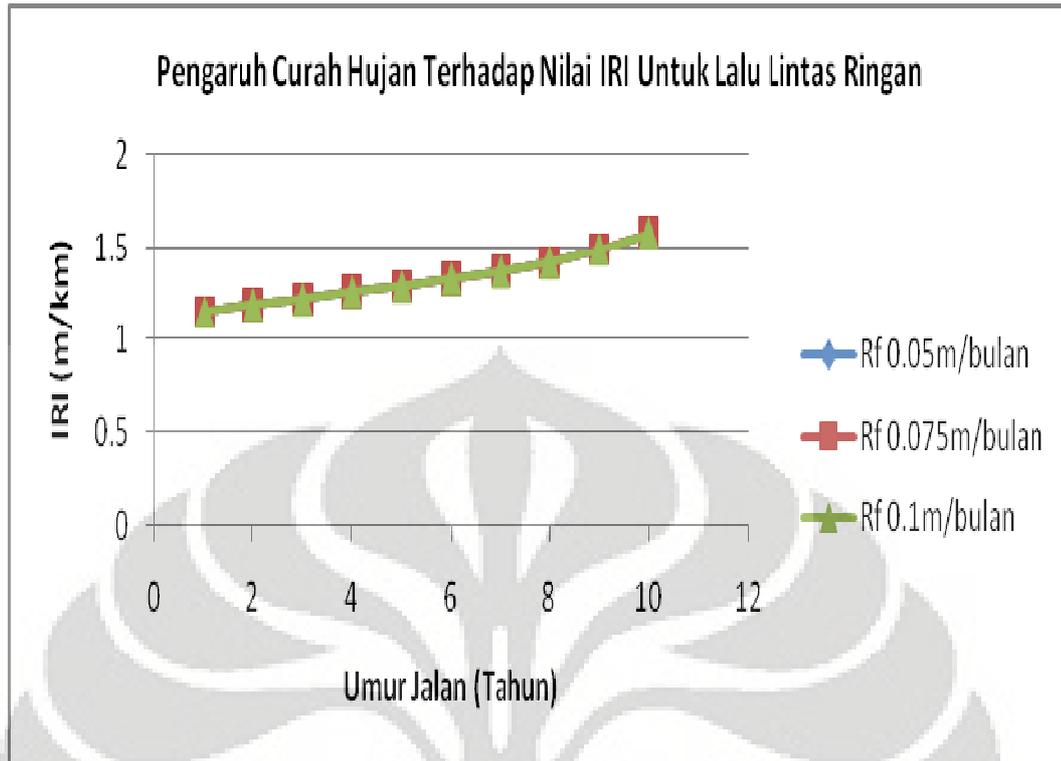
IV.4.3 Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (*Normal Loading*)

Analisa pengaruh tingkat curah hujan terhadap nilai IRI pada lalu lintas ringan berikut ini ditampilkan dalam tabel IV.18 dan grafik IV.14.

Tabel IV. 18 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Ringan

Umur Jalan	ESALs (10 ³)	IRI pada CBR = 4%			Δ IRI (m/km)
		RF ₁	RF ₂	RF ₃	
		SN = 2.1			
1	1.89	1.15	1.15	1.15	0
2	1.95	1.19	1.19	1.19	0
3	2.01	1.22	1.22	1.22	0
4	2.07	1.26	1.26	1.26	0
5	2.13	1.29	1.29	1.29	0
6	2.19	1.33	1.33	1.33	0
7	2.26	1.37	1.37	1.37	0
8	2.33	1.42	1.42	1.42	0
9	2.4	1.49	1.49	1.49	0
10	2.47	1.58	1.58	1.58	0
11	2.54	1.69	1.69	1.69	0
12	2.62	1.82	1.82	1.82	0
13	2.7	1.97	1.97	1.97	0
14	2.78	2.11	2.11	2.11	0
15	2.86	2.23	2.23	2.23	0
16	2.95	2.35	2.35	2.35	0
17	3.03	2.45	2.45	2.45	0
18	3.13	2.53	2.53	2.53	0
19	3.22	2.6	2.6	2.6	0
20	3.32	2.67	2.67	2.67	0

Serupa dengan lalu lintas sedang, nilai pengaruh tingkat curah hujan sama dengan nol selama periode analisa 20 tahun.



Gambar IV. 14 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Ringan

Pada lalu lintas sedang maupun ringan, nilai pengaruh curah hujan sama dengan nol selama periode analisa 20 tahun. Sedangkan pada lalu lintas berat, pengaruh curah hujan terjadi pada tahun ke-17. Melihat kecenderungan ini, perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai hubungan besarnya pembebanan lalu lintas yang terjadi dengan tingkat curah hujan terhadap perkembangan nilai IRI.

Dari hasil tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa tingkat sensitivitas jalan terhadap besarnya curah hujan sangat rendah. Hal ini bahwa curah hujan tidak memberi pengaruh yang besar terhadap perkembangan kerusakan jalan di kemudian hari. Pada hasil yang demikian, dianalisa bahwa kerusakan jalan tidak tergantung dari besarnya curah hujan yang terjadi, karena parameter curah hujan (*rainfall*) tidak memberi pengaruh yang signifikan. Kerusakan jalan lebih terjadi karena faktor drainase yang berfungsi mengalirkan hujan secepat-cepatnya ke saluran agar tidak menggenangi perkerasan jalan. Sehingga demikian, faktor drainase yang lebih mempengaruhi tingkat kerusakan jalan dibandingkan dengan faktor curah hujan. Jika sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik, maka

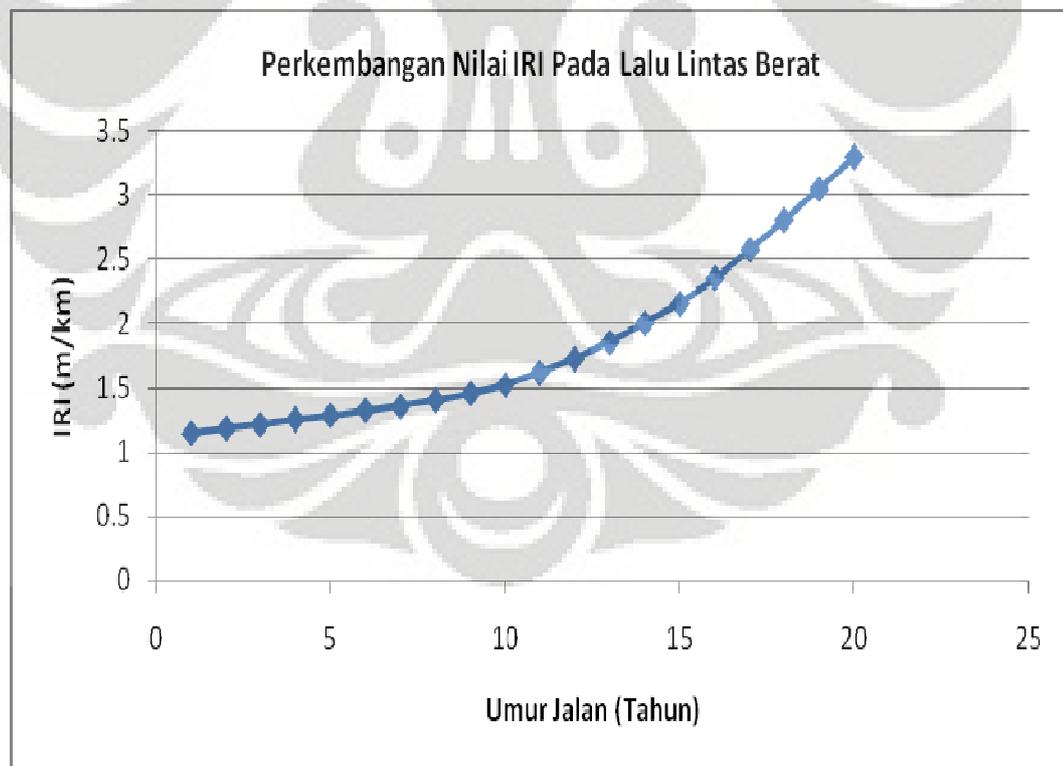
aliran hujan akan menggenangi sistem perkerasan jalan yang berpotensi menimbulkan kerusakan pada jalan. Jalan yang dibangun pada daerah dengan

tingkat curah hujan tinggi tidak serta merta diasumsikan mengalami kerusakan lebih cepat dengan jalan yang dibangun pada tingkat curah hujan rendah.

Pada program HDM-III ini, faktor drainase belum menjadi parameter yang diperhitungkan. Namun demikian, pada versi yang terbaru, yaitu HDM-IV faktor drainase menjadi salah satu parameter penting yang diperhitungkan. Hal tersebut menyempurnakan hasil prediksi tingkat kerusakan jalan di kemudian hari.

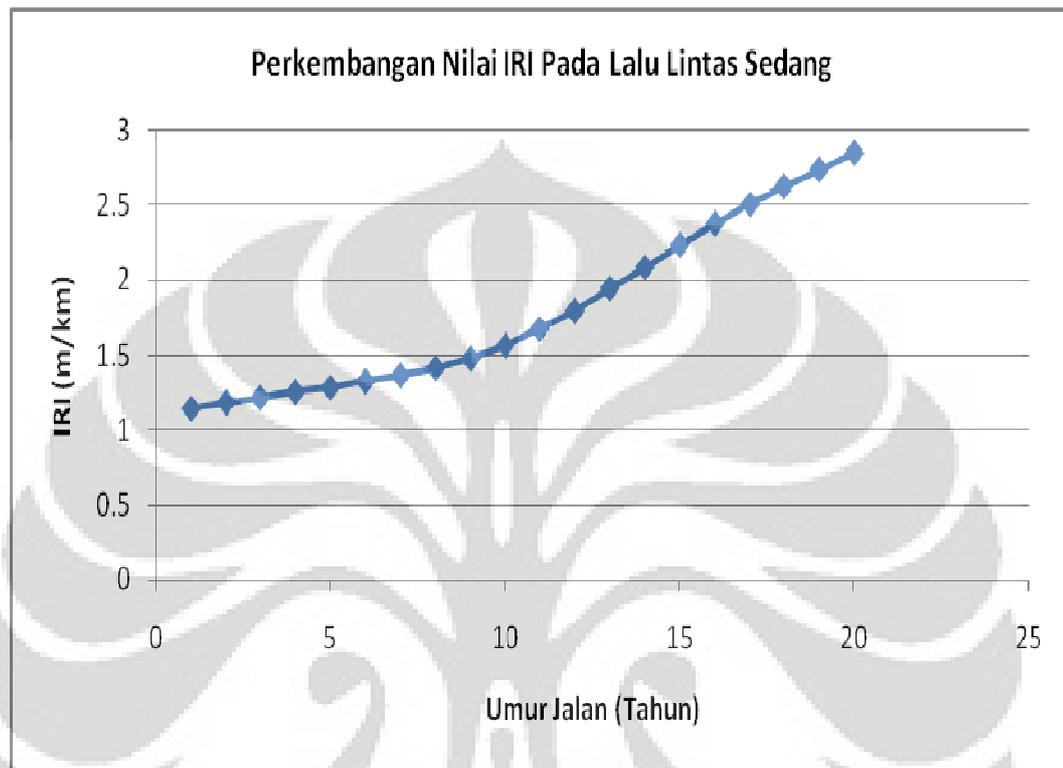
IV.5 ANALISA PERBANDINGAN PERKEMBANGAN IRI PADA MASING-MASING KLASIFIKASI LALU LINTAS

Gambar IV.15 adalah grafik nilai IRI pada klasifikasi lalu lintas berat, pada CBR 4% dan *rainfall* (R_f) 0.05m/bulan.



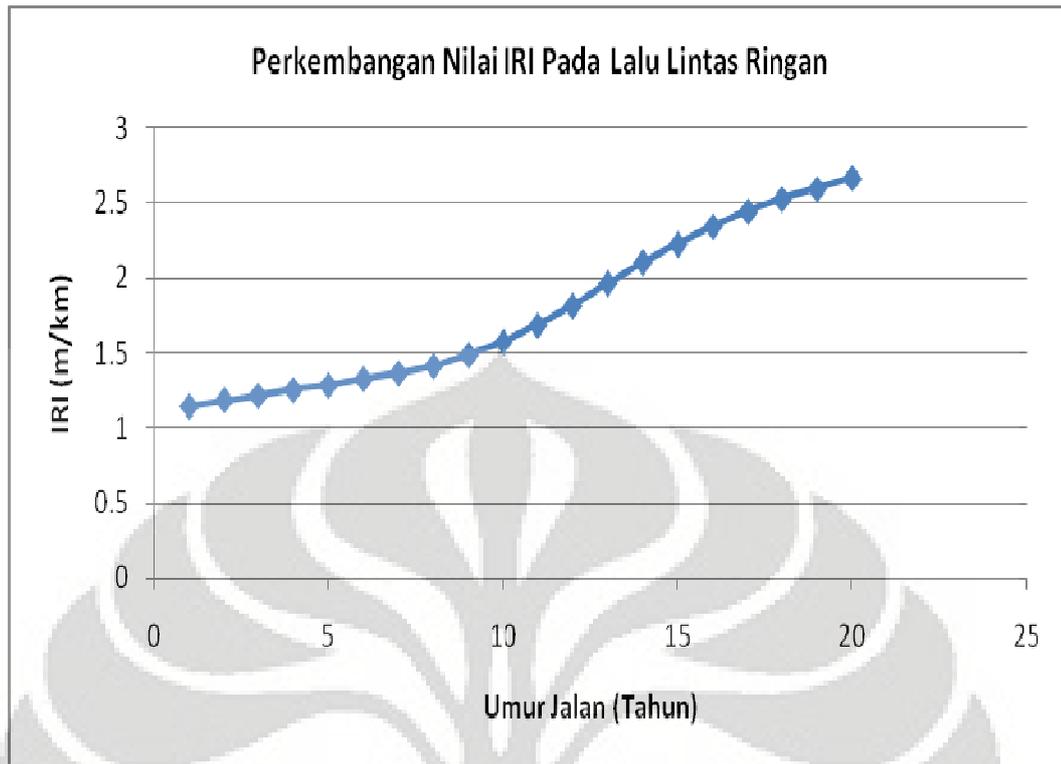
Gambar IV. 15 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Berat Selama Periode Analisa 20 Tahun

Gambar grafik IV.16 adalah grafik nilai IRI pada klasifikasi lalu lintas sedang, pada CBR 4% dan *rainfall* (Rf) 0.05m/bulan.



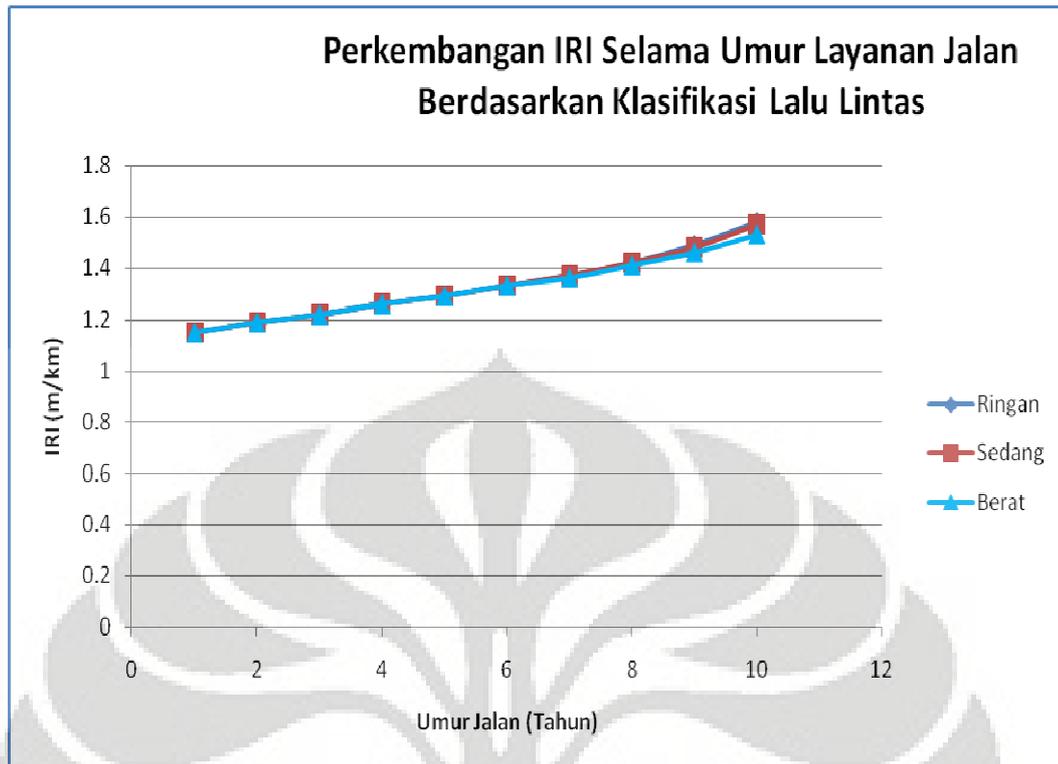
Gambar IV. 16 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Sedang Selama Periode Analisa 20 Tahun

Gambar grafik IV.17 adalah grafik nilai IRI pada klasifikasi lalu lintas ringan, pada CBR 4% dan *rainfall* (Rf) 0.05m/bulan.



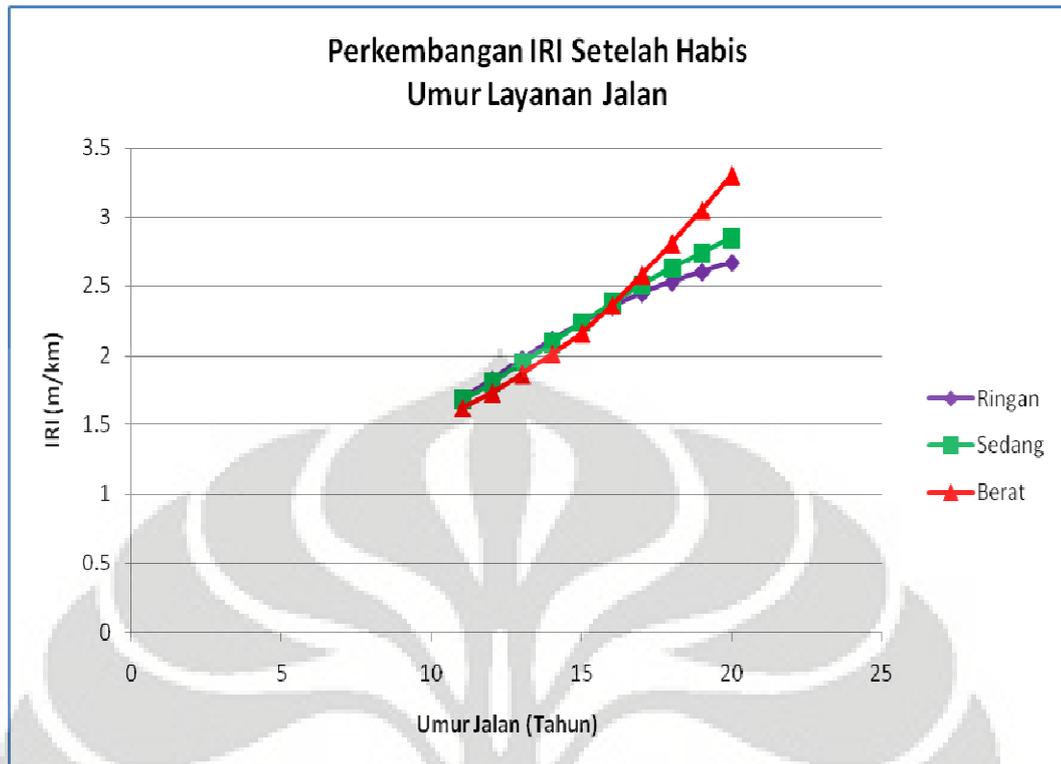
Gambar IV. 17 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Ringan Selama Periode Analisa 20 Tahun

Pada grafik lalu lintas berat, perkembangan nilai IRI meningkat seiring dengan besarnya pembebanan yang dilakukan. Dibandingkan dengan grafik pada lalu lintas sedang dan ringan yang lebih mendatar. Perbedaan mencolok terjadi pada batas umur jalan setelah habis masa layanan, yaitu setelah 10 tahun. Perkembangan kerusakan jalan meningkat lebih cepat daripada saat jalan masih berada pada umur layanannya selama 10 tahun pertama.



Gambar IV. 18 Perkembangan Nilai IRI Selama Umur Rencana Berdasarkan Klasifikasi Lalu Lintas

Ketika jalan masih dalam umur pelayanannya (yaitu 10 tahun pertama), perkembangan kerusakannya relatif cukup lambat dan relatif menghasilkan nilai IRI yang sama. Pada kondisi ini, kinerja perkerasan jalan tidak tergantung kepada pembebanan lalu lintas yang terjadi. Karena jalan dibangun sesuai dengan kebutuhan volume lalu lintas sehingga selama umur rencana atau layanan, jalan mampu mengakomodasi volume lalu lintas yang lewat. Hal ini berarti, jalan yang dibangun untuk mengakomodasi volume lalu lintas berat tidak dapat diasumsikan memiliki perkembangan kerusakan lebih cepat dibandingkan dengan volume lalu lintas sedang maupun ringan. Namun ketika melewati umur layanannya, peningkatan kerusakan berlangsung cukup signifikan. Masing-masing akan mengikuti besarnya pembebanan yang terjadi. Pada lalu lintas berat peningkatan kerusakan tentu berlangsung lebih cepat sehingga gradient kemiringan grafik relatif besar dibandingkan dengan beban lalu lintas sedang dan ringan.



Gambar IV. 19 Perkembangan Nilai IRI Setelah Habis Umur Layanan Jalan Berdasarkan Klasifikasi Lalu Lintas

IV.6 ANALISA PENGARUH KETIDAKSESUAIAN NILAI SN DENGAN KEBUTUHAN LALU LINTAS

Skenario yang dilakukan adalah dengan membandingkan antara jalan yang dibangun dengan perhitungan *structural number* sesuai kebutuhan lalu lintas dengan jalan yang dibangun dengan perhitungan *structural* yang tidak sesuai kebutuhan lalu lintas. Pada kasus ini, perbandingan akan dilakukan pada *structural number* sebesar 3.9 yang diaplikasikan sesuai peruntukannya (lalu lintas berat) dan *structural number* sebesar 2.1 yang diaplikasikan untuk lalu lintas berat.

Tabel IV. 19 Hasil Prediksi Nilai IRI (Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai SN dengan Kebutuhan Lalu lintas)

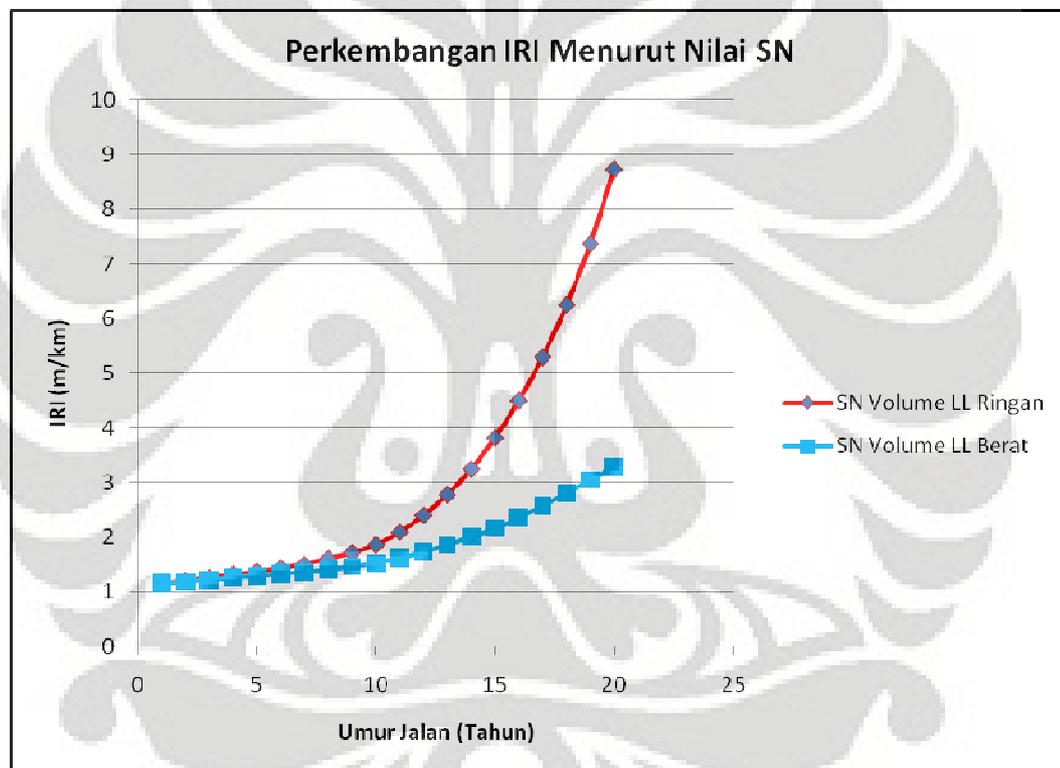
Pembebanan yang Dilakukan :			Δ IRI (m/km)
Lalu Lintas Berat			
Umur Jalan (Tahun)	SN = 3.9	SN = 2.1	
1	1.15	1.15	0
2	1.21	1.19	0.02
3	1.26	1.22	0.04
4	1.32	1.26	0.06
5	1.37	1.29	0.08
6	1.44	1.33	0.11
7	1.51	1.36	0.15
8	1.61	1.41	0.2
9	1.72	1.46	0.26
10	1.86	1.53	0.33
11	2.09	1.62	0.47
12	2.4	1.73	0.67
13	2.78	1.86	0.92
14	3.25	2.01	1.24
15	3.82	2.16	1.66
16	4.5	2.36	2.14
17	5.3	2.58	2.72
18	6.25	2.81	3.44
19	7.37	3.05	4.32
20	8.73	3.3	5.43

Pada akhir umur rencana, yaitu pada tahun ke-10, perbedaan nilai IRI sebesar 0.33 m/km. Setelah jalan habis umur layanannya, yaitu pada tahun ke-20, perbedaan nilai IRI meningkat tajam yaitu 5.43 m/km. Pada tahun ke 10 menginjak tahun ke-11, perbedaan nilai IRI meningkat cukup signifikan yaitu sebesar 0.14 m/km jika

dibandingkan dengan perbedaan dari tahun ke-9 menuju ke-10 yang sebesar 0.07m/km. Peningkatan ini terjadi hingga 50%.

Kenaikan nilai IRI terjadi bahkan mulai di tahun ke-2, dengan perbedaan nilai IRI pada SN 3.9 dan SN 2.1 sebesar 0.02 m/km.

Skenario ini dilakukan untuk memperlihatkan kemampuan program HDM dalam memprediksi kinerja perkerasan jalan di tahun mendatang jika jalan tidak dibangun dengan perhitungan ketebalan perkerasan yang sesuai dengan volume lalu lintas yang lewat di atasnya.



Gambar IV. 20 Perkembangan Nilai IRI Menurut Nilai SN (Analisa Ketidaksesuaian Nilai SN dengan *Traffic Loading*)

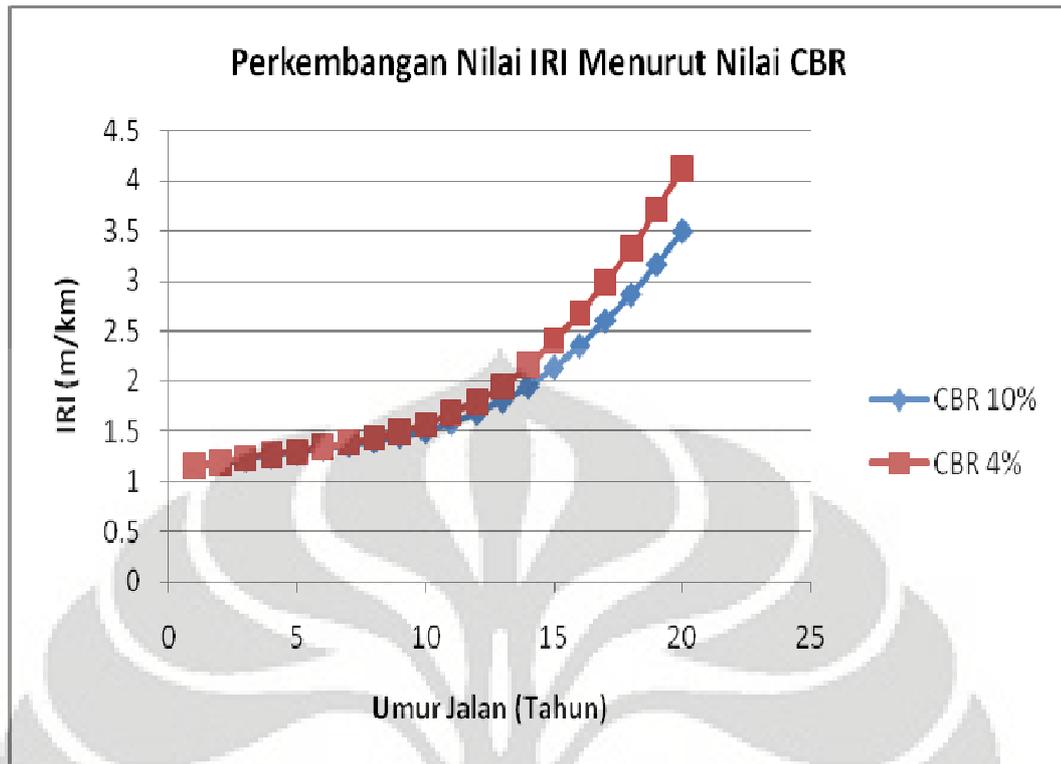
IV.7 Analisa Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai CBR Terhadap *Structural Number*

Skenario yang dilakukan adalah dengan memasukkan nilai CBR tanah dasar yang tidak sesuai dengan nilai *structural number*. Skenario dilakukan pada volume lalu lintas berat dimana nilai *structural number* yang sesuai untuk CBR 10% adalah

3.3. Pada simulasi ini akan dilakukan terhadap nilai CBR 4% dengan nilai *structural number* 3.3.

Tabel IV. 20 Hasil Prediksi Nilai IRI (Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai CBR dengan Kebutuhan Nilai *Structural Number*)

Structural Number = 3.3 (Lalu Lintas Berat)			Δ IRI (m/km)
Umur Jalan (Tahun)	CBR 4% (tidak sesuai)	CBR 10% (sesuai)	
1	1.15	1.15	0
2	1.19	1.19	0
3	1.23	1.22	0.01
4	1.27	1.26	0.01
5	1.3	1.29	0.01
6	1.34	1.32	0.02
7	1.38	1.36	0.02
8	1.43	1.4	0.03
9	1.49	1.45	0.04
10	1.57	1.5	0.07
11	1.68	1.58	0.1
12	1.8	1.68	0.12
13	1.94	1.8	0.14
14	2.15	1.94	0.21
15	2.4	2.13	0.27
16	2.67	2.35	0.32
17	2.98	2.6	0.38
18	3.32	2.86	0.46
19	3.7	3.16	0.54
20	4.12	3.49	0.63



Gambar IV. 21 Perkembangan Nilai IRI Menurut Nilai CBR (Analisa Ketidaksesuaian Nilai CBR dengan nilai *Structural Number*)

Perbedaan nilai IRI terjadi pada tahun ke-3 sebesar 0.01 m/km dan memiliki kecenderungan beda yang sama hingga di tahun ke-5.

Skenario ini dilakukan untuk memperlihatkan kemampuan program HDM dalam memperhitungkan nilai IRI di tahun mendatang jika ketebalan lapisan jalan yang telah dibangun tidak sesuai dengan nilai CBR tanah dasar.

BAB V

PENUTUP

V.1 KESIMPULAN

Pembangunan jalan dikatakan ideal bila jalan dibangun dengan memperhitungkan besarnya pembebanan lalu lintas yang akan terjadi selama umur rencana jalan dan besarnya nilai kekuatan tanah dasar (CBR tanah dasar).

Program HDM-III mampu meramalkan kinerja perkerasan jalan yang diwakili dengan nilai IRI di tahun-tahun mendatang. Program ini juga memberi peluang melakukan banyak skenario dalam merencanakan struktur perkerasan jalan sehingga pengguna memiliki gambaran mengenai kinerja perkerasan di tahun mendatang. Setiap skenario tersebut menghasilkan nilai IRI yang tertentu. Skenario yang telah dilakukan pada kajian ini diantaranya :

- Skenario Berdasarkan Volume Lalu Lintas :
 - Kinerja jalan berdasarkan klasifikasi pembebanan jalan yang dilakukan
 - Kinerja jalan berdasarkan adanya *overloading* (beban berlebih) pada jalan
 - Kinerja jalan pada umur layanan (rencana) jalan dan kinerja jalan setelah habis umur rencana jalan
- Skenario Perhitungan SN yang tidak sesuai dengan peruntukan kebutuhan volume lalu lintas
- Skenario Pengaruh Curah Hujan terhadap kinerja perkerasan jalan
- Skenario Pengaruh CBR terhadap kinerja perkerasan jalan

Berdasarkan hasil permodelan kinerja perkerasan jalan lentur melalui program HDM III (*Highway Development and Management III*), dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

- Tipe CBR tanah dasar atau nilai daya dukung tanah dasar tidak terlalu mempengaruhi kinerja perkerasan jalan lentur secara signifikan. Hal ini

akan berbeda bila lapisan penutup di atas lapisan tanah dasar rusak atau sistem drainasenya yang tidak baik. Namun, pengaruh dari nilai CBR ini lebih jauh terlihat ketika jalan telah melewati batas umur layanannya. Ketika itu, jalan dengan CBR rendah memiliki potensi peningkatan nilai IRI yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang memiliki nilai CBR lebih tinggi.

- Pengaruh tingkat curah hujan (*rainfall*) pada lalu lintas sedang maupun ringan selama periode analisa sama dengan nol. Pada lalu lintas berat hingga pada tahun ke-16, pengaruh tingkat curah hujan (*rainfall*) sama dengan nol. Namun di tahun ke-17, masing-masing tingkat curah hujan memberi perbedaan nilai IRI sebesar 0.01 m/km hingga 0.03 m/km. Pengaruh curah hujan tidak signifikan terhadap perkembangan tingkat kerusakan jalan atau penurunan kinerja layanan jalan terutama pada jenis lalu lintas sedang dan ringan. Melihat perbedaan kecenderungan antara lalu lintas berat dengan sedang dan ringan, maka perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai hubungan besarnya pembebanan lalu lintas dengan tingkat curah hujan terhadap perkembangan IRI.
- Hal ini dikarenakan curah hujan dapat diakomodir oleh sistem drainase yang sesuai sehingga tidak berpengaruh banyak ke lapisan perkerasan jalan. Kecuali bila sistem drainasenya tidak berfungsi dengan baik. Dalam program HDM-III ini parameter sistem drainase tidak diperhitungkan. Baru kemudian pada HDM-IV (versi terbaru dari program HDM), komponen drainase dipertimbangkan sehingga mempengaruhi hasil peramalan kinerja jalan. Pada program HDM III tidak diperhitungkan parameter drainase, padahal drainase merupakan salah satu yang sangat penting untuk diperhitungkan dalam perhitungan kinerja perkerasan jalan lentur. Pembangunan perkerasan jalan lentur erat kaitannya dengan pembangunan sistem drainase yang mengalirkan air hujan yang jatuh agar tidak menggenangi permukaan perkerasan. Bila sistem drainase tidak berfungsi dengan baik, sehingga air terperangkap di atas permukaan jalan maka akan menimbulkan potensi kerusakan jalan.

- Kinerja perkerasan jalan turut dipengaruhi oleh angka ekuivalensi kendaraan yang lewat di atasnya. Nilai sumbu kendaraan yang melebihi sumbu beban yang diizinkan akan mempercepat tingkat kerusakan jalan. Namun, dari hasil kajian, kerusakan jalan tidak semata-mata diakibatkan oleh *overloading*, kerusakan jalan lebih banyak terjadi jika perhitungan ketebalan perkerasannya tidak sesuai dengan kebutuhan volume lalu lintas. Pada kajian ini, diasumsikan bahwa jalan dibangun dengan perhitungan tebal perkerasan yang sesuai dengan kebutuhan volume lalu lintas. Dengan perbandingan komposisi kendaraan berat pada lalu lintas berat, sedang, dan ringan sama dengan 100,5, dan 1, dihasilkan perbedaan kenaikan IRI sebesar 0.066 m/km per tahun, 0.0395 m/km per tahun, 0.0195 m/km per tahun.
- Disamping beban sumbu kendaraan, yang berpengaruh terhadap peningkatan kerusakan perkerasan jalan adalah kecepatan luas retak, lubang, dan jenis kerusakan lainnya. Pada program HDM, dinyatakan dengan faktor kalibrasi dimana nilai *default* (normal) sama dengan satu.
- Matriks Perbandingan Perbedaan Kenaikan IRI Pada *Normal Loading* dan *Overloading*

Terhadap Nilai CBR	CBR 4%	CBR 7%	Δ
Perbedaan Kenaikan IRI rata-rata per tahun	0.205 m/km	0.171 m/km	0.034 m/km

Terhadap Nilai Curah Hujan	0.05m/bulan	0.075m/bulan	Δ
Perbedaan Kenaikan IRI rata-rata per tahun	0.205 m/km	0.213 m/km	0.008 m/km

Berdasarkan matriks tersebut pengaruh kondisi CBR tanah dasar terhadap kinerja pelayanan jalan lebih besar dibandingkan dengan pengaruh curah hujan terhadap kinerja perkerasan jalan.

- Nilai IRI akibat beban berlebih (*overload*) tidak berhubungan dengan besar prosentase kelebihan beban. Artinya jika terjadi kelebihan beban rata-rata sebesar 50% maka potensi kerusakan (IRI) tidak serta-merta juga meningkat menjadi 50% melainkan sangat tergantung dari komposisi kendaraan berat yang melewati ruas jalan tersebut.
- Perkembangan nilai kerusakan jalan (IRI) tidak secara signifikan dipengaruhi oleh adanya muatan berlebih pada suatu ruas jalan. Kondisi ini berlaku jika program perencanaan perkerasan dilaksanakan dengan baik sesuai dengan kebutuhan lalu lintas. Faktor yang paling menentukan adalah perhitungan ketebalan perkerasan. Bila dari awal perencanaan jalan tidak diperhitungkan sesuai kebutuhan lalu lintasnya maka perkembangan kerusakannya terjadi lebih cepat dibandingkan dengan jalan yang menggunakan perhitungan ketebalan perkerasan yang matang.
- Baik nilai CBR, curah hujan, maupun *overloading*, semua variasi modelisasi struktur perkerasan jalan tidak berdiri sendiri dalam mengakibatkan kerusakan jalan. Parameter-parameter tersebut juga dipengaruhi oleh nilai *structural number* dan besar tebal masing-masing lapisan yang diperhitungkan dalam program ini.
- Semakin besar komposisi kendaraan berat yang terjadi, maka potensi perkembangan kerusakan jalan menjadi lebih besar. Hal ini berlaku pada jalan yang *overloading*. Pada volume lalu lintas berat, perbedaan kenaikan nilai IRI antara *overloading* dengan *normal loading* sebesar rata-rata 0.213 m/km, lalu lintas sedang sebesar 0.049m/km, lalu lintas ringan sebesar 0.0195 m/km, dimana perbandingan komposisi kendaraan berat sebesar 100, 5, dan 1.

V.2 SARAN

1. Suatu sistem pendukung keputusan investasi pembangunan jalan harus memiliki suatu kemampuan untuk memodelkan kerusakan perkerasan jalan. Tujuannya untuk memprediksi kondisi perkerasan di masa yang akan datang dan bagaimana efek dari pemeliharaan yang dilakukan.
2. Program HDM-III belum memperhitungkan kondisi drainase sebagai faktor yang berpengaruh terhadap kinerja kerusakan jalan. Namun, pada versi terbaru yaitu HDM-IV, telah mampu memperhitungkan pengaruh drainase terhadap kondisi perkerasan jalan. Sehingga untuk hasil yang lebih baik, disarankan menggunakan program HDM-IV dengan keunggulan semakin bervariasinya faktor yang diperhitungkan sebagai variable pengaruh kondisi jalan yang merupakan pengembangan dari program HDM-III.
3. Faktor kalibrasi memegang peranan penting dalam memperhitungkan perkembangan kerusakan jalan di kemudian hari. Untuk itu dalam menggunakan program HDM-III terutama untuk menganalisa kondisi perkerasan jalan yang sebenarnya, prediksi terhadap nilai dari faktor kalibrasi perlu diperhitungkan sebaik mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

http://www.co.multnomah.or.us/dbcs/LUT/road_maintenance/

A World Bank Policy Study. "Road Deterioration in Developing Countries". 1988

Archondo, R. S and Faiz, A. "Estimating Vehicle Operating Cost". World Bank. 1994

Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum . "Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan". 2005

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Teknik. "Biaya Operasi Kendaraan Untuk Jalan Perkotaan di Indonesia". 1995

Hawaii Department of Transportation, Highway Division. "Pavement Preventive Maintenance Guidelines". 2003

Huang, Yang H., Pavement Analysis and Design. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 1993

NDLI, Modelling Road Deterioration and Maintenance Effects in HDM-4, Final Report to Asian Development Bank, N.D. Lea International, Vancouver. 1995

Peraturan Menteri Keuangan Nomor 81/PMK.02/2007. "Standar Biaya Tahun Anggaran 2008". Jakarta. 2007

Sukirman, S. "Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya". NOVA. Bandung. 1993

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

Tamin, Ofyar. "Perencanaan dan Permodelan Transportasi". Penerbit ITB. Bandung. 1997

Western Transportation Institute, College of Engineering, Montana State University – Bozeman. “Preventive Maintenance Treatments of Flexible Pavements: A Synthesis of Highway Practice. 2006

