

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

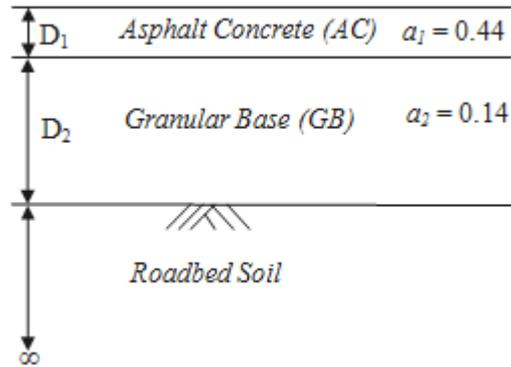
Pada kajian ini, digunakan variasi tipe tanah dasar dengan CBR yaitu 4%, 7%, dan 10%.

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

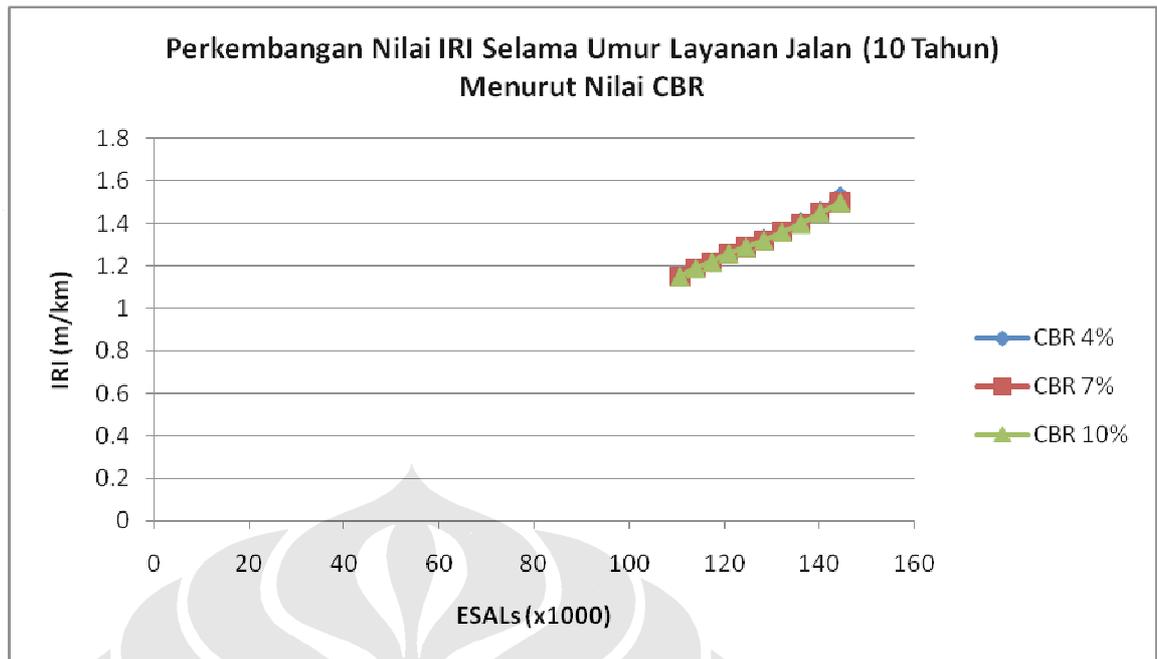
IV.3.1 Analisa Pada Lalu Lintas Berat

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.

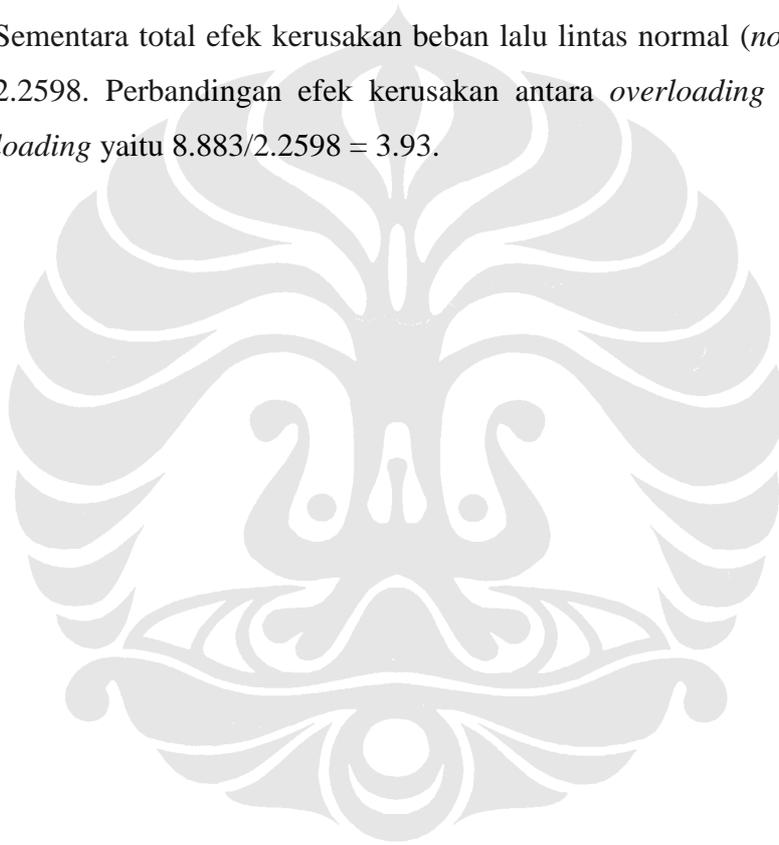
Ketiga persamaan garis tersebut memiliki nilai gradien dengan delta rata-rata sebesar 0.003. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa selama umur rencana jalan (10 tahun) jalan dengan kondisi CBR 4%, 7%, dan 10%, diprediksi memiliki perkembangan tingkat kerusakan jalan akibat beban lalu lintas yang tidak 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 $8.883/2.2598 = 3.93$.



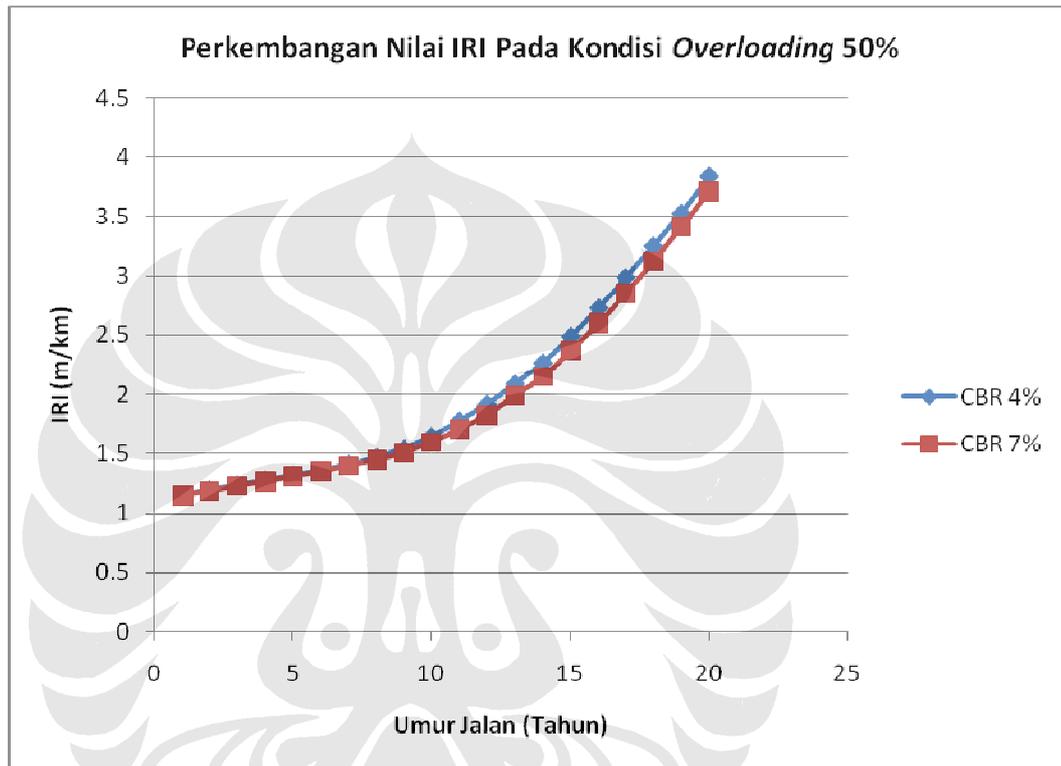
Melalui program HDM-III, didapat hasil prediksi IRI pada tabel IV.11 :

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

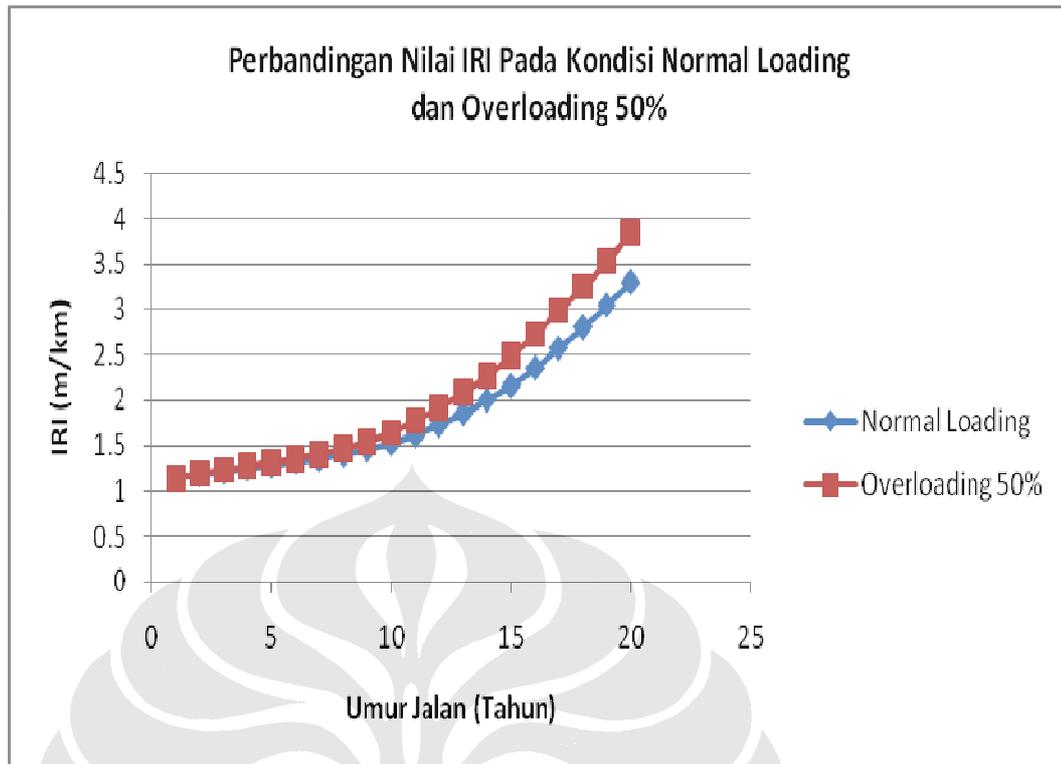
Pada kondisi *overloading* 50%, nilai IRI pada jalan dengan CBR 7% relatif lebih kecil sepanjang periode analisa dibandingkan dengan nilai IRI pada jalan dengan CBR 4%. Kekuatan struktur perkerasan jalan mempengaruhi perkembangan nilai IRI. Perbedaan kenaikan nilai IRI pada lalu lintas berat pada CBR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

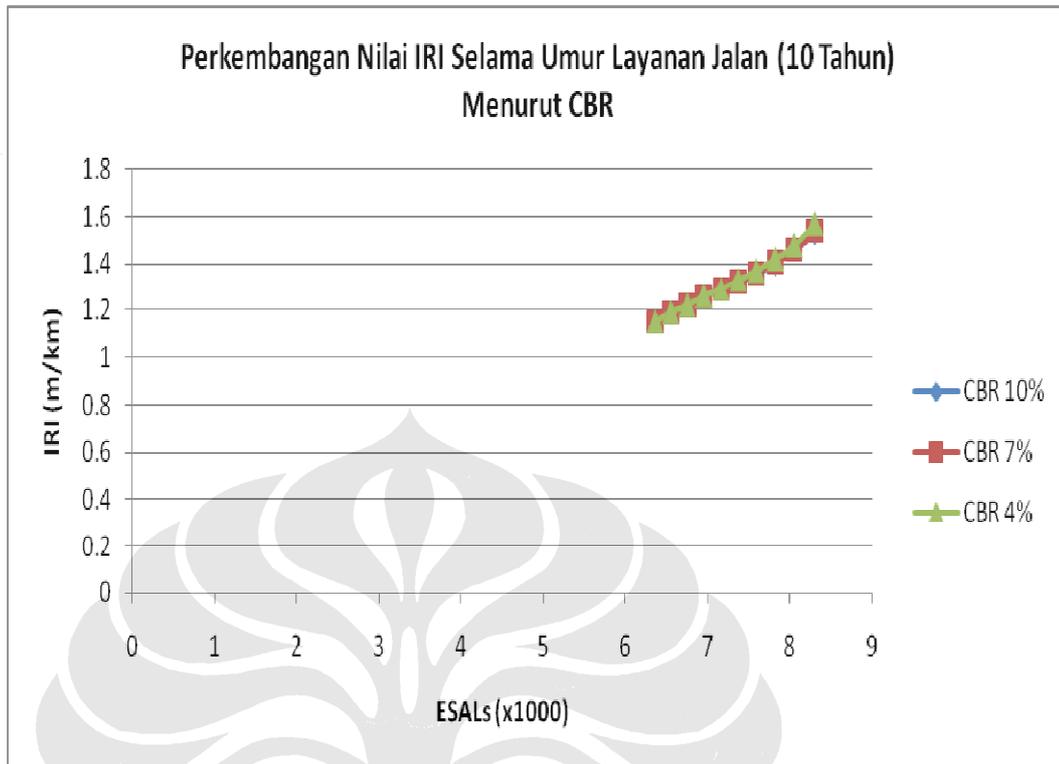
IV.3.2 Analisa Pada Lalu Lintas Sedang (*Normal Loading*)

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*)

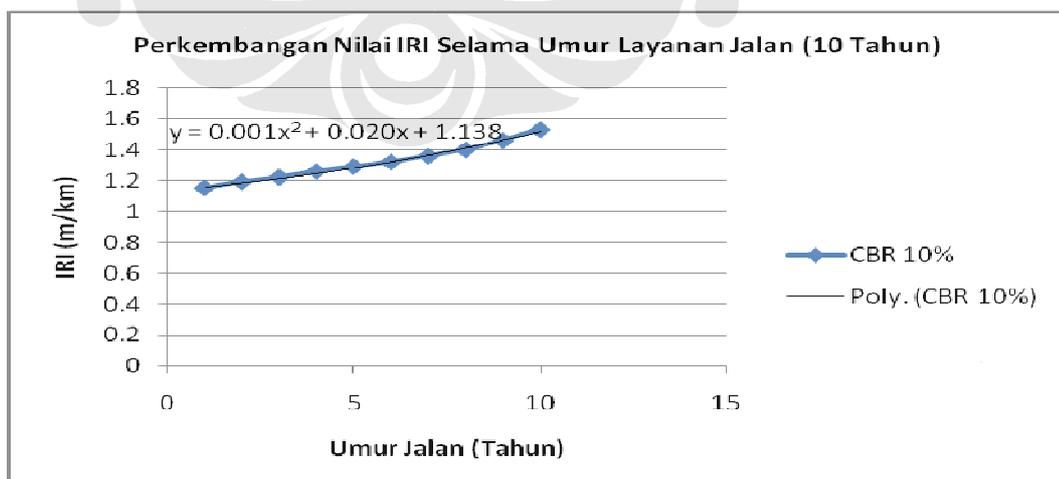
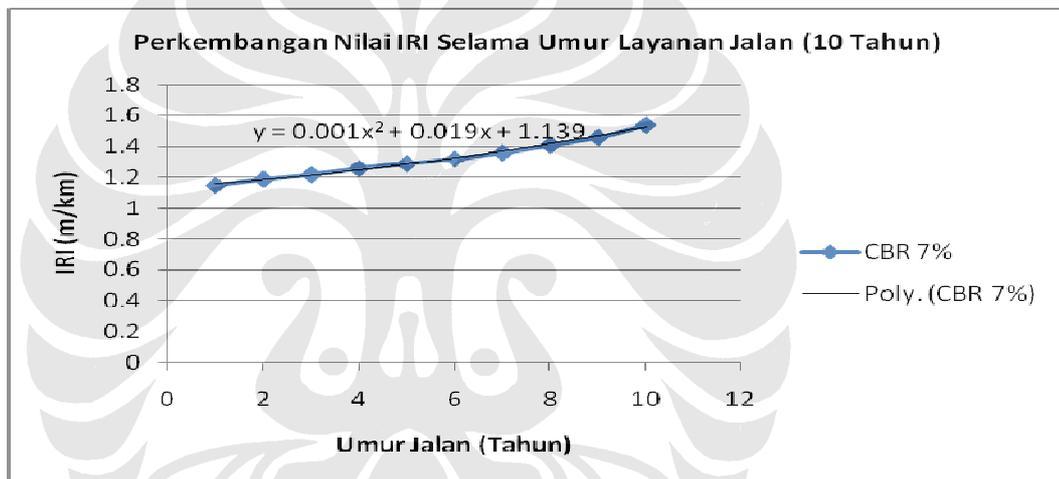
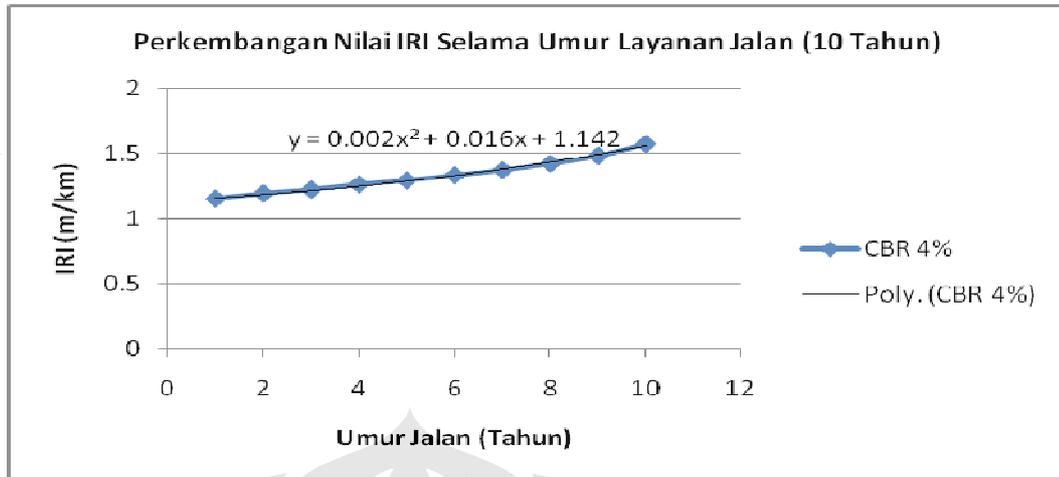
Umur Jalan	ESALs (10 ³)	Rainfall = 0.05 m/bulan		
		CBR 4%	CBR 7%	CBR 10%
		SN = 2.4	SN = 2.1	SN = 1.9
1	6.36	1.15	1.15	1.15
2	6.55	1.19	1.19	1.19
3	6.75	1.22	1.22	1.22
4	6.95	1.26	1.26	1.26
5	7.16	1.29	1.29	1.29
6	7.37	1.33	1.32	1.32
7	7.59	1.37	1.36	1.36
8	7.82	1.42	1.41	1.4
9	8.05	1.48	1.46	1.46
10	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

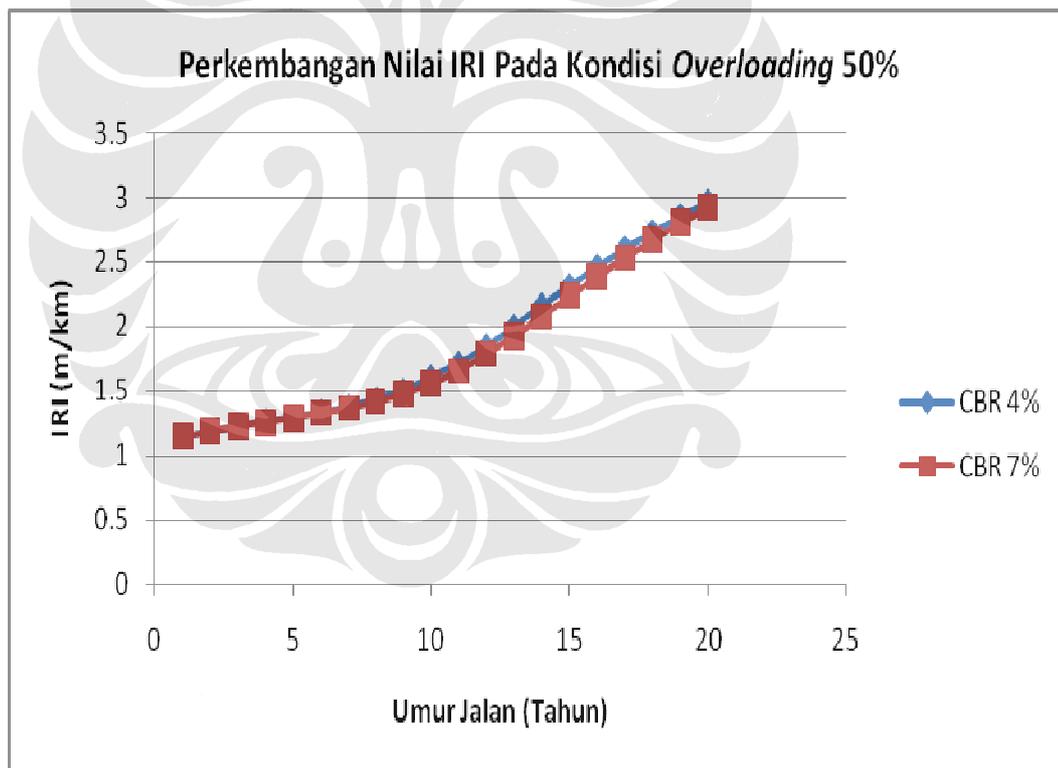
Masing-masing nilai CBR memberikan persamaan grafik yang berbeda. Namun demikian, persamaan grafik tersebut tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan akan nilai IRI.

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

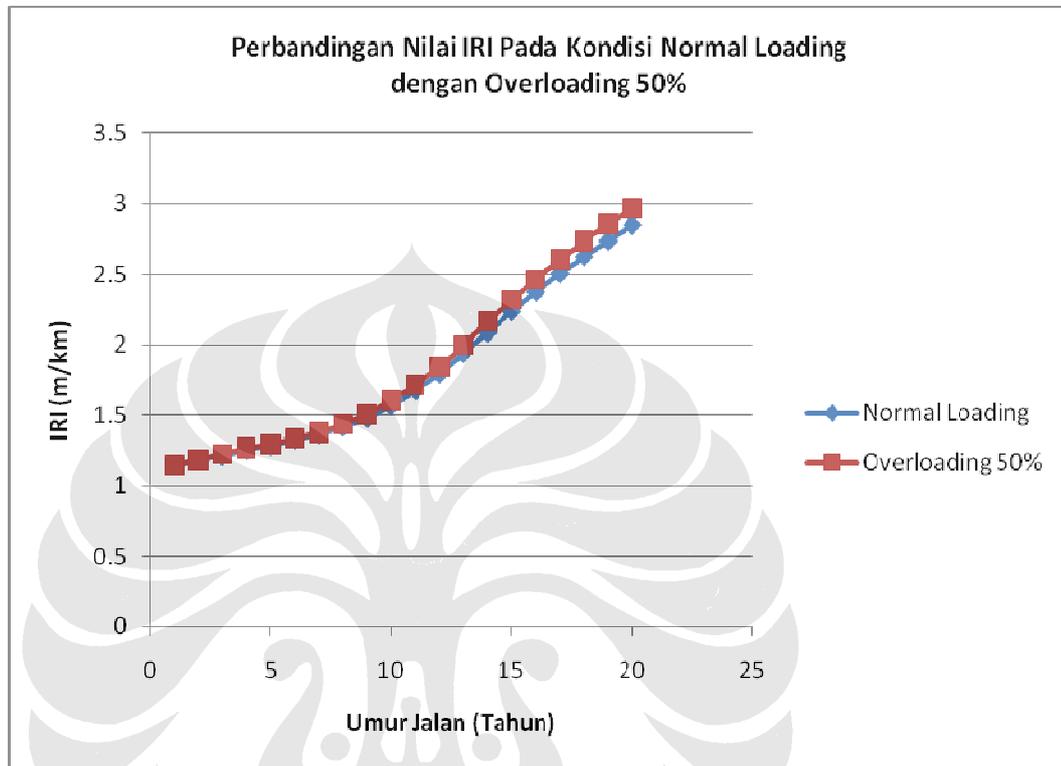
Pada lalu lintas sedang, kecenderungan yang terjadi pun relatif sama dengan yang terjadi pada lalu lintas berat. Pengaruh nilai CBR tanah dasar baru terlihat setelah jalan melewati umur layanannya selama 10 tahun. Pada jalan dengan CBR lebih rendah, perkembangan kerusakan akan terjadi lebih cepat dibandingkan 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%

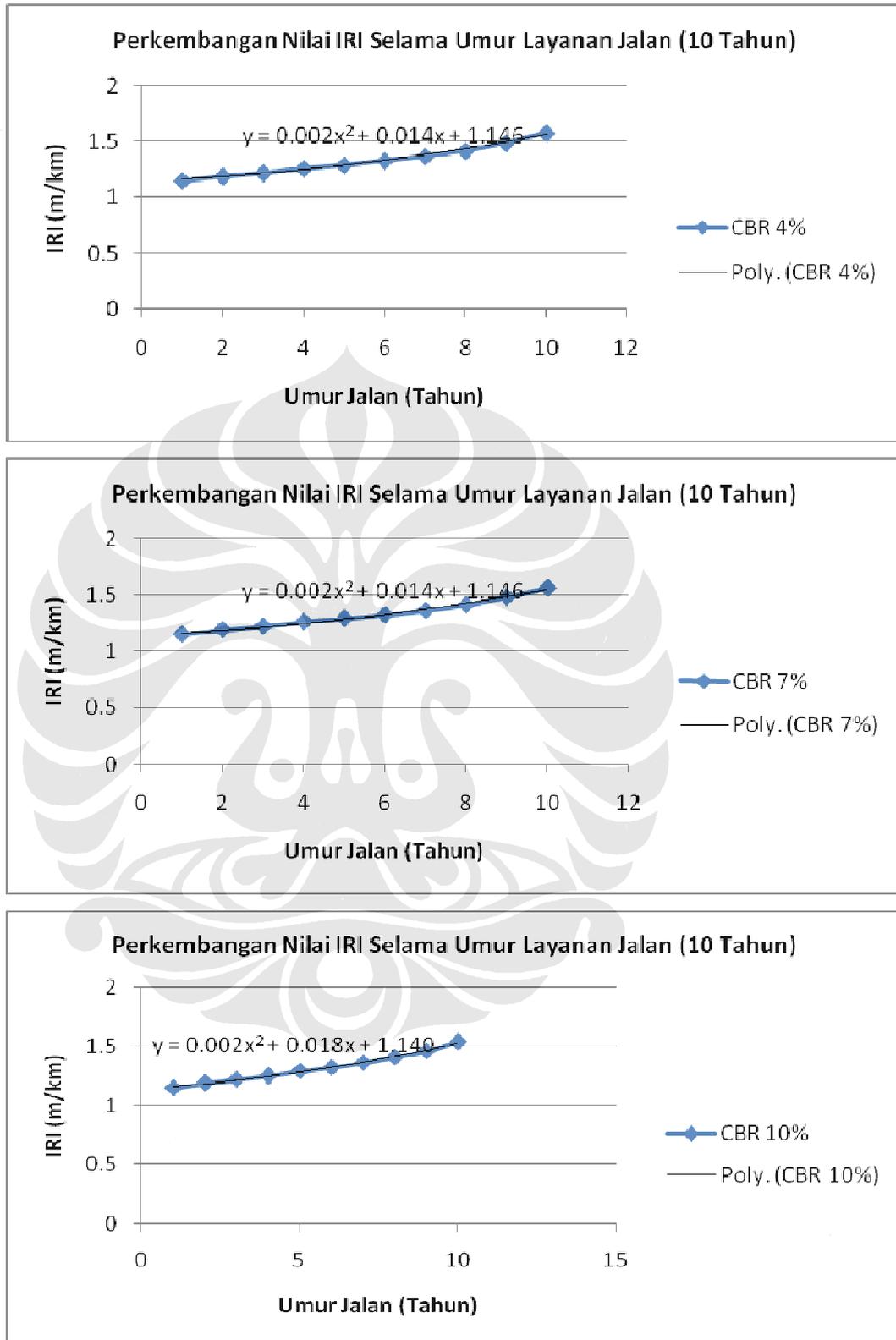
IV.3.3 Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (*Normal Loading*)

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

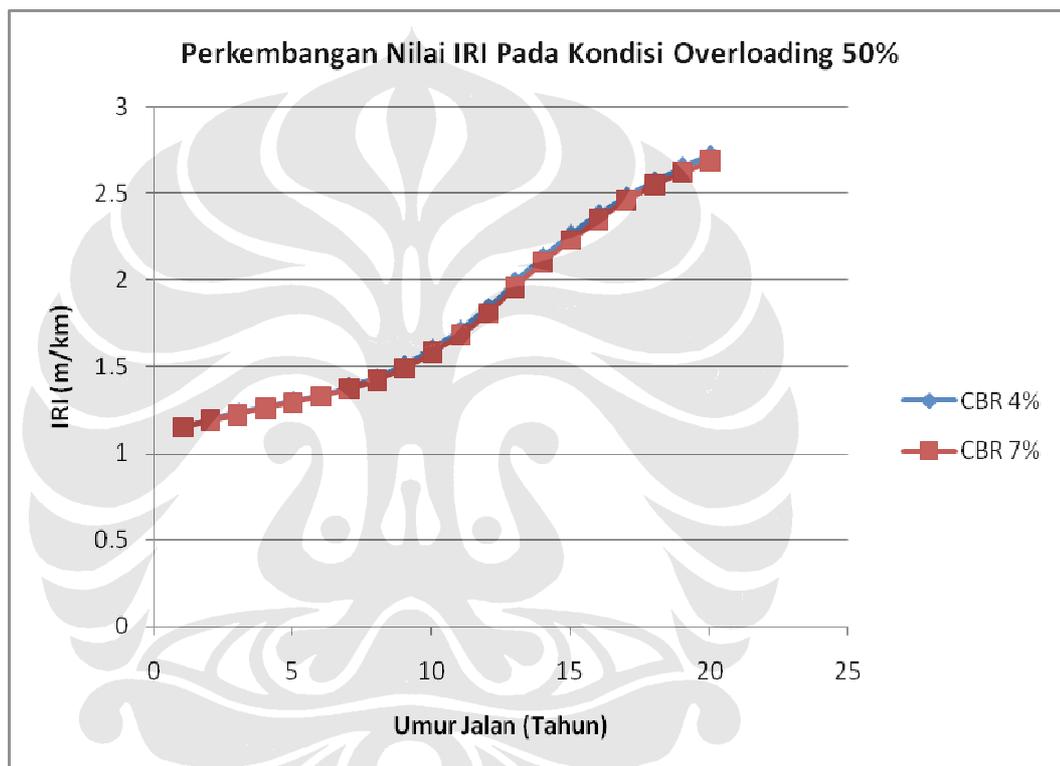
Grafik tersebut menunjukkan persamaan yang membentuk kurva yang saling berhimpit satu sama lain. Serupa dengan kajian pada lalu lintas berat maupun sedang, pengaruh nilai CBR tanah dasar tidak terlalu signifikan dalam menentukan nilai IRI.

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

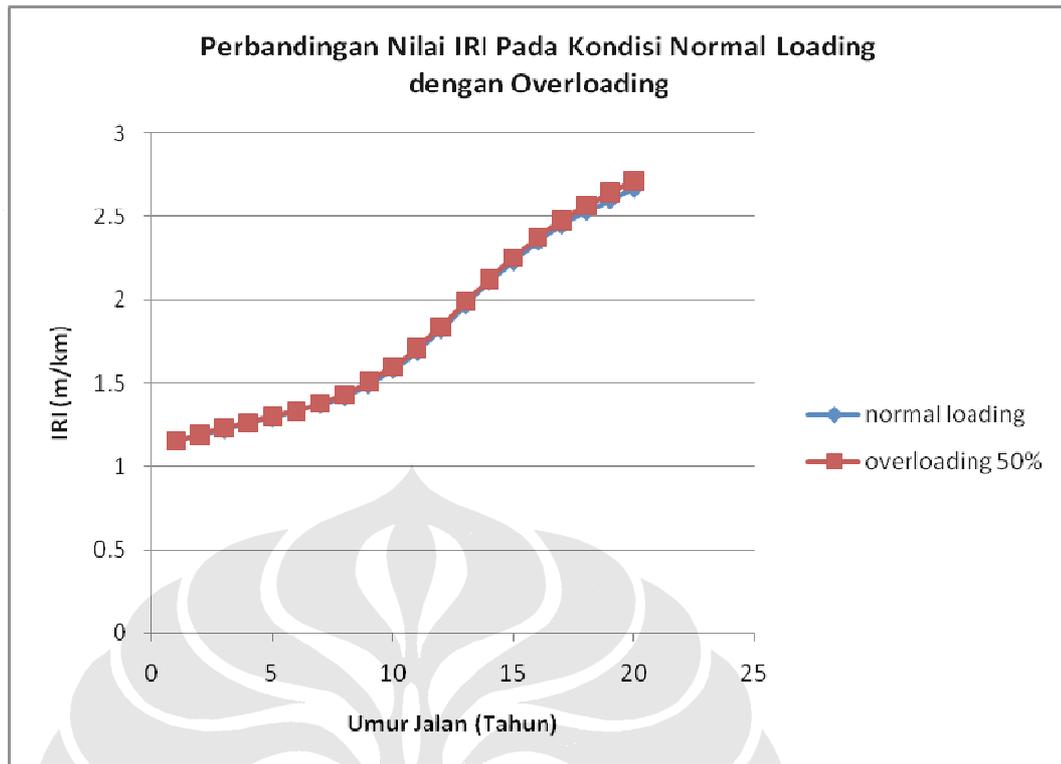
Grafik IV.10 menjelaskan perkembangan nilai IRI pada komposisi lalu lintas ringan. Perbedaan nilai IRI tidak terlalu signifikan akibat volume lalu lintas yang ringan. Namun demikian pada tabel, jalan dengan nilai CBR lebih besar memberi kekuatan struktur lebih besar sehingga nilai IRI lebih kecil dibandingkan dengan jalan dengan CBR rendah. Selanjutnya besar nilai IRI lebih ditentukan kepada volume lalu lintas yang melewati perkerasan jala 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.

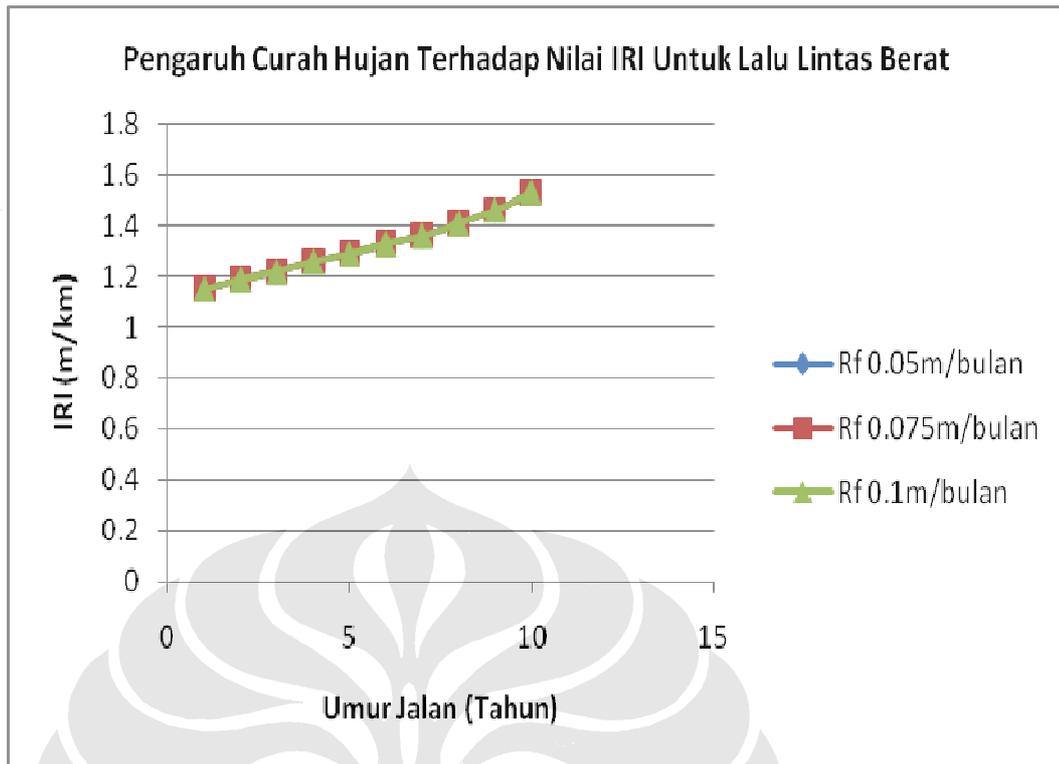
Tabel IV. 16 Hasil Prediksi IRI Pada Lalu Lintas Berat

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.



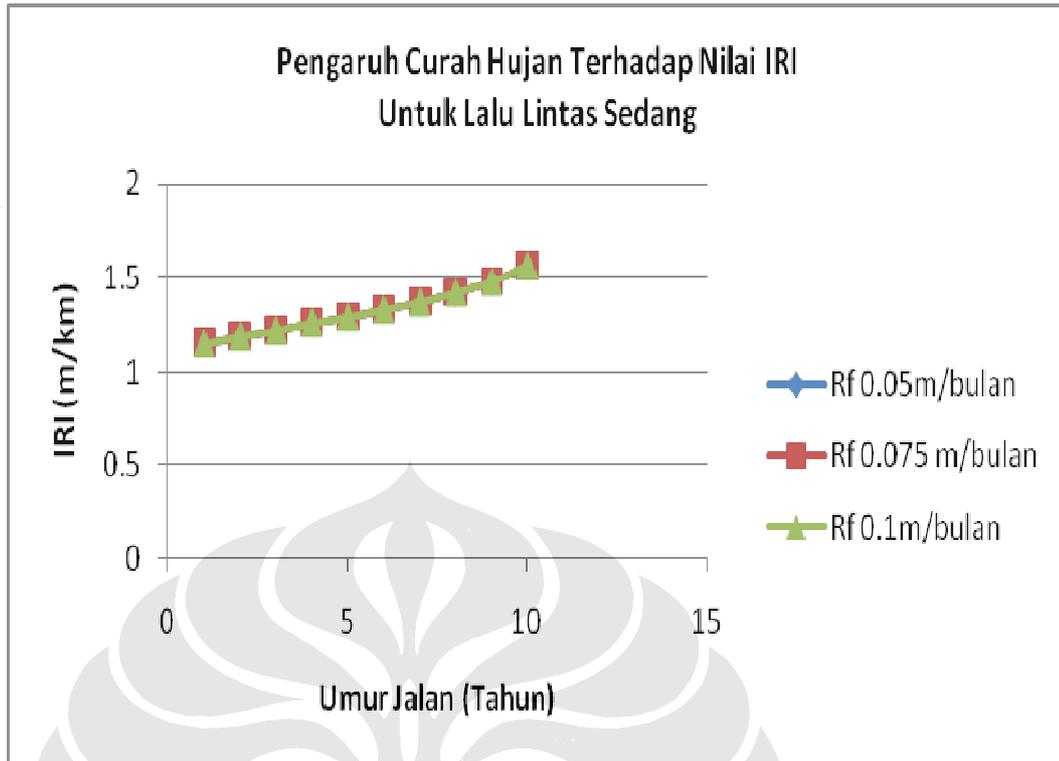
Gambar IV. 12 Pengaruh Curah Hujan Terhadap Nilai IRI Untuk Lalu Lintas Berat

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.

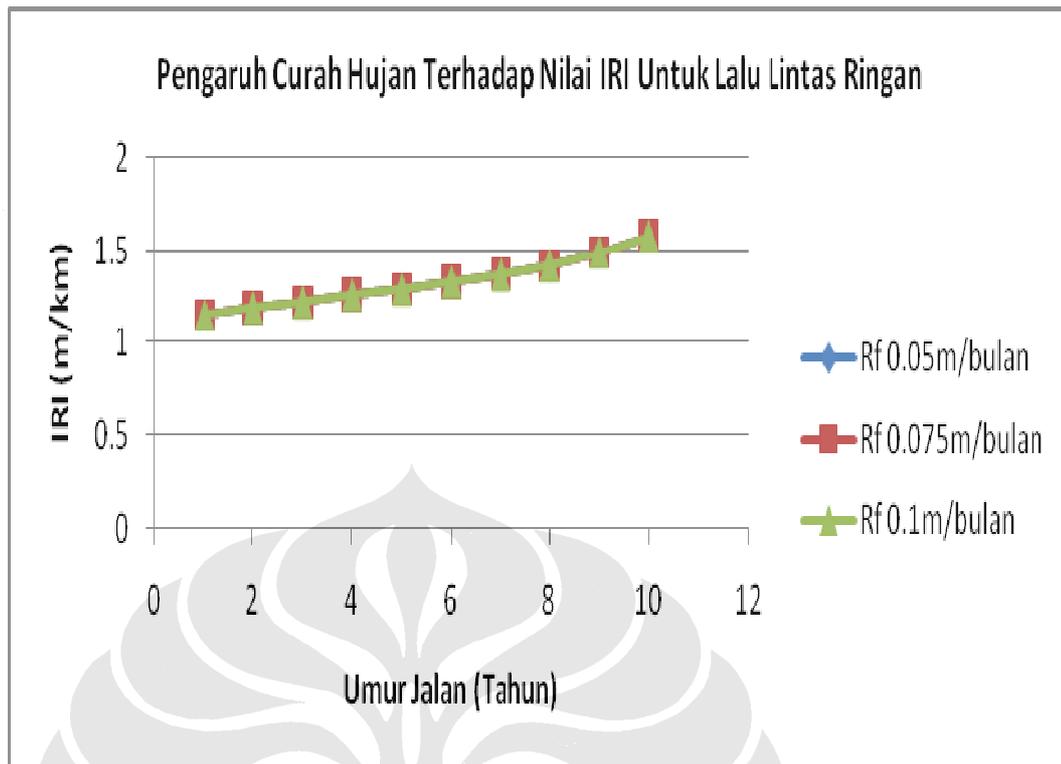
IV.4.3 Analisa Pada Lalu Lintas Ringan (*Normal Loading*)

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

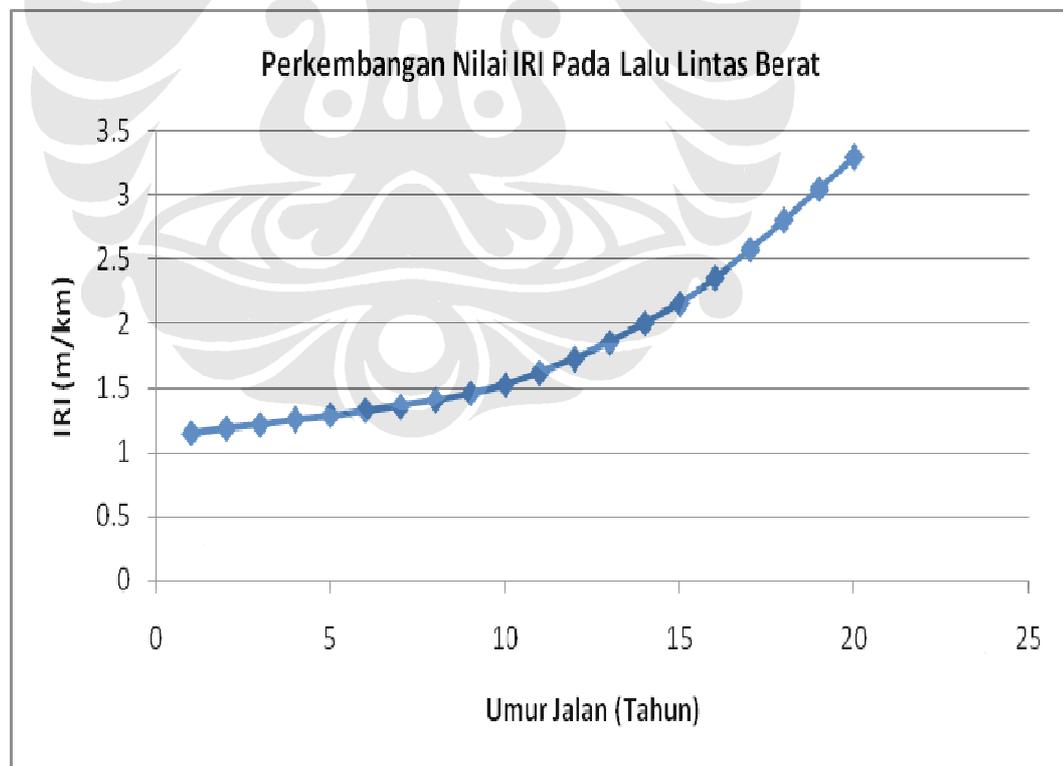
aliran hujan akan menggenangi sistem perkerasan jalan yang berpotensi menimbulkan kerusakan pada jalan. Jalan yang dibangun pada daerah dengan

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.

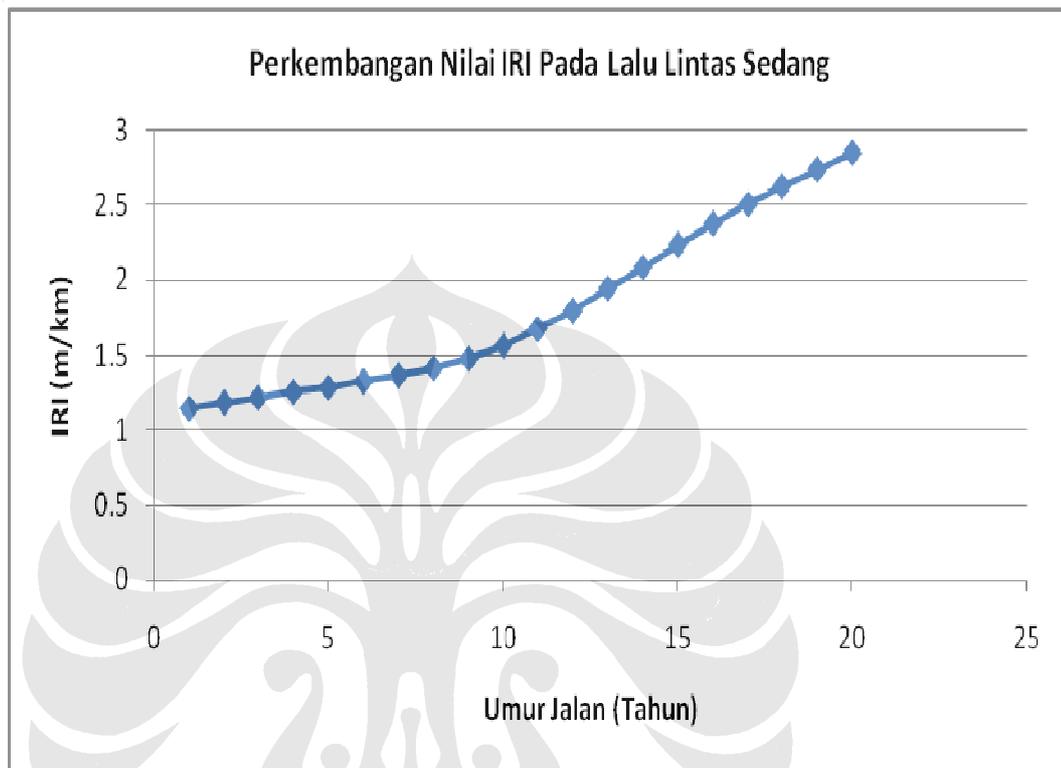
IV.5 ANALISA PERBANDINGAN PERKEMBANGAN IRI PADA MASING-MASING KLASIFIKASI LALU LINTAS

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



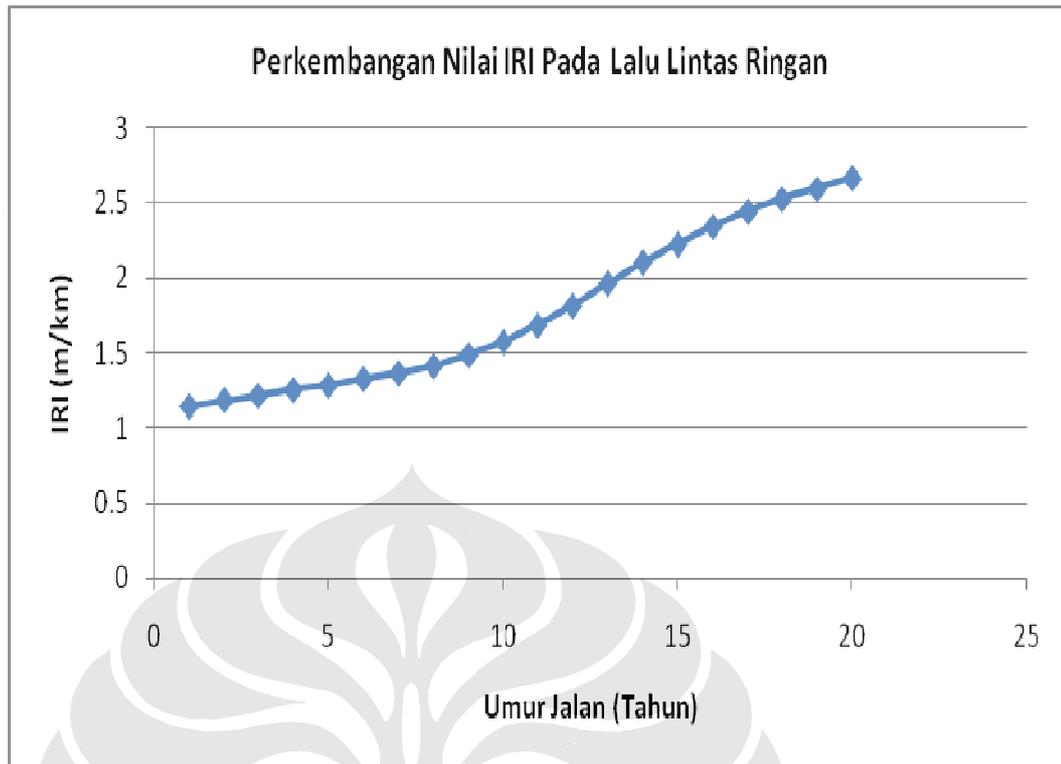
Gambar IV. 15 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Berat Selama Periode Analisa 20 Tahun

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



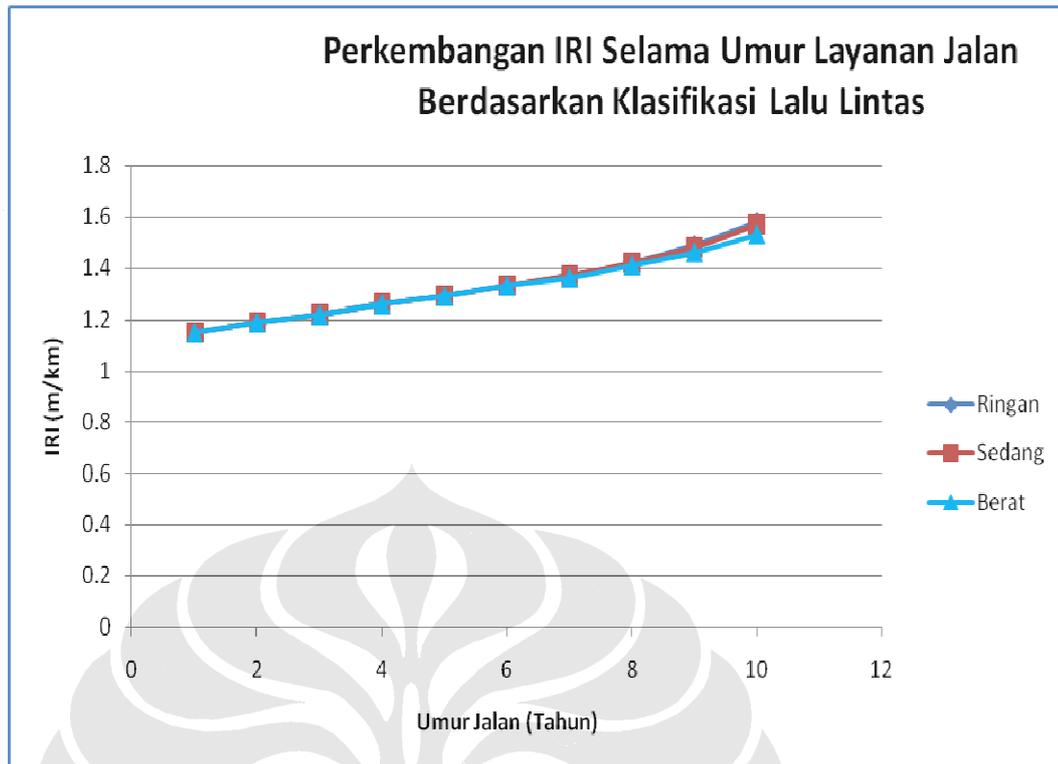
Gambar IV. 16 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Sedang Selama Periode Analisa 20 Tahun

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



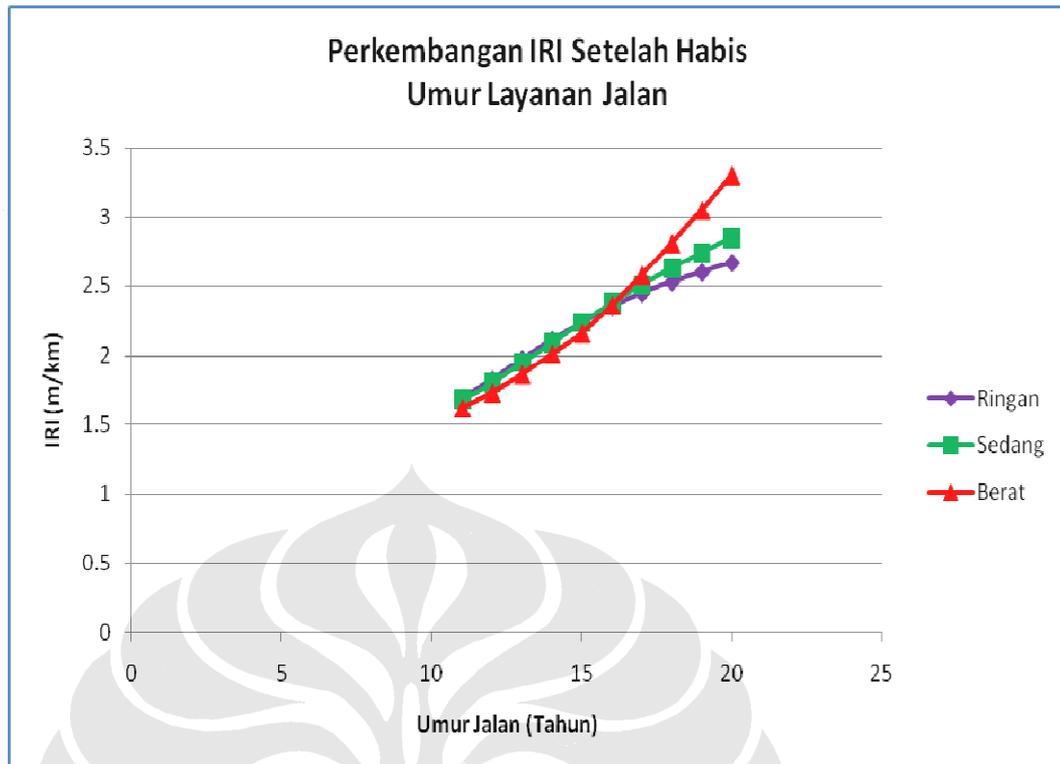
Gambar IV. 17 Perkembangan Nilai IRI Pada Lalu Lintas Ringan Selama Periode Analisa 20 Tahun

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)

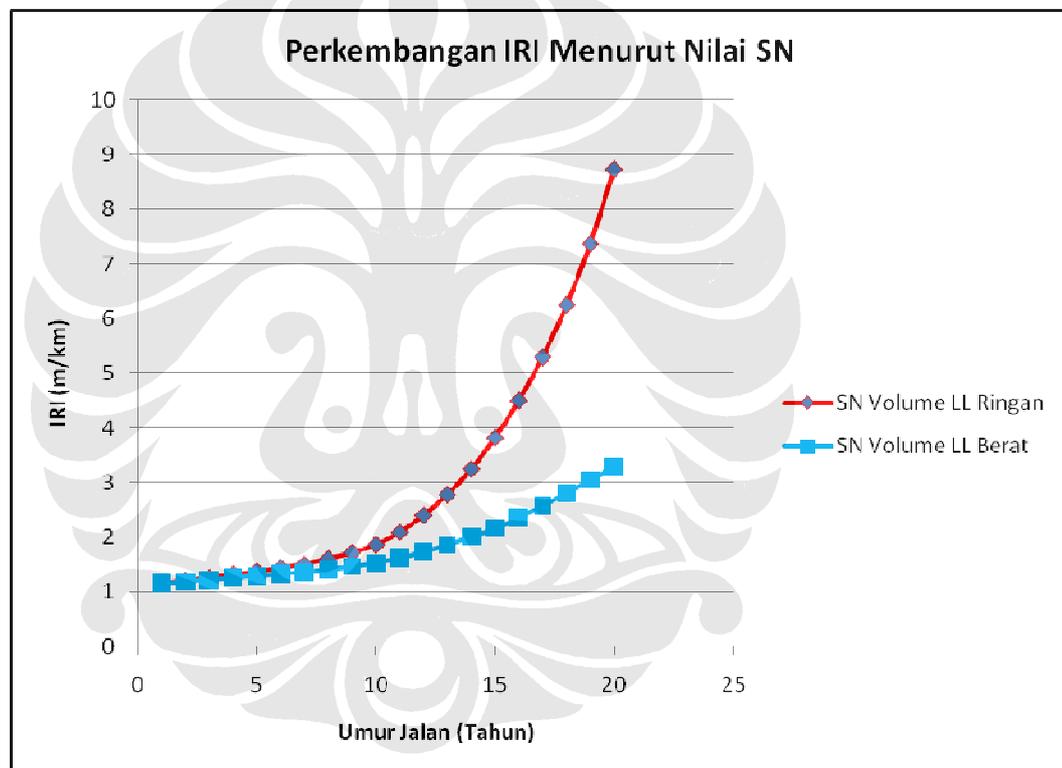
Pembebanan yang Dilakukan :			Δ IRI (m/km)
Lalu Lintas Berat			
Umur Jalan (Tahun)	SN = 3.9	SN = 2.1	
1	1.15	1.15	0
2	1.21	1.19	0.02
3	1.26	1.22	0.04
4	1.32	1.26	0.06
5	1.37	1.29	0.08
6	1.44	1.33	0.11
7	1.51	1.36	0.15
8	1.61	1.41	0.2
9	1.72	1.46	0.26
10	1.86	1.53	0.33
11	2.09	1.62	0.47
12	2.4	1.73	0.67
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*)

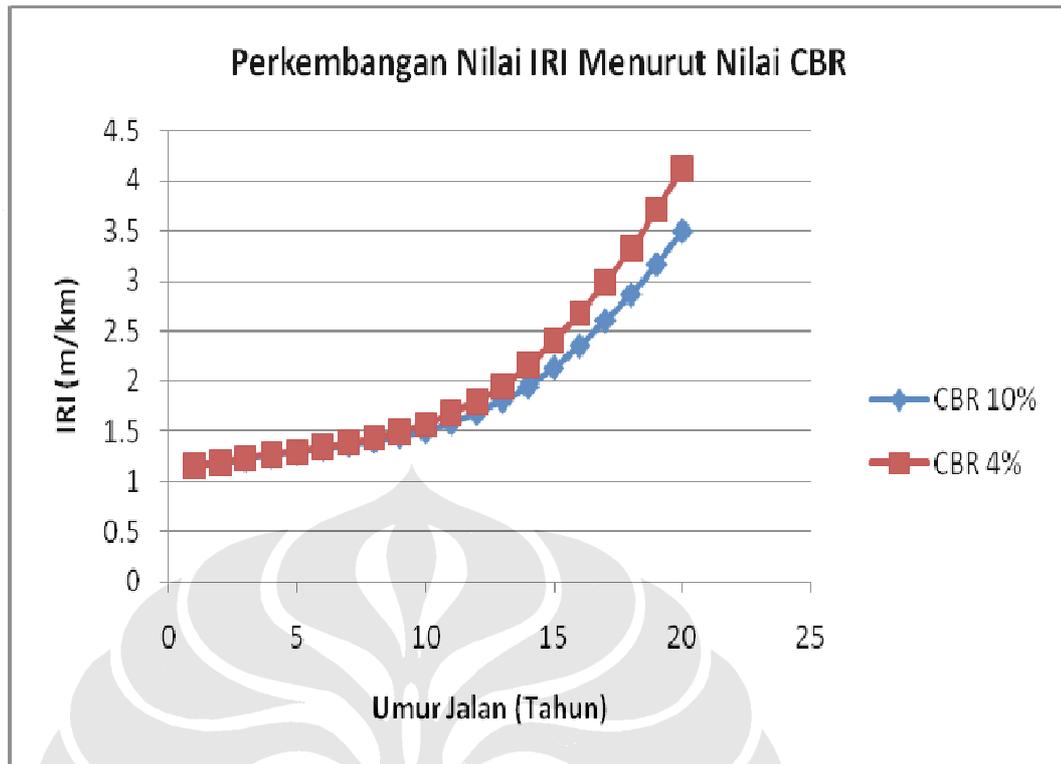
IV.7 Analisa Pengaruh Ketidaksesuaian Nilai CBR Terhadap *Structural Number*

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.