

PERHITUNGAN NILAI IRI MENGGUNAKAN MODEL IRRE DENGAN SIMULASI BERBAGAI VARIASI KONDISI PERMUKAAN

Oleh

Effendi Radia, R. Anwar Yamin, Kurniadji

RINGKASAN

Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter penting dalam manajemen pemeliharaan jalan, oleh karena itu karakteristik kekasaran itu penting untuk dipahami. Selama ini tidak pernah diketahui sejauh mana pengaruh suatu bentuk dan dimensi profil tertentu dari permukaan jalan terhadap nilai kekasaran permukaan. Paper ini mendiskusikan pengaruh berbagai variasi bentuk dan dimensi profil permukaan terhadap nilai kekasaran permukaan jalan yang dinyatakan dalam IRI, dengan menggunakan model perhitungan IRI dari IRRE.

SUMMARY

Surface roughness is one of important parameters in road maintenance management, thus the characteristics of that roughness is important to be understood. During the past time, the affect of road surface form and it's dimation againts road surface roughness so far is unknown well. This paper tries to know the affect of variation of road surface form and it's dimation toward road surface roughness expressed in term of IRI, by use of IRRE calculation model of IRI.

I. PENDAHULUAN

Sistem manajemen pemeliharaan jalan dimaksudkan untuk meminimalkan total biaya transportasi. Komponen utama dari biaya transportasi adalah Biaya Operasi Kendaraan (BOK) yaitu 76% – 87%, dan factor utama yang berpengaruh terhadap Biaya

Operasi Kendaraan adalah kekasaran jalan (COX, 1986).

Kekasaran itu sendiri sifatnya segmental dan nilainya dapat diketahui melalui beberapa cara pengukuran, baik dengan alat ukur kekasaran tipe respon maupun dengan alat ukur kekasaran tipe profiler.

Prinsip pengukuran kekasaran dengan alat ukur kekasaran tipe respon adalah mencatat secara kumulatif respon *bumping* yang terjadi yang berbentuk gerakan vertikal, akibat kondisi profil memanjang permukaan perkerasan dan nilai IRI diperoleh melalui korelasi antara hasil pengukuran alat tersebut dengan hasil pengukuran alat ukur tipe *profiler* yang dianggap sebagai standar, sedangkan prinsip

pengukuran alat ukur kekasaran tipe *profiler* adalah mencatat data profil tiap interval tertentu, sehingga pada akhirnya data profil secara keseluruhan dapat diketahui. Kemudian nilai IRI didapat melalui suatu model perhitungan yang akan didiskusikan dalam tulisan ini.

1.1. Tujuan

Untuk mengetahui pengaruh berbagai variasi bentuk dan dimensi profil permukaan jalan terhadap nilai kekasarannya.

1.2 Ruang Lingkup

Data hasil pengukuran secara aktual di lapangan umumnya mempunyai bentuk yang tidak beraturan, sehingga hasil perhitungan dari data lapangan sulit untuk mengetahui berapa pengaruh suatu profil dengan dimensi dan kondisi tertentu terhadap besarnya nilai IRI. Untuk itu pada tulisan ini akan dilakukan perhitungan nilai IRI

dengan menggunakan data simulasi, dengan dimensi dan kondisi yang dapat dibuat ideal, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih baik, sejauh mana suatu profil dengan dimensi dan kondisi tertentu berpengaruh terhadap besarnya nilai IRI.

II. DESKRIPSI TEKNIK.

Untuk lebih memberikan gambaran yang lebih baik, selanjutnya akan diuraikan pengertian dari kekasaran dan dengan alat apa dan bagaimana pengukuran kekasaran dilakukan. Akan dijelaskan juga satuan kekasaran apa yang dijadikan sebagai acuan, yang merupakan satuan standar, yang dapat dimengerti oleh para praktisi jalan secara internasional dan bagaimana cara perhitungannya.

2.1. Pengertian Kekasaran

Kekasaran merupakan gambaran karakteristik profil memanjang permukaan perkerasan pada lintasan jejak roda yang dilewati. Kekasaran merupakan fenomena yang ditimbulkan akibat interaksi antara profil memanjang permukaan perkerasan dengan kendaraan yang melintas di atas permukaan perkerasan tersebut, sehingga kekasaran merupakan ekspresi kenyamanan berkendara. Makin tinggi nilai kekasaran, mengandung arti bahwa profil memanjang dari jalan tersebut sudah tidak rata.

Kekasaran didefinisikan sebagai distorsi dari permukaan perkerasan jalan yang menunjukkan asselerasi vertikal yang tidak diharapkan dan guncangan pada kendaraan dan pengendaranya yang berakibat tidak ekonomis, tidak aman dan tidak nyaman bagi pengendaranya (HUDSON 1981).

2.2. Alat Ukur Kekasaran

Ada berbagai alat ukur yang dapat mengukur kekasaran permukaan perkerasan jalan, tapi pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua tipe alat ukur kekasaran; yang pertama adalah alat ukur kekasaran tipe respon. Alat ukur kekasaran tipe respon dilengkapi dengan alat pencatat respon dinamik yang terjadi akibat profil memanjang suatu permukaan jalan, yang berbentuk guncangan pada badan kendaraan; contoh alat ukur tipe respon antara lain *Bump Integrator* dan *Roughness-Meter* NASRAA. Kemudian yang kedua adalah alat ukur kekasaran tipe *profiler*, alat ukur ini mengukur profil permukaan perkerasan jalan untuk suatu lintasan tertentu, kemudian nilai kekasaran dihitung dengan menggunakan model matematik, dimana model matematik tersebut merupakan simulasi dari alat ukur tipe respon; contoh alat ukur tipe profiler adalah *Dipstick Floor Profiler*.

Kekasaran dapat dinyatakan dalam berbagai satuan, tergantung alat ukur/institusi yang membuatnya. Kekasaran NASRAA-Meter dinyatakan dalam satuan (count/km), sedangkan nilai IRI dari *Dipstick Floor Profiler* dinyatakan dalam satuan (m/km); makin tinggi nilainya, menyatakan kondisi perkerasan makin tidak rata.

2.3. International Roughness Index (IRI)

Berkaitan dengan hasil pengukuran kekasaran diperlukan suatu skala untuk mengkuantifikasikan hasil pengukuran tersebut. Pada mulanya tiap institusi/negara pembuat alat ukur kekasaran mempunyai system skala kekasaran masing-masing, sampai pada suatu saat dimana untuk proyek - proyek yang bersifat internasional, dirasakan perlu adanya suatu skala kekasaran yang dapat dimengerti dan diterima oleh semua pihak. Dengan latar belakang tersebut, selanjutnya Bank Dunia membiayai suatu tim riset dari berbagai negara, Brazil, Inggris, Prancis, Amerika dan Belgia, yang dikenal dengan *International Road Roughness Experiment* (IRRE), untuk melakukan pengkajian guna menentukan skala kekasaran yang paling memuaskan. Dari hasil riset tersebut dipilihlah *International Roughness Index* (IRI), sebagai skala kekasaran (SAYERS et al., 1985,1986). Dengan kriteria stabil terhadap waktu, skala IRI dapat ditransfer ke skala pengukuran

kekasaran lain dan relevan, IRI sementara juga dapat diukur dengan berbagai cara pengukuran dari sebagian besar alat ukur *profilometric* oleh semua praktisi. Berdasarkan hasil penelitian, IRI juga memiliki korelasi kuat dengan opini subyektif berbagai alat ukur tipe respon.

IRI didefinisikan sebagai karakteristik profil memanjang dari suatu lintasan jejak roda. Hasil pengukuran profil selanjutnya dihitung dengan suatu model matematik, untuk menghasilkan nilai IRI. Nilai IRI dinyatakan dalam satuan meter per kilometer (m/km) atau millimeter per meter (mm/m). Akibat suatu profil permukaan perkerasan tertentu, maka kendaraan yang bergerak pada permukaan perkerasan tersebut akan menerima respon dinamis (goncangan); dalam hal ini model matematik perhitungan IRI tersebut merupakan simulasi dari respon dinamis suatu kendaraan referensi (dengan karakteristik tertentu) yang bergerak dengan kecepatan 80 km/jam (SAYERS et al., 1985).

2.4. Model Perhitungan IRI

Perhitungan IRI dilakukan dengan menyelesaikan empat variabel sebagai fungsi dari elevasi profil yang diukur.

Empat variabel ini mensimulasikan respon dinamis dari suatu kendaraan yang dijadikan sebagai referensi, yang melintas di atas suatu profil yang diukur.

Persamaan untuk empat variable diselesaikan untuk masing-masing titik elevasi yang diukur, kecuali untuk titik pertama. Slope rata-rata untuk 11 meter pertama (0.5 detik pada kecepatan 80 km/jam), digunakan sebagai variable awal dengan assigning nilai-nilai sebagai berikut :

$$Z_1' = Z_3' = (Y_a - Y_1) / 11 \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_2' = Z_4' = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$a = 11/dx + 1 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana Y_a adalah titik elevasi profil ke a , Y_1 adalah titik elevasi profil pertama, dan dx adalah interval sampel pengukuran, jadi untuk interval sampel $dx = 0,25$ m, maka untuk menyelesaikan slope awal dalam perhitungan nilai IRI, persamaan 1 akan menggunakan perbedaan antara elevasi titik ke 45 dengan elevasi titik pertama.

Selanjutnya empat persamaan berulang dipecahkan untuk masing-masing elevasi titik, dari 2 sampai dengan n ($n =$ jumlah elevasi titik yang diukur).

$$Z_1 = S_{11} X Z_1' + S_{12} X Z_2' + S_{13} X Z_3' + S_{14} X Z_4' + p_1 X Y' \dots\dots\dots(4)$$

$$Z_2 = S_{21} X Z_1' + S_{22} X Z_2' + S_{23} X Z_3' + S_{24} X Z_4' + p_2 X Y' \dots\dots\dots(5)$$

$$Z_3 = S_{31} X Z_1' + S_{32} X Z_2' + S_{33} X Z_3' + S_{34} X Z_4' + p_3 X Y' \dots\dots\dots(6)$$

$$Z_4 = S_{41} X Z_1' + S_{42} X Z_2' + S_{43} X Z_3' + S_{44} X Z_4' + p_4 X Y' \dots\dots\dots(7)$$

$$Y' = (Y_i - Y_{i-1})/dx, dk = \text{slope input} \dots\dots\dots(8)$$

$$Z_j' = Z_j \text{ dari posisi sebelumnya, } j = 1, 2, 3, 4 \dots\dots\dots(9)$$

Dan S_{ij} dan p_j adalah koefisien yang tetap untuk suatu interval sampel tertentu dx . Jadi untuk persamaan 4 – 7 dipecahkan untuk masing-masing posisi sepanjang lintasan yang diukur. Setelah dipecahkan untuk suatu posisi, selanjutnya persamaan 9 digunakan untuk menentukan nilai Z_1' , Z_2' , Z_3' , dan Z_4' untuk posisi berikutnya. Juga untuk masing-masing posisi nilai Rectified Slope (RS) untuk masing-masing profil dihitung dengan rumus berikut :

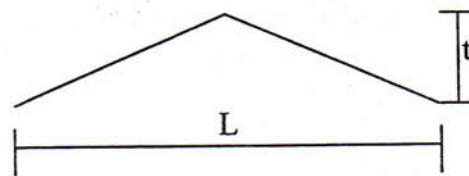
$$RS = \text{absolute } (Z_3 - Z_1) \dots\dots\dots(10)$$

Nilai IRI statistic merupakan rata-rata variable RS sepanjang permukaan yang diukur di lapangan. Jadi setelah persamaan tersebut di atas dipecahkan untuk semua elevasi titik yang diukur, nilai IRI dihitung dengan rumus berikut :

$$IRI = 1/(n-1) \sum_{i=2} RS_i \dots\dots\dots(11)$$

I. SIMULASI PERHITUNGAN NILAI IRI

Simulasi perhitungan nilai IRI, dilakukan untuk data suatu permukaan, yang diasumsikan berbentuk bidang datar sempurna, dimana di atas bidang datar sempurna tersebut terdapat profil-profil, dengan berbagai variasi tinggi profil (t), panjang profil (L) dan jarak bersih antar profil (a). Interval pengukuran untuk tiap set data adalah 0,3 m.



Gambar 1 : Bentuk dan Dimensi Profil

1.1. Nilai IRI Bila Ketebalan Profil Sebagai Variabel

Disini akan ditinjau suatu permukaan perkerasan yang datar sempurna, dimana di atas permukaan tersebut profil-profil yang sambung menyambung sepanjang permukaan perkerasan yang ditinjau, posisi antara profil satu dengan profil lainnya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar-2 (jarak bersih antar profil = 0). Akan ditinjau

tinggi profil (t) sebagai variabel, selanjutnya panjang profil (L) ditetapkan.

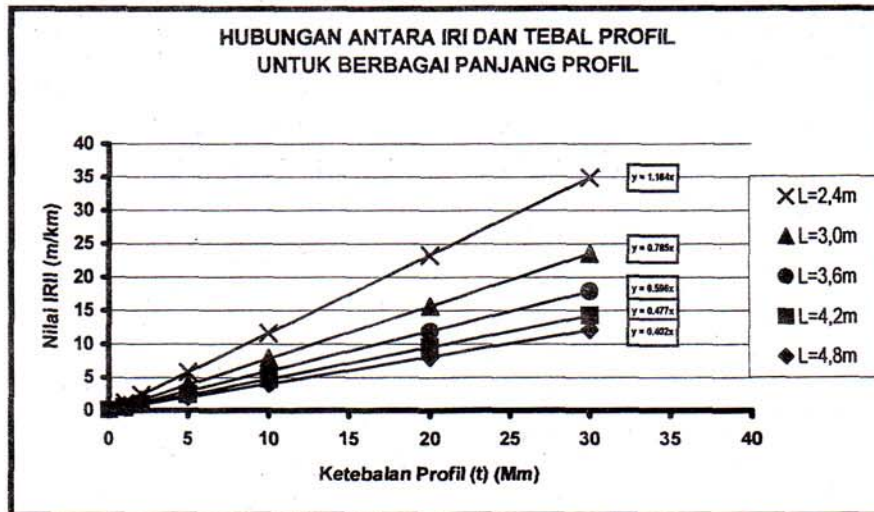
Selanjutnya Nilai IRI dihitung sesuai dengan cara perhitungan sebagaimana diuraikan pada bagian 2.4, dengan t sebagai variabel, sedangkan L ditetapkan. Hasil perhitungan sebagai mana ditunjukkan pada Tabel 1 dan secara grafis ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 2. Tinjauan Asumsi Posisi Antar Profil

Tabel 1
Hasil Perhitungan Nilai IRI dengan t sebagai variable.

Teb. Profil (t) (mm)	Nilai IRI Untuk Variasi Panjang Profil (L) (m/km)				
	$L = 2,4$ m	$L = 3,0$ m	$L = 3,6$ m	$L = 4,2$ m	$L = 4,8$ m
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	1,164	0,785	0,596	0,477	0,403
2	2,329	1,569	1,192	0,955	0,886
5	5,822	1,569	2,980	2,386	2,016
10	11,643	3,924	5,959	4,773	4,033
20	23,261	15,694	11,919	9,546	8,065
30	34,929	23,541	17,878	14,318	12,098



Gambar 3 Grafik Hasil Perhitungan IRI Untuk t Sebagai Variabel

1.2. Nilai IRI Bila Panjang Profil Sebagai Variabel

Bila panjang profil ditentukan sebagai variabel, maka tebal profil ditetapkan. Posisi masing-masing profil adalah sama, antara profil yang satu dengan lainnya adalah sambung menyambung. Hasil perhitungan sebagaimana diperlihatkan

pada Tabel 2 dan grafik pada Gambar 4.

Masing-masing garis pada Gambar 4, dapat didekati dengan bentuk polynomial, masing-masing untuk $t = 1$ mm, sampai dengan $t = 7$ mm, yaitu sebagai berikut :

$$t = 1 \text{ mm} : Y = X^3 / (-2,50 + 4,90.X + 1,63.X^2 - 2,94.X^3 + 1,02.X^4) \dots\dots\dots (12)$$

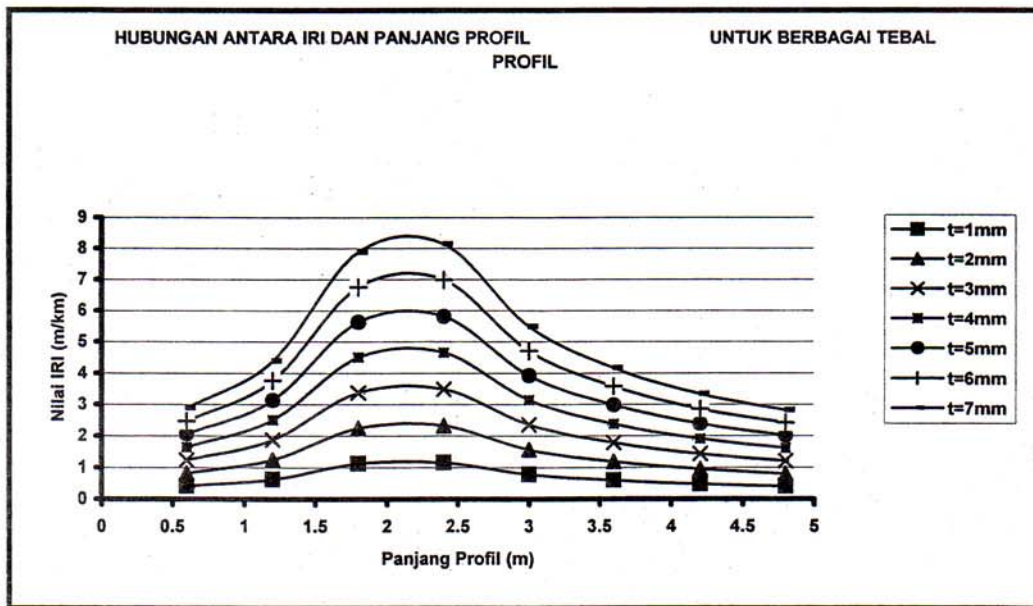
$$t = 2 \text{ mm} : Y = X^3 / (-1,25 + 2,46.X + 0,81.X^2 - 1,47.X^3 + 0,51.X^4) \dots\dots\dots (13)$$

$$t = 3 \text{ mm} : Y = X^3 / (-0,84 + 1,64.X + 0,54.X^2 - 0,98.X^3 + 0,34.X^4) \dots\dots\dots (14)$$

Tabel 2

Hasil Perhitungan Nilai IRI dengan L sebagai variabel

Panj. Profil (m)	Nilai IRI Untuk Berbagai Panjang Profil (L) (m/km)						
	t=1mm	t=2mm	t=3mm	t=4mm	t=5mm	t=6mm	t=7mm
0,6	0,412	0,834	1,236	1,650	2,062	2,472	2,884
1,2	0,627	1,254	1,881	2,508	3,135	3,762	4,389
1,8	1,126	2,252	3,378	4,504	5,630	6,756	7,882
2,4	1,164	2,328	3,492	4,656	5,820	6,984	8,148
3,0	0,785	1,570	2,355	3,140	3,925	4,710	5,495
3,6	0,596	1,192	1,788	2,384	2,980	3,576	4,172
4,2	0,477	0,954	1,431	1,908	2,385	2,862	3,339
4,8	0,403	0,806	1,209	1,612	2,015	2,418	2,821



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan IRI Untuk L sebagai Variabel

$$t = 4 \text{ mm} : Y = X^3 / (-0,63 + 1,23.X + 0,40.X^2 - 0,73.X^3 + 0,26.X^4) \dots\dots\dots (15)$$

$$t = 5 \text{ mm} : Y = X^3 / (-0,50 + 0,98.X + 0,33.X^2 - 0,59.X^3 + 0,20.X^4) \dots\dots\dots (16)$$

$$t = 6 \text{ mm} : Y = X^3 / (-0,42 + 0,82.X + 0,27.X^2 - 0,49.X^3 + 0,17.X^4) \dots\dots\dots (17)$$

$$t = 7 \text{ mm} : Y = X^3 / (-0,36 + 0,69.X + 0,24.X^2 - 0,42.X^3 + 0,15.X^4) \dots\dots\dots (18)$$

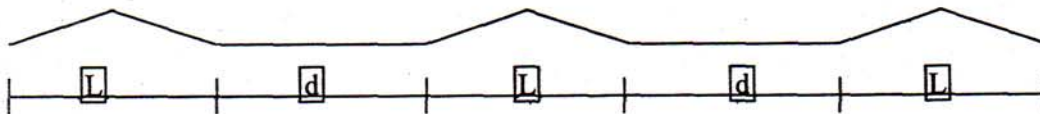
1.3. Nilai IRI Bila Jarak Bersih Antar Profil Sebagai Variabel

Bila jarak bersih antar profil sebagai variable, maka tebal dan panjang profil ditetapkan. Jarak bersih antar profil dimaksudkan bahwa antara profil satu dengan profil lainnya ada suatu permukaan datar dengan jarak tertentu, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5.

Sebagai gambaran untuk melihat bagaimana pengaruh jarak bersih antar profil, maka kondisi yang akan ditinjau yaitu pada panjang profil L

= 2,4 m dan tebal profil 2 mm, 4mm dan 6 mm, dengan hasil perhitungan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel-3 dan grafik pada Gambar-6.

Untuk menganalisis jarak bersih antar profil sebagai variabel, ada kondisi lain yang akan ditinjau yaitu bila bentuk profil adalah setengah penuh, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar-7. Panjang $\frac{1}{2} L$ adalah 1,2 m dan t yang ditinjau masing-masing 2 mm, 4 mm dan 6 mm. Hasil perhitungan nilai IRI sebagaimana diperlihatkan pada Tabel-4, dan grafik pada Gambar-8.

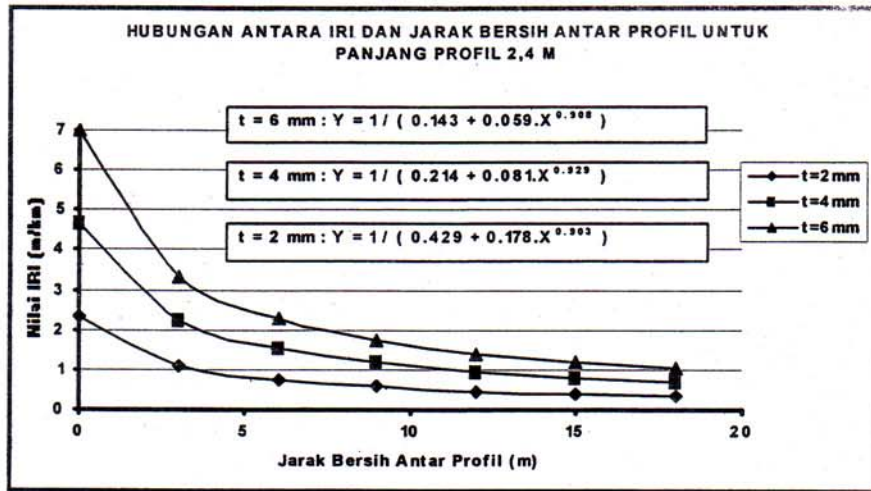


Gambar 5 Tinjauan Posisi Antar Profil, dimana Ada Jarak Bersih Antar Profil (d)

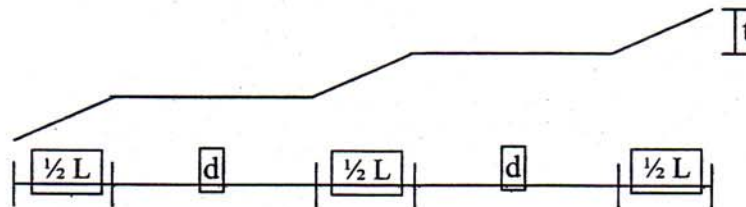
Tabel-3:

Hasil Perhitungan IRI dengan d Sebagai Variabel untuk profil penuh

Jarak Bersih Antar Profil (m)	Nilai IRI Untuk Panjang Profil 2,4 m (m/km)		
	$t = 2 \text{ mm}$	$t = 4 \text{ mm}$	$t = 6 \text{ mm}$
0	2.329	4.656	6.984
3	1.112	2.225	3.337
6	0.754	1.551	2.263
9	0.574	1.177	1.723
12	0.466	0.948	1.397
15	0.401	0.813	1.203
18	0.351	0.71	1.049



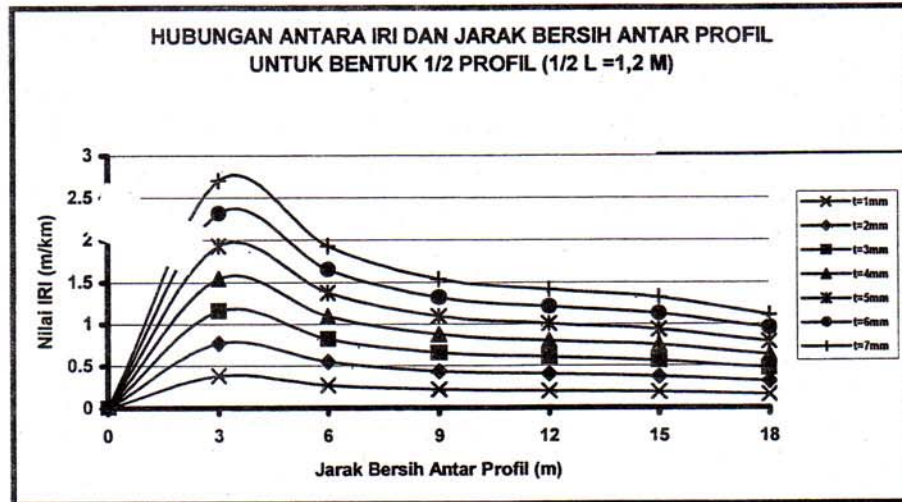
Gambar 6 Grafik Hasil Perhitungan IRI Untuk d Sebagai Variabel



Gambar-8 : Tinjauan Posisi Antar Profil, dimana Ada Jarak Bersih Antar Profil (d)

Tabel 4.
Hasil Perhitungan IRI dgn d Sebagai Variabel untuk profil ½ penuh.

Jarak Bersih Antar Profil (m)	Nilai IRI Untuk Berbagai Panjang Profil (L) (m/km)						
	t=1mm	t=2mm	t=3mm	t=4mm	t=5mm	t=6mm	t=7mm
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,386	0,772	1,158	1,544	1,930	2,317	2,702
6	0,275	0,550	0,825	1,099	1,375	1,649	1,925
9	0,220	0,439	0,659	0,879	1,098	1,318	1,537
12	0,202	0,404	0,606	0,808	1,010	1,212	1,414
15	0,188	0,377	0,565	0,753	0,941	1,130	1,318
18	0,159	0,318	0,477	0,637	0,795	0,955	1,113



Gambar 8 Grafik Hasil Perhitungan IRI Untuk d Sebagai Variabel Untuk Profil 1/2 Penuh

Seperti grafik pada Gambar-4, grafik pada Gambar-7, juga mempunyai bentuk umum polynomial, dengan persamaan untuk $t = 1\text{mm}$ sampai dengan $t = 7\text{ mm}$ adalah sebagai berikut :

Untuk $t = 1\text{ mm}$: $Y=X^3/(25,22-69,67.X+46,1.X^2-2,10.X^3+0,14.X^4)$ (19)

Untuk $t = 2\text{ mm}$: $Y= X^3/(4,67-12,89.X+8,60.X^2-0,39.X^3+0,03.X^4)$ (20)

Untuk $t = 3\text{ mm}$: $Y=X^3/(25,22-69,67.X+0,46.X^2-2,10.X^3+0,14.X^4)$ (21)

Untuk $t = 4\text{ mm}$: $Y=X^3/(8,32-22,96.X+15,25.X^2-0,70.X^3+0,05.X^4)$ (22)

Untuk $t = 5\text{ mm}$: $Y=X^3/(8,92-24,64.X+16,43.X^2-0,74.X^3+0,05.X^4)$ (23)

Untuk $t = 6\text{ mm}$: $Y=X^3/(9,57-26,44.X+17,63.X^2-0,8.X^3+0,05.X^4)$ (24)

Untuk $t = 7\text{ mm}$: $Y=X^3/(11,54-31,84.X+21,13.X^2-0,98.X^3+0,06.X^4)$ (25)

II. EVALUASI

Dari hasil perhitungan nilai IRI untuk ketebalan profil sebagai variable, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel-1 dan grafik pada Gambar-3, Untuk panjang profil $L = 2,4\text{ m}$, maka

tangen garis tersebut adalah 1,64, bila tebal profil $t = 1\text{ mm}$, maka nilai IRI = 1,164 m/km; bila tebal profil t untuk suatu panjang profil $2,4\text{ m} = 5\text{ mm}$, maka nilai IRI = $5 \times 1,164\text{ m/km}$ demikian seterusnya; jadi nilai

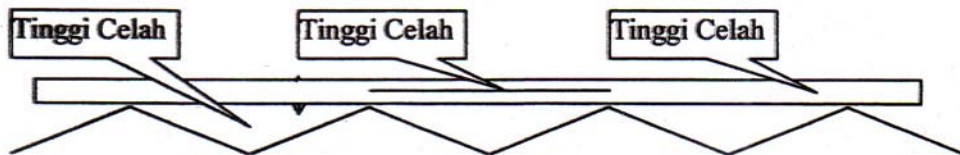
IRI untuk suatu panjang profil L tertentu berbanding langsung dengan tebal profil tersebut. Jadi nilai IRI untuk suatu ketebalan profil (t) tertentu berbeda, tergantung pada panjang masing-masing profil. Korelasi antara IRI dengan tebal profil, mempunyai bentuk persamaan garis lurus, sehingga nilai IRI untuk suatu ketebalan t adalah perkalian antara tangen persamaan garis lurus pada panjang profil tersebut dengan tebal profil. Nilai tangen atau koefisien garis tersebut merupakan ekspresi dari panjang profil.

Bila panjang profil ditentukan sebagai variabel, maka korelasi antara IRI dengan panjang profil mempunyai bentuk persamaan polynomial, dimana tingkat kecembungan garis ditentukan oleh tebal profil. Pada kondisi ini ada suatu panjang profil optimum, dimana nilai IRI menjadi maksimum. Nilai IRI pada profil yang sangat panjang, akan mendekati nol,

sebagaimana terlihat pada grafik pada Gambar-4.

Selanjutnya bila di atas profil permukaan pada Gambar-2, diletakkan mistar peluruus, dengan cara sebagaimana diperlihatkan pada Gambar-9, kemudian dilakukan pengukuran terhadap celah terbesar dan panjang cekungan dibawah mistar pelurus, sepanjang profil yang ditinjau, maka dengan menggunakan rumus-rumus pada grafik sebagaimana diperlihatkan pada Gambar-3, nilai IRI profil tersebut dapat dihitung.

Tabel 3 dan grafik pada Gambar 6 adalah hasil perhitungan nilai IRI, bila jarak bersih antar profil d dijadikan sebagai variabel. Dari grafik tersebut terlihat korelasi antara nilai IRI dengan d mempunyai bentuk umum persamaan garis geometric, dimana kelandaian garis ditentukan oleh tebal profil. Selanjutnya pada Tabel-4 dan Grafik pada Gambar 8, merupakan hasil perhitungan nilai



Gambar 9 Tinjauan Asumsi Posisi Antar Profil

IRI, bila d dijadikan sebagai variabel, tetapi untuk bentuk profil $\frac{1}{2}$ penuh. Dari grafik tersebut terlihat korelasi antara nilai IRI dengan d mempunyai bentuk umum persamaan garis polynomial, dimana kecembungan garis ditentukan oleh tebal profil untuk suatu panjang profil tertentu. Dari garis tersebut terlihat bila $d = 0$, maka nilai IRI = 0. Bila variabel $d = 0$, maka bentuk permukaan merupakan bidang miring yang rata sempurna; jadi pada bidang miring yang mempunyai permukaan rata sempurna, baik berbentuk tanjakan ataupun turunan mempunyai nilai IRI = 0, sama dengan bidang datar sempurna.

III. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1. Kesimpulan

1. Korelasi antara nilai IRI dengan tebal profil berbentuk persamaan garis lurus dengan, dengan kemiringan tertentu yang merefleksikan panjang profil.
2. Korelasi antara nilai IRI dengan panjang profil berbentuk persamaan garis polynomial, dengan kecembungan tertentu yang ditentukan oleh tebal profil.
3. Korelasi antara nilai IRI dengan jarak bersih antar profil, untuk profil penuh berbentuk persamaan geometric, dimana kelandaian garis merefleksikan tebal profil

untuk suatu panjang profil tertentu.

4. Korelasi antara nilai IRI dengan jarak bersih antar profil, untuk bentuk profil $\frac{1}{2}$ penuh berbentuk persamaan garis polynomial, dengan kecembungan garis yang merefleksikan ketebalan profil, untuk suatu panjang profil tertentu.
5. Nilai IRI untuk suatu bidang miring, yang mempunyai permukaan rata sempurna, baik berbentuk tanjakan maupun turunan adalah nol.

3.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian, kemungkinan pengukuran kekasaran dengan menggunakan mistar pelurus, untuk suatu permukaan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan grafik pada Gambar-3, dengan mencatat celah terbesar dan panjang cekungan dibawah mistar pelurus.

DAFTAR PUSTAKA

- Cox, J.B. and Rolt, J.R. (1986), An Integrated Approach to Pavement Design Based on HDM-III Pavement Performance and Vehicle Operating Cost Relationships, Proceeding of ARRB – 5th REAAA Conference, Vol. 13, Part 4, Australian Road Research Board, p. 135-149.

- HUDSON, W.R., (1981), Road Roughness : Its Element and measurement, Transportation Research Record 836, Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
- SAYERS, M.W., GILLESPIE, T.D., PATERSON, W.D.O. (1985), Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper No. 64, Washington, D.C, USA.
- SAYERS, M.W., GILLESPIE, T.D., QUEIROZ, C.A.V. (1986), A Basis for Establishing a Standard Scale For Road Roughness Measurement, The International

Road Roughness Experiment,
Transportation Research Board,
Washington, D.C., USA.

Penulis :

- **Ir. Effendi Radia, MT.**, Staff Balai Bahan Perkerasan Jalan, Pusat Ltbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
- **DR. Ir. R. Anwar Yamin, MSc.** Peneliti Madya, Pusat Ltbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum
- **Ir. Kurniadji, MT.** Peneliti, pada Pusat Ltbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum