



# DASAR DASAR PENENTUAN KALIBRASI DAN STANDARISASI ROUGHOMETER

M. Furqon Affandi.

## RINGKASAN

*Dalam tulisan ini dibahas prinsip dan metoda kalibrasi dari standarisasi roughometer.*

*Macam alat roughometer ini ada beberapa buah, yaitu: Bump Integrator, NAASRA Roughometer, Towed fifth wheel bump integrator dan Mays meter 0.2 di mana hasilnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengukuran, kondisi dan jenis kendaraan yang dipergunakan, sifat dan jenis alat roughometer, sehingga mutlak diadakan kalibrasi dan standarisasi.*

*Dan juga dibahas, alat yang dijadikan standard untuk standarisasi.*

## SUMMARY

*The standardization and calibration are discussed in this paper. Type of Roughometer instrument are; Bump Integrator, NAASRA Roughometer, Towed fifth wheel bump integrator and Mays meter 0.2, where the result is influenced by speed of measurement, condition and type of vehicle which is used, type of roughometer instrument, so that very important to make calibration and standardization.*

*And also is discussed, instrument for standardization.*

Dengan semakin meluasnya program pembinaan jalan, maka penanganan jalan juga harus dapat dilakukan dengan cepat dan tepat. Dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu dan sumber daya terutama dana, dirasakan perlu adanya ketepatan tingkat penanganan maupun prioritas.

Kondisi permukaan jalan, merupakan hal yang besar pengaruhnya terhadap biaya operasi kendaraan. Dengan menurunnya nilai kondisi jalan, maka biaya operasi kendaraan akan naik dengan sangat berarti.

Dengan demikian sistem pengukuran kondisi jalan merupakan hal yang penting bagi penunjang perencanaan umum penanganan jalan.

Pengukuran kondisi jalan dengan alat "ROUGHOMETER" merupakan suatu pengukuran yang cukup obyektif, karena tidak seperti pengamatan visual yang besar kemungkinannya dipengaruhi oleh sifat subyektifitas dan latar belakang pengetahuan para penilainya.

Pengukuran kondisi jalan yang baik, dapat memberikan informasi dan kegunaan-kegunaan sebagai berikut:

- Untuk menentukan biaya pemeliharaan bagi suatu daerah.
- Untuk membandingkan kondisi-kondisi jalan dari wilayah yang berbeda.
- Untuk mengetahui letak dan tingkat kerusakan jalan dari suatu ruas tertentu.

## ROUGHOMETER

Alat roughometer yang digunakan untuk pengukuran kondisi jalan ini, ada bermacam-macam type antara lain:

- Bump Integrator
- NAASRA Roughometer
- Towed fifth wheel bump integrator
- Mays meter 02

Type alat yang paling banyak digunakan di Indonesia ialah alat NAASRA (National Association of Australian State Road Authority) Roughometer, yang pemasangannya dan pengoperasiannya sangat sederhana.

Alat ini dipasang pada lantai kendaraan bagian belakang, dan prinsip kerjanya ialah mengukur pergerakan dinamis vertikal antara as belakang dan body kendaraan yang sedang bergerak maju. Dengan demikian hasil pengukuran roughometer ini dipengaruhi oleh faktor-faktor:

- kecepatan pengukuran
- kondisi dan jenis kendaraan alat pengukur
- sifat dan jenis alat roughometer, serta
- kondisi jalan yang diukur

Karena itu, kalibrasi dan standarisasi "ALAT ROUGHOMETER" mutlak diperlukan untuk mendapatkan korelasi antara masing-masing alat roughometer, serta mempunyai suatu standar yang sama tentang hasil pengukuran lapangan, sehingga



input yang diterima dapat mempunyai kegunaan seperti yang telah disebutkan di depan.

## KALIBRASI

Kalibrasi roughometer mencakup beberapa hal, dan di bawah ini diuraikan methoda serta pengaruh pengukuran terhadap kalibrasi tersebut.

### Analisa data

Analisa ini mencakup pengaruh profil permukaan jalan dan pengaruh kecepatan pengukuran.

Methoda analisa profil permukaan jalan ada 3 (tiga) macam yaitu:

1. A moving average datum curve
2. Root mean square of vertical elevation (RMSVE)
3. Root mean square of deviation (RMSD)

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap ketiga methoda di atas, ternyata methoda RMSD telah memberikan hasil yang baik di samping methodanya sendiri cukup sederhana, dibanding dengan methoda lainnya. Karena itu dalam uraian ini hanya dibicarakan mengenai methoda RMSD saja.

### Methoda Root mean square of deviation (RMSD).

Methoda ini cukup sederhana seperti dikemukakan sebelumnya, yaitu didasarkan pada deviasi dari persamaan garis lurus untuk suatu "panjang dasar" tertentu, yang selanjutnya menghitung "akar rata-rata kwadrat" (*root mean square*) dari deviasi tersebut.

Untuk suatu "panjang dasar" tertentu (mis:1) dengan jumlah titik pengukuran profil  $n$ , persamaan garis lurus dapat dinyatakan dengan  $Y = a + bX$  dan selanjutnya RMSD dihitung sebagai berikut:

$$RMSD_L = \sqrt{\frac{\sum D_i^2}{n}}$$

Bila panjang jalur percobaan terdiri dari  $N$  buah "panjang dasar" dengan masing-masing panjang dasar 1, maka RMSD dari jalur percobaan itu adalah:

$$RMSD = \sqrt{\frac{(RMSD_L)^2}{N}}$$

di mana :

- $D_i$  = deviasi dari setiap titik pengukuran profil
- $L$  = panjang dasar
- $RMSD_L$  = Root mean square of deviation dari jalur percobaan dengan panjang dasar 1
- $RMSD$  = Root mean square of deviation dari sepanjang jalur percobaan yang terdiri dari  $N$  buah "panjang dasar".
- $n$  = jumlah titik pengukuran profil dari satu panjang dasar.

Nilai RMSD dari satu "ruas percobaan" tergantung pada "panjang dasar" nya (1), serta jarak pembacaan antara titik pengukuran profil.

Pada pengukuran kalibrasi nantinya, tentu harus ditentukan satu "panjang dasar" dan interval jarak pengukuran profil di mana penentuan ini berkaitan dengan cara pengukuran roughnessnya.

### Pengaruh Pengukuran Roughness.

Pengukuran roughness seperti disebutkan di atas, merupakan perjumlahan pergerakan vertikal antara as dan body kendaraan, karena itu kecepatan pengukuran merupakan suatu faktor yang mempengaruhi hasil roughnessnya sendiri di samping jenis alat yang digunakan.

Untuk kalibrasi ini TRRL telah melakukan percobaan lapangan dengan berbagai alat roughometer dan berbagai kecepatan pengukuran dimulai dari 20 km/jam, 32 km/jam, 50 km/jam sampai 80 km/jam.

Alat roughometer yang digunakan dalam kaitannya dengan kalibrasi ini adalah :

- TRRL towed fifth wheel bump integrator
- Bump integrator
- Naasra
- Mays meter O2

Berikut ini disajikan hubungan kecepatan pengukuran dengan nilai RMSD dari jalur-jalur percobaan pada berbagai panjang dasar dan interval pembacaan profil yang dinyatakan pada nilai  $R^2$  nya.

**20 Km/hr**

| 100mm INTERVAL |       |       |       |       |       |       | 300mm INTERVAL |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | 2.6m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.1m  |
| TRAILER        | 0.922 | 0.922 | 0.917 | 0.921 | 0.913 | 0.874 | TRAILER        | 0.924 | 0.912 | 0.898 |
| CAR BI         | 0.967 | 0.970 | 0.968 | 0.963 | 0.957 | 0.934 | CAR BI         | 0.974 | 0.968 | 0.964 |
| NAASRA         | 0.965 | 0.968 | 0.966 | 0.961 | 0.956 | 0.933 | NAASRA         | 0.973 | 0.967 | 0.963 |
| MM-02          | 0.964 | 0.964 | 0.961 | 0.955 | 0.947 | 0.922 | MM-02          | 0.965 | 0.959 | 0.957 |

| 200mm INTERVAL |       |       |       |       |       | 500mm INTERVAL |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.6m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 2.0m  | 2.5m  | 3.0m  |
| TRAILER        | 0.925 | 0.919 | 0.916 | 0.919 | 0.910 | TRAILER        | 0.901 | 0.897 | 0.883 | --    |
| CAR BI         | 0.963 | 0.967 | 0.964 | 0.958 | 0.950 | CAR BI         | 0.957 | 0.947 | 0.927 | 0.908 |
| NAASRA         | 0.962 | 0.966 | 0.963 | 0.957 | 0.949 | NAASRA         | 0.958 | 0.948 | 0.927 | 0.908 |
| MM-02          | 0.954 | 0.959 | 0.954 | 0.947 | 0.937 | MM-02          | 0.949 | 0.935 | 0.915 | 0.894 |

**32 Km/hr**

| 100mm INTERVAL |       |       |       |       |       |       | 300mm INTERVAL |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | 2.6m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.1m  |
| TRAILER        | 0.938 | 0.950 | 0.947 | 0.949 | 0.946 | 0.922 | TRAILER        | 0.952 | 0.948 | 0.940 |
| CAR BI         | 0.957 | 0.970 | 0.974 | 0.975 | 0.975 | 0.967 | CAR BI         | 0.973 | 0.980 | 0.975 |
| NAASRA         | 0.956 | 0.971 | 0.975 | 0.975 | 0.977 | 0.968 | NAASRA         | 0.974 | 0.982 | 0.976 |
| MM-02          | 0.944 | 0.958 | 0.965 | 0.966 | 0.966 | 0.963 | MM-02          | 0.959 | 0.970 | 0.965 |

| 200mm INTERVAL |       |       |       |       |       | 500mm INTERVAL |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.6m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 2.0m  | 2.5m  | 3.0m  |
| TRAILER        | 0.952 | 0.951 | 0.950 | 0.952 | 0.947 | TRAILER        | 0.940 | 0.942 | 0.933 | --    |
| CAR BI         | 0.971 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | CAR BI         | 0.969 | 0.970 | 0.963 | 0.953 |
| NAASRA         | 0.972 | 0.975 | 0.976 | 0.975 | 0.976 | NAASRA         | 0.971 | 0.973 | 0.966 | 0.955 |
| MM-02          | 0.959 | 0.960 | 0.963 | 0.962 | 0.963 | MM-02          | 0.958 | 0.962 | 0.957 | 0.946 |

**50 Km/hr**

| 100mm INTERVAL |       |       |       |       |       |       | 300mm INTERVAL |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | 2.6m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 1.8m  | 2.1m  |
| TRAILER        | 0.916 | 0.931 | 0.919 | 0.954 | 0.953 | 0.923 | TRAILER        | 0.932 | 0.929 | 0.930 |
| CAR BI         | 0.937 | 0.958 | 0.962 | 0.965 | 0.970 | 0.961 | CAR BI         | 0.959 | 0.972 | 0.967 |
| NAASRA         | 0.931 | 0.955 | 0.961 | 0.967 | 0.973 | 0.972 | NAASRA         | 0.955 | 0.972 | 0.966 |
| MM-02          | 0.913 | 0.937 | 0.945 | 0.952 | 0.957 | 0.960 | MM-02          | 0.933 | 0.953 | 0.945 |

| 200mm INTERVAL |       |       |       |       |       | 500mm INTERVAL |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| Panjang dasar  | 1.6m  | 1.8m  | 2.0m  | 2.2m  | 2.4m  | Panjang dasar  | 1.5m  | 2.0m  | 2.5m  | 3.0m  |
| TRAILER        | 0.912 | 0.931 | 0.921 | 0.955 | 0.952 | TRAILER        | 0.920 | 0.913 | 0.886 | --    |
| CAR BI         | 0.960 | 0.965 | 0.967 | 0.968 | 0.973 | CAR BI         | 0.963 | 0.970 | 0.967 | 0.962 |
| NAASRA         | 0.961 | 0.963 | 0.968 | 0.972 | 0.976 | NAASRA         | 0.964 | 0.978 | 0.977 | 0.973 |
| MM-02          | 0.943 | 0.943 | 0.948 | 0.954 | 0.958 | MM-02          | 0.941 | 0.958 | 0.958 | 0.959 |



Dari hasil percobaan tersebut, ternyata perhitungan  $R^2$  untuk semua kombinasi panjang dasar dan interval pembacaan profil jalan, untuk keempat jenis alat pengukuran roughness ini, tiga di antaranya menunjukkan korelasi dengan baik pada kecepatan pengukuran 32 km/jam dibanding pada kecepatan pengukuran lainnya yaitu 20 dan 50 km/jam. Hal ini sangat menguntungkan pengukuran selanjutnya, karena pada kecepatan 32 km/jam, pengemudi akan lebih mudah mengatur kecepatan kendaraannya secara konstan dan menghilangkan gangguan percepatan yang mungkin timbul. Karena itu kecepatan pengukuran standar ditentukan 32 km/jam, mengingat kecepatan tersebut memberikan nilai  $R^2$  yang paling baik dibanding kecepatan lainnya.

Berikut ini disajikan, ringkasan nilai  $R^2$  yang paling baik, untuk tiga interval pengukuran dan tiga panjang dasar, pada kecepatan pengukuran 32 km/jam.

| Profil Interval         | 100 mm |       |       | 200 mm |       |       | 300 mm |       |       |
|-------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Panjang dasar           | 2.0    | 2.2   | 2.4   | 1.8    | 2.0   | 2.2   | 1.5    | 1.8   | 2.1   |
| Rata <sup>2</sup> $R^2$ | 0.965  | 0.966 | 0.966 | 0.965  | 0.966 | 0.966 | 0.965  | 0.970 | 0.964 |

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai terbaik dari nilai rata-rata  $R^2$  tersebut, ialah pada panjang dasar 1,8 m dengan jarak pengukuran profil 300 mm yang memberikan nilai  $R^2 = 0,970$ .

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka standar kalibrasi yang digunakan ialah pada kecepatan pengukuran 32 km/jam, dengan panjang dasar 1,8 meter dan jarak pengukuran profil setiap 300 mm.

## STANDAR INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX (S I R I)

Sampai sejauh ini, uraian yang terdahulu mengkhuskan hubungan kalibrasi yang baik antara profil jalan dengan roughometer.

Hal lain yang tidak kalah pentingnya ialah untuk menetapkan sebuah skala standar roughness yang berlaku umum di seluruh dunia, karena seperti diketahui nilai suatu roughness tergantung pada alat roughometer, dan kecepatan pengukuran, serta jenis kendaraan yang dipergunakan.

Seperti telah diketahui pada hubungan kalibrasi, bahwa profil suatu jalan dapat dinyatakan dengan nilai RMSD nya yang terbukti pula telah memberikan nilai korelasi yang baik dengan roughometer.

Di samping itu RMSD merupakan suatu nilai yang "tetap" dari suatu profil jalan, oleh karena itu RMSD dapat digunakan sebagai suatu karakter pada standar roughness index.

Namun demikian RMSD kurang mudah difahami umum, dan mempunyai nilai penyebaran yang relatif kecil yaitu kurang lebih antara 0,3 mm sampai 7 mm.

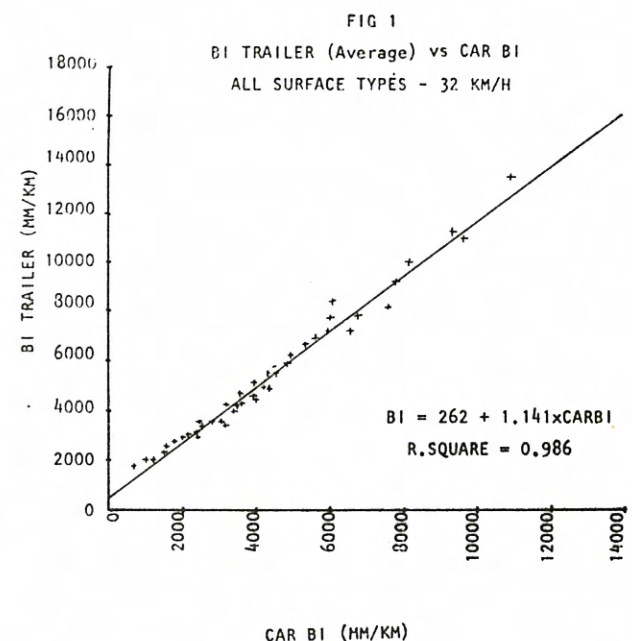
Yang paling populer pada pengukuran RMSD ini, ialah besaran roughnessnya yang didasarkan pada gerakan dinamis vertical dari suatu alat pengukuran.

Nilai pengukuran dari berbagai alat roughness dari suatu ruas jalan tidak dapat dibandingkan begitu saja, mereka membutuhkan penyesuaian pada suatu skala standar yang biasanya dinyatakan dalam inch/km atau mm/km. TRRL telah merencanakan Towed Bump Integrator sebagai suatu standar pengukuran pergerakan vertical yang mana karakteristiknya sudah diketahui dan sudah banyak digunakan di belahan dunia dengan hasil pengukuran dalam mm/km.

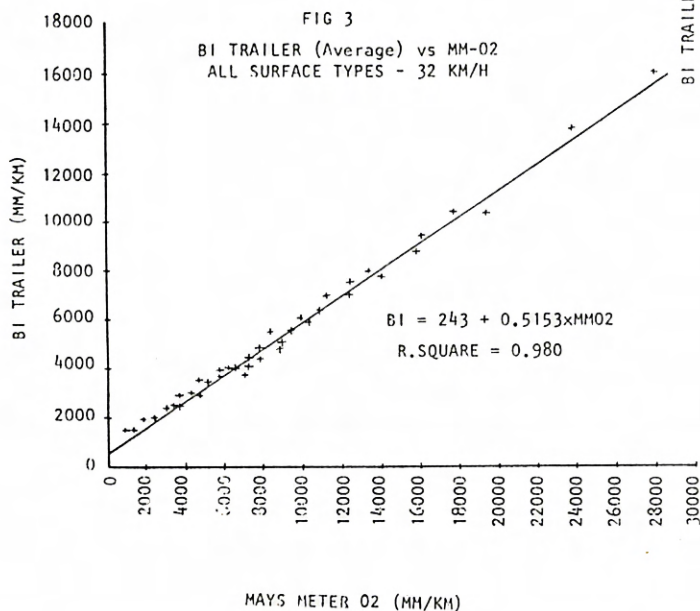
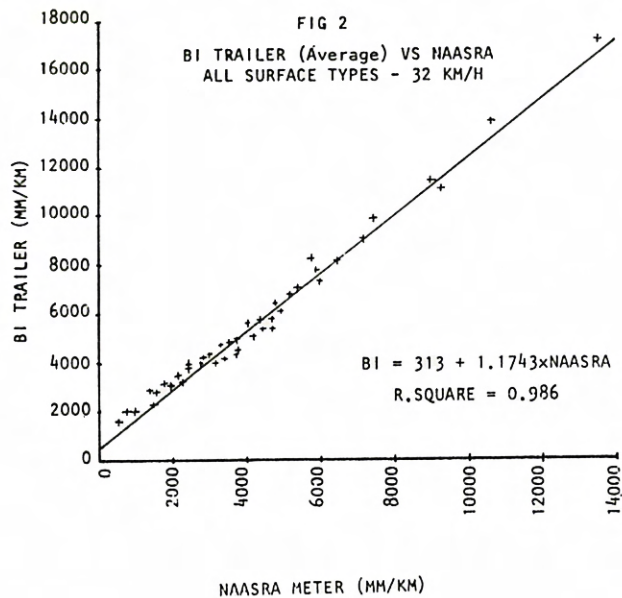
Tetapi TRRL Towed Bump Integrator sendiri tidak bisa dianggap sebagai system yang standar, namun demikian suatu persamaan dari RMSD untuk mengetahui equivalent TRRL Towed Bump Integrator merupakan suatu persamaan yang dapat diterima sebagai standar pengukuran roughness.

Satu hal lain yang penting tentang dipilihnya TRRL Towed Bump Integrator ini, ialah karena dia mempunyai korelasi yang baik dengan berbagai jenis alat pengukuran roughness.

Berikut ini diperlihatkan tingkat korelasi dari TRRL Towed Bump Integrator dengan alat Roughometer lainnya.







Berdasarkan hal-hal di atas tadi, maka TRRL Bump Integrator digunakan sebagai standar persamaan pengukuran roughness. Persamaan yang menyatakan hubungan antara TRRL Towed Bump Integrator dengan nilai RMSD dinyatakan dalam persamaan kwadrat, sehingga nilai  $R^2$  nya = 0,961 yang diukur pada kecepatan 32 km/jam.

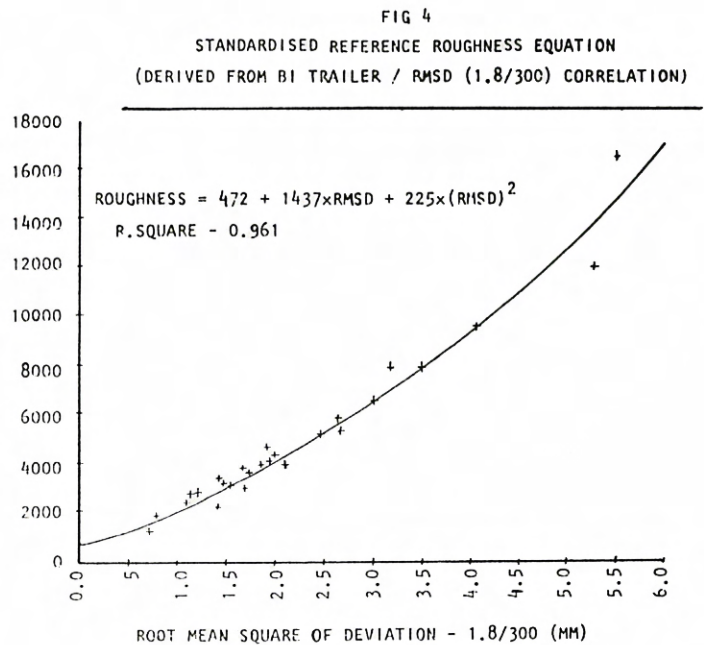
Persamaan SIRI dengan RMSD adalah sebagai berikut:

$$SIRI = 472 + 1437 (RMSD_{1,8/300}) + 225 (RMSD_{1,8/300})^2$$

dimana :

- SIRI = Standar International Roughness Index (mm/km)  
RMSD = Root Mean Square of Deviation(mm)  
1,8/300 = Panjang dasar 1,8 meter, dengan jarak pembacaan profil 300 mm.

lihat gb 4.



## PROSEDUR KALIBRASI DAN STANDARISASI

Prosedur kalibrasi, ialah pertama-tama memilih sejumlah jalur jalan percobaan yang panjangnya masing-masing antara 200-300 m, yang mencakup nilai roughness dari yang kecil sampai yang besar dengan jumlah jalur percobaan minimum 10 buah.

Selanjutnya bagian dalam jalur roda kendaraan (yang dekat dengan bahu jalan) dari jalur percobaan tersebut diukur profilnya dengan interval pengukuran 300mm, panjang dasar 1,8 m dengan menggunakan alat TRRL beam pro filometer atau alat lain yang kemampuannya setara.

Dari hasil pengukuran tersebut, dihitung RMSD untuk masing-masing jalur percobaan, dengan menggunakan rumus RMSD seperti yang telah diuraikan di depan. Selanjutnya ruas-ruas jalur percobaan tersebut diukur dengan alat roughometer yang akan dikalibrasi pada kecepatan 32 km/jam dan hasilnya dinyatakan dalam mm/km.

Dari pasangan nilai RMSD dan roughness untuk masing-masing jalur percobaan, dibuat persamaan garis lurus  $Y = a + b X$ , dengan RMSD sebagai variabel X dan nilai roughness sebagai Y. Persamaan tersebut merupakan kalibrasi antara RMSD dengan alat roughometer tersebut.

Pengukuran routine roughness dengan alat tersebut sudah dapat dimulai dan hasilnya dapat distandarkan (menjadi SIRI) dengan cara mensubstitusikan setiap hasil pengukuran roughness di lapangan pada persamaan  $Y = a + b X$  di atas, dan harga X yang didapat (yang menyatakan RMSD ruas tsb) dimasukkan pada persamaan SIRI, untuk menghasilkan nilai Standar International Roughness Index.

$$\text{SIRI} = 472 + 1437 (\text{RMSD}_{1,8/300}) + 225(\text{RMSD}_{1,8/300})^2$$

#### TRRL BEAM PROFILOMETRY

TRRL beam profilometry adalah alat pengukur profil jalan yang dikembangkan oleh TRRL untuk kalibrasi dan standarisasi.

Prinsip alat ini ialah mengukur profil jalan, dengan jarak pembacaan setiap 100 mm dari suatu garis horizontal, dengan panjang pengukuran untuk setiap kali pengukuran adalah  $2 \times 1,8$  m. Alat ini dilengkapi dengan pencatat, penghitung dan printer yang digerakkan secara electric, sedangkan pengukurannya digerakkan secara manual.

Perhitungan yang dilakukan ialah menghitung RMSD dari masing-masing "panjang dasar" dan komulatifnya, sehingga RMSD dari suatu jalur percobaan dapat dihitung dengan mudah. Selanjutnya persamaan garis lurus tentang kalibrasi dan standarisasi roughness dapat dilakukan di alat itu.

Alat ini cukup praktis dan kecil, sehingga mudah dibawa ke tempat-tempat yang memerlukan kalibrasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. S.W.Abaynayaka and Linda Parsley; Proposal for road roughness calibration and standardisation; TRRL.
2. J.B.Cox and T. Gentles; Measurement of road condition and the introduction of NAASRA meters, Indonesia.
3. Scalla A.J and Potter D.W; Measurement of road roughness. Internal Report ATM 1, Aust. RRB.
4. John B Cox B.E (Hons), ME; The Necessity of Pavement Roughness Measurements for Pavements Management Systems in Indonesia. Konferensi Tahunan Teknik Jalan ke 2.

#### Penulis:

*Ir. M. Furqon Affandi, lulusan Jurusan Sipil ITB th. 1974, dan Pasca Sarjana Jalan Raya (Non Degree) PU-ITB th. 1976, bekerja di PT. Indec sejak th. 1976, dan di Pusat Litbang Jalan sejak th. 1979. Saat ini diperbantukan pada PT. Bina Karya untuk pekerjaan supervisi proyek IBRD.*