

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada saat sekarang ini umumnya terdiri atas tiga jenis, yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. (Sukirman, S. 2003).

Pada dasarnya perkerasan jalan menurut Sukirman (1999), merupakan perpaduan antara campuran kerikil dan pasir dengan bahan pengikat semen atau aspal, berdasarkan bahan pengikatnya. Setiap struktur perkerasan jalan akan mengalami proses pengrusakan secara progresif sejak jalan pertama kali dibuka untuk lalu lintas. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan suatu metode untuk menentukan kondisi jalan agar dapat disusun program pemeliharaan jalan yang akan dilakukan.

#### **2.2 Kerusakan Jalan**

Secara garis besar kerusakan pada jalan terbagi menjadi dua yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional. Kerusakan struktural, adalah kerusakan dari satu atau lebih komponen struktur perkerasan jalan yang mengakibatkan perkerasan jalan tidak lagi mampu mendukung beban lalu lintas, serta keamanan dan kenyamanan pengguna jalan menjadi terganggu sehingga menyebabkan biaya operasi kendaraan semakin meningkat. Untuk itu perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan dengan cara pemberian lapisan ulang (*Overlay*).

Sedangkan kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan terganggunya fungsi jalan tersebut. Kerusakan ini dapat

berhubungan atau tidak dengan kerusakan struktural. Pada kerusakan fungsional biasanya perkerasan jalan masih mampu menahan beban yang bekerja, namun tidak mampu memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan yang diinginkan. Contoh kerusakan fungsional yang menurunkan tingkat kenyamanan pengguna jalan adalah kerusakan tekstur jalan yang menyebabkan meningkatnya resiko tergelincir pengguna jalan saat menikung di permukaan jalan yang rusak.

### **2.3 Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan**

Kerusakan pada perkerasan jalan dapat disebabkan oleh banyak faktor antara lain beban kendaraan yang berlebih (*overload*), kurangnya pemeliharaan secara berkala, kurangnya daya dukung tanah dan tidak sesuainya antara perencanaan dengan hasil lapangan. Oleh sebab itu perlunya perencanaan, pemeliharaan serta pengawasan jalan secara berkala untuk menjaga kualitas jalan itu sendiri.

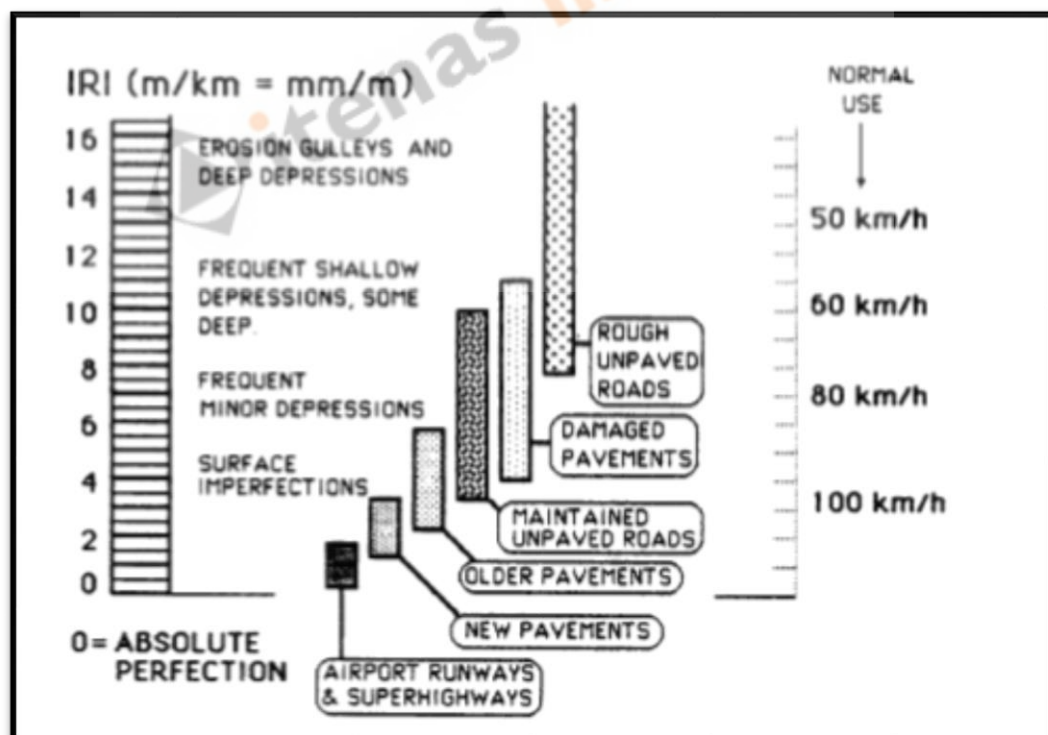
Evaluasi kondisi perkerasan jalan dilakukan terhadap dua aspek yaitu kondisi fungsional dan kondisi struktural. Kondisi fungsional berkaitan dengan dampak yang dirasakan oleh pengguna jalan meliputi ketidakrataan (*roughness*), alur (*rut depth*) dan kekesatan (*skid resistance*). Kondisi struktural berkaitan dengan kemampuan perkerasan mendukung beban lalu lintas selama umur rencana (Saputro, 2015). Suherman (2008) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ketidakrataan permukaan jalan memberikan pengaruh terhadap kenyamanan berkendara (*riding quality*), sehingga perlu dilakukan pemeriksaan kondisi jalan secara berkala. Pemeriksaan tersebut dapat digunakan sebagai dasar program perencanaan pemeliharaan atau peningkatan jalan. Besarnya tingkat ketidakrataan permukaan jalan digunakan untuk mengetahui apakah suatu jalan memerlukan penanganan pemeliharaan ataupun peningkatan.

### **2.4 International Roughness Index (IRI)**

Nilai *International Roughness Index* (IRI) atau ketidakrataan permukaan adalah parameter ketidakrataan yang dihitung dari jumlah kumulatif naik turunnya permukaan arah profil memanjang dibagi dengan jarak permukaan yang diukur.

Pengukuran kekasaran permukaan jalan dibutuhkan karena ketidak sempurnaan geometri permukaan infrastruktur jalan akan menyebabkan getaran pada kendaraan pada saat melintasi jalan tersebut (Gillespie, 1992). Getaran pada kendaraan selanjutnya akan merambat ke tubuh pengendara atau penumpang sehingga akan mengurangi kualitas berkendara (Castisani dan Loprencipe, 2010).

Keunggulan dari IRI adalah stabil dari waktu ke waktu dan dapat digunakan hampir di seluruh dunia. IRI menjadi standar yang diakui untuk pengukuran kekasaran jalan. IRI pertama kali diperkenalkan oleh Bank Dunia pada tahun 1980 yang mengelompokkan metode pengukuran ketidakrataan berdasarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan nilai IRI yang tepat. Selanjutnya, ASTM mengembangkan standar ASTM-E-950-94 yang mengelompokkan alat ukur ketidakrataan permukaan jalan menjadi empat kelompok sesuai dengan akurasi dan metodologi yang digunakan dalam mengevaluasi IRI. Pada gambar 2.1 menunjukkan perkiraan nilai IRI di berbagai jenis perkerasan jalan.



**Gambar 2.1** Skala *International Roughness Index* (IRI)

Sumber: Sayers, dkk. (1986)

Alat pengukur ketidakrataan permukaan jalan secara umum dapat dibagi dalam empat tipe, yaitu:

1. Pengukuran langsung, yang mengukur kerataan permukaan secara langsung pada masing-masing jalur secara terpisah. Contoh: Balok pengukur sepanjang 3 meter dan *Laser Road Surface Tester* (LRST).
2. Pengukuran tidak langsung, yang mengukur profil memanjang jalan melalui rentang panjang gelombang. Contoh: *General Motor Research* (GMR) Profilometer.
3. Tipe *Response-type Road Roughness Measuring System* (RTRRMS) yang mengukur ketidakrataan permukaan jalan dengan menghubungkan pengukuran RTRRMS dengan perhitungan IRI dari suatu profil. Contoh: *Bump Integrator* dan aplikasi *smartphone*.
4. Kelompok penilai yang menilai kualitas permukaan perkerasan berdasarkan pedoman penilaian dan pengalaman pribadi.

Teknik pengukuran ketidakrataan jalan selama ini dilakukan dengan *scanner* laser yang dipasang pada sebuah truk atau wagon, *bump integrator*, atau bahkan secara manual dengan menggunakan *rolling straight edges*. Peralatan pengukuran ketidakrataan yang dibuat secara khusus tersebut memiliki harga yang mahal. Hal ini menyebabkan munculnya aplikasi *smartphone* yang praktis dan terhitung murah untuk digunakan di lapangan. Pengumpulan data ketidakrataan jalan dengan menggunakan *smartphone* termasuk dalam tipe RTRRMS (*Response-type Road Roughness Measuring Systems*) dapat dilakukan secara praktis dan tanpa terkendala masalah perubahan cuaca.

## 2.5 Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai IRI

Hasil dari perhitungan dan Pengelompokan klasifikasi kondisi jalan berdasarkan nilai IRI dapat disajikan dalam Tabel 2.1 Hubungan antara nilai IRI dengan klasifikasi kondisi jalan berdasarkan pedoman Bina Marga (2011).

**Tabel 2.1** Hubungan Nilai IRI dengan Kondisi Jalan.

Nilai IRI	Kondisi
< 4	Baik
4-8	Sedang
8-12	Rusak Ringan
>12	Rusak Berat

Sumber: Bina Marga (2011)

Hasil penilaian kondisi kerusakan jalan yang diperoleh untuk menentukan jenis penanganan jalan berupa Pemeliharaan Rutin (nilai IRI < 4), Pemeliharaan Berkala (nilai IRI 4-8), (nilai IRI 8-12) dan Peningkatan atau Rekonstruksi (nilai IRI > 12). Penentuan jenis penanganan jalan dari hasil penilaian kondisi kerusakan jalan dan penilaian kondisi permukaan jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Penentuan Jenis Penanganan Jalan.

IRI			
<4	4 – 8	8 – 12	>12
Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Rutin	Pemeliharaan Berkala	Peningkatan atau Rekonstruksi

Sumber: Bina Marga (2011)

Pemeliharaan Rutin adalah suatu pekerjaan yang mana kondisi jalannya mantap tetapi terdapat lubang kecil serta bahu jalan yang ditumbuhi rerumputan. Sedangkan pemeliharaan berkala adalah kondisi pekerjaan dimana ruas tersebut membutuhkan lapisan aspal atau *overlay* untuk mencegah agar kondisi jalan tetap baik.

Yang dimaksud dengan peningkatan atau rekonstruksi adalah kondisi pekerjaan dimana terdapat kerusakan di satu titik pada ruas yang sama. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa evaluasi dan perawatan kekasaran permukaan jalan yang teratur akan memberikan manfaat yang sangat besar bagi pengguna jalan.

## 2.6 Aplikasi Roadbump Pro

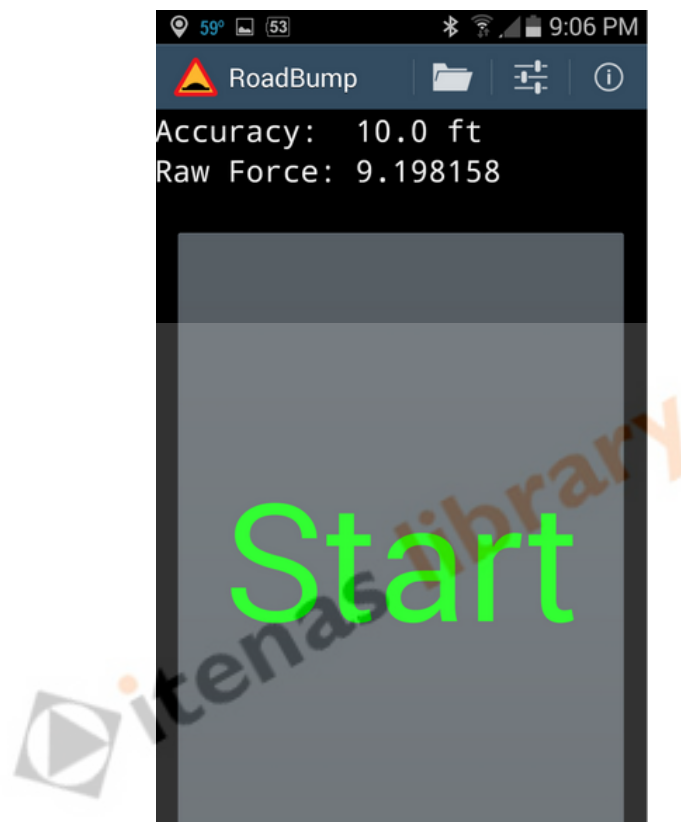
Roadbump Pro merupakan salah satu aplikasi *smartphone* berbasis Android yang dikembangkan oleh perusahaan Grimmer Software dengan bantuan konsultasi dari staff di Pusat Teknologi Aspal di Universitas Auburn dan departemen Teknik Sipil di Universitas Arkansas. Aplikasi Roadbump Pro ini berfungsi untuk mendapatkan nilai *International Roughness Index* (IRI) kondisi permukaan jalan. Aplikasi ini dapat digunakan dengan menggunakan sensor getaran di ponsel untuk mengumpulkan data kekasaran jalan yang dapat menjadi indikator kondisi jalan dengan cara efektif dan efisien (Grimmer Software, 2019).

Banyak peneliti yang tidak memiliki akses ataupun biaya untuk menggunakan alat pengujian yang digunakan untuk menguji kondisi permukaan jalan. Munculnya Roadbump Pro, memudahkan peneliti untuk menggunakan aplikasi ini sebagai salah satu alat pengujian evaluasi kondisi permukaan jalan. Roadbump Pro menggunakan sensor GPS dan akselerometer perangkat Android yang ada untuk mengukur kondisi jalan. Roadbump Pro menampilkan peta jalan yang diukur, dan memungkinkan untuk mengukur kekasaran jalan dari bagian mana pun dari jalur yang dilalui. Roadbump Pro menghasilkan grafik akselerometer nilai *International Roughness Index* (IRI) dari panjang segmen yang diuji. Grafik akselerometer menunjukkan tonjolan, penurunan, dan gelombang individu.

Dibandingkan dengan alat pengukur kekasaran jalan tipe 1, Roadbump Pro sangat mudah digunakan dengan biaya operasional yang murah. Sedangkan jika dibandingkan dengan tipe 4 yang bersifat subyektif maka Roadbump Pro sendiri bersifat secara objektif, dan memberikan koleksi data yang sangat baik serta dapat divisualisasikan pada peta Internet.

### 2.6.1 Cara Penggunaan Aplikasi Roadbump Pro

Penggunaan aplikasi Roadbump Pro sangatlah mudah, praktis dan efisien. Ketika aplikasi dinyalakan maka akan langsung terdapat tampilan layar seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini.



**Gambar 2.2** Tampilan Awal Aplikasi Roadbump Pro.

Aplikasi Roadbump Pro dapat bisa langsung digunakan ketika fitur GPS ponsel telah aktif dan siap membaca lokasi survey perhitungan. Setelah GPS aktif, maka selanjutnya aplikasi siap untuk digunakan dengan cara disimpan pada *dashboard* mobil yang akan digunakan untuk menelusuri lokasi perhitungan dimulai dari titik awal perhitungan hingga titik akhir perhitungan.

Dibutuhkan beberapa detik untuk kalibrasi GPS sebelum aplikasi benar-benar dapat membaca letak lokasi pengujian. Setelah GPS telah terkalibrasi dengan baik, maka akan muncul tombol *start* seperti pada gambar 2.2.

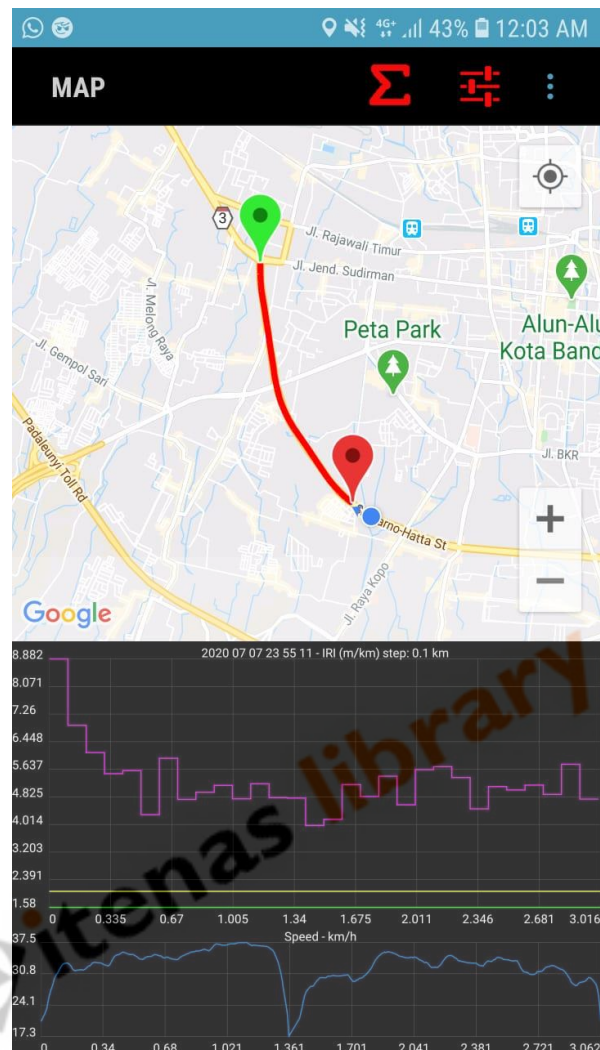
Dimulai dari titik awal perhitungan, tombol *start* pada layar ponsel harus segera ditekan, maka seketika tampilan tombol *start* berubah menjadi tampilan tombol dengan tulisan *stop* seperti pada Gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar 2.3** Tampilan Tombol *Stop*.

Setelah sampai pada titik akhir perhitungan, kendaraan yang digunakan saat survey harus segera berhenti dan disertai dengan menekan tombol *stop* pada layar ponsel. Tombol *stop* tidak boleh ditekan sebelum melewati titik akhir dari jalur perhitungan. Tombol *stop* lebih baik ditekan setelah kendaraan benar-benar dalam keadaan berhenti total di titik akhir perhitungan. Ketika tombol *stop* telah ditekan, maka aplikasi Roadbump Pro menyajikan tampilan data nilai IRI dari titik lokasi perhitungan yang telah direkam oleh aplikasi Roadbump Pro seperti yang tertera pada Gambar 2.4.



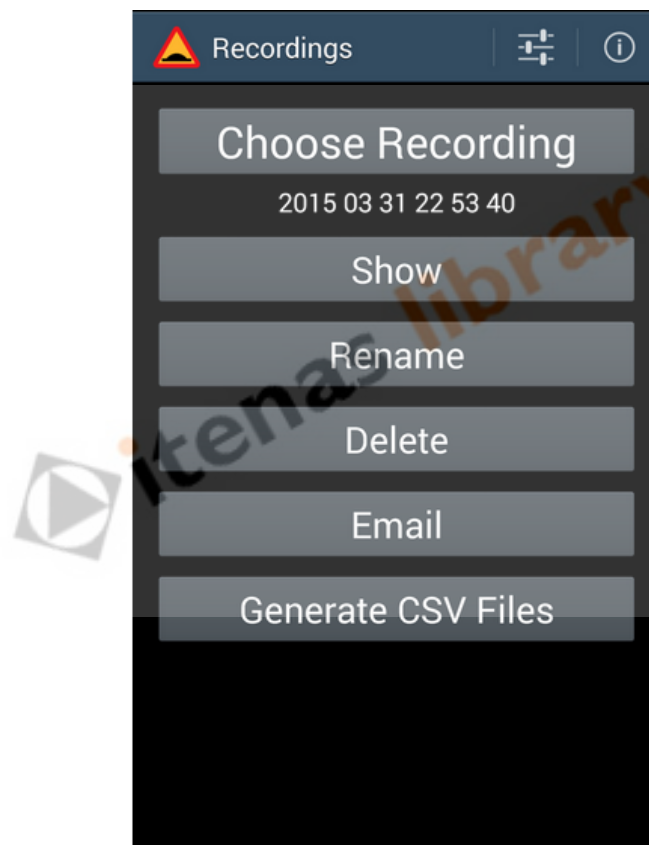


**Gambar 2.4** Data IRI Hasil Aplikasi Roadbump Pro.

Pengujian yang dilakukan dengan Roadbump Pro menunjukkan bahwa pengujian dapat memberikan hasil yang hampir mendekati atau sama baiknya dengan alat pengujian kondisi permukaan jalan lain. Roadbump Pro sendiri dapat memberikan data nilai *International Roughness Index* (IRI) yang konsisten dan objektif untuk pengambilan keputusan di lapangan. Oleh karena itu, Roadbump Pro hadir dengan menyediakan cara yang ekonomis untuk mengumpulkan data yang objektif sehingga keputusan yang didapat bisa sama baiknya dengan alat pengujian lain namun hemat secara biaya.

### 2.6.2 Tampilan Layar Dan Fungsinya

Terdapat 3 tampilan layar saat aplikasi Roadbump Pro digunakan, tampilan pertama seperti pada Gambar 2.3 adalah tampilan layar utama Roadbump untuk memulai pengujian, tampilan kedua seperti pada Gambar 2.4 adalah tampilan layar titik pengujian aplikasi dan lokasi gps ketika aplikasi dinyalakan beserta data IRI yang telah dihitung, semakin lama pengujian semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk memunculkan peta pengujian beserta jarak pengujian dan hasil perhitungannya.



**Gambar 2.5** Tampilan Layar Recordings

Pada Gambar 2.5 diatas, tampilan layar Recordings memuat beberapa pilihan untuk pengguna aplikasi yaitu:

1. Choose Recording, untuk memilih data dan titik yang sudah diuji pada pengujian sebelumnya.

2. Show, untuk membuka tampilan layar peta beserta data titik pengujian yang sudah dilaksanakan.
3. Rename, untuk mengubah nama data *file* pengujian sebelumnya.
4. Delete, untuk menghapus data *file* pengujian.
5. Email, adalah pilihan untuk menulis alamat e-mail pengguna aplikasi, ketika data sudah di generate, maka aplikasi akan mengirimkan data hasil konversi file MS Excel ke alamat e-mail yang sudah diisi pada pilihan ini.
6. Generate CSV Files, untuk mengkonversi data hasil pengujian menjadi file berformat MS Excel.

Data GPS pada titik pengujian direkam sekali setiap detik dan data akselerometer direkam sekitar 100 kali per detik. Data yang telah dikonversi oleh aplikasi adalah berupa gabungan data GPS dan akselerometer, menjadi 1 file yang dapat dibuka oleh MS Excel. File GPS berisi nilai garis lintang, garis bujur dan kecepatan.

## 2.7 Alat Roughometer III

Pengukuran kondisi jalan menggunakan alat *Roughometer III* merupakan suatu pengukuran yang cukup objektif karena tidak seperti pengamatan visual yang besar kemungkinannya dipengaruhi oleh subjektifitas, *Roughometer III* memiliki kelebihan dalam menghilangkan ketidakpastian yang terkait dengan kendaraan, seperti suspensi kendaraan atau berat penumpang, *Roughometer III* langsung mengukur gerakan kendaraan dengan sensor *accelerometer* yang persisi (Muhammad Furqon Affandi, 1989).

Ada bermacam tipe Alat *Roughometer III* yang digunakan untuk pengukuran kondisi jalan, dimulai dari tipe *Bump Integrator*, NAASRA *Roughometer III*, *Towed Fifth Wheel Bump Integrator*, dan *Mays Meter 02*. Tipe alat yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah NAASRA (*National Association Of Australian State Road Authorities*) *Roughometer III* yang pemasangan dan pengoperasiannya sangat sederhana serta dapat mudah diaplikasikan pada kendaraan.



**Gambar 2.6** Alat *Roughometer III*

*Roughometer III* dipasang pada lantai kendaraan bagian belakang, dan prinsip kerjanya adalah mengukur pergerakan dinamis vertikal as belakang ketika kendaraan sedang bergerak maju. Hasil pengukuran alat ini dipengaruhi oleh faktor kecepatan pengukuran, kondisi dan jenis kendaraan, serta kondisi jalan yang diukur. Kalibrasi alat sebelum melakukan pengujian sangat diperlukan agar alat *Roughometer III* bisa menghasilkan nilai IRI yang baik dan tepat.

Hasil pengukuran nilai kondisi permukaan jalan menggunakan alat *Roughometer III* dapat memberikan informasi dan kegunaan-kegunaan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui letak dan tingkat kerusakan jalan dari suatu ruas tertentu berdasarkan nilai IRI yang dihasilkan.
2. Sebagai data untuk evaluasi kondisi perbaikan jalan.
3. Sebagai acuan untuk menentukan biaya pemeliharaan jalan berdasarkan evaluasi kondisi perbaikan jalan.

Oleh karena itu, alat *Roughometer III* menjadi salah satu alat yang sering digunakan untuk menghitung dan mendapatkan nilai IRI, namun dengan

terbatasnya ketersediaan alat serta harga yang relatif mahal, itu menjadi kendala bagi sebagian peneliti untuk menggunakan alat *Roughometer III*.

## 2.8 Alat Hawkeye

*Hawkeye* merupakan suatu alat survei yang berupa kendaraan dengan berbagai instrument yang terpasang untuk mengumpulkan beberapa data dalam satu waktu secara bersamaan.

Salah satu kegiatan pengumpulan data kondisi jalan saat ini yang telah dilakukan oleh Pemerintah berdasarkan standar survei *Interurban Road Management System* (IRMS) meliputi: survei *International Roughness Index* (kekasaran permukaan jalan), *Road Network Inventory* (inventarisasi jalan), *Road Condition Survey* (kondisi jalan), LHR (Lalu lintas harian rata-rata) dan *Data Reference Point* (referensi titik atau referensi jarak).

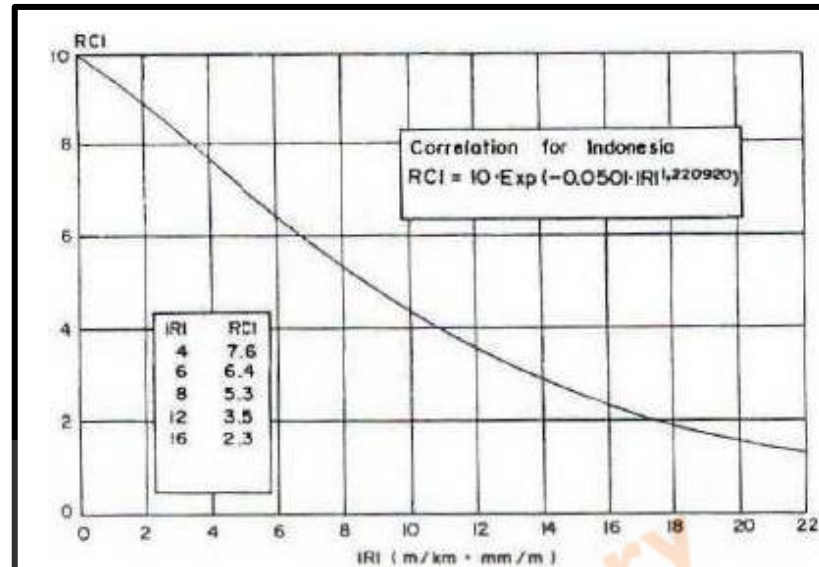
Alat survei *hawkeye* memiliki keunggulan, yaitu:

1. Memiliki kecepatan operasional mencapai 100 km/jam dan untuk idealnya kemampuan pendataan untuk survey IRI mencapai 100-200 km/lajur/hari bergantung kepada situasi lalu lintas;
2. Instrumen pengumpulan data terintegrasi dalam satu sistem; dan
3. Data tercatat secara geografis dalam tampilan GIS dan data linear;

## 2.9 Road Condition Index (RCI)

Indeks kondisi jalan atau *Road Condition Index (RCI)* adalah salah satu kinerja fungsional perkerasan yang dikembangkan oleh *American Association of State Highway Officials* (AASHO) pada tahun 1960an. Indeks kondisi jalan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kenyamanan dari suatu ruas jalan yang dapat diestimasi dari ketidakrataan permukaan jalan. Indeks kondisi jalan dapat juga ditentukan dengan pengamatan langsung secara visual di lapangan. Indeks Kondisi Jalan (*Road Condition Index = RCI*) adalah skala dari tingkat kenyamanan atau kinerja dari jalan, dapat diperoleh dari pengukuran dengan alat *Roughometer II*

ataupun secara visual. Korelasi antara RCI dengan IRI diformulasikan dalam grafik gambar 2.6 dibawah ini.



**Gambar 2.7** Grafik Korelasi Antara Nilai RCI & IRI

Sumber: Sukirman, (1992)

Dari grafik korelasi antara nilai RCI dengan IRI dapat diketahui kondisi permukaan jalan secara visual. Skala angka RCI bervariasi dari nilai 2 – 10, pada tabel 2.3 menjelaskan hubungan antara nilai RCI dengan IRI berdasarkan kondisi permukaan jalan secara visual berdasarkan ketentuan *American Association of State Highway Officials* (AASHO).

**Tabel 2.3** Nilai RCI dan Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual.

Nilai RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
8 – 10	Sangat rata, halus, dan teratur.
7 – 8	Sangat baik dan umumnya rata.
6 – 7	Kondisi baik.

Nilai RCI	Kondisi Permukaan Jalan Secara Visual
4 – 5	Jelek, kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata.
3 – 4	Rusak, bergelombang, banyak lubang.
2 – 3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh perkerasan hancur.
$\leq 2$	Jalan tidak dapat dilalui, kecuali dengan mobil jeep 4WD.

Sumber: AASHO Road Test 1999

## 2.10 Penelitian Sebelumnya

Pada pengerjaan tugas akhir ini, terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan tugas akhir penulis. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan metode yang sama dan atau berkaitan dengan metode penelitian yang akan penulis gunakan.

1. Arief Setiawan, Novita Pradani, dan Ferra Claudia (2019). Pada penelitiannya yang berjudul “Pemanfaatan Aplikasi Smartphone Untuk Mengukur Kemantapan Permukaan Jalan Berdasarkan International Roughness Index” dengan kesimpulan Aplikasi Roadbump Pro memberikan hasil pengukuran IRI yang memuaskan jika hanya dibandingkan dengan metode pengujian *Roughometer III*, ditunjukkan oleh nilai korelasi secara keseluruhan lebih besar dari 0,6.
2. Fortunatus M, Onyango M, Fomunung I, McLean A dan Owinjo J (2018). Pada penelitiannya yang berjudul “Use of a Smartphone based Application to Measure Roughness of Concrete Pavement” dengan kesimpulan Aplikasi Roadroid jika dibandingkan dengan metode pengukuran konvensional, memiliki kualitas data yang baik dan ekonomis untuk digunakan.