

VALIDASI NILAI KETIDAKRATAAN JALAN MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID ROAD BUMP PRO

Ranna Kurnia¹, Muhammad Iqbal Nugraha¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
E-mail: kurniaranna@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran kondisi ketidakrataan jalan umumnya menggunakan alat *Roughometer* atau *Hawkeye*. Pada beberapa daerah, kedua alat ini belum banyak digunakan karena pengukuran tersebut membutuhkan biaya operasional yang relatif tinggi dan umumnya hanya digunakan untuk pengukuran untuk jalan dengan lalu lintas tinggi seperti di jalan tol, jalan nasional atau jalan provinsi. Alternatif pengukuran IRI yang lebih ekonomis salah satunya dengan menggunakan aplikasi berbasis Android *Road Bump Pro*. Pengukuran ini akan lebih cocok digunakan untuk jalan kota atau jalan kabupaten karena anggaran survei dan sumber daya manusia yang terbatas. Kelebihan aplikasi ini adalah penggunaannya yang relatif mudah karena tidak membutuhkan keahlian dan perangkat khusus. Penelitian ini dilakukan untuk memvalidasi nilai IRI keluaran *Road Bump Pro* pada permukaan beton aspal dan permukaan beton semen. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa *Road Bump Pro* saat ini belum layak digunakan untuk pengukuran IRI karena perbedaan nilai IRI *Road Bump Pro* cukup signifikan jika dibandingkan nilai IRI *Roughometer* maupun IRI *Hawkeye*. Hal ini disebabkan getaran yang ditangkap sensor pada *smartphone* dipengaruhi banyak faktor sehingga memerlukan penyesuaian faktor koreksi alat dan kalibrasi yang lebih rinci terhadap jenis dan kondisi kendaraan yang digunakan.

Kata Kunci: Pengukuran Ketidakrataan Jalan, *Road Bump Pro*, IRI

ABSTRACT

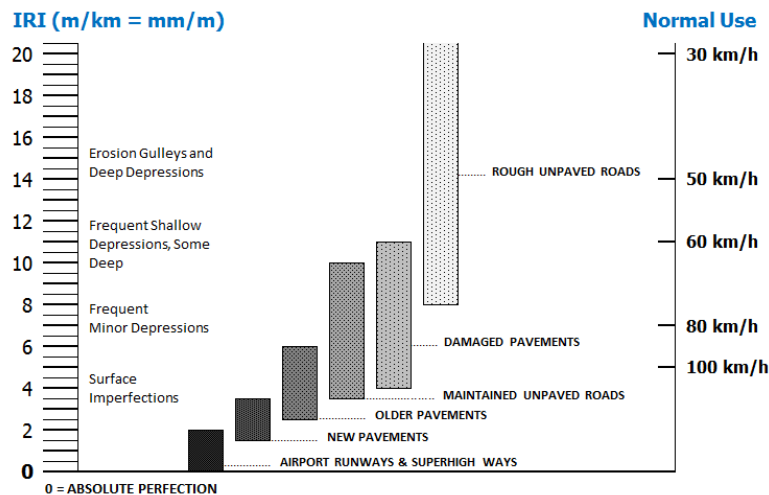
Surface roughness measuring instruments generally uses a *Roughometer* or *Hawkeye* tools. In some areas, these tools have not been widely used due to cost constraints and are generally only used for measurements of high-traffic roads such as toll roads, national roads or provincial roads. An alternative to IRI testing with an economical cost is to use an Android-based *Road Bump Pro*. This measurement will be more suitable for use on city roads or district roads. This application is relatively easy because does not need special skills to operate. This research was conducted to validate the IRI value of *Road Bump Pro* on asphalt concrete surfaces and cement concrete surfaces. The results of test show that the *Road Bump Pro* is not suitable for measuring IRI because the difference in the IRI value of the *Road Bump Pro* when compared to the *Roughometer* and *Hawkeye*. This is because the vibration captured by the sensor on the *smartphone* is influenced by many factors, so it requires adjustment of the tool correction factor and a more detailed calibration of the type and condition of the vehicle used.

Keywords: Surface Roughness Measuring, *Road Bump Pro*, IRI

1. PENDAHULUAN

Parameter ketidakrataan jalan yang dinyatakan dalam nilai *International Roughness Index* (IRI) merupakan salah satu parameter utama kondisi perkerasan jalan. Berdasarkan Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan Pd-01-2021-BM, penilaian IRI dilakukan rutin dua kali dalam setahun [1]. Nilai IRI digunakan untuk:

- a) memberikan gambaran umum kondisi jaringan jalan, dimana nilai IRI dapat menunjukkan tingkat kemantapan jalan, syarat mutu dalam spesifikasi umum dan menggambarkan kondisi berbagai jenis perkerasan yang ditunjukkan Gambar 1 [2];
- b) mengembangkan model penurunan kondisi perkerasan, misalnya model HDM-IV atau model IRMS;
- c) memberikan masukan dalam optimasi pemeliharaan dan rehabilitasi jaringan jalan, misalnya pada Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017, nilai IRI merupakan salah satu indikator kondisi perkerasan yang memicu perubahan jenis penanganan optimum, misalnya dari pemeliharaan rutin menjadi *overlay*, atau dari *overlay* menjadi rekonstruksi [3]. Nilai IRI juga menjadi salah satu kriteria Standar Pelayanan Minimal (SPM) baik untuk jalan tol maupun jalan non tol, dimana tolak ukur IRI untuk perkerasan kaku atau perkerasan lentur tol berdasarkan Permen PU No. 16/PRT/M/2014 maksimum 4 m/km [4] sedangkan tolak ukur IRI untuk jalan non tol (jalan arteri dan jalan kabupaten) sesuai Permen PU No. 14 /PRT/M/2010 maksimum 8 m/km [5];
- d) memberikan masukan untuk pemodelan dalam mengevaluasi efektivitas standar perencanaan perkerasan dan kebijakan pemeliharaan, misalnya untuk dasar penyusunan Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKjIP).

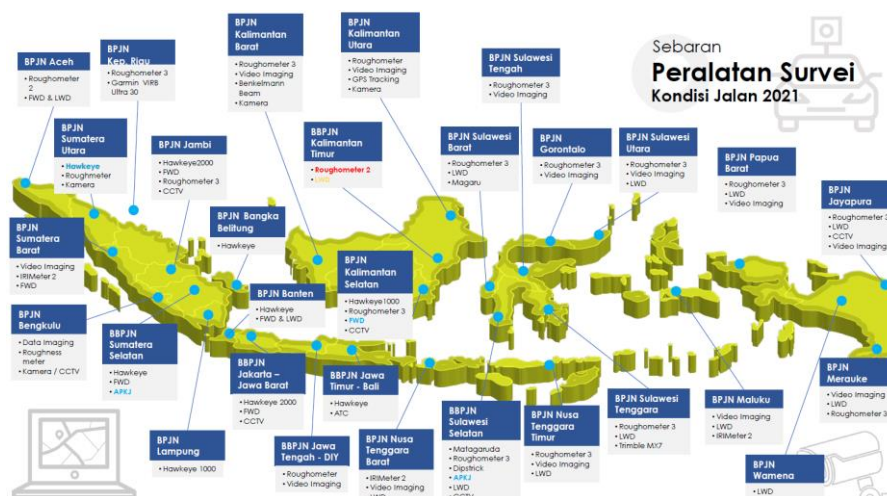


Gambar 1. Nilai IRI Berbagai Jenis Perkerasan dan Kecepatan Normal
Sumber: Sayers, et al [6]

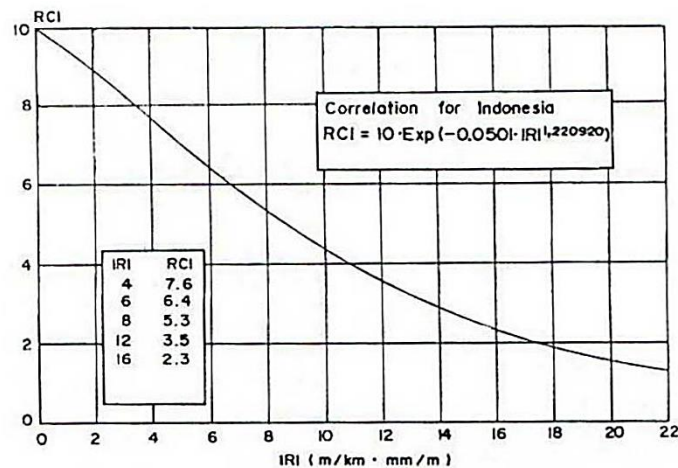
Dalam Pd-01-2021-BM juga disebutkan bahwa alat ukur IRI yang digunakan dibagi menjadi empat kelas berdasarkan tingkat akurasinya, yaitu:

- Kelas I profilometer presisi, contoh alat *laser profilers Hawkeye, TRL Beam, Face Dipstick/ROMDAS Z-250*.
- Kelas II metode profilometer lainnya, contoh alat *APL profilometer, profilographs, optical profilers, inertial profilers (GMR)*.
- Kelas III nilai IRI diperkirakan dari rumus korelasi, contoh alat *Roadmaster, ROMDAS, Roughometer, rolling straightedge*.
- Kelas IV penilaian subyektif/pengukuran tanpa kalibrasi, contoh inspeksi visual dengan metode *Road Condition Index (RCI)* sesuai Permen PUPR No. 13/PRT/M/2011 [7].

Jenis-jenis alat ukur IRI lebih lanjut dijelaskan oleh M. Furqon Affandi, dimana peneliti menjelaskan bahwa nilai IRI yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengukuran, kondisi dan jenis kendaraan yang dipergunakan, serta sifat dan jenis alat [8]. Adapun alat ukur yang direkomendasikan Direktorat Jenderal Bina Marga adalah Kelas I – Kelas III. Alat ukur Kelas IV dapat digunakan jika alat kelas I – Kelas III sulit digunakan karena faktor biaya, lokasi uji dan ketersediaan alat (Gambar 2). Berdasarkan hal tersebut, umumnya Kelas I – Kelas III digunakan pada ruas jalan dengan lalu lintas tinggi misalnya jalan tol, jalan nasional dan jalan provinsi. Nilai IRI pada jalan kota atau kabupaten, metode pengamatan visual Kelas IV masih diandalkan dimana nilai IRI yang dihasilkan merupakan pendekatan (*trigger*) untuk menilai kondisi jalan pada tahap awal. Pada Gambar 3 menunjukkan korelasi antara hasil pengamatan visual RCI dengan nilai taksiran IRI untuk kondisi jalan di Indonesia. Walaupun metode visual ini sangat praktis namun pelaksanaan di lapangan relatif lebih lama karena harus mengisi formulir kerja dan dilengkapi foto dokumentasi sesuai standar, oleh karena itu perlu terobosan baru dalam pengumpulan IRI Kelas IV, salah satunya menggunakan aplikasi *smartphone* yang saat ini mulai banyak digunakan di beberapa negara, salah satu diantaranya yaitu *Roadbump Pro*. Konsep kerja aplikasi ini yaitu mengukur getaran yang ditangkap oleh sensor akselerometer dan GPS pada *smartphone*. Penggunaan akselerometer untuk menilai IRI bukan hal baru karena teruji dapat mengidentifikasi perubahan profil memanjang jalan akibat kerusakan berupa lubang.



Gambar 2. Peta Sebaran Alat Uji Kondisi Jalan
Sumber: Dirjen Bina Marga, 2022 [9]



Gambar 3. Perkiraan Nilai IRI Berdasarkan Nilai RCI

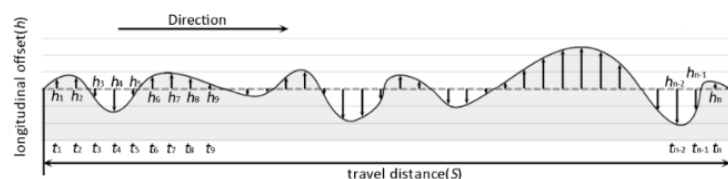
Road Bump Pro dikembangkan oleh perusahaan *Grimmer Software* dengan bantuan konsultasi dari Pusat Teknologi Aspal di Universitas Auburn dan Departemen Teknik Sipil di Universitas Arkansas. Aplikasi ini telah di uji di *Arkansas Highway 5 Pine Bluff Test Track* sepanjang 19 mil pada tahun 2015 dan diperoleh hasil IRI keluaran *Road Bump Pro* menghasilkan korelasi yang tinggi terhadap nilai IRI keluaran alat *Automatic Road Analyzer (ARAN)* milik *The Arkansas Highway Department*. Uji coba di Indonesia pernah dilakukan pada jalan beton aspal di ruas jalan Sam Ratulangi Kota Palu tahun 2019 oleh Novita Pradani et al dimana hasil IRI *Road Bump Pro* menghasilkan nilai korelasi $> 0,6$ terhadap nilai IRI *Roughometer* [10]. Penelitian ini dilakukan dengan variasi kendaraan uji tipe *Multi Purpose Vehicle (MPV)*, *Pick Up*, dan *Sedan*. Kecepatan ketiga kendaraan survei memiliki rata-rata 28,6 km/jam dengan standar deviasi 3,4 km/jam. Makalah ini disusun untuk melanjutkan penelitian tersebut, dimana validasi IRI *Road Bump Pro* juga perlu dilakukan pada jalan beton semen karena antara kedua jenis perkerasan memiliki tipikal permukaan yang berbeda. Aplikasi *Road Bump Pro* tersedia dalam versi gratis dan versi berbayar seharga 1,3 juta rupiah (jika nilai tukar rupiah terhadap dollar Rp. 14,500). Pada penelitian ini menggunakan versi berbayar untuk dapat menggunakan seluruh fitur yang tersedia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Aplikasi pengukur IRI berbasis *smartphone* yang tersedia di pasaran cukup banyak, diantaranya *Road Bump Pro*, *Roadroid*, *Roadlab Pro*, *Smart IRI*, *TotalPave IRI*, dan sebagainya. Prinsip kerja aplikasi-aplikasi tersebut hampir sama yaitu mengukur getaran menggunakan akselerometer dan mendeteksi lintasan menggunakan GPS pada *smartphone*. Penelitian awal terkait menggunakan perangkat tersebut dimulai tahun 2008 oleh Gonzalez et al [11] yang menempatkan triaksial akselerometer pada mobil untuk mendapatkan informasi dan mengestimasi ketidakrataan jalan. Eriksson et al [12] pada tahun yang sama menambahkan alat GPS pada kendaraan uji Gonzalez et al untuk merekam lintasan dan lokasi lubang. Mednis et al [13] pada tahun 2010 menambahkan *microphone* untuk mengidentifikasi lubang berdasarkan sinyal suara. Vittorio Astarita et al [14] mulai menggunakan akselerometer dan GPS yang ditempatkan pada berbagai jenis mobil dan sejak saat itu berbagai penelitian mulai menggunakan mobil sebagai kendaraan uji. Sebagian besar hasil penelitian tersebut mengkaji hubungan antara keluaran sensor akselerometer dengan index IRI, sementara yang lainnya mengkaji dan memperkenalkan algoritma ketidakrataan jalan akibat lubang. Li dan Goldberg [15] tahun 2018 mengenalkan *crowdsensing system mobile* untuk mengukur IRI menggunakan *smartphone* yang ditempatkan pada mobil. Satu tahun sebelumnya, Alessandroni et al [16] telah mengkaji hubungan antara kecepatan kendaraan terhadap nilai IRI menggunakan *smartphone*. Berbeda dengan penelitian di atas, Tai et al [17] tahun 2010 menggunakan sepeda motor sebagai kendaraan uji, sedangkan Chang et al [18] tahun 2009 menggunakan robot otomatis. Penelitian terakhir dilakukan oleh Kaiyue Zang et al [19] tahun 2018 menggunakan sepeda yang lebih ramah lingkungan untuk menguji IRI pada jalan dan pedestrian. Jika menggunakan mobil sebagai kendaraan uji pada profil memanjang jalan seperti pada Gambar 4, maka untuk menghitung *vertical displacement* menggunakan rumus yang dikenalkan oleh Sayers et al [20] berikut:

$$V_{h_1} = |h_i - h_{i-1}| \quad (1)$$



Gambar 4. Contoh Profil Memanjang Jalan

Nilai pada persamaan (1) digunakan untuk menghitung IRI melalui rumus sebagai berikut:

$$IRI = \frac{\sum_{i=2}^n V_{h1}}{S} = \frac{\sum_{i=2}^n |h_1 - h_{i-1}|}{S} \quad (2)$$

dimana:

IRI = *International Roughness Index* (m/km)

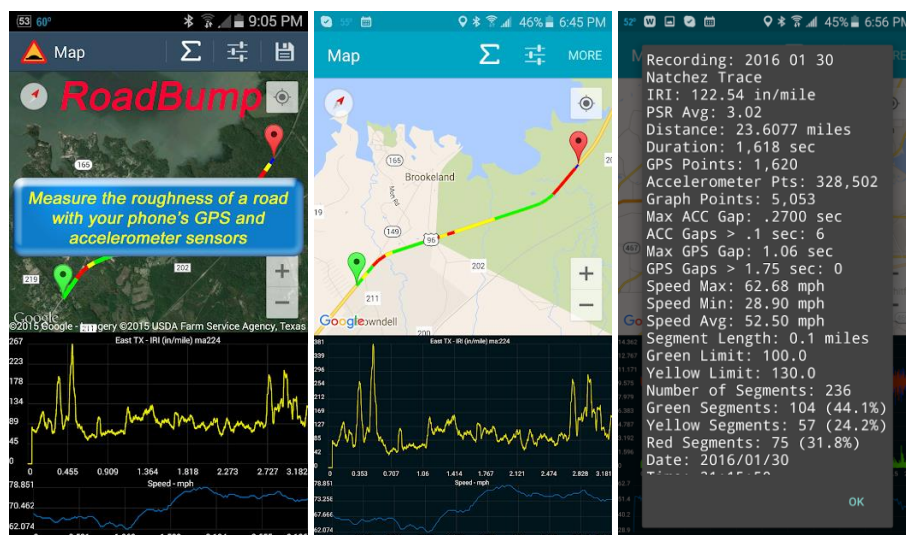
h_1 = *longitudinal offset* (m)

V_{h1} = *vertical displacement* (m)

S = jarak (m)

2.3 APLIKASI ROAD BUMP PRO

Menurut *Roadbump User's Guide*, cara menggunakan *Road Bump Pro* yaitu dengan meletakkan *smartphone* pada permukaan yang datar (anti slip) di *dashboard* atau kaca depan kendaraan. Posisi *smartphone* harus dalam posisi yang tetap (tidak berpindah selama pengukuran). Kecepatan kendaraan yang direkomendasikan antara 50 – 60 mph atau sekitar 80 – 95 km/jam. Kenaikan kecepatan dan pengereman harus dilakukan dengan mulus (tidak mendadak). *Road Bump Pro* terdiri dari fitur *Recordings* yang akan menampilkan beberapa pilihan tombol perekaman dan fitur *Map* yang akan menampilkan peta lokasi, grafik IRI dan kecepatan kendaraan. Warna yang muncul pada stripmap memudahkan kita melihat kondisi permukaan jalan sesuai hasil IRI yang diperoleh. Selain nilai IRI, aplikasi *Road Bump Pro* juga dapat menampilkan nilai *Present Serviceability Rating* (PSR). Nilai ini digunakan sebagai salah satu tolak ukur tingkat kenyamanan dan keamanan jalan. Nilai PSR merupakan fungsi dari ketidakrataan jalan, kedalaman bekas alur roda, retak, lubang dan tambalan. Contoh tampilan aplikasi *Road Bump Pro* ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan perbandingan kelebihan dan kekurangan aplikasi *Road Bump Pro* secara umum terhadap *Roughometer III* atau *Hawkeye* dirangkum pada Tabel 1. Saleh Samsuri et al tahun 2019 pernah membandingkan kedua alat dimana *Roughometer III* dinilai lebih konservatif dalam merepresentasikan kondisi fungsional jalan [21]. *Road Bump Pro* sementara diasumsikan masuk ke dalam Kelas IV atau setara dengan penilaian secara visual atau tanpa kalibrasi.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi *Road Bump Pro*

Tabel 1. Perbandingan Aplikasi *Road Bump Pro* dengan *Roughometer III* dan *Hawkeye*

No.	Kriteria	<i>Roughometer III</i>	<i>Laser Profilers Hawkeye</i>	Aplikasi Android <i>Road Bump Pro</i>
1	Akurasi hasil pengukuran	Kelas III	Kelas I	Kelas IV
2	Biaya operasional	Perlu Biaya (80 Ribu - 150 Ribu per km/lajur)	Perlu Biaya (200 Ribu - 250 Ribu per km/lajur)	Tidak Perlu Biaya
3	Biaya pengadaan	Perlu Biaya (100 Juta - 1 Milyar)	Perlu Biaya (> 1 Milyar)	Perlu Biaya (< 10 Juta)
4	Sensitifitas terhadap kerusakan jalan	Sensitif terhadap lubang dan alur	Sensitif terhadap retak, lubang dan alur	Sensitif terhadap lubang dan alur
5	Kecepatan uji	40-60 km/jam	60-100 km/jam	20-40 km/jam
6	Penggunaan sensor GPS	Menggunakan perangkat GPS	Menggunakan perangkat GPS	Menggunakan sinyal smartphone
7	Pemasangan dan pengoperasian alat	Harus dilakukan oleh teknisi	Harus dilakukan oleh teknisi	Bisa dilakukan oleh siapa saja
8	Kalibrasi Alat	Perlu kalibrasi	Perlu kalibrasi	Tidak perlu kalibrasi
9	Digunakan pada semua jenis kendaraan	MPV	Kendaraan Khusus	MPV, Sedan, Pick Up
10	Standar / Pedoman pengukuran	SNI 03-3426-1994	<i>Manual Book</i>	<i>Online User Guide</i>

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Pengukuran ketidakrataan jalan dilakukan pada jenis permukaan beton aspal di ruas jalan Djunjunan Kota Bandung dan permukaan beton semen di ruas tol Soreang – Pasirkoja masing-masing sepanjang 2 kilometer. Pengukuran IRI di jalan Djunjunan dilakukan menggunakan alat *Hawkeye* dan *Road Bump Pro* sedangkan pengukuran di tol Soreang – Pasirkoja dilakukan menggunakan alat *Roughometer* dan *Road Bump Pro*. Berikut ini foto dokumentasi gambaran kondisi jalan pada saat pengukuran.



Gambar 6. Dokumentasi Situasi Saat Pengukuran Jalan Djunjunan (kiri) dan Jalan Tol Soreang – Pasirkoja (kanan)

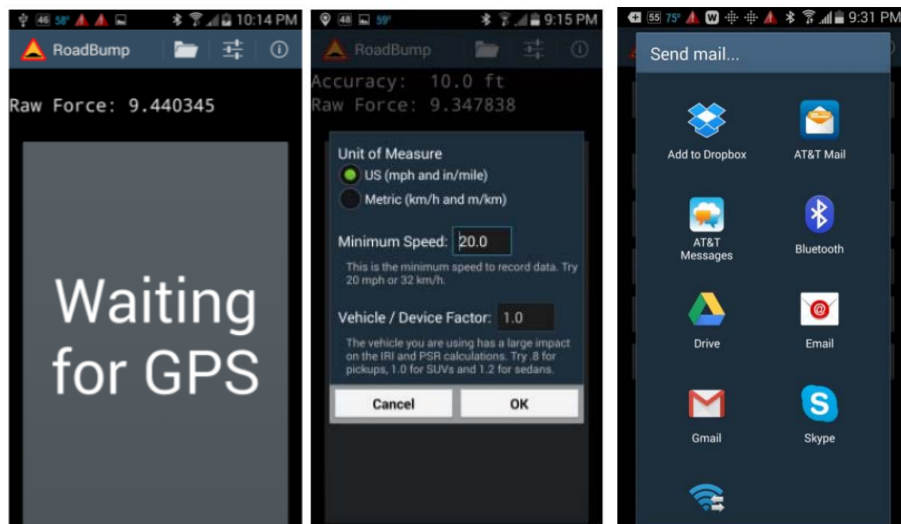
2. Kecepatan pengukuran dengan aplikasi *Road Bump Pro* yaitu kecepatan konstan 40 km/jam sementara pengukuran menggunakan *Roughometer* dan *Hawkeye* dilakukan pada kecepatan konstan 45 km/jam.
3. Jenis kendaraan yang digunakan pada pengukuran dengan aplikasi *Road Bump Pro* yaitu tipe *Hatchback* model Toyota Yaris.
4. *Smartphone* yang digunakan adalah model Samsung S10. *Smartphone* diletakkan diatas *dashboard* anti slip.
5. Pengukuran dilakukan pada kondisi cuaca cerah (tidak hujan), dan pengukuran dilakukan pada kondisi lalu lintas tidak ada hambatan atau antrian.
6. Alat *Roughometer III* dan *Hawkeye* telah dikalibrasi sebelum pengukuran dilaksanakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Kerja *Road Bump Pro*

Pengoperasian aplikasi *Road Bump Pro* relatif mudah dan tidak jauh berbeda seperti aplikasi android lainnya, namun berdasarkan hasil uji coba aplikasi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya:

1. Aplikasi *Road Bump Pro* mulai dapat digunakan ketika fitur GPS pada *smartphone* telah aktif. Dibutuhkan beberapa detik untuk kalibrasi GPS untuk memperoleh akurasi yang optimal. Dalam hal ini koneksi jaringan menentukan tingkat akurasi GPS sehingga direkomendasikan *smartphone* tidak digunakan untuk keperluan lainnya (misalnya *chatting*, telepon dan sebagainya) pada saat pengukuran berlangsung. Hal lainnya yang perlu diperhatikan sebelum pengukuran adalah pengaturan unit satuan, kecepatan minimum dan faktor koreksi kendaraan. Unit satuan yang direkomendasikan menggunakan satuan *metric* (km/jam dan m/km). Atur kecepatan minimum kendaraan sesuai dengan rencana. Faktor koreksi kendaraan dibagi menjadi 3 kategori yaitu kendaraan *pickups* (faktor koreksi = 8), kendaraan SUV (faktor koreksi = 1) dan kendaraan sedan (1,2). Pada penelitian ini faktor koreksi kendaraan menggunakan nilai 1,2. Setelah data direkam, data dapat dipindahkan ke berbagai media seperti *email*, *dropbox*, *google drive* dan lainnya.
2. Pada saat pengukuran akan dimulai, segera tekan tombol *start* pada layar *smartphone* dan setelah mencapai titik akhir pengukuran maka kendaraan harus segera berhenti dan segera tekan tombol *stop* pada layar *smartphone*. Tombol *stop* lebih baik ditekan setelah kendaraan benar-benar dalam keadaan berhenti total di titik akhir perhitungan.
3. Data GPS selama pengukuran 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 diekspor dalam file CSV.
4. Segmen pengukuran terpanjang dapat pernah dilakukan mencapai 47 mil selama 45 menit dan membutuhkan hanya 11 detik untuk menampilkan data, namun pada penelitian ini hanya dilakukan sekitar 2 kilometer sehingga belum dapat diuji apakah *Road Bump Pro* dapat digunakan pada segmen ruas yang panjang dalam sekali pengukuran. Daya baterai *smartphone* perlu selalu diperhatikan jika akan melakukan pengukuran pada ruas yang panjang.
5. Perhitungan IRI dilakukan pada kecepatan 30 – 60 mph atau 45 km/jam – 95 km/jam, namun hasil terbaik diperoleh pada kecepatan antara 50 – 60 mph atau sekitar 80 – 95 km/jam. Namun hal ini terjadi jika kecepatan minimum pada aplikasi diatur pada kecepatan 20 mph atau 32 km/jam. Pada penelitian ini, kecepatan kendaraan saat pengukuran *Road Bump Pro* dipilih pada kecepatan konstan 40 km/jam.



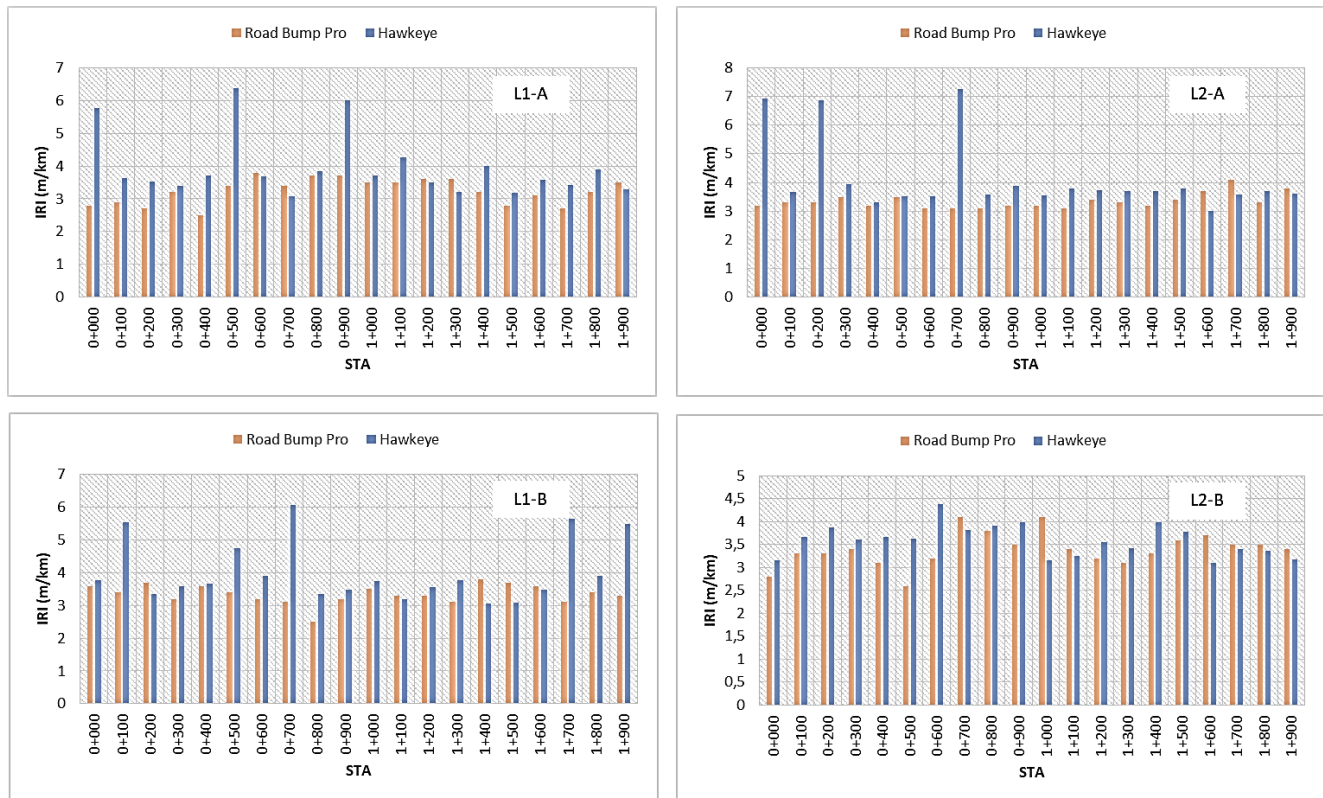
Gambar 7. Tampilan Aktivasi GPS (kiri), Pengaturan Unit Satuan *Road Bump Pro* (tengah) dan Pilihan Pemindahan Data (kanan)

4.2 Uji Hipotesis Data IRI

Uji hipotesis pada penelitian ini dilakukan untuk menguji signifikansi nilai IRI *Road Bump Pro* terhadap nilai IRI *Roughometer* maupun IRI *Hawkeye*. Uji hipotesis menggunakan data hasil pengukuran pada permukaan jalan beton aspal dan beton semen seperti yang ditunjukkan pada gambar dan tabel di bawah ini. Pengukuran dilakukan setiap interval 100 meter dan dilakukan 2 lajur arah A (L1-A dan L2-A) dan 2 lajur arah B (L1-B dan L2-B).

Tabel 2. Hasil Nilai IRI *Road Bump Pro* dan IRI *Hawkeye* Ruas Jalan Djujungan Kota Bandung

STA dari - ke	Interval (meter)	IRI <i>Road Bump Pro</i> (m/km)				IRI <i>Hawkeye</i> (m/km)			
		L1 A	L2 A	L1 B	L2 B	L1 A	L2 A	L1 B	L2 B
0+000 - 0+100	100	2.8	3.2	3.6	2.8	5.77	6.92	3.76	3.16
0+100 - 0+200	100	2.9	3.3	3.4	3.3	3.62	3.68	5.53	3.66
0+200 - 0+300	100	2.7	3.3	3.7	3.3	3.53	6.87	3.34	3.88
0+300 - 0+400	100	3.2	3.5	3.2	3.4	3.40	3.93	3.58	3.61
0+400 - 0+500	100	2.5	3.2	3.6	3.1	3.70	3.30	3.67	3.67
0+500 - 0+600	100	3.4	3.5	3.4	2.6	6.39	3.53	4.76	3.63
0+600 - 0+700	100	3.8	3.1	3.2	3.2	3.69	3.52	3.90	4.38
0+700 - 0+800	100	3.4	3.1	3.1	4.1	3.08	7.26	6.06	3.82
0+800 - 0+900	100	3.7	3.1	2.5	3.8	3.84	3.59	3.34	3.91
0+900 - 1+000	100	3.7	3.2	3.2	3.5	6.02	3.89	3.47	3.99
1+000 - 1+100	100	3.5	3.2	3.5	4.1	3.70	3.56	3.75	3.16
1+100 - 1+200	100	3.5	3.1	3.3	3.4	4.26	3.80	3.18	3.25
1+200 - 1+300	100	3.6	3.4	3.3	3.2	3.50	3.73	3.56	3.56
1+300 - 1+400	100	3.6	3.3	3.1	3.1	3.22	3.69	3.78	3.43
1+400 - 1+500	100	3.2	3.2	3.8	3.3	3.99	3.69	3.05	3.99
1+500 - 1+600	100	2.8	3.4	3.7	3.6	3.19	3.79	3.08	3.79
1+600 - 1+700	100	3.1	3.7	3.6	3.7	3.58	3.01	3.48	3.11
1+700 - 1+800	100	2.7	4.1	3.1	3.5	3.42	3.59	5.66	3.40
1+800 - 1+900	100	3.2	3.3	3.4	3.5	3.89	3.69	3.90	3.37
1+900 - 2+000	100	3.5	3.8	3.3	3.4	3.28	3.6	5.49	3.18
Total		2000							
Rata-Rata		3.24	3.35	3.35	3.40	3.95	4.13	4.02	3.60
Standar Deviasi		0.39	0.26	0.29	0.37	0.96	1.26	0.94	0.34



Gambar 8. Nilai IRI Road Bump Pro dan IRI Hawkeye Jalan Djunjuran Kota Bandung

Tabel 3. Perbandingan Nilai IRI Roadbump Pro dan IRI Roughometer Jalan Tol Soreang - Pasirkoja

STA		Interval (meter)	IRI Road Bump Pro (m/km)				IRI Roughometer (m/km)			
dari	ke		L1 A	L2 A	L1 B	L2 B	L1 A	L2 A	L1 B	L2 B
9+000	- 8+900	100	2.8	7.0	5.8	6.0	3.0	6.8	4.1	2.1
8+900	- 8+800	100	3.2	5.5	5.2	5.9	3.7	5.0	2.1	5.8
8+800	- 8+700	100	3.2	3.2	6.2	4.7	1.1	2.6	5.3	4.5
8+700	- 8+600	100	3.2	5.2	4.5	5.5	5.0	4.7	3.5	4.1
8+600	- 8+500	100	3.4	5.4	4.7	4.7	4.3	5.1	3.8	5.2
8+500	- 8+400	100	4.7	3.3	4.8	4.2	5.6	4.2	4.6	4.4
8+400	- 8+300	100	4.6	5.6	4.8	4.3	5.8	5.4	4.8	3.7
8+300	- 8+200	100	4.8	4.5	3.9	4.5	5.3	4.9	3.7	3.5
8+200	- 8+100	100	3.6	6.4	3.9	4.2	3.2	6.0	3.9	3.2
8+100	- 8+000	100	3.3	3.7	4.2	3.8	3.6	3.3	3.2	3.9
8+000	- 7+900	100	2.9	3.6	4.5	4.6	3.1	3.0	3.6	5.5
7+900	- 7+800	100	3.2	3.8	6.5	4.9	3.0	3.7	6.7	4.1
7+800	- 7+700	100	4.7	3.8	4.2	3.2	6.7	3.5	3.9	3.1
7+700	- 7+600	100	3.2	5.9	3.8	4.4	3.7	5.8	3.0	3.2
7+600	- 7+500	100	3.6	5.8	3.4	4.6	3.1	5.3	2.9	3.8
7+500	- 7+400	100	3.4	3.7	4.2	3.8	3.6	3.3	2.8	7.3
7+400	- 7+300	100	3.4	3.4	3.5	4.2	3.8	3.2	5.9	4.0
7+300	- 7+200	100	4.8	3.7	3.6	3.7	5.4	3.6	3.3	4.7
7+200	- 7+100	100	3.2	5.5	2.4	3.9	3.6	5.8	4.5	4.0
7+100	- 7+000	100	3.3	4.3	4.0	5.2	4.3	4.0	4.4	3.7
Total		2000								
Rata-Rata			3.63	4.67	4.41	4.52	4.05	4.46	4.00	4.19
Standar Deviasi			0.68	1.16	0.98	0.72	1.28	1.18	1.10	1.13



Gambar 9. Nilai IRI Road Bump Pro dan IRI Hawkeye Jalan Djunjuran Kota Bandung

Selanjutnya dilakukan uji hipotesis sampai dengan diperolehnya kesimpulan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Uji homogenitas

Sebelum uji hipotesis terlebih dahulu dilakukan uji homogenitas terhadap kedua sampel kelompok tersebut. Uji homogenitas merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah sampel kedua kelompok tersebut memiliki *varians* yang sama (homogen) atau tidak. Informasi sama atau tidaknya *varians* kedua kelompok ini nantinya akan mempengaruhi jenis uji T tidak berpasangan. Berikut ini hasil uji homogenitas kedua sampel:

a) IRI Road Bump Pro – IRI Roughometer

- F hitung = 2,736559
- F tabel = 1,451152
- F hitung > F tabel (tidak homogen)

b) IRI Road Bump Pro – IRI Hawkeye

- F hitung = 11,56857
- F tabel = 1,451152
- F hitung > F tabel (tidak homogen)

2. Rumusan hipotesis

Perbandingan nilai IRI Road Bump Pro dan IRI Roughometer:

- $H_0 : \mu_{RP} = \mu_{RM}$ (nilai IRI Road Bump Pro sama baiknya dengan nilai IRI Roughometer)
- $H_0 : \mu_{RP} \neq \mu_{RM}$ (nilai IRI Road Bump Pro tidak sama baiknya dengan nilai IRI Roughometer)

Perbandingan nilai IRI Road Bump Pro dan IRI Hawkeye:

- $H_0 : \mu_{RP} = \mu_{HK}$ (nilai IRI Road Bump Pro sama baiknya dengan nilai IRI Hawkeye)
- $H_0 : \mu_{RP} \neq \mu_{HK}$ (nilai IRI Road Bump Pro tidak sama baiknya dengan nilai IRI Hawkeye)

3. Taraf signifikansi

Taraf signifikansi yang digunakan $\alpha = 5\%$

Tabel 4. Uji T IRI Road Bump Pro dan IRI Roughometer (t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances)

	IRI Road Bump Pro	IRI Roughometer
Mean	3.80125	4.17375
Variance	0.496581	1.358922
Observations	80	80
Hypothesized Mean Difference	0	
df	130	
t Stat	-2.44591	
P(T<=t) one-tail	0.007893	
t Critical one-tail	1.656659	
P(T<=t) two-tail	0.015786	
t Critical two-tail	1.97838	

4. Komputasi

Hasil perhitungan uji T tidak berpasangan pada Tabel 4 dan Tabel 5 diperoleh nilai P-value sebesar $0,015786 < \alpha$ sehingga H_0 ditolak, atau disimpulkan IRI *Road Bump Pro* tidak sama baiknya dengan IRI *Roughometer*. Hasil serupa juga diperoleh pada uji IRI *Road Bump Pro* dan IRI *Hawkeye* dimana nilai P-value sebesar $0,002347 < \alpha$ sehingga H_0 ditolak, atau disimpulkan IRI *Road Bump Pro* tidak sama baiknya dengan IRI *Hawkeye*.

Tabel 5. Uji T IRI *Road Bump Pro* dan IRI *Hawkeye* (t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances)

	IRI <i>Road Bump Pro</i>	IRI <i>Hawkeye</i>
Mean	3.74875	4.17375
Variance	0.117467	1.358922
Observations	80	80
Hypothesized Mean Difference	0	
df	93	
t Stat	-3.12848	
P(T<=t) one-tail	0.001173	
t Critical one-tail	1.661404	
P(T<=t) two-tail	0.002347	
t Critical two-tail	1.985802	

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa aplikasi *Road Bump Pro* belum layak digunakan sebagai alternatif pengukuran IRI. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji hipotesis yang menunjukkan nilai IRI *Road Bump Pro* memiliki perbedaan yang cukup signifikan terhadap nilai IRI yang dihasilkan oleh *Roughometer* maupun *Hawkeye*. Hal ini dapat disebabkan getaran yang ditangkap oleh sensor pada *smartphone* bukan hanya akibat perubahan kerataan jalan namun juga faktor lainnya seperti getaran akibat mesin kendaraan, tekanan angin pada roda kendaraan, jenis interior *dashboard* kendaraan, dan tipe *smartphone*, sehingga diperlukan beberapa penyesuaian faktor koreksi tambahan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penilaian IRI menggunakan aplikasi *Road Bump Pro* dapat disetarakan dengan Kelas IV penilaian subyektif/pengukuran tanpa kalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Survey Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan, Kementerian PUPR, 2021.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, Revisi 2, Kementerian PUPR, 2018.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga, Manual Desain Perkerasan Jalan, Edisi Kedua, Kementerian PUPR, 2017.
- [4] Peraturan Menteri PU No. 16/PRT/M/2014, Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, Kementerian PUPR, 2014.
- [5] Peraturan Menteri PU No. 14/PRT/M/2010, Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Kementerian PUPR, 2010.
- [6] Sayers M.W., Karamihas, S.M., 1998, *The Little Book Of Profiling, Basic Information About Measuring and Interpreting Road Profiles*, University of Michigan, America.
- [7] Peraturan Menteri PU No. 13/PRT/M/2011, Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, Kementerian PUPR, 2011.
- [8] Affandi M. F., Dasar-Dasar Penentuan Kalibrasi dan Standarisasi *Roughometer*, Jurnal Pusat Litbang Jalan 2 (V), Februari 1989.
- [9] Direktorat Jenderal Bina Marga, 45 Days Knowledge Sharing Webinar Bersama Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Survey Pengumpulan Data Kondisi Jalan, 2022.
- [10] Setiawan A., Pradani N., Masoso F. C., Pemanfaatan Aplikasi *Smartphone* Untuk Mengukur Kemantapan Permukaan Jalan Berdasarkan *International Roughness Index*, Jurnal Transportasi Vol. 19 No. 3, Desember 2019, pp 205-214.
- [11] González A., O'Brien E.J., Li Y., Cashell K., *The Use of Vehicle Acceleration Measurements to Estimate Road Roughness*, Veh. Syst. Dyn, 2008, 46, 483–499, doi:10.1080/00423110701485050.
- [12] Eriksson J., Girod L., Hull B., Newton R., Madden S., Balakrishnan, H., *The pothole patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring*, in *Proceedings of the International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, Breckenridge, CO, USA, 17–20 June 2008; pp. 29–39.
- [13] Mednis A., Strazdins G., Liepins M., Gordjusins A., Selavo L., *Road Surface Monitoring Using Vehicular Sensor Networks with Microphones*. In *Proceedings of the International Conference on Networked Digital Technologies*, Prague, Czech Republic, 7–9 July 2010; pp. 417–429.
- [14] Astarita V., Vaiana R., Iuele T., Caruso M.V., Tassitani A., Zaffino C., Giofrè V.P., *Driving Behavior and Traffic Safety: An Acceleration-Based Safety Evaluation Procedure for Smartphones*. Mod. Appl. Sci., 2014, 8, 88, doi:10.5539/mas.v8n1p88.
- [15] Li X., Goldberg D.W., *Toward a Mobile Crowdsensing System for Road Surface Assessment*, Comput, Environ, Urban Syst., 2018, doi:10.1016/j.compenurbsys.2017.12.005.

- [16] Alessandroni G., Carini A., Lattanzi E., Freschi V., Bogliolo A., *A Study on the Influence of Speed on Road Roughness Sensing: The SmartRoadSense Case*, Sensors 2017, 17, 305, doi:10.3390/s17020305.
- [17] Tai Y.C., Chan C.W., Hsu Y.J., *Automatic Road Anomaly Detection Using Smart Mobile Device*, In *Proceedings of the Conference on Artificial Intelligence and Applications*, Hsinchu, Taiwan, China, November 2010.
- [18] Chang J.R., Su Y.S., Huang T.C., Kang S.C., Hsieh S.H., *Measurement of the International Roughness Index (IRI) Using an Autonomous Robot (P3-AT)*, In *Proceeding of 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2009)*, Austin, TX, USA, 24–27 June 2009.
- [19] Zang, K., Shen, J., Huang, H., Wan M., Shi J., *Assessing and Mapping of Road Surface Roughness Based on GPS and Accelerometer Sensors on Bicycle-Mounted Smartphones*, Sensors Article, 2018.
- [20] Sayers M.W., 1995, *On the Calculation of International Roughness Index from Longitudinal Road Profile*, Transp. Res. Rec., 1501, 1–12.
- [21] Samsuri S., Surbakti M., Tarigan A. P., Anas R., 2019, *A Study on the Road Conditions Assessment Obtained from International Roughness Index (IRI): Roughometer Vs Hawkeye*, Simetrikal Journal of Engineering and Technology Vol. 01, No. 02, 2019 | 103-113.