



IMPLEMENTASI MOBILE LASER SCANNER UNTUK PENILAIAN INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX (IRI) JALAN TOL TRANS SUMATERA

Iwan Hermawan¹, Dhono Nugroho², Idwan Suhendra³, Halim Wiranata⁴, Ragil Wahyu T. Karim⁵,
Audita Widya Astuti⁵, Billy Silaen⁵, Darmawan Eka Wicaksono⁵

Divisi Perencanaan Jalan Tol, PT Hutama Karya (Persero)
Jl Letjen M.T. Haryono No.Kav 8 12 11, RT.12/RW.11, Cawang, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta
Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13340

Email : audita.astuti@hutamakarya.com

ABSTRAK

Pemerintah melalui Peraturan Presiden No.100 tahun 2014 dan Peraturan Presiden No.117 Tahun 2015 memberikan penugasan kepada Hutama Karya untuk melaksanakan pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera sepanjang 2.789 km. Tahapan utama yang dilaksanakan oleh meliputi perencanaan, pendanaan, pembangunan, operasional dan pemeliharaan. Pasca selesainya tahap pembangunan Jalan Tol, selanjutnya dilaksanakan pengujian berupa Uji Laik Fungsi, dimana salah satu kegiatan yang dilaksanakan meliputi penilaian Indeks Kerataan Jalan atau International Roughness Index (IRI) untuk mengetahui tingkat keamanan dan kenyamanan pengendara. IRI diatur dalam Peraturan Menteri PU No.16/PRT/M/2014 dengan batas nilai maksimal 4m/km pada jenis perkerasan kaku maupun jenis perkerasan lentur.

Untuk mengefektifkan proses penilaian IRI, Hutama Karya memanfaatkan teknologi Mobile Laser Scanner untuk menghitung nilai IRI berdasarkan data 3D Point Cloud Jalan Tol. Salah satu lokasi pengukuran dilaksanakan pada Jalan Tol Pekanbaru – Dumai STA33+650 – STA43+600. Proses pengambilan data dilakukan dengan sensor yang dipasang pada wahana mobil. Wahana tersebut akan yang bergerak pada lintasan Jalur A dan B jalan tol untuk merekam data Laser Scanner, Image Capture, GNSS, dan IMU yang selanjutnya akan direferensikan terhadap titik eksisting base station. Secara simultan, dilakukan pengukuran dengan metode GNSS Statik pada titik Bench Mark konstruksi yang berfungsi sebagai base station pada kegiatan survey Mobile Laser Scanner. Proses pengolahan data meliputi pengolahan trajectory, ekstraksi image dan scanfile, georeferensi, filtering dan klasifikasi, pemotongan jejak ban, dan perhitungan IRI. Pada Ruas Pekanbaru – Dumai STA 33+650 – STA 43+600, nilai IRI yang dihasilkan oleh Mobile Laser Scanner berada pada rentang 1,282 – 2,783 m/km, sedangkan IRI yang dihasilkan oleh metode konvensional dengan alat Roughometer berada pada rentang 0,9 – 3,5 m/km. Selanjutnya, nilai IRI pada Ruas Pekanbaru – Dumai STA 33+650 – STA 43+600 yang dihasilkan oleh Hutama Karya dan BPLJ dengan menggunakan dua sensor yang berbeda telah memenuhi standar sesuai dengan peraturan dari PUPR.

Kata kunci : Jalan Tol Trans Sumatera, Indeks Perkerasan Jalan, International Roughness Index, IRI, Mobile Laser Scanner, Pekanbaru – Dumai

ABSTRACT

Indonesia Government through Presidential Regulation No. 100 of 2014 and Presidential Regulation No. 117 of 2015 assign Hutama Karya to undertake Trans Sumatra Toll Road along 2.789km consists of 5 main stage including funding, designing, construction, operating and maintenance. After the completion of Toll Road construction stage, further testing is establishing in the form of Functional Feasibility Assesment. Part of the road assesment includes International Roughness Index (IRI) calculation to determine the level of safety and comfort of the rider. IRI is regulated in Minister of Public Works Regulation No.16/PRT/M/2014 with maximum value limited to 4 m/km on both rigid and flexible pavement.

In order to enhance the effectiveness IRI assessment process, Hutama Karya utilizes Mobile Laser Scanner technology to calculate IRI value based on 3D Point Cloud of Toll Road's Data. The assesment established in Pekanbaru – Dumai Toll Road Section 33+650 to 43+600. The data collection obtained by mounting the sensors above the vehicle. The vehicle will pass on to Lane A and Lane B of the toll road to acquire Laser Scanner Data, Image Captured, GNSS, and IMU, which will be referenced to the existing point base station. GNSS static survey method conducted simultaneously on existing Construction Bench Mark as base station. The stage of data processing consisted of trajectory processing, image and scanfile extraction, georeference, filtering and classification, cropping the area based on tire tracks, and IRI calculations. On the Pekanbaru – Dumai Section 33+650 – 43+600, the IRI value generated by Laser Scanner varies from 1,282 – 2,783 m/km. IRI generated by conventional method using Roughometer

valued within the range of 0,9 – 3,5 m/km. Both of the IRI value report released by Utama Karya and BPLJ on Pekanbaru – Dumai Toll Road Section 33+650 to 43+600 has met the standards in accordance with PUPR regulations.

Keywords : Trans Sumatera Toll Road, International Roughness Index, IRI, Mobile Laser Scanner, Pekanbaru – Dumai

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Utama Karya (Persero) melalui Peraturan Presiden No. 117/2015 jo. No.100/2014, ditugaskan untuk melakukan pengusahaan terhadap 24 ruas Jalan Tol Trans Sumatera yang menghubungkan Banda Aceh sampai Lampung sepanjang 2.789 km. Pengusahaan jalan tol yang dilaksanakan terdiri dari 5 tahapan utama yaitu pendanaan, perencanaan, konstruksi, pengoperasian dan pemeliharaan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2005 Pasal 37, kegiatan pengoperasian jalan tol dapat dilakukan jika telah memenuhi uji kelaikan teknis, administratif serta fungsi tol. Uji Kelaikan yang dilakukan meliputi Uji Laik Fungsi dan Uji Laik Operasi. Pada tahap Uji Laik Fungsi (ULF) dilakukan pengecekan terhadap komponen teknis jalan tol seperti geometrik jalan, struktur perkerasan, struktur bangunan pelengkap, pemanfaatan bagian-bagian jalan, penyelenggaraan manajemen dan rekayasa lalu lintas, dan perlengkapan jalan.

Pada subkegiatan pengecekan struktur perkerasan jalan, dilakukan penilaian terhadap indeks kekasaran jalan, atau International Roughness Indeks (IRI). IRI diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 16/PRT/M/2014, dengan syarat batas maksimal nilai IRI pada struktur perkerasan kaku maupun lentur adalah 4 m/km. Nilai IRI menyatakan tingkat kenyamanan pengguna saat melewati jalan tol, semakin mendekati angka 0, maka tingkat kenyamanan pengguna akan semakin tinggi.

Lembaga yang berwenang untuk mengukur dan mengeluarkan nilai IRI secara resmi adalah Balai Perkerasan dan Lingkungan Jalan yang berada pada Kementerian PUPR. Jenis alat yang digunakan oleh Lembaga BPLJ yakni Roughometer II dan ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System). Keduanya memiliki sistem yang hampir mirip yakni alat dipasang pada wahana yang bergerak dan akan mendeteksi Bump yang terjadi selama proses pengambilan data berlangsung. Alat tersebut akan mengeluarkan nilai kekasaran hasil analisis dari guncangan yang terjadi pada kendaraan selama proses akuisisi data dilakukan. Terdapat keterbatasan data pada metode konvensional yang dilakukan oleh BPLJ dimana data IRI yang dihasilkan hanya menggambarkan pada lokasi yang dilewati oleh jejak ban kendaraan, sedangkan pada lokasi yang tidak dilewati oleh jejak ban tidak akan terdeteksi nilai kekasarannya.

Metode yang diimplementasikan oleh Utama Karya dalam melakukan perhitungan nilai IRI adalah dengan menggunakan teknologi Mobile Laser Scanner. Mobile Laser Scanner merupakan pengembangan dari sistem statik laser scanner yang dipasang pada wahana yang bergerak (mobil). Data yang dihasilkan berupa point cloud 3D yang menggambarkan keseluruhan obyek jalan tol yang meliputi badan jalan, barrier, overpass, guardrail, galian/timbunan, road sign, dan berbagai obyek lainnya pada jalan tol. Data output dari mobile laser scanner dapat digunakan untuk melakukan analisis perhitungan nilai IRI berdasarkan kekasaran permukaan perkerasan mainroad. Deteksi kekasaran permukaan ditentukan dengan menghitung nilai elevasi point cloud permukaan badan jalan yang ditangkap oleh sensor laser scanner. Tipe Mobile Laser Scanner yang digunakan oleh Utama Karya adalah Leica Pegasus II Ultimate.

1.2 Tinjauan Pustaka

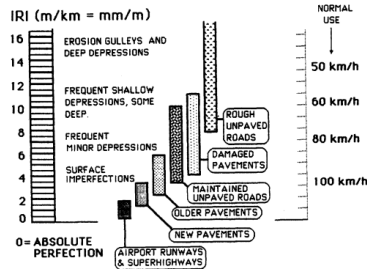
Alhasan dan White (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui indeks kekesatan pavement dengan point Terrestrial Laser Scanner dengan Structure From Motion. Kesimpulan dari penelitian ini ialah, teknologi 3D Laser Scanning dan Close Range Fotogrametri dapat menyediakan hasil ukuran yang detil. Kemudian dengan teknik kalibrasi yang tepat, data yang dihasilkan kedepannya dapat dimanfaatkan untuk analisis karakter kekasaran perkerasan jalan. Nilai IRI yang dihasilkan dari kedua teknik tersebut memiliki nilai yang bervariasi pada jarak seksi yang cukup pendek.

Chang, dkk (2006) melakukan penelitian pengukuran indeks kekasaran permukaan jalan sepanjang 100 m dengan menggunakan teknologi 3D Laser Scanner. Didapatkan bahwa disepanjang 100m data menunjukkan hasil yang mirip antara 3D Laser scanner dan survei dengan sipat datar. Variasi nilai IRI berada pada rentang 2,83 m/km sampai dengan 13,15 m/km. Pengujian statistik T-test sample berpasangan yang dilakukan pada data dengan tingkat kepercayaan 95%, mengindikasikan bahwa tidak terdapat variasi yang signifikan antara nilai yang dihasilkan dari 3D Laser Scanner dan Sipat Datar.

1.3 Dasar Teori

Menurut Sayers, dkk (1986) International Roughness Indeks merupakan pengukuran kekasaran jalan yang didasarkan pada response-type road roughness measurement system (RTRRMS), dengan unit satuan adalah meter/kilometer (m/km) atau sama dengann

milimeter per meter (mm/m). IRI didefinisikan sebagai karakteristik profil memanjang yang dilalui oleh jejak ban. Penelitian yang dilakukan oleh Sayers, dkk yang diterbitkan oleh Worldbank pada Tahun 1996, skala kekasaran pada IRI adalah sebagai berikut. Untuk kekasaran jalan baru nilai IRI bekisar antara 1,75 sampai dengan 3,50 m/km, sedangkan untuk perkerasan jalan lama bekisar antara 2,5 sampai dengan 6 m/km.



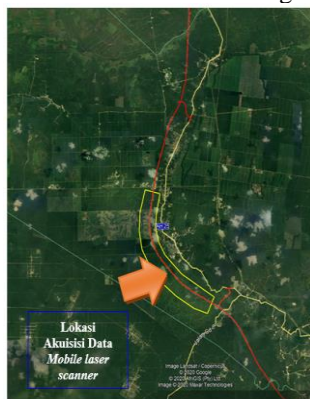
Gambar 1. Skala International Roughness Index berdasarkan Sayers dkk (World Bank)

Berdasarkan Peraturan Menteri PU No. 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, ditetapkan bahwa indikator Ketidagrataan Jalan Tol ditentukan berdasarkan nilai IRI pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur dengan batas maksimal adalah < 4m/km. Aturan terhadap IRI ditentukan berdasarkan pengukuran pada tiap lajur yang dilakukan setiap tahunnya. Pihak yang berwenang dalam pengukuran IRI adalah Puslitbang Jalan dan Jembatan Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum dengan menggunakan metode pengukuran NAASRA Roughometer.

2. METODE

2.1 Deskripsi Lokasi Pekerjaan

Lokasi case study pengambilan data Mobile Laser Scanner dilaksanakan salah satunya pada Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 3A sebagai berikut ini :



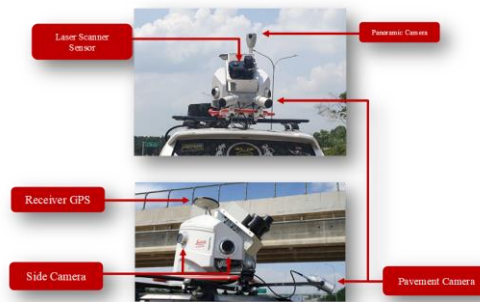
Gambar 2. Lokasi Pengambilan Data Mobile Laser Scanner

2.2 Deskripsi dan Prinsip Kerja Mobile Laser Scanner

Mobile Laser Scanner merupakan pengembangan dari statik Laser Scanner, yakni dimana Laser Scanner dipasang pada wahana yang bergerak, dalam hal ini adalah mobil. Jenis mobile laser scanner yang digunakan oleh Hutama Karya pada kegiatan Mobile Mapping Jalan Tol Trans Sumatera adalah Leica Pegasus II Ultimate. Mobile Laser Scanner Pegasus II Ultimate terdiri dari empat buah komponen utama antara lain :

1. Laser Scanner Sensor
2. Camera Sensor (Pavement, Side Camera, Panoramic)
3. Receiver GPS
4. Sistem Inertial Measurement Unit (IMU)

Keempat sistem tersebut dikombinasikan dalam satu alat Mobile Scanner yang dipasang pada wahana yang bergerak (mobil).



Gambar 3. Komponen Mobile Laser Scanner Pegasus II Ultimate

Integrasi dari keempat komponen yang menyusun skema kerja Mobile Laser Scanner dapat digambarkan dengan unit Laser Scanner akan merekam data point cloud 3D (XYZ), koordinat 3D didapatkan dari hasil pengukuran GPS sesuai dengan posisi wahana setiap detik. Pergerakan wahana direkam oleh sistem IMU, sehingga apabila terjadi pergerakan berupa Roll, Pitch, dan Heading, akan dideteksi oleh IMU untuk selanjutnya dijadikan koreksi pada data point cloud. Sistem kamera Pavement, Panoramic, dan Side Camera akan merekam obyek berupa foto/image. Warna foto yang ditangkap oleh kamera akan dimasukkan kedalam warna point cloud 3D, sehingga point cloud dapat memiliki visual sesuai dengan warna obyek yang sebenarnya.

Jenis sensor Laser Scanner yang digunakan pada Leica Pegasus II Ultimate adalah Z+F Profiler 9012. Dengan spesifikasi sensor Z+F Profiler 9012, jangkauan tangkapan sensor scanner

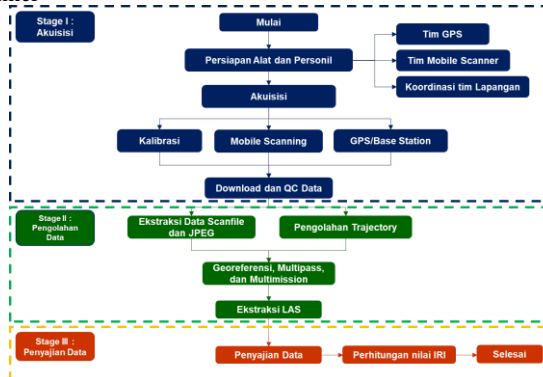
mencapai 119 m dengan minimum distance yang masih dapat terekam adalah 0,3 m. Data keluaran dari alat *mobile laser scanner* adalah data point cloud 3 dimensi sesuai dengan bentuk permukaan *main road* jalan tol, dan obyek - obyek yang berada disekitarnya, seperti *road sign*, marka jalan, *guard rail*, parapet, *overpass*, *toll gate*, dan lain sebagainya.

Untuk meningkatkan ketelitian data laser scanner, selama proses akuisisi, dilakukan pengukuran Base Station untuk pengikatan koordinat dari GPS pada *Mobile laser scanner*. Selain meningkatkan akurasi data, pengikatan dengan GPS Base Station bertujuan agar data point cloud memiliki sistem yang sama dengan sistem koordinat yang sudah diimplementasikan di lapangan pada tahap konstruksi.

2.3 Metode Kerja Mobile Laser Scanner

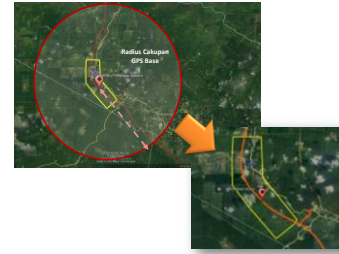
Pekerjaan Mobile Laser Scanner terbagi dalam tiga tahap utama, yakni tahap akuisisi, tahap pengolahan, dan tahap penyajian data. Skema proses pengambilan data sampai dengan penyajian data disampaikan melalui diagram sebagai berikut.

Diagram 1. Skema Alur Pekerjaan mobile Laser Scanner



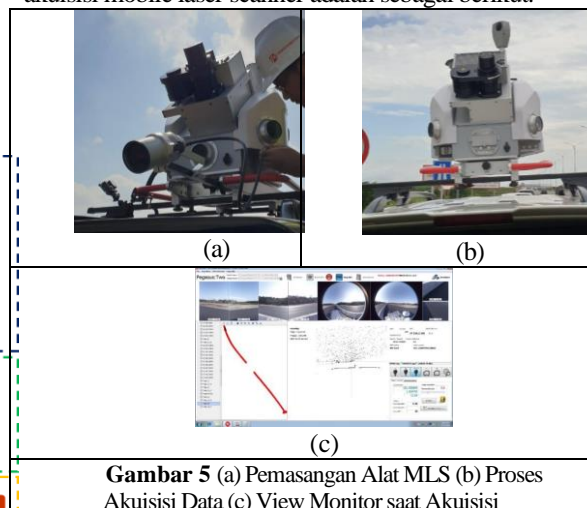
Pada Tahap I Akuisisi Data, meliputi perencanaan jalur akuisisi, penempatan lokasi GPS Statik untuk pengukuran Base Station, instalasi dan pemasangan alat Mobile Laser Scanner, Kalibrasi Alat dan Akuisisi Data Laser Scanner.

Lokasi Base Station harus berada di dalam range kilometer jalur akuisisi Mobile Laser Scanner dengan radius base station tidak boleh lebih dari 10 KM. Penempatan lokasi titik Base Station diletakkan pada titik BM05 yang berada di STA 37+450. Lokasi pada area warna kuning adalah range akuisisi mobil, dimana dalam range tersebut sudah ditandai lokasi pemasangan GPS Base Station.



Gambar 4. Lokasi Peletakan GPS Base Station

Tahap yang dilakukan di lapangan setelah perencanaan adalah proses instalasi, pemasangan alat, dan pengecekan sistem. Alat Mobile Laser Scanner dipasang pada wahana mobil dengan spesifikasi khusus, dimana mobil harus memiliki roofrack bawaan dari pabrik dengan spesifikasi yang sekelas dengan Thule. Proses instalasi alat dilakukan minimal oleh 4 orang yang akan melakukan pemasangan Mobile Scanner, sistem baterai (aki), kamera pavement, dan laptop monitoring. Ilustrasi pemasangan alat sampai dengan akuisisi mobile laser scanner adalah sebagai berikut.



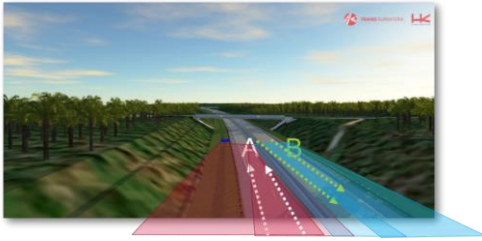
Gambar 5 (a) Pemasangan Alat MLS (b) Proses Akuisisi Data (c) View Monitor saat Akuisisi

Proses akuisisi data dengan Mobile Laser Scanning, dilakukan simultan dengan pengukuran GPS statik pada base station. Tujuan dari pengukuran GPS Statik adalah sebagai pengikatan GPS dinamik yang terpasang pada Mobile Scanner, sehingga koordinat point cloud yang dihasilkan berada dalam satu sistem referensi dengan koordinat BM setempat. BM 05 yang digunakan sebagai titik base station mobile laser scanner merupakan titik acuan lapangan yang digunakan pada fase konstruksi.

Proses akuisisi menyesuaikan dengan kondisi dan cuaca di lapangan. Akuisisi tidak dapat dilakukan pada malam hari karena gelap dan berpengaruh pada foto, cuaca hujan, gerimis, ataupun berkabut, dikarenakan air akan menyerap gelombang laser sehingga gelombang

yang dipancarkan tidak akan memantul kembali ke reflector.

Metode akuisisi yang dilakukan dengan menggunakan mobile laser scanner dilakukan dengan mobil berjalan pada jalur A dan jalur B jalan tol. Masing – masing jalur diakuisisi sebanyak dua kali, dimana mobil bergerak pada Lajur A1 dan Lajur A2. Sehingga pada masing-masing jalur akan memiliki 2 lajur, dan total lajur yang terakuisisi adalah 4 lajur. Berikut ini adalah ilustrasi jalur pengambilan data.



Gambar 6. Ilustrasi Jalur Akuisisi Data

Masing-masing jalur akuisisi akan ditempuh dengan kecepatan maksimal 50 KM/jam dengan tujuan untuk menjaga kerapatan dan konsistensi data point cloud. Dengan kecepatan antara 50 km/jam, kerapatan point cloud akan didapatkan sebagai berikut ± 1100 point/m². Hasil yang didapatkan dari akuisisi Mobile Laser Scanner ialah berupa RAW data point cloud 3 dimensi, image, data GNSS IMU, dan koordinat GPS.

2.4 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan bertujuan untuk mengkonversi dari RAW data menjadi data LAS. Dari hasil akuisisi didapatkan 4 jenis RAW data, yakni :

1. Raw Data Point Cloud
2. Raw Data Image Photo
3. Data Record GNSS IMU
4. Data GNSS Base Station

Proses pengolahan data meliputi pengolahan data koordinat GPS, pengolahan trajectory, georeferensi, pengolahan data poin cloud 3D, sampai dengan analisis data untuk menghasilkan nilai IRI. Software yang digunakan untuk melakukan pengolahan data adalah Inertial Explorer, Pegasus Manager, Microstation Terrasolid, dan Proval.

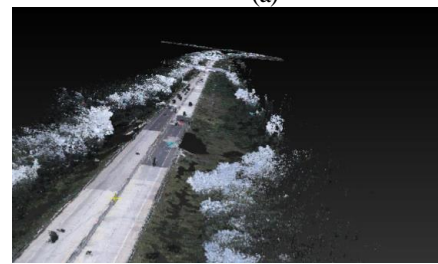
Inertial Explorer digunakan untuk melakukan proses pengolahan track atau rute dengan melakukan pengikatan pada koordinat BM lokal/base station. Keluaran dari Inertial Explorer adalah data Trajectory yang sudah ter-georeferensi, atau terikat dengan koordinat lokal. Data track yang sudah tergeoreferensi berikutnya digunakan untuk melakukan pengikatan terhadap data RAW Scanner. Proses konversi RAW Scanner menjadi point cloud 3D yang sudah tergeoreferensi dilakukan pada Software Pegasus Manager. Keluaran dari Pegasus Manager adalah data laser scanner dengan format .LAS. Data dengan format

.LAS dapat ditampilkan secara visual dalam intensity point cloud, colorized point cloud, color by elevation dan color by track.

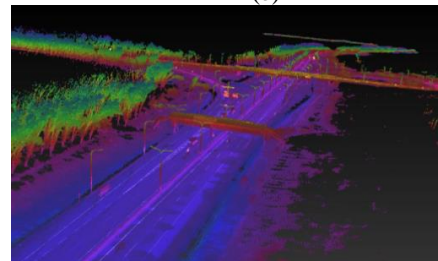
Berikut ini adalah contoh visual data yang dihasilkan dari Mobile laser scanner berupa point cloud 3 dimensi :



(a)



(b)

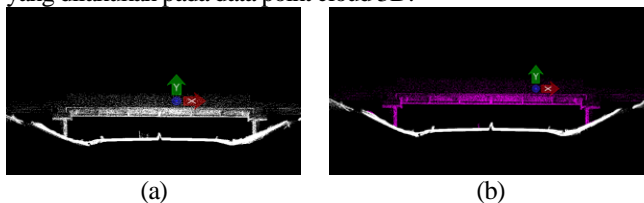


Gambar 7 (a) Color Point Cloud By Black/White Intensity (b) Color Point Cloud by RGB (c) Color Point Cloud by Elevation

Color by intensity point cloud memberikan pewarnaan berdasarkan kuat lemahnya pantulan laser pada obyek jalan tol. Color point cloud by RGB ditunjukkan oleh warna yang sesuai dengan warna obyek asli di lapangan. Vegetasi akan tetap berwarna hijau, aspal berwarna abu-abu dan hitam, serta marka akan tetap berwarna putih atau kuning. Selanjutnya color by elevation menunjukkan variasi warna data 3D Point Cloud berdasarkan elevasinya. Elevasi direferensikan terhadap dari nilai elevasi BM atau CP yang digunakan sebagai titik ikat/base station GPS, dimana titik tersebut merupakan titik kontrol pada tahap konstruksi.

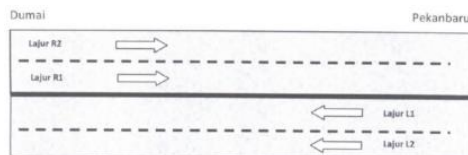
2.5 Analisis Perhitungan Nilai International Roughness Index

International Roughness Index (IRI) dihitung dengan menggunakan perangkat lunak pengolah data point cloud 3D, yakni Terrasolid. Data yang menjadi masukan adalah data point cloud dengan ekstensi .LAS. Data LAS tersebut akan diklasifikasi untuk memisahkan obyek Ground dan Non-Ground. Obyek yang tergolong dalam kelas ground adalah data mainroad, sedangkan obyek seperti overpass, underpass, kendaraan, manusia, peralatan, dan lain sebagainya tergolong dalam obyek Non-Ground. Hasil point cloud yang sudah diklasifikasi selanjutnya akan digunakan untuk analisis perhitungan nilai IRI. Berikut ini adalah contoh proses proses klasifikasi yang dilakukan pada data point cloud 3D.



Gambar 8 Proses Klasifikasi Point Cloud Ground dan Non Ground

Proses analisis yang dilakukan untuk menghitung nilai IRI sesuai dengan metode penentuan IRI yang dilakukan oleh BPLJ. Ilustrasi pemotongan data sesuai dengan lokasi jejak ban adalah sebagai berikut.



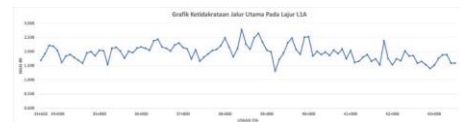
Gambar 9. Ilustrasi lokasi pemotongan data IRI sesuai dengan spesifikasi BPLJ

Data point cloud kelas ground dipotong sesuai dengan spesifikasi lokasi pemotongan pada jejak ban mobil pada lajur, yakni pada jarak 60 cm dari marka dengan lebar pemotongan adalah 24,5 cm.. Selanjutnya dari data point cloud yang sudah dipotong sesuai dengan jejak ban, dilakukan proses pengambilan nilai elevasi. Proses pengambilan nilai elevasi pada point cloud jejak ban dilakukan dengan menggunakan tools *write elevation along alignment*. Pada tahap ini ditentukan nilai interval pengambilan data, yakni diatur setiap 1 m atau 1,5 m. Data elevasi keluaran dari data point cloud digunakan untuk menghitung nilai IRI. Proses perhitungan dilakukan dengan software PROVAL pada tools Ride Quality. Data output dari software Proval adalah grafik dan tabel nilai IRI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Grafik Nilai International Roughness Index

Nilai IRI yang dihasilkan dari Mobile Laser Scanner pada keempat lajur kendaraan dapat disampaikan dalam grafik sebagai berikut. Grafik dibawah ini menyajikan nilai IRI dengan interval data per-100m.



a) Grafik Ketidakrataan Jalur Utama pada Lajur L1A



b) Grafik Ketidakrataan Jalur Utama pada Lajur L2A



c) Grafik Ketidakrataan Jalur Utama pada Lajur R1B



d) Grafik Ketidakrataan Jalur Utama pada Lajur R2B

Gambar 10 Grafik Nilai IRI hasil dari pembacaan pada software Proval

Dari keempat data, dapat disampaikan bahwa nilai IRI Mobile Laser Scanner pada Ruas Pekanbaru – Dumai di Lajur L1A, L2A, R1B, R2B berada dalam rentang 1 – 3 m/km sehingga telah memenuhi syarat batas maksimal IRI pada perkerasan jalan yakni 4m/km. Artinya, jumlah amplitude naik dan turun permukaan jalan tol tidak melebihi 4m dalam tiap KM panjang jalan.

3.2 Perbandingan Nilai IRI Mobile Laser Scanner dengan IRI Roughometer

Instansi BPLJ merupakan lembaga dari Kementerian Pekerjaan Umum yang berwenang untuk melakukan pengukuran dan mengeluarkan nilai IRI. Berdasarkan hasil pengukuran IRI yang sebelumnya telah dilakukan oleh BPLJ pada Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 3A dengan menggunakan alat dan metode konvensional, didapatkan hasil perbandingan sebagai berikut.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Rerata IRI data Mobile Laser Scanning dengan data metode konvensional BPLJ

Keterangan	L1A		L2A		R1B		R2B	
	BPLJ	MLS	BPLJ	MLS	BPLJ	MLS	BPLJ	MLS
Rerata	1,9	1,96	1,90	1,78	1,70	1,77	1,70	1,75
Tertinggi	3,3	2,78	3,50	2,32	2,80	2,55	3,10	2,73
Terendah	1,0	1,30	1,10	1,38	1,00	1,28	0,90	1,28

Berdasarkan data keluaran dari Mobile Laser Scanner, sebaran data IRI pada main road Pekanbaru – Dumai Seksi 3A berada pada rentang 1 – 3 m/km. Pada Ruas Pekanbaru – Dumai STA 33+650 – STA 43+600, nilai IRI yang dihasilkan oleh Mobile Laser Scanner berada pada rentang 1,282 – 2,783 m/km, sedangkan IRI yang dihasilkan oleh metode konvensional dengan alat Roughometer berada pada rentang 0,9 – 3,5 m/km.

Kemudian dari hasil perbandingan nilai IRI hasil tes yang dilakukan oleh BPLJ, dengan nilai IRI yang dihasilkan oleh Mobile Scanner memiliki hasil yang hampir mirip, dimana rentang nilai IRI yang dihasilkan oleh BPLJ adalah 1 – 3,5 m/km, dengan nilai rerata jalur L1A adalah 1,9 m/km; L2A adalah 1,9 m/km; R1B adalah 1,7 m/km; dan R2B adalah 1,7 m/km.

Perbedaan yang dari kedua alat ialah nilai IRI BPLJ yang diakuisisi dengan alat Roughometer mendeteksi berdasarkan perubahan elevasi atau bump yang terjadi pada jejak ban yang dilewati alat. Sedangkan pada mobile laser scanner, alat akan merekam data permukaan jalan tol sebanyak-banyaknya sehingga pendeteksian IRI dapat dilakukan dengan lebih menyeluruh pada keseluruhan lajur maupun bahu jalan.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Secara nilai dan sebaran data, untuk Mainroad Pekanbaru – Dumai Seksi 3A telah memenuhi syarat maksimal nilai indeks kekesatan jalan (International Roughness Index) baik dengan hasil ukuran Mobile Laser Scanner dan Roughometer dari BPLJ. Sehingga bisa disimpulkan pekerjaan pembangunan jalan tol ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 3A memiliki kualitas yang baik pada tingkat kerataan jalan. Dengan nilai IRI yang dihasilkan tersebut dapat menjadi acuan bagi owner untuk mengevaluasi kualitas kerataan jalan dari pekerjaan yang dilaksanakan oleh kontraktor.

4.2 Saran

Mobile Laser Scanner merupakan suatu kemajuan teknologi bidang Laser Scanner yang kedepannya akan menjadi salah satu tools untuk kegiatan pasca konstruksi jalan tol dan kegiatan operasional, dimana alat tersebut dapat dimanfaatkan untuk proses perhitungan nilai IRI. Sehingga kedepannya diperlukan dukungan dari

regulasi untuk menstandarkan dan mengesahkan nilai IRI yang dikeluarkan oleh Mobile Laser Scanner, baik dari segi personel operator yang mengambil dan mengolah data, serta data keluaran/output dari Mobile Laser Scanner. Harapannya aplikasi dari teknologi Mobile Laser Scanner tidak hanya terbatas pada pengukuran data IRI saja, akan tetapi meluas dengan pendeteksian crack, pembuatan pada As Built Drawing, monitoring perubahan elevasi, dan manajemen utilitas jalan tol.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Iwan Hermawan selaku EVP Divisi Perencanaan Jalan Tol PT Utama Karya (Persero)
2. Bapak Idwan Suhendra selaku Staff Ahli Perencanaan dan Engineering Div. Perencanaan Jalan Tol
3. Bapak Dhono Nugroho selaku VP Perencanaan dan Engineering
4. Bapak Dinny Suryakencana selaku Project Director Pekanbaru – Dumai Seksi 3-4.
5. Tim Geodetik Divisi Perencanaan Jalan Tol PT Utama Karya (Persero)
6. Tim Geodetik dan Tim Ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 1 – 6
7. Serta pihak-pihak yang turut membantu dalam proses perencanaan, akuisisi, dan pengolahan data yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alhasan, A., White, D. J., and Younkin, K. (2015), Comparison of Roadway Roughness Derived from LiDAR and SFM 3D Point Clouds, InTrans Project Reports.
- Chang, J., Chang K., Chen D. (2006). Application of 3D Laser Scanning on Measuring Pavement Roughness. Journal of Testing and Evaluation 34 (2). DOI : 10.1520/JTE13178.
- Laporan Pengujian Ketidakrataan dan Kekesatan Permukaan Jalan Tol Ruas Terbanggi Besar – Pematang Panggang – Kayu Agung. SP.10/PNBP-LJ.12/2019. PT Waskita Karya (Persero) Tbk dan Kementerian PUPR, Badan Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Laporan Hasil Pengujian Ketidakrataan (Roughness) Tol Trans Sumatera Ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 3. (2020). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional

- VI, Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VI.
- Leica. Leica Pegasus II Ultimate Datasheet, diunduh 23 Oktober 2020 dari <https://www.gefos-leica.cz/data/original/skenery/mobilni-mapovani/two-ultimate/leica-pegasustwoultimate-ds-871011-0118-en-lr.pdf>
- Kementerian PUPR RI. 2014. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum RI.
- Pembuain, A., Priyanto, S., Suparman L., (2018). Evaluasi Kemantapan Permukaan Jalan Berdasarkan International Roughness Index pada 14 Ruas Jalan di Kota Yogyakarta. Ejournal UNDIP. Teknik, 39(2), 136 – 131. Semarang. Indonesia.
- Pemerintah Indonesia. 2014. Peraturan Presiden (PERPRES) tentang Percepatan Pembangunan Jalan Tol di Sumatera. Jakarta : Pemerintah Pusat.
- Pemerintah Indonesia. 2015. Peraturan Presiden (PERPRES) tentang Perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 100 Tahun 2014 tentang Percepatan Pembangunan Jalan Tol di Sumatera. Jakarta : Pemerintah Pusat.
- Sayers, M., Gillespie, T., Paterson, W., (1986). Guidelines for Conductiong and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank Technical Paper. ISSN 0253-7494; No. 46.
- Simamora, M., Trisnoyuwono, D., dan Muda, A., (2018). Model International Roughness Index vs Waktu pada Beberapa Jalan Nasional di Kota Kupang. Jurnal Teknik Sipil (JUTEKS), Vol III No. 1, Halaman 254 – 258.
- Suwardo dan Sugiharto. (2004). Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI). Simposium VII FSTPT, Universitas Katholik Parahyangan, Bandung, Indonesia.
- Zoller+Frochlich.Frohlich. Datasheet Z+F Profiler 9012, diunduh pada 23 Oktober 2012 dari https://www.zf-laser.com/fileadmin/editor/Datenblaetter/Z_F_PROFILER_9012_Datasheet_E_final_compr.pdf