

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur transportasi darat, khususnya jaringan jalan, merupakan urat nadi perekonomian nasional yang berfungsi untuk menghubungkan pusat-pusat pertumbuhan, memperlancar mobilitas barang dan jasa, serta meningkatkan efisiensi distribusi logistik. Sebagai salah satu aset strategis negara, jaringan jalan nasional dituntut untuk selalu berada dalam kondisi mantap guna menjamin keselamatan, kenyamanan, dan kelancaran para pengguna jalan.

Provinsi Bengkulu, yang terletak di pesisir barat Pulau Sumatera, memiliki peran geopolitik dan ekonomi yang krusial dalam menghubungkan jalur logistik lintas barat Sumatera. Jaringan jalan nasional di provinsi ini menjadi jalur utama pergerakan komoditas unggulan daerah serta aksesibilitas antar-kabupaten/kota.

Penurunan kualitas permukaan jalan di wilayah ini tidak hanya berdampak pada kenyamanan berkendara, tetapi juga dapat memicu pembengkakan biaya operasional kendaraan dan menghambat laju perekonomian regional. Seiring bertambahnya beban lalu lintas, faktor usia perkerasan, serta kondisi cuaca ekstrem, permukaan jalan secara alami akan mengalami penurunan kualitas.

Memasuki tahun 2025, dinamika mobilitas dan perkembangan wilayah di Provinsi Bengkulu menuntut pemeliharaan jalan yang lebih responsif dan tepat sasaran. Melalui pelaksanaan survei ketidakrataan jalan pada tahun 2025, diperoleh data komprehensif yang memotret kondisi terkini seluruh ruas jalan nasional di provinsi tersebut.

Salah satu indikator utama yang digunakan secara internasional dan nasional untuk menilai mutu permukaan jalan adalah tingkat ketidakrataan jalan atau International Roughness Index (*IRI*). Nilai *IRI* mencerminkan variasi longitudinal pada permukaan jalan yang memengaruhi getaran kendaraan. Evaluasi berkala terhadap nilai *IRI* sangat diperlukan agar instansi terkait dapat melakukan pemetaan kondisi aktual jalan secara akurat.

Sebagai seorang profesional teknik sipil yang terlibat dalam kegiatan keinsinyuran di bidang manajemen dan pemeliharaan jalan, saya memiliki

tanggung jawab untuk melakukan evaluasi kondisi aktual jalan nasional melalui pendekatan yang terukur dan ilmiah. Salah satu metode utama yang digunakan adalah pengukuran Indeks Kekasaran Jalan atau International Roughness Index (IRI). Nilai IRI menggambarkan tingkat ketidakrataan permukaan jalan yang secara langsung memengaruhi kenyamanan, keamanan, dan kinerja kendaraan.

Survei IRI dilaksanakan menggunakan peralatan berbasis kendaraan (vehicle-mounted system) yang dilengkapi sensor akselerometer dan profilometer. Data hasil pengukuran kemudian diproses menjadi nilai numerik dalam satuan meter per kilometer (m/km), yang menunjukkan tingkat kekasaran longitudinal pada permukaan jalan.

Kegiatan keinsinyuran ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengevaluasi kondisi permukaan jalan nasional di Provinsi Bengkulu berdasarkan hasil survei IRI tahun 2025, serta menganalisis sejauh mana kondisi kemantapan jaringan jalan dapat dioptimalkan melalui pendekatan berbasis data tersebut. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran terhadap upaya peningkatan kualitas pelayanan jalan nasional serta menjadi dasar pengambilan keputusan teknis dalam penyusunan program pemeliharaan dan rehabilitasi jalan ke depan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan teknis yang menjadi fokus kegiatan keinsinyuran ini yaitu:

Bagaimana distribusi nilai International Roughness Index (IRI) pada setiap interval 100 meter di sepanjang jaringan jalan nasional di Provinsi Bengkulu. Rumusan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai variasi kondisi permukaan jalan secara lebih rinci, sehingga dapat diketahui segmen-segmen yang tergolong mantap maupun tidak mantap.

Sejauh mana tingkat kemantapan jalan nasional di Provinsi Bengkulu dapat dioptimalkan berdasarkan hasil analisis data IRI tahun 2025? Pertanyaan ini diarahkan untuk mengevaluasi kinerja pemeliharaan jalan yang telah dilakukan serta menyusun rekomendasi strategis dalam rangka peningkatan kemantapan jaringan jalan nasional secara efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Rumusan masalah tersebut menjadi dasar dalam penyusunan analisis dan pembahasan pada bab-bab selanjutnya, yang menitikberatkan pada keterkaitan antara kondisi fisik permukaan jalan, nilai IRI, serta strategi pemeliharaan yang optimal.

1.3 Tujuan

Kegiatan keinsinyuran ini memiliki tujuan utama untuk menganalisis dan mengevaluasi kondisi kemantapan jalan nasional di Provinsi Bengkulu dengan menggunakan parameter Indeks Kekasaran Jalan (IRI) sebagai indikator kuantitatif. Secara rinci, tujuan kegiatan ini meliputi:

- a. Mengidentifikasi dan memetakan distribusi nilai IRI pada interval setiap 100 meter di ruas-ruas jalan nasional Provinsi Bengkulu berdasarkan hasil survei tahun 2025.
- b. Menilai dan membedakan tingkat kemantapan permukaan jalan nasional berdasarkan klasifikasi kondisi jalan sesuai standar Direktorat Jenderal Bina Marga.
- c. Menganalisis keterkaitan antara hasil pengukuran Ketidakrataan (IRI) dengan kondisi jalan eksisting, seperti beban lalu lintas, karakteristik tanah dasar, dan sistem drainase.
- d. Menyusun rekomendasi teknis untuk perbaikan dan pemeliharaan jalan yang sesuai dengan kondisi jalan eksisting berguna untuk menjaga tingkat kemantapan jalan nasional.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus kajian dan memastikan hasil analisis tetap terarah, kegiatan keinsinyuran ini dibatasi oleh ruang lingkup berikut:

- a. Cakupan Lokasi terbatas pada ruas-ruas jalan nasional di Provinsi Bengkulu yang berada di bawah kewenangan Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Bengkulu.
- b. Periode data yaitu analisis menggunakan data hasil survei IRI tahun 2025 yang diperoleh dari kegiatan pemantauan rutin jaringan jalan nasional.

- c. Interval analisis data IRI diolah dan dianalisis per segmen 100 meter, agar diperoleh gambaran kondisi permukaan jalan dengan resolusi tinggi.
- d. Aspek yang dibahas fokus pada analisis nilai IRI dan tingkat kemantapan jalan; aspek lain seperti kapasitas lalu lintas atau desain struktur perkerasan tidak dibahas secara mendalam.
- e. Tujuan akhir untuk menghasilkan evaluasi kondisi kemantapan jalan dan rekomendasi teknis untuk peningkatan kualitas permukaan jalan nasional secara efisien.



Gambar 1. 1 Peta Wilayah Kerja BPJN Bengkulu

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam pembuatan laporan ini agar mudah dipahami, maka laporan kegiatan keinsinyuran ini disusun dalam lima bab utama dengan sistematika sebagai berikut:

I. Bab I Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang kegiatan, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.

II. Bab II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori dasar mengenai karakteristik perkerasan jalan, konsep kemantapan jalan, definisi dan standar nilai IRI, serta pedoman teknis Bina Marga yang digunakan sebagai acuan analisis.

III. Bab III Metodologi Kegiatan Keinsinyuran

Menguraikan lokasi, waktu pelaksanaan, peralatan yang digunakan, metode survei, proses pengumpulan data IRI, serta teknik analisis data per segmen jalan.

IV. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan hasil analisis data IRI, distribusi nilai per segmen 100 meter, klasifikasi kondisi jalan, dan pembahasan mengenai strategi optimasi kemantapan jaringan jalan nasional.

V. Bab V Kesimpulan dan Saran

Merangkum hasil utama kegiatan keinsinyuran, menarik kesimpulan berdasarkan analisis yang dilakukan, dan memberikan saran untuk peningkatan kualitas serta efektivitas pengelolaan jalan nasional di Provinsi Bengkulu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada kegiatan keinsinyuran adalah elemen krusial yang berfungsi sebagai landasan ilmiah, teknis, dan legal-formal untuk memecahkan suatu masalah rekayasa secara nyata di lapangan. Dalam praktik keinsinyuran, tinjauan pustaka lebih menitikberatkan pada penerapan standar, regulasi, teori mapan, dan praktik terbaik yang telah diakui secara profesional dan industri. memperkuat landasan konseptual dan teknis yang menjadi dasar analisis kondisi

Tinjauan pustaka pada kemantapan jalan nasional di Provinsi Bengkulu berupa pemahaman teori, standar, serta praktik keinsinyuran yang berlaku menjadi kunci dalam menjamin bahwa hasil analisis dan rekomendasi teknis yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan profesional.

Pembahasan pada bab ini mencakup konsep kemantapan jalan, parameter International Roughness Index (IRI) sebagai indikator kondisi permukaan jalan, teknik survei dan akuisisi data lapangan, kriteria penanganan berdasarkan nilai IRI, serta pedoman nasional yang menjadi acuan pelaksanaan kegiatan.

2.1 Konsep Kemantapan Jalan

Kemantapan jalan merupakan ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu ruas jalan dapat memberikan fungsi pelayanan transportasi yang optimal, aman, dan nyaman bagi pengguna. Jalan yang mantap memiliki kemampuan menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi signifikan dan tetap dapat digunakan sepanjang tahun dalam berbagai kondisi cuaca.

Berdasarkan regulasi yang Berdasarkan regulasi yang berlaku di Indonesia (Kementerian Pekerjaan Umum), kondisi pelayanan jalan dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu Mantap dan Tidak Mantap. Tingkat kemantapan ini mencerminkan kemampuan jalan dalam melayani volume lalu lintas dengan aman, nyaman, dan ekonomis.

1. Kondisi Mantap, meliputi jalan dengan kondisi Baik (jalur tanpa kerusakan berarti) dan Sedang (kerusakan minor yang tidak mengganggu laju

kendaraan secara signifikan). Secara umum, jalan dianggap mantap apabila memenuhi dua kriteria utama yaitu :

- a. Secara fungsional, yaitu mampu memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan.
 - b. Secara struktural, yaitu memiliki kekuatan lapisan perkerasan dan tanah dasar yang cukup untuk menahan beban kendaraan.
2. Jalan yang tidak mantap adalah jalan yang menunjukkan tanda-tanda kerusakan struktural atau fungsional, seperti retak-retak, penurunan permukaan, atau kerusakan lapisan aus yang menyebabkan permukaan menjadi kasar dan tidak rata. Kondisi ini biasanya mengurangi kenyamanan pengendara, meningkatkan biaya operasional kendaraan, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan. Kondisi Tidak Mantap meliputi jalan dengan kondisi Rusak Ringan (mulai terjadi deformasi struktural atau fungsional) dan Rusak Berat (kerusakan struktural luas yang menurunkan kapasitas layan jalan secara drastis).

Menurut Pedoman Preservasi Jaringan Jalan No. 07/PBM/2021, kategori kemantapan jalan ditentukan berdasarkan hasil penilaian kondisi permukaan, baik melalui pengamatan visual maupun survei kuantitatif seperti pengukuran nilai IRI. Ruas jalan dengan nilai IRI rendah dikategorikan sebagai jalan mantap, sementara nilai IRI tinggi menandakan kondisi jalan yang perlu penanganan.

Kemantapan jalan juga merupakan komponen penting dalam Manajemen Aset Jalan (*Integrated Road Management System/IRMS*), yaitu sistem pengelolaan infrastruktur berbasis data yang bertujuan mengoptimalkan kinerja jaringan jalan secara keseluruhan. Melalui sistem ini, pemerintah dapat menentukan prioritas penanganan, perencanaan anggaran, serta strategi preservasi jalan berdasarkan kondisi aktual yang terukur.

Dalam konteks keinsinyuran, kemantapan jalan menjadi indikator kinerja teknis yang mencerminkan hasil rekayasa perkerasan dan efektivitas kegiatan pemeliharaan. Oleh karena itu, pemantauan kemantapan jalan harus dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan untuk menjaga mutu pelayanan jaringan jalan nasional.

Target nasional umumnya menetapkan persentase kemandapan jalan berkisar di atas 90% untuk menjamin konektivitas antarwilayah logistik dan mobilitas masyarakat, termasuk pada lintas utama di Provinsi Bengkulu.

2.2 International Roughness Index (IRI)

International Roughness Index (IRI) merupakan parameter standar internasional yang digunakan untuk mengukur ketidakrataan permukaan jalan (road roughness) yang dihitung berdasarkan profil longitudinal jalan. Nilai IRI menunjukkan besarnya respons vertikal kendaraan akibat ketidakrataan permukaan jalan sepanjang satu kilometer, dinyatakan dalam satuan meter per kilometer (m/km).

Konsep IRI dikembangkan oleh World Bank pada tahun 1986 dalam *The International Road Roughness Experiment (IRRE)* yang dilaksanakan di Brasil. Tujuannya adalah menyediakan satu standar universal yang dapat digunakan untuk menilai kondisi jalan secara konsisten di berbagai negara dan sistem survei.

a. Fungsi dan Makna Nilai IRI

IRI memiliki makna yang sangat luas dalam konteks keinsinyuran jalan. Selain menjadi indikator kenyamanan pengendara, dalam manajemen aset jalan, nilai IRI bukan sekadar angka statistik, melainkan alat bantu pengambilan keputusan yang vital. Fungsi utamanya meliputi :

1. Standardisasi Objektif Penilaian Jalan: Sebelum adanya IRI, penilaian kondisi jalan sering kali bersifat subjektif (hanya berdasarkan pandangan mata surveyor). IRI memberikan standar global yang seragam, sehingga kondisi jalan di Bengkulu, Jakarta, ataupun London dapat diperbandingkan dengan indikator yang sama.
2. Arah Kebijakan Anggaran (Preservasi Jalan): Instansi terkait (seperti Dinas PUPR atau Balai Pelaksanaan Jalan Nasional) menggunakan IRI untuk menyusun skala prioritas. Jalan dengan nilai IRI buruk akan didahulukan dalam alokasi anggaran perbaikan agar kerusakan tidak menjalar ke struktur fondasi jalan.
3. Memprediksi Biaya Operasional Kendaraan (BOK): Semakin tinggi nilai IRI (jalan semakin rusak), semakin besar pula getaran yang diterima

kendaraan. Hal ini langsung berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar, keausan ban, dan percepatan kerusakan komponen kendaraan.

4. Indikator Keselamatan dan Kenyamanan Berkendara: IRI berkorelasi langsung dengan aspek rideability (kenyamanan berkendara). Jalan yang tidak rata pada kecepatan tinggi dapat memicu hilangnya kendali kendaraan (hydroplaning saat hujan atau slip), sehingga mengancam keselamatan pengguna jalan.

Secara praktis, IRI merupakan “bahasa universal” kondisi jalan, yang menjembatani pengukuran teknis dengan aspek pelayanan publik.

b. Interpretasi Nilai IRI

Nilai IRI biasanya diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori untuk memudahkan analisis, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1 berikut:

Klasifikasi Kondisi Jalan	Rentang Nilai IRI (m/km)	Kategori Kemantapan	Deskripsi Umum Kondisi Permukaan
$IRI \leq 4$	Baik	Mantap	Permukaan jalan halus, nyaman, tidak terdapat retak atau tambalan
$4 < IRI \leq 8$	Sedang	Mantap	Permukaan bergelombang, mulai terjadi retak dan deformasi ringan
$8 < IRI \leq 12$	Rusak Ringan	Tidak Mantap	Jalanan berlubang kecil, terdapat rutil (alur kendaraan), dan deformasi permukaan. Kendaraan akan bergoyang dan harus berjalan lambat.
$IRI > 12$	Rusak Berat	Tidak Mantap	Kondisi ekstrem. Lubang besar dan dalam tersebar di mana-mana. Kerusakan struktural luas yang menurunkan kapasitas layan jalan secara drastis

Tabel 2.1 Klasifikasi Kondisi Jalan Berdasarkan Rentang Nilai IRI

Nilai ambang batas tersebut digunakan secara resmi oleh Direktorat Jenderal Bina Marga dalam penentuan Indeks Kemantapan Jalan Nasional (IKJ).

c. Relevansi IRI dalam Praktik Keinsinyuran

Dalam praktik keinsinyuran khususnya pada bidang teknik sipil transportasi dan jalan raya, International Roughness Index (IRI) bukan sekadar metode pengukuran, melainkan alat kendali dan pengambilan keputusan strategis. Relevansi IRI sangat kuat karena parameter ini menghubungkan data mentah di lapangan dengan kebijakan teknis, aspek finansial, hingga tanggung jawab hukum seorang insinyur. Berikut adalah penjelasan mengenai relevansi kritis nilai IRI dalam praktik keinsinyuran:

1. Sebagai Penjaminan Mutu Konstruksi (Quality Assurance / Quality Control), Dalam kontrak kerja konstruksi jalan raya (baik pembangunan jalan baru maupun pelapisan ulang/overlay), nilai IRI digunakan sebagai kriteria penerimaan pekerjaan.
2. Penggerak Utama Sistem Manajemen Perkerasan (Pavement Management System - PMS) Insinyur tidak boleh merencanakan perbaikan jalan berdasarkan intuisi atau tuntutan politik sepihak, melainkan harus berbasis data.
3. Penerapan Konsep Efisiensi Biaya Siklus Hidup (Life-Cycle Cost Analysis) Salah satu kompetensi utama insinyur adalah merancang solusi teknis yang paling ekonomis namun berdaya guna tinggi.
4. Komponen Utama Analisis Kelayakan Ekonomi Proyek (Feasibility Study) Sebelum sebuah proyek jalan berskala besar disetujui, insinyur harus membuktikan bahwa proyek tersebut menguntungkan secara ekonomi publik.
5. Akuntabilitas Hukum dan Mitigasi Risiko Malpraktik Sesuai dengan UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, penyelenggara jalan dapat dituntut secara hukum jika membiarkan jalan rusak hingga mengakibatkan kecelakaan.

Untuk wilayah seperti Provinsi Bengkulu yang berada pada jalur lintas barat Sumatra dengan tantangan geografis berupa daerah pesisir sekaligus perbukitan yang rawan pergerakan tanah (abrasi dan longsor) relevansi IRI menjadi kian krusial dan penting.

Insinyur di Bengkulu dapat menggunakan fluktuasi nilai IRI yang berubah cepat secara periodik sebagai indikator awal terjadinya penurunan tanah dasar atau kegagalan drainase, bahkan sebelum retakan besar muncul di permukaan jalan. Dengan demikian, langkah preventif keinsinyuran dapat segera dilakukan.

Jadi nilai IRI bukan sekadar angka hasil survei, tetapi merupakan representasi langsung dari kinerja teknis dan kenyamanan fungsional yang dihasilkan oleh desain, konstruksi, dan pemeliharaan jalan.

2.3 Teknik Survei IRI

Survei ketidakrataan jalan / IRI adalah survei yang dilakukan untuk mendapatkan nilai ketidakrataan permukaan jalan pada arah memanjang di sepanjang ruas. Nilai ketidak rataan ini dinyatakan dengan nilai IRI dengan satuan m/km (sumber: Pedoman Pd-01-2021-BM tentang Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan). Tujuannya adalah mengumpulkan data ketidakrataan jaringan jalan yang dapat digunakan untuk:

- a. Memberikan gambaran umum kondisi jaringan jalan
- b. Mengembangkan model penurunan kondisi perkerasan
- c. Memberikan masukan dalam optimasi pemeliharaan dan rehabilitasi jaringan jalan
- d. Memberikan masukan untuk pemodelan dalam mengevaluasi efektifitas standar perencanaan perkerasan dan kebijakan pemeliharaan, dan menilai bagian biaya penyelenggaraan jalan dalam menunjang angkutan barang dan jasa.

Apabila terdapat kondisi jalan yang tidak diperkeras, permukaan jalan rusak berat, kecepatan operasi survei rendah, dan dianggap tidak praktis serta tidak aman untuk melakukan survei ketidakrataan jalan dengan metoda yang diajukan di atas, maka perlu untuk menyiapkan metoda lain untuk menilai ketidakrataan jalan di

daerah tersebut. Metoda lain yang disiapkan tersebut harus dikalibrasi dengan metoda ASTM E 1364-95 atau metoda lain yang disetujui oleh Pengguna Jasa.

Pelaksanaan survei IRI merupakan bagian penting dari kegiatan monitoring kondisi jaringan jalan nasional. Data yang diperoleh dari survei ini digunakan untuk memperbarui basis data jalan (road database) serta sebagai bahan perencanaan pemeliharaan dan rehabilitasi.

2.3.1 Peralatan dan Prinsip Kerja

Alat pengukur yang digunakan digunakan untuk pekerjaan Survei (Inspeksi) Data Kondisi Jaringan Jalan ini adalah disarankan tipe Profilometer Laser. Dimana Profilometer harus memenuhi ketentuan standar ASTM E950-94:

1. Memiliki resolusi kurang dari 0,1 mm
2. Dapat mencapai ketelitian pengukuran kurang dari 0,1 mm.

Data Rekaman dan profil harus dapat melaporkan data profil memanjang dan memproses data profil memanjang tersebut, serta melaporkan nilai International Roughness Index (IRI) in m/km untuk setiap lajur lalu-lintas. Nilai ketidakrataan yang dilaporkan untuk setiap lajur adalah nilai rata-rata pembacaan pada roda kiri dan roda kanan. Data direkam dan dilaporkan seperti berikut:

1. Jumlah jalur roda: dua per lajur
2. Interval pengambilan data memanjang: tidak lebih dari 50 mm
3. Interval pelaporan Nilai IRI: 100 m.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran ketidakrataan jalan harus dicatat selama survei sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan atau data dukung untuk perbaikan data. Faktor-faktor tersebut antara lain kecepatan survei di daerah macet, adanya kegiatan konstruksi jalan, hujan, adanya genangan air pada permukaan jalan, atau karena adanya hambatan di Jalur lalu lintas kendaraan survei harus melewati jalur alternatif/darurat.

Alat pengukur yang akan digunakan pada pekerjaan ini adalah Alat Pengukur Ketidakrataan Tipe Respon – Data ketidakrataan jalan dapat dikumpulkan dengan menggunakan alat pengukur ketidakrataan jalan tipe respon atau sejenisnya, dengan instrument yang dikalibrasi menghasilkan nilai IRI dalam m/km sesuai dengan ASTM E 1448-92/98. Data ketidakrataan jalan harus

dilaporkan dengan interval 100 m, dan kecepatan pada saat survei harus dicatat untuk keperluan perhitungan nilai IRI dari data mentah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran ketidakrataan jalan harus dicatat selama survei dan data dapat dikoreksi. Faktor-faktor tersebut antara lain kecepatan survei di daerah macet, adanya kegiatan konstruksi jalan, atau karena adanya hambatan di Jalur lalu lintas kendaraan survei harus melewati jalur alternatif/darurat.

Beberapa kebiasaan dalam operasi survei, seperti pengereman atau percepatan kendaraan yang mendadak juga dapat mempengaruhi pada hasil pengukuran ketidakrataan jalan, harus dapat dihindari. Dalam hal seperti ini dimana data yang diperoleh diragukan mutunya, Pelaksana survei harus melaporkan bagian jalan yang terdampak, menjelaskan alasan terjadinya kegagalan dan mengajukan usulan tindakan perbaikan. Tindakan perbaikan dapat berupa melakukan penilaian ketidakrataan secara manual atau melakukan survei ulang terhadap bagian jalan yang terdampak

Survei IRI menggunakan alat tipe responsif IRIMETER 2 dan peralatan pendukung seperti GPS Navigasi dan kamera video dengan georeferensi. Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai ketidakrataan jalan (Roughness/IRI) pada jalan yang dilapisi perkerasan fleksibel/Rigid maupun yang tidak dilapisi perkerasan.

Alat ini dilengkapi dengan sensor jarak yang akurat dan GPS. Data yang dihasilkan berupa raw data, grafik, dan peta koordinat GPS yang berwarna warni sesuai dengan tingkat nilai IRI. Alat ini sangat praktis digunakan karena pemasangannya sangat sederhana dan dapat dibongkar pasang (Portable) pada semua jenis kendaraan roda empat dengan cepat, pemasangan hanya memerlukan waktu kurang dari 1 jam.



Gambar 2. 1 Alat yang akan digunakan pada Survei IRI (IRIMETER 2)

Selain itu, setiap hasil pengukuran dilengkapi dengan data posisi geografis (GPS) untuk memastikan bahwa setiap segmen jalan yang disurvei memiliki koordinat yang valid. Proses ini dilakukan dengan interval setiap 100 meter, sehingga memberikan resolusi tinggi terhadap variasi kondisi permukaan jalan.



Gambar 2. 2 Pemasangan peralatan pada kendaraan survei

2.3.2 Prosedur Pelaksanaan

Tahapan utama pelaksanaan survei IRI meliputi:

1. Persiapan dan kalibrasi alat, untuk memastikan sensor dalam kondisi stabil dan akurat;
2. Pelaksanaan survei lapangan, di mana kendaraan bergerak pada kecepatan konstan sesuai pedoman Pd-01-2021-BM;
3. Perekaman data GPS dan waktu, agar setiap titik pengukuran dapat dipetakan dengan akurat;
4. Pengendalian mutu (Quality Control) melalui verifikasi data terhadap kondisi visual lapangan;
5. Pengolahan dan validasi data, termasuk penghapusan data *outlier* dan penyamaan interval

2.3.3 Akurasi dan Validasi

Keakuratan data IRI sangat bergantung pada ketepatan kalibrasi dan kestabilan kecepatan kendaraan saat survei. Proses validasi lapangan menjadi sangat penting. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran terhadap kondisi aktual permukaan jalan dan data survei sebelumnya. Jika ditemukan perbedaan signifikan, maka dilakukan pengukuran ulang pada segmen terkait untuk menjamin keakuratan data.

Dalam praktiknya, pelaksanaan survei IRI yang baik mencerminkan kompetensi profesional keinsinyuran, karena keberhasilan analisis selanjutnya sepenuhnya bergantung pada ketelitian dan konsistensi data yang dikumpulkan di lapangan.

2.4 Kriteria Penanganan dan Program Pemeliharaan Jalan

Nilai IRI yang diperoleh dari survei lapangan digunakan sebagai dasar dalam menyusun rencana penanganan pada program pemeliharaan jalan nasional. Prinsip dasarnya adalah bahwa semakin tinggi nilai IRI, semakin besar tingkat kerusakan dan semakin berat jenis penanganan yang akan dikerjakan.

Tabel 2.2 berikut menunjukkan hubungan antara nilai IRI dan jenis kegiatan penanganan yang disarankan menurut Pedoman Preservasi Jaringan Jalan No. 07/PBM/2021:

Rentang Nilai IRI (m/km)	Kategori Kondisi Jalan	Jenis Penanganan	Deskripsi Kegiatan Teknis
$IRI \leq 4$	Baik	Pemeliharaan Rutin	Pembersihan saluran, tambalan kecil, sealing retak
$4 < IRI \leq 6$	Sedang	Pemeliharaan Berkala	Overlay tipis, pelapisan ulang, patching luas
$6 < IRI \leq 8$	Rusak Ringan	Rehabilitasi	Penggantian sebagian lapisan struktural
$IRI > 8$	Rusak Berat	Rekonstruksi	Penggantian total struktur perkerasan

Tabel 2.2 Klasifikasi Kondisi Jalan dan Rekomendasi Jenis Penanganan Berdasarkan Nilai IRI

Pendekatan ini memastikan bahwa setiap kegiatan pemeliharaan dilakukan berdasarkan kondisi aktual (*condition-based maintenance*), bukan hanya berdasarkan umur jalan. Dengan sistem ini, program preservasi jaringan jalan menjadi lebih efisien, transparan, dan tepat sasaran, karena setiap keputusan teknis didukung oleh data terukur.

Dalam konteks kegiatan keinsinyuran ini, analisis nilai IRI digunakan untuk mengidentifikasi segmen-segmen prioritas yang membutuhkan intervensi teknis, sekaligus mengevaluasi efektivitas program pemeliharaan sebelumnya yang telah dilaksanakan di Provinsi Bengkulu.

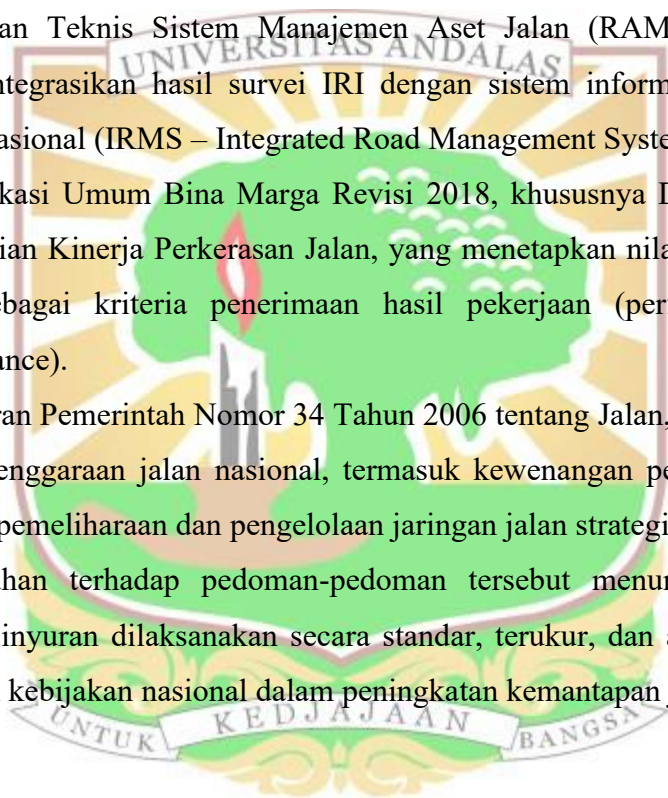
2.5 Pedoman dan Standar Teknis Nasional

Kegiatan survei dan analisis kondisi jalan di Indonesia dilaksanakan berdasarkan regulasi dan pedoman resmi yang dikeluarkan oleh Kementerian

Pekerjaan Umum, melalui Direktorat Jenderal Bina Marga. Beberapa acuan utama yang relevan dengan kegiatan ini antara lain:

1. Pedoman Survei Pengumpulan Data Kondisi Jaringan Jalan Pd-01-2021-BM, yang mengatur metodologi survei IRI, tata cara validasi data, dan format pelaporan hasil survei.
2. Pedoman Preservasi Jaringan Jalan No. 07/PBM/2021, yang memuat prinsip-prinsip perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pemeliharaan berbasis kondisi jalan, serta menjelaskan peran nilai IRI dalam penentuan prioritas penanganan.
3. Pedoman Teknis Sistem Manajemen Aset Jalan (RAMS) 2019, yang mengintegrasikan hasil survei IRI dengan sistem informasi manajemen jalan nasional (IRMS – Integrated Road Management System).
4. Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2018, khususnya Divisi 6 tentang Pengujian Kinerja Perkerasan Jalan, yang menetapkan nilai ambang batas IRI sebagai kriteria penerimaan hasil pekerjaan (performance-based acceptance).
5. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, yang mengatur penyelenggaraan jalan nasional, termasuk kewenangan pemerintah pusat dalam pemeliharaan dan pengelolaan jaringan jalan strategis nasional.

Kepatuhan terhadap pedoman-pedoman tersebut menunjukkan bahwa kegiatan keinsinyuran dilaksanakan secara standar, terukur, dan akuntabel, serta selaras dengan kebijakan nasional dalam peningkatan kemantapan jalan nasional.



BAB III

METODOLOGI PELAKSANAAN

Pada Bab ini menjelaskan secara menyeluruh metodologi kegiatan keinsinyuran yang dilakukan dalam rangka survei dan analisis Indeks Ketidakrataan Jalan (International Roughness Index – IRI) pada jaringan jalan nasional di Provinsi Bengkulu Tahun 2025.

Penyusunan metodologi dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui mengenai arah dari kegiatan yang dilakukan serta bagaimana proses ilmiah untuk mencapai arah tersebut. Oleh karena itu proses pengembangan kerangka analisis dalam metodologi pelaksanaan kegiatan ini adalah penting sebagai pedoman proses pelaksanaan analisis serta penyusunan program kerja.

Metodologi ini berfungsi sebagai pedoman teknis yang menjamin bahwa setiap tahapan pelaksanaan kegiatan dilakukan secara sistematis, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah maupun profesional.

3.1 Ruang Lingkup dan Lokasi Kegiatan

3.1.1 Ruang Lingkup Kegiatan

Fokus utama dari kegiatan keinsinyuran ini adalah mentransformasi data mentah hasil pengukuran lapangan menjadi keputusan teknis yang terstruktur, objektif, dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dalam rekayasa jalan raya, penilaian kondisi visual saja tidak cukup karena bersifat subjektif. Oleh karena itu, International Roughness Index (IRI) digunakan sebagai indikator utama yang terukur secara kuantitatif.

Kegiatan keinsinyuran ini berfokus pada pengukuran dan analisis kemantapan jalan nasional dengan menggunakan parameter IRI sebagai indikator utama dalam menilai kondisi permukaan jalan. Cakupan kegiatan meliputi empat tahap utama:

1. Tahapan Survei Lapangan

- a. Melakukan pengecekan teknis dan kalibrasi alat
- b. Penentuan titik awal dan akhir survei
- c. Pengaturan perangkat lunak dengan memasukkan data administratif

- d. Menjaga kecepatan kendaraan survei konstan
- e. Penyelarasan jalur roda
- f. Perekaman data otomatis
- g. Pemberian penanda acuan saat melewati jembatan, perlintasan sebidang, pekerjaan sedang berlangsung.
- h. Memverifikasi awal di lapangan dengan pengecekan cepat data yang telah disurvei
- i. Pencatatan kondisi lingkungan berupa kondisi cuaca dan lalu lintas
- j. Mengamankan data mentah dari perangkat survei ke penyimpanan eksternal.

2. Tahapan Pengolahan Data

- a. mengkonversi data hasil survei (format SMD) ke format CSV dan validasi data awal.
- b. Pengecekan data anomali yang diakibatkan guncangan akibat pengeraman mendadak atau akselerasi spontan.
- c. Menyelaraskan nilai kondisi IRI dan dirata-ratakan ke dalam interval segmentasi per 100 m.

3. Tahapan Analisis Kondisi dan Distribusi

- a. Mengkaji penyebaran nilai IRI antar segmen
- b. Mengecek deviasi standar
- c. Mengklasifikasi nilai kondisi IRI berdasarkan standar Bina Marga.

4. Tahapan Visualisasi dan Interpretasi

- a. Menyusun peta stripmap nilai kondisi IRI per lajur jalan
- b. Menyusun peta tematik distribusi kemantapan menggunakan QGIS dan Google Earth sebagai media analisis spasial.

Kegiatan survei utama yang dilakukan adalah pada jalan nasional, namun sebagian jalan provinsi pendukung juga diikuti untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap sistem jaringan jalan di Bengkulu.

3.1.2 Tujuan dan Signifikansi

Dalam penyusunan metodologi kegiatan survei International Roughness Index (IRI) bukan sekadar formalitas administrasi, melainkan sebuah panduan strategis.

Metodologi yang terstruktur memiliki Tujuan dan Signifikansi (tingkat kepentingan) yang sangat vital dalam menjamin efektivitas pengawasan aset negara, khususnya pada jaringan jalan nasional di Provinsi Bengkulu. Tujuan metodologis kegiatan ini adalah memperoleh data yang :

Tujuan utama dari penerapan metodologi survei IRI yang sistematis adalah untuk menjawab aspek how-to (bagaimana mencapai hasil yang valid) melalui standarisasi langkah kerja:

1. Menjamin Akurasi dan Standardisasi Data (Data Integrity): Memastikan bahwa pengambilan data di lapangan terbebas dari bias manusia (human error) dan gangguan teknis. Metodologi mengatur cara kalibrasi alat dan kecepatan konstan kendaraan survei agar data yang dihasilkan valid berdasarkan standar internasional (ASTM E1926).
2. Menyediakan Data Kondisi Riil secara Real-Time (Kondisi 2025): Memberikan gambaran objektif mengenai tingkat ketidakrataan permukaan jalan nasional di Bengkulu pada tahun berjalan (2025). Hal ini penting untuk mengukur performa jalan secara berkala.
3. Mengoptimalkan Segmentasi Jaringan Jalan: Memecah jaringan jalan nasional yang panjang menjadi segmen-segmen kecil yang terukur (per 100 m atau 1 km) guna mempermudah lokalisasi titik-titik kerusakan yang membutuhkan penanganan segera.
4. Mewujudkan Transparansi dan Repeatability: Memastikan bahwa prosedur survei dapat diulang oleh insinyur atau tim surveyor lain di kemudian hari dengan metode yang persis sama, sehingga tren penurunan atau peningkatan kualitas jalan dari tahun ke tahun dapat dibandingkan secara adil.

Signifikansi Metodologi Survei IRI atau nilai penting dari metodologi ini berdampak langsung pada aspek kebijakan, efisiensi anggaran, dan keselamatan publik yaitu :

1. Dasar Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Metodologi ini mengubah persepsi subjektif ("jalan ini rasanya rusak") menjadi angka kuantitatif yang pasti (misal: $IRI = 9.2 \text{ m/km}$). Angka objektif inilah yang menjadi landasan sah bagi Balai Pelaksanaan Jalan

Nasional (BPJN) untuk menentukan apakah suatu ruas jalan harus mendapatkan jatah pemeliharaan rutin, berkala (asphalt overlay), atau rekonstruksi total.

2. Efisiensi dan Optimalisasi Anggaran Negara (APBN)

Anggaran pemeliharaan jalan nasional bersifat terbatas. Signifikansi metodologi IRI terletak pada kemampuannya menyusun Skala Prioritas Penanganan Dengan mengawinkan data IRI dan volume lalu lintas (LHR), pemerintah dapat mendahulukan perbaikan pada ruas jalan logistik utama yang kerusakannya paling berdampak pada ekonomi wilayah Bengkulu, sehingga mencegah pemborosan anggaran.

3. Mendukung Program Preservasi Preventif

Dalam siklus hidup perkerasan jalan, biaya perbaikan jalan akan membengkak hingga beberapa kali lipat jika struktur jalan sudah terlanjur hancur total. Metodologi survei IRI membantu mendeteksi penurunan kualitas jalan sejak dini (ketika nilai IRI mulai merangkak dari kondisi Baik ke Sedang). Tindakan pencegahan dini seperti penambalan lubang kecil atau lapis tipis (*slurry seal*) jauh lebih murah daripada membangun ulang jalan yang sudah rusak berat.

4. Meningkatkan Keselamatan dan Kenyamanan Pengguna Jalan

Jalan nasional di Provinsi Bengkulu didominasi oleh jalur logistik pantai barat Sumatra yang rawan guncangan jika tidak dipelihara dengan baik. Nilai IRI berkorelasi langsung dengan :

- a. Keselamatan Berkendara, Mengurangi risiko kecelakaan akibat kendaraan yang hilang kendali saat melintasi lubang atau ketidakrataan ekstrem pada kecepatan tinggi.
- b. Biaya Operasional Kendaraan (BOK), Jalan yang rata ($IRI < 4$) akan menghemat konsumsi bahan bakar masyarakat dan meminimalkan kerusakan suku cadang (suspensi/ban) armada logistik.

Kegiatan ini juga mendukung implementasi preservasi jalan berbasis kondisi aktual, sehingga sumber daya penanganan dapat diarahkan secara efisien pada ruas yang benar-benar memerlukan intervensi teknis.

3.1.3 Lokasi dan Kondisi Umum Wilayah Survei

Lokasi kegiatan mencakup seluruh jaringan jalan nasional di Provinsi Bengkulu, dengan panjang sesuai dengan panjang SK Jalan Nasional Provinsi Bengkulu :

Tabel 3.1 Daftar Lokasi Pekerjaan Survei Ketidakrataan Jalan dan Survei Kondisi Perkerasan

No.	Nomor Ruas	Nama Ruas Jalan	Panjang (KM)
1	13001	Batas Prov. Sumbar - Mukomuko	33,09
2	13002	Muko-Muko - Bantal	50,76
3	13003	Bantal - Ipuh	49,03
4	13004	Ipuh - Seblat	37,18
5	13005	Seblat - Ketahun	41,61
6	13006	Ketahun - Ds. Air Limas - Bintunan	30,79
7	13007	Bintunan - Lais	10,94
8	13008	Lais - Kerkap	20,78
9	13009	Kerkap - Ps. Pedati (S. Hitam)	21,04
10	1300911	Jln. Budi Utomo (Bengkulu)	1,59
11	1300912	Jln. W.R. Supratman (Bengkulu)	5,51
12	13010	Pasar Pedati - Sp. Dprd (Tugu Hiu)	8,10
13	13011	Sp. Dprd (Tugu Hiu) - Sp. Nakau	4,29
14	1301211	Nakau - Air Sebakul (Bengkulu)	5,92
15	1301311	Air Sebakul - Betungan (Bengkulu)	6,27
16	1301411	Betungan - Padang Serai (Bengkulu)	5,42
17	1301511	Jln. Akses Pelabuhan (Bengkulu) (Pg.Dewa-P.Baai)	7,84
18	1301611	Air Sebakul - Pagar Dewa	4,70
19	13017	Kembang Seri - Air Sebakul	16,79
20	13018	Betungan - Tais	40,49
21	1301811	Pagar Dewa - Sp. Bandara - Betungan	6,44

No.	Nomor Ruas	Nama Ruas Jalan	Panjang (KM)
22	13019	Tais - Maras	57,82
23	13020	Maras - Sp. Kurawan (Manna)	14,61
24	1302011	Sp. Kurawan - K. Bupati (Manna)	4,06
25	1302012	K. Bupati - Jln. Samsul Bahrun (Manna)	4,06
26	13021	Sp. Tiga Kayu Kunyit (Manna) - Tanjung Kemuning	37,83
27	1302111	Jln. Iskandar Baksir (Manna)	2,24
28	13022	Tanjung Kemuning - Linau	43,73
29	13023	Linau - Batas Prov. Lampung	27,79
30	13024	Nakau - Bts. Kota Kepahiang	47,66
31	1302411	Bts. Kota Kepahiang - Sp. Kantor Bupati Kepahiang	3,62
32	13025	Sp. Kantor Bupati Kepahiang - Sp. Tabamulan (Curup)	17,30
33	13026	Sp. Tabamulan - Bts. Kota Curup	3,01
34	1302611	Jln. Thamrin (Curup)	0,89
35	1302612	Jln. Merdeka (Curup)	1,47
36	1302613	Jln. A. Yani (Curup)	0,82
37	13027	Sp. Nangka (Curup) - Bts. Prov. Sumsel	42,60
38	1302711	Curup - S. Nangka (Curup)	5,13
39	13028	Manna - Bts. Prov. Sumsel	40,72
40	1302811	Jln. A. Yani (Manna)	2,59
41	13029	Sp. Taba Mulan - Sp. Nangka	12,20
42	13030	Sp. Tiga Jbt. Manula (Km 253.400) - Bts. Prov. Lampung	1,50
43	13031	Sp. Enam - Lubuk Kebur	1,78

Tabel 3.1 SK ruas Jalan nasional Provinsi Bengkulu

Penentuan lokasi survei mengikuti jaringan jalan nasional aktif berdasarkan SK Menteri PUPR No. 290/KPTS/M/2023 tentang *Penetapan Ruas Jalan Nasional Tahun 2023*.

3.2 Metode Survei IRI

3.2.1 Prinsip Dasar Pengukuran

International Roughness Index (IRI) adalah indikator kuantitatif yang menggambarkan tingkat ketidakrataan permukaan jalan sepanjang satu kilometer. Nilai ini berbanding lurus dengan tingkat getaran yang dialami kendaraan: semakin tinggi nilai IRI, semakin tidak rata permukaan jalan.

Metode pengukuran yang digunakan adalah profilometer tipe III (accelerometer-based Irimeter II). Alat ini bekerja berdasarkan sensor accelerometer dan displacement transducer yang terpasang pada suspensi kendaraan. Gerakan vertikal akibat ketidakrataan jalan direkam secara kontinu, lalu diubah menjadi nilai IRI dalam satuan meter per kilometer (m/km).

Keunggulan metode ini:

1. Non-destruktif, tidak merusak lapisan perkerasan;
2. Cepat dan efisien, dapat mengukur hingga >100 km per hari;
3. Konsisten, hasil pengukuran antar ruas dapat dibandingkan secara langsung;
4. Terintegrasi GPS, setiap data disertai koordinat geografis untuk pemetaan spasial.

3.2.2 Pelaksanaan Survei Lapangan

Sebelum pekerjaan survei pengumpulan data, peralatan yang akan digunakan harus diperiksa untuk memastikan peralatan tersebut telah dikalibrasi dan sertifikat/berita acara validasinya masih berlaku. Setiap hari, sebelum memulai atau setelah melaksanakan survei, harus dilakukan prosedur validasi operasional yang sering disebut dengan “the bounce test” untuk memastikan peralatan berfungsi dengan baik. Dalam melaksanakan pengumpulan data, beberapa hal berikut harus dilaksanakan:

1. Operator, dalam mengoperasikan peralatan, harus mengikuti instruksi pabrik pembuatnya (mengacu pada manual yang diterbitkan oleh pabrik pembuatnya).
2. Kendaraan dijalankan pada lajur yang umum dilalui.
3. Selama survei kendaraan harus dijalankan secara baik, tanpa percepatan atau perlambatan yang mendadak, dan harus selalu diusahakan agar kendaraan dijalankan pada kisaran kecepatan yang disarankan oleh pabrik pembuatnya.
4. Data yang dikumpulkan harus diikat dengan system referensi yang ditetapkan sebelumnya, lokasi setiap titik referensi yang diukur harus dicatat dan dilaporkan. Titik awal survei harus ditetapkan sebelum survei dimulai.
5. Mengikuti petunjuk pada manual pengoperasian yang diterbitkan pabrik pembuatnya, mengukur ketidakrataan pada lajur roda sepanjang lajur lalu lintas yang diukur, menjalankan kendaraan pada kecepatan yang konstan.
6. Pengukuran harus dihentikan bila kondisi pekerjaan sulit dikendalikan, misalnya dalam mempertahankan pengukuran pada lajur roda dan/atau dalam mempertahankan kecepatan operasional kendaraan pada rentang kecepatan yang ditetapkan; sehingga hasil pengukuran dianggap tidak valid.
7. Tidak boleh menghindari kerusakan jalan yang ada, kecuali bila dapat menimbulkan kerusakan pada alat atau ancaman keselamatan.
8. Apabila menggunakan Optical Profilometer (mis: Hawkeye 2000, Mata Garuda), maka pengukuran tidak boleh dilakukan ketika hujan atau permukaan jalan yang basah. Bila terdapat permukaan yang basah setempat, harus dicatat dan dilaporkan. Bila memungkinkan, pengukuran ulang pada bagian jalan tersebut harus dijadwalkan.
9. Apabila menggunakan Alat Kelas-III Tipe Respon dengan jenis "IRIMeter", maka hanya dapat digunakan pada kendaraan dengan tipe suspensi Macpherson yang biasa digunakan mobil dengan tahun perakitan ≥ 2018) (mis: Toyota Inova, Mitsubishi Xpander, All New Suzuki Ertiga, dan sebagainya).

Selama pelaksanaan survei di lapangan harus mencatat dan melaporkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses dan hasil pengukuran ketidakrataan jalan, antara lain:

1. Menyimpang dari lajur yang diukur
2. Kecepatan tidak sesuai dengan kisaran kecepatan yang ditetapkan, terutama pada kecepatan sangat rendah
3. Hentakan pada saat percepatan/perlambatan/berbelok
4. Geometrik jalan yang berkelok-kelok dan naik turun
5. Abutments/expansion joints pada jembatan
6. Lantai jembatan kayu
7. Perlintasan dengan rel kereta api
8. Lumpur, sampah di permukaan jalan;

Nilai ketidakrataan yang dilaporkan untuk setiap lajur segmen adalah nilai ketidakrataan Lajur, IRI (m/km) tidak lebih dari 2 desimal, dengan interval pelaporan 100 meter per lajur. Data ketidakrataan yang dilaporkan harus diikat dengan titik referensi yang telah ditetapkan agar bermanfaat dalam proses pengambilan keputusan. Lokasi spasial segmen jalan yang diukur harus dicatat menggunakan GPS.

Laporan ketidakrataan jalan harus secara jelas menunjukkan lajur yang diukur, arah pengukuran, kecepatan kendaraan saat mengukur, tanggal, cuaca saat pengukuran, faktor-faktor yang mengganggu pengukuran, data hilang/tidak tercatat atau tidak valid termasuk penyebabnya (misalnya: adanya pekerjaan konstruksi jalan, kemacetan lalu lintas, permukaan yang basah, adanya genangan air di permukaan jalan, kendaraan berpindah lajur karena hambatan atau menyusul kendaraan lain). Data yang harus dicatat dan dilaporkan untuk setiap pengukuran ketidakrataan, antara lain:

1. Nomor dan Judul Kontrak
2. Waktu survei, Tanggal dan Jam
3. Tanda Pengenal Alat Survei yang digunakan
4. Nama Operator
5. Nama Pengemudi

6. Nomor Ruas dan Titik referensi
7. Nama Ruas
8. Arah pengukuran
9. Lajur yang diukur
10. Referensi Awal dan Akhir pengukuran
11. Titik referensi data
12. Faktor-faktor yang mengganggu proses dan hasil survei
13. Catatan (event) yang menunjukkan kondisi khusus

Pelaksanaan survei lapangan dilakukan dalam kondisi cuaca cerah dan arus lalu lintas lancar agar hasil pengukuran stabil.

Langkah-langkah teknis meliputi:

1. Kalibrasi Alat dan Kendaraan
 - a. Dilakukan di lintasan standar (base calibration track).
 - b. Tujuan: memastikan sistem accelerometer memberikan respons proporsional terhadap gerakan suspensi.
 - c. Deviasi toleransi maksimal $\pm 0,5$ m/km dari nilai referensi.
2. Penentuan Jalur Pengukuran
 - a. Setiap ruas diukur semua lajur nya (L1,L2,R1,R2) dan dua arah perjalanan (*Normal* dan *Opposite*).
 - b. Setiap arah surveinya dibagi dalam segmen 100 meter.
 - c. Koordinat awal dan akhir direkam secara otomatis.
3. Pengambilan Data IRI
 - a. Kendaraan bergerak dengan kecepatan konstan 40–60 km/jam.
 - b. Nilai IRI direkam otomatis setiap 100 m interval.
 - c. Operator mencatat kondisi permukaan (retak, bergelombang, genangan, deformasi).



Gambar 3. 1 Pengambilan data IRI

4. Pengendalian Mutu Lapangan
 - a. Dilakukan *spot checking* di lapangan menggunakan pengukuran ulangan (re-run test).
 - b. Hasil dianggap valid jika deviasi antar run $\leq 0,3$ m/km.
 5. Dokumentasi Visual dan GPS Track
 - a. Video *dashcam* direkam bersamaan untuk validasi hasil numerik.
 - b. File GPS (.gpx) digunakan sebagai referensi dalam peta spasial.
- Keluaran tahap ini adalah file mentah SMD (Survey Measurement Data) yang memuat nilai IRI, waktu, posisi GPS, dan arah lintasan.

3.3 Teknik Pengolahan Data

3.3.1 Konversi Data

Data mentah hasil survei diekstraksi dari alat profilometer dan diolah menjadi format yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif maupun spasial. Langkah-langkah pengolahan meliputi:

1. Ekspor data dari alat ke format SMD → CSV menggunakan aplikasi *IRI Processor*;

2. Penyusunan ulang kolom data menjadi format standar: [Kode Ruas] – [Nama Ruas] – [Sta Awal] – [Sta Akhir] – [Arah] – [IRI] – [Koordinat GPS];
3. Penggabungan data hasil survei dua arah (*Normal* dan *Opposite*) menjadi satu dataset komprehensif;
4. Penambahan atribut klasifikasi kondisi (baik, sedang, rusak ringan, rusak berat).

Tahap ini menghasilkan *database* utama (master file) yang menjadi dasar seluruh analisis berikutnya.

3.3.2 Validasi dan Koreksi

Dalam menjamin integritas dan keandalan hasil pengukuran maka dilakukan validasi data secara berlapis untuk memastikan kebenaran data yaitu :

1. Deteksi Outlier
Segmen dengan nilai IRI ekstrem (>12 m/km) dibandingkan dengan rekaman video dan catatan cuaca. Jika terbukti akibat gangguan alat (misal kendaraan terguncang akibat lubang besar tiba-tiba), data diganti dengan rerata segmen sekitar.
2. Koreksi Arah dan Panjang Segmen
Kadang terjadi ketidaksesuaian antara jarak tempuh GPS dan panjang segmen nominal. Penyesuaian dilakukan agar data tetap sinkron 100 meter per segmen.
3. Pemeriksaan Konsistensi Antar Lajur
Nilai IRI antar lajur tidak boleh berbeda lebih dari 0,5 m/km. Jika melebihi, dilakukan pengecekan ulang terhadap log pengukuran.
4. Interpolasi Data Hilang
Untuk mengisi segmen kosong akibat gangguan sensor, digunakan metode interpolasi linear berbasis posisi GPS.

Setelah validasi dilakukan sehingga data dinyatakan siap untuk di analisis jika memenuhi:

1. Lengkap (tidak ada segmen kosong),
2. Deviasi standar antar lajur $\leq 5\%$,
3. Konsistensi posisi GPS valid (<10 m akurasi).

3.3.3 Pemetaan dan Visualisasi Spasial

Tahap akhir pengolahan data adalah visualisasi spasial menggunakan perangkat lunak QGIS dan Google Earth Pro.

Langkah-langkahnya:

1. Impor data CSV berisi nilai IRI dan koordinat GPS;
2. Menggunakan *Linear Referencing Tool* untuk menggambar ruas jalan;
3. Mewarnai segmen berdasarkan klasifikasi nilai IRI.

Peta tematik yang dihasilkan menunjukkan sebaran kondisi kemantapan dalam kode warna:

1. Hijau : $IRI < 4 \rightarrow$ Jalan Baik
2. Kuning : $4 \leq IRI < 8 \rightarrow$ Sedang
3. Oranye : $8 \leq IRI < 12 \rightarrow$ Rusak Ringan
4. Merah : $\geq 12 \rightarrow$ Rusak Berat

Visualisasi ini memudahkan identifikasi segmen kritis dan menjadi alat bantu keputusan teknis bagi penyusunan rencana preservasi tahun berikutnya.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Analisis Distribusi Nilai IRI

Analisis dilakukan untuk mengetahui pola penyebaran kondisi permukaan jalan antarsegmen. Tahapan analisis meliputi:

1. Perhitungan nilai rata-rata (mean) dan simpangan baku (standard deviation) untuk setiap ruas jalan;
2. Penentuan proporsi panjang jalan mantap dan tidak mantap;
3. Analisis *histogram* untuk melihat bentuk distribusi data IRI (normal, miring kanan, atau miring kiri).

Tahapan Interpretasi:

1. Distribusi simetris dengan deviasi kecil $\rightarrow$ kondisi jalan stabil dan seragam;
2. Distribusi miring kanan (skewed) $\rightarrow$ terdapat segmen rusak ekstrem (IRI tinggi) yang butuh prioritas perbaikan;
3. Deviasi tinggi $\rightarrow$ indikasi ketidakhomogenan hasil preservasi antarsegmen.

3.4.2 Analisis Deviasi dan Ruas Kritis

Segmen dengan nilai IRI > 8 m/km dikategorikan tidak mantap.

Selanjutnya dilakukan:

1. Perhitungan total panjang segmen tidak mantap per ruas (km);
2. Identifikasi segmen dengan IRI ekstrem ≥ 12 m/km sebagai ruas kritis;
3. Analisis penyebab (beban lalu lintas, genangan, penurunan tanah, atau material aspal menua).

Data ini digunakan untuk penyusunan prioritas penanganan preservasi. Segmen prioritas diberi peringkat (P1, P2, P3) berdasarkan kombinasi nilai IRI, panjang segmen, dan fungsi jalan (arteri, kolektor).

3.4.3 Evaluasi Kemantapan Jaringan Jalan

Analisis hasil IRI Akhir 2025 dibandingkan dengan data tahun sebelumnya untuk menilai tren kemantapan jaringan. Hasil evaluasi mencakup:

1. Perubahan rata-rata nilai IRI per ruas;
2. Persentase peningkatan atau penurunan panjang jalan mantap;
3. Dampak kegiatan preservasi terhadap penurunan nilai IRI.

Analisis ini menghasilkan indikator kinerja preservasi jalan, yang dapat digunakan oleh BPJN Bengkulu untuk perencanaan tahun anggaran berikutnya.

