

**Analisis Pemrograman Preservasi Jalan dengan Strategi Penanganan Sementara (Back-fall Strategy)
Skala Jaringan menggunakan Metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015**

Gita Yuliani*

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, Email: gitayuliani297@gmail.com

Eri Susanto Hariyadi

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, Email: erish@itb.ac.id

Ade Sjafruddin

Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung, Email: ades-itb@itb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan membandingkan akurasi metode prediksi kondisi jalan antara MEPDG 2015 dan IRMS V.3 sebagai dasar pemrograman preservasi jalan pada skala jaringan. Studi dilakukan pada enam ruas jalan nasional Pantura sepanjang 55,87 km dengan karakteristik lalu lintas beragam. Prediksi IRI metode MEPDG 2015 dihitung menggunakan pendekatan mekanistik-empiris dengan tiga jenis kalibrasi (Global, Arizona, dan Oregon), serta bantuan software ELMOD 6 dan KENPAVE. IRMS V.3 menggunakan pendekatan empiris berbasis data historis. Hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual tahun 2021–2023 untuk menghitung deviasi relatif, kemudian dianalisis dalam program preservasi selama 20 tahun dengan dua skenario: unconstrained budget dan constrained budget menggunakan Back-fall Strategy (strategi menunda, bertahap, dan holding). MEPDG 2015 kalibrasi Oregon menunjukkan deviasi relatif terkecil (−15,48%) dan merupakan metode paling akurat. Dalam kondisi tanpa batasan anggaran, metode ini lebih hemat dibanding IRMS V.3. Dalam keterbatasan anggaran, strategi holding dengan MEPDG 2015 menghasilkan kemantapan jalan akhir 2–3 kali lebih tinggi bila dibandingkan dengan strategi lain, meskipun biayanya 1–2% lebih besar. Dengan demikian, MEPDG 2015 kalibrasi lokal Oregon dengan strategi holding direkomendasikan sebagai strategi terbaik saat terjadi keterbatasan anggaran di skala jaringan.

Kata-kata Kunci: *Back-fall strategy, IRMS V.3, MEPDG 2015, preservasi.*

Abstract

This study aims to compare the accuracy of road condition prediction methods between MEPDG 2015 and IRMS V.3 as a basis for network-level road preservation programming. The study was conducted on six continuous segments of the Pantura national road spanning 55.87 km with varying traffic characteristics. IRI prediction using the MEPDG 2015 method was calculated based on a mechanistic-empirical approach with three calibration types (Global, Arizona, and Oregon), supported by ELMOD 6 and KENPAVE software. Meanwhile, IRMS V.3 applies an empirical approach based on historical data. The prediction results were compared with actual field data from 2021–2023 to calculate relative deviation and analyzed in a 20-year preservation program under two budget scenarios: unconstrained and constrained budget using the Back-fall Strategy (postponed, gradual, and holding strategies). MEPDG 2015 with Oregon calibration showed the smallest relative deviation (−15.48%) and was the most accurate method. Under an unconstrained budget, it was also more cost-efficient than IRMS V.3. Under budget constraints, the holding strategy with MEPDG 2015 produced 2–3 times higher final road condition performance when compared to other strategies, despite requiring 1–2% more cost. Therefore, MEPDG 2015 with local Oregon calibration and holding strategy is recommended as the best option under limited budget conditions at the network level.

Keywords: *Back-fall strategy, IRMS V.3, MEPDG 2015, preservation.*

* Penulis Korespondensi: gitayuliani297@gmail.com

1. Pendahuluan

Preservasi jalan adalah kegiatan pengelolaan jalan yang meliputi pencegahan, pemeliharaan, dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap dapat berfungsi secara optimal dalam melayani lalu lintas, sehingga menjamin tercapainya umur yang direncanakan (Pratiwi, D. S., & Albar, A, 2023). Direktorat Jenderal Bina Marga (DJB) sebagai penanggung jawab dalam pelaksanaan preservasi jalan nasional melakukan optimasi pelaksanaan preservasi jalan dengan target kemantapan berdasarkan *International Roughness Index* (IRI). Namun, tingkat kemantapan jalan nasional hingga akhir tahun 2023 baru sebesar 94,18 % (Bina Marga, 2024) dengan deviasi - 0,82% dari target 95% yang diakibatkan oleh backlog anggaran (Bina Marga, 2022). Untuk mencapai tingkat kemantapan jalan nasional yang lebih tinggi serta sesuai dengan anggaran yang tersedia, diperlukan optimasi dan strategi pengelolaan skala jaringan yang efektif dan efisien.

Di Indonesia, sistem pengelolaan skala jaringan untuk jalan nasional yang digunakan hingga saat ini yaitu *Indonesian Road Management System* (IRMS V.3). IRMS V.3 merupakan sistem untuk identifikasi jalan yang berada dalam kondisi terburuk dan paling berisiko mengalami kerusakan lebih lanjut, menentukan alokasi biaya pemeliharaan jalan, dan memberikan penghematan bagi pengguna jalan. Seiring dengan perkembangan teknologi, IRMS V.3 terus ditingkatkan dan disempurnakan, namun disisi lain isu keterbatasan anggaran untuk preservasi jalan merupakan salah satu penghambat efektivitas sistem tersebut (Nyoman, 2023).

Apabila terdapat keterbatasan anggaran, maka diterapkan strategi penanganan sementara (*Back-fall Strategy*) (Bina Marga, 2021). *Back-fall Strategy* merupakan salah satu solusi strategis dalam meningkatkan target kemantapan jalan nasional. *Back-fall Strategy* diharapkan akan menekan anggaran yang dibutuhkan dan dalam tingkat jaringan akan mempengaruhi tingkat kemantapan jalan nasional.

Terkait isu keterbatasan anggaran, diperlukan analisis perkerasan yang dapat memberikan rekomendasi penanganan tepat sasaran sehingga pembiayaan dapat dilakukan secara efektif. Analisis menggunakan metode IRMS V.3 dilakukan melalui 2 (dua) pendekatan yaitu fungsional dan struktural. Metode ini dapat memprediksi model penurunan nilai IRI di masa yang akan datang dengan suatu model persamaan empiris (Sari, 2024). Kemudian disisi lain, analisis perkerasan secara luas sudah menggunakan pendekatan mekanistik empiris yaitu mengkombinasikan karakteristik mekanistik

perkerasan dan hasil kinerja perkerasan berdasarkan hasil eksperimen. Pendekatan mekanistik empiris dinilai lebih baik dibandingkan pendekatan empiris. *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide* (MEPDG) 2015 dianggap sebagai standar mutakhir dalam analisis dan desain perkerasan mekanis empiris (Wasanta, 2024).

Penggunaan MEPDG 2015 sangat penting untuk meningkatkan desain perkerasan jalan di Indonesia (Subagio, 2022). Penelitian mengenai MEPDG 2015 di Indonesia masih sangat terbatas, padahal metode ini mampu memprediksi kinerja perkerasan dengan lebih tepat karena mempertimbangkan data material, beban lalu lintas, serta kondisi iklim secara komprehensif. Hal ini mengarah pada perkerasan yang lebih efisien dan tahan lama, terutama di daerah dengan kondisi yang sangat bervariasi, seperti Indonesia (Li, 2011).

Implementasi metode MEPDG 2015 di Indonesia masih membutuhkan banyak penelitian dan kalibrasi agar sesuai dengan data lokal (Subagio, 2022). Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki nilai kalibrasi lokal untuk MEPDG. Oleh karena itu, penelitian sebelumnya menggunakan nilai kalibrasi dari negara bagian Oregon (AS) sebagai acuan. Kalibrasi tersebut kemudian dievaluasi terhadap kondisi perkerasan jalan di Indonesia, dan hasilnya menunjukkan bahwa kalibrasi lokal Oregon sesuai dan dapat digunakan sebagai titik awal yang mendasar untuk analisis dan adaptasi lebih lanjut (Djuhana, 2021). Namun belum terdapat penelitian bagaimana perbandingan prediksi IRI menggunakan IRMS V.3 dengan MEPDG 2015 kalibrasi lokal Oregon serta bagaimana apabila prediksi IRI tersebut digunakan untuk pemrograman preservasi jalan dengan *Back-fall Strategy (constrained budget)* tingkat jaringan di Indonesia. Sehingga penelitian ini berupaya untuk menganalisis pemrograman preservasi jalan skala jaringan dengan *Back-fall Strategy* menggunakan metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Back-fall strategy

Berdasarkan Pedoman Perencanaan dan Pemrograman Pekerjaan Preservasi Jaringan Jalan (Bina Marga, 2021), apabila anggaran yang tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan penanganan sesuai dengan hasil analisis program, maka diterapkan strategi penanganan sementara sebagai berikut:

1. Menunda penanganan rekomendasi pada segmen ruas jalan tertentu dengan penanganan minimum (pemeliharaan rutin);
2. Melaksanakan penanganan secara bertahap:
 - a. Merupakan bagian dari penanganan utuh

- hasil analisis.
- b. Pelapisan ulang dengan tebal 40 mm hingga 80 mm seperti ditetapkan pada *decision tree* dan pekerjaan lainnya sesuai kebutuhan.
 - c. Paling lambat 3 (tiga) tahun untuk segmen jalan yang ditangani bertahap harus diselesaikan sesuai dengan bentuk penanganan utuh hasil analisis.
 3. Melaksanakan penanganan holding, yaitu mencakup pekerjaan penambalan lubang rekonstruksi setempat atau pelapisan ulang setempat

2.2 Metode MEPDG 2015

MEPDG 2015 merupakan metode desain struktur perkerasan dengan mempertimbangkan faktor mekanistik dan empirik. Metode ini menggabungkan pemahaman material, iklim dan memperhitungkan respon struktur dari perkerasan jalan seperti tegangan, regangan dan defleksi (AASHTO, 2015). MEPDG 2015 merupakan pengembangan dari metode desain berbasis empiris sebelumnya yaitu AASHTO 1993 (NCHRP, 2004).

2.2.1 Perhitungan balik (*back-calculation*)

Back-calculation merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi sifat-sifat mekanik pada perkerasan jalan, seperti modulus elastisitas dan dapat menggunakan software seperti ELMOD 6 (Rahmawati, 2022).

2.2.2 Pemodelan mekanistik perkerasan lentur

Berdasarkan penelitian Rachmasari (2024), pemodelan mekanistik bertujuan untuk mengetahui respon akibat pembebahan pada perkerasan multilayer. KENPAVE merupakan software yang dikembangkan oleh Dr. Yang H. Huang P.E. dari Teknik Sipil Universitas Kentucky pada tahun 1993 yang digunakan untuk mengetahui tegangan dan regangan pada perkerasan jalan dan dapat memprediksi potensi kerusakan jalan selama kurun waktu tertentu. Input yang diperlukan pada KENPAVE yaitu nilai modulus, *poisson ratio* pada setiap lapis, tekanan ban dan koordinat tegangan dan regangan yang akan ditinjau.

2.2.3 Prediksi kerusakan lentur

Metode MEPDG meninjau dan menganalisis tiga kriteria kerusakan yaitu *fatigue cracking*, *permanent deformation* dan *smoothness*. Perhitungan sesuai dengan pedoman AASHTO (2015).

1. Rut Depth

Rutting disebabkan oleh deformasi vertikal plastis atau permanen pada *Hot Mix Asphalt* (HMA), *unbound layers* ataupun pondasi perkerasan. Pendekatan yang digunakan dalam MEPDG 2015

berdasarkan perhitungan rutting dalam setiap sublapisan. *Rutting* diperkirakan pada kedalaman tengah setiap sublapisan pada struktur perkerasan. Model untuk menghitung deformasi permanen total menggunakan regangan vertikal yang diakibatkan oleh beban lalu lintas.

$$\Delta_{P(HMA)} = \beta_{1r} k_z \varepsilon_{r(HMA)} 10^{k_{1r}} \dots n^{k_{2r}} T^{k_{3r}} \beta_{3r} \quad (1)$$

Dimana:

$\Delta_{P(HMA)}$ = Akumulasi deformasi permanen pada lapisan HMA (in)

k_z = Faktor kedalaman *confinement*

$\varepsilon_{r(HMA)}$ = Regangan resilient pada bagian tengah HMA (in/in)

T = Temperatur perkerasan (°F)

$k_{1r}, 2r, 3r$ = Koefisien kalibrasi global ($k_{1r} = -3,35412$, $k_{2r} = 0,4791$, $k_{3r} = 1,5606$)

$\beta_{1r}, 2r, 3r$ = Koefisien kalibrasi lokal

n = Jumlah beban repetisi (ESAL)

2. Load Related Cracking – Fatigue Cracking

Load related cracking atau retak akibat beban diprediksi berupa *alligator cracking* dan *longitudinal cracking*. MEPDG mengasumsikan bahwa *alligator cracking* tersebut dimulai dari bagian bawah HMA dan menyebar ke permukaan seiring dengan adanya beban lalu lintas, sedangkan *longitudinal cracking* diasumsikan dimulai dari permukaan. Untuk menghitung area alligator cracking dan panjang longitudinal cracking menggunakan metode MEPDG 2015 dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$FC_{Bottom} = \left(\frac{1}{60} \right) \frac{C_4}{1 + e^{(C_1 C_1^* + C_2 C_2^* \log(DI_{bottom}) * 100)}} \quad (2)$$

$$C_1^* = -C_2^* \quad (3)$$

$$C_2^* = -2,40874 - 39,748(1 + H_{HMA})^{-2,856} \quad (4)$$

Dengan:

FC_{Bottom} = Area *alligator cracking* dibawah HMA (%)

DI_{Bottom} = Indeks kerusakan kumulatif bagian bawah HMA

H_{HMA} = Tebal lapisan HMA (in)

$C_{1,2,4}$ = Regression constraints

$$FC_{Top} = 10,56 \left(\frac{c_4}{1 + e^{(c_1 - c_2 \log(DI_{Top}))}} \right) \quad (5)$$

Dengan:

FC_{Top} = Panjang *longitudinal cracking* dibawah HMA (%)

DI_{Top} = Indeks kerusakan kumulatif bagian bawah HMA

$C_{1,2,4}$ = Regression constraints

3. Smoothness

Peningkatan tekanan permukaan mengakibatkan meningkatnya kekasaran atau nilai IRI seiring bertambahnya waktu (AASHTO, 2015).

$$IRI = IRI_0 + C_1(RD) + C_2(FC_{TOTAL}) + C_3(TC) + C_4(SF) \quad (6)$$

Dimana:

IRI_0 = IRI awal (in/mi)

SF = Site factor

FC_{total} = Area fatigue cracking ($FC_{Bottom} + FC_{Top}$) (%)

TC = Panjang transverse cracking (ft/mi)

RD = Rata – rata rut depth (in)

$C_{1,2,3,4}$ = Faktor kalibrasi global ($C_1 = 40,00, C_2 = 0,400, C_3 = 0,008, C_4 = 0,015$)

2.2.4 Kalibrasi Lokal

Faktor kalibrasi merupakan faktor penyesuaian pada model mekanistik empiris terhadap kondisi sebenarnya, penyesuaian model prediksi berdasarkan data – data input pada daerah tinjauan disebut sebagai kalibrasi lokal. Tujuan dari kalibrasi menurut AASHTO (2015) adalah untuk meningkatkan ketepatan prediksi serta mengurangi bias pada model. Kalibrasi yang digunakan yaitu kalibrasi global (AASHTO, 2015), kalibrasi lokal Arizona (Darter, 2014), dan Oregon (Williams, R. C., & Shaidur, R, 2013) dengan nilai seperti yang ditampilkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Kalibrasi lokal Rut Depth

Kalibrasi	Rut Depth		
	$\beta 1r$	$\beta 2r$	$\beta 3r$
Global	1,00	1,00	1,00
Arizona	0,69	1,00	1,00
Oregon	1,48	1,00	0,90

Tabel 2. Kalibrasi lokal Alligator Cracking

Kalibrasi	Bottom – Up / Alligator Cracking					
	$\beta f1$	$\beta f2$	$\beta f3$	$c1$	$c2$	$c4$
Global	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6.000
Arizona	249,009	1,00	1,2334	1,00	4,50	6.000
Oregon	1,00	1,00	1,00	0,56	0,225	6.000

Tabel 3. Kalibrasi lokal Longitudinal Cracking

Kalibrasi	Top – Down / Longitudinal Cracking					
	$\beta f1$	$\beta f2$	$\beta f3$	$c1$	$c2$	$c4$
Global	1,00	1,00	1,00	7,00	3,50	1.000
Arizona	249,009	1,00	1,2334	7,00	3,50	1.000
Oregon	1,00	1,00	1,00	1,453	0,097	1.000

2.3 Metode IRMS V.3

Analisis dilakukan dengan menghitung nilai *Structural Number of Pavement* (SNP) menggunakan data lendutan untuk menyatakan nilai suatu perkerasan pada saat masa layan. Perhitungan SNP selanjutnya digunakan untuk memperkirakan sisa kapasitas struktural / *Remaining Structural Capacity* (CAP). Berdasarkan nilai CAP, data beban lalu lintas saat ini dalam juta ESA, dan tingkat pertumbuhan lalu lintas tahunan, dapat ditentukan jumlah tahun hingga sisa kapasitas struktural = 0. Sisa tahun ini disebut sebagai sisa umur suatu perkerasan jalan/ *Remaining Service Life* (RSL). Selanjutnya dengan nilai RSL, data kondisi drainase dan curah hujan dihitung prediksi nilai IRI.

2.4 Kemantapan

Salah satu indikator pelayanan adalah kemantapan jalan. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 13 tahun 2011 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011) jalan dengan kondisi pelayanan mantap adalah ruas – ruas jalan dengan kondisi baik atau sedang sesuai umur rencana yang diperhitungkan serta mengikuti suatu standar tertentu. Adapun di Bina Marga (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011) jalan dengan kondisi baik adalah jalan dengan nilai $IRI < 4$ dan kondisi sedang adalah jalan dengan nilai $4 \leq IRI < 8$. Sehingga kondisi jalan dikatakan mantap apabila memiliki nilai $IRI < 8$.

3. Metodologi

3.1. Tahapan penelitian

Pelaksanaan penelitian memerlukan tahapan yang terstruktur sebagai pedoman agar proses penelitian dapat berjalan secara terencana dan sistematis. Rangkaian tahapan tersebut disajikan dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1.

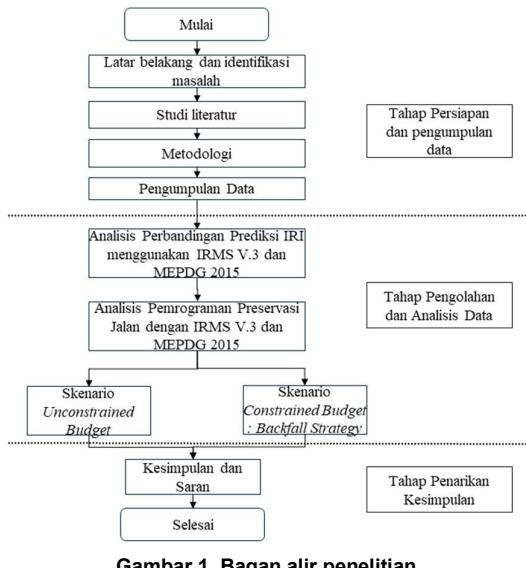
3.2. Lokasi studi dan objek penelitian

Penelitian dilakukan pada 6 (enam) ruas jalan nasional Pantai Utara Jawa (Pantura) sepanjang 55,87 km yaitu ruas 22016 – Lohbener – Bts. Kota Indramayu, 2201611 – Jln. Soekarno – Hatta (Indramayu), 22017 – Lingkar Indramayu (Indramayu) – Karangampel, 2201711 – Jln. Mulia Asri (Indramayu), 22018 – Karangampel – Bts. Kab.

Cirebon/Indramayu (Singakerta), dan 22019 – Bts. Kab.Cirebon/Indramayu (Singakerta) – Bts. Kota Cirebon. Objek penelitian ini adalah analisis prediksi nilai IRI menggunakan metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015 yang dibandingkan dengan kondisi sebenarnya di lapangan dimana analisis tersebut berpengaruh terhadap penentuan metode yang paling mendekati kondisi lapangan dimasa yang akan datang. Kemudian dilakukan analisis pemrograman preservasi jalan ketika terdapat keterbatasan anggaran dan menggunakan *Back-fall Strategy* untuk selanjutnya ditentukan metode serta strategi yang bisa menghasilkan kemantapan tertinggi dan biaya terendah.

3.3. Tahap persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah awal dalam pelaksanaan penelitian yang mencakup identifikasi permasalahan pada topik yang akan dikaji, penyusunan latar belakang, serta penentuan lokasi studi. Pada tahap ini juga mulai disusun metodologi penelitian serta studi literatur.



3.4. Tahap pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, antara lain:

1. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas berupa data Lalu Lintas Harian Rerata (LHR) dari tahun 2018 – 2023 yang akan dipergunakan untuk menghitung beban lalu lintas dan menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas. Selain itu juga dibutuhkan data terkait faktor distribusi jalan, faktor distribusi lajur dan *Vehicle Damage Factor (VDF)* yang didapatkan melalui Manual Bina Marga 2024.

2. Data IRI

Data kondisi fungsional yang diperoleh berupa data IRI dengan menggunakan alat *Roughometer Hawkeye* yang diukur per 100 m. Data ini akan dipergunakan untuk mengetahui prediksi nilai IRI pada metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015.

3. Data Pavement Condition Index (PCI)

Data PCI diperoleh dari data sekunder BBPJN DKI Jakarta – Jawa Barat. Data ini akan dikonversi menjadi nilai *Surface Condition Index (SCI)* yang digunakan dalam parameter penentuan program pemeliharaan menurut metode IRMS V.3.

4. Data Lendutan

Data lendutan merupakan data FWD yang diperoleh dari survei BBPJN DKI Jakarta – Jawa Barat. Data ini kemudian akan diolah dan digunakan untuk menentukan segmentasi ruas yang ditinjau dan menentukan nilai lendutan wakil yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi struktural perkerasan.

5. Data Temperatur

Data temperatur diperoleh dari survei BBPJN DKI Jakarta – Jawa Barat. Data temperatur terdiri atas data temperatur udara dan temperatur permukaan aspal yang diperoleh pada saat dilakukan pengujian lendutan. Data ini digunakan untuk mengkoreksi nilai lendutan hasil pengukuran di lapangan.

6. Data Drainase dan Curah Hujan

Data curah hujan dan drainase diperoleh dari database IRMS V.3.

7. Data Harga Satuan Biaya Pemeliharaan

Data biaya pemeliharaan yang digunakan bersumber dari analisis harga satuan penanganan Provinsi Jawa Barat yang bersumber dari database IRMS V.3 .

8. Data Histori Anggaran Preservasi Jalan

Data *history* anggaran preservasi jalan berdasarkan data RKA K/L Provinsi Jawa Barat 2017-2022 yang digunakan sebagai batasan anggaran pada penelitian ini.

3.5. Tahap analisis data

Analisis dasar yang dilakukan berupa analisis lalu lintas. Analisis dilakukan untuk menentukan beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Standard Axle Load (CESAL)*. Perhitungan ini nantinya akan digunakan pada proses prediksi nilai kerusakan jalan selama tahun rencana. Selanjutnya dilakukan analisis utama untuk masing-masing metode.

3.5.1. Analisis prediksi IRI metode IRMS V.3

Analisis dilakukan dengan menggunakan data kondisi struktural yaitu data lendutan. Input yang dibutuhkan

dibutuhkan meliputi data lendutan, data lalu lintas, data drainase dan data curah hujan.

3.5.2. Analisis prediksi IRI metode MEPDG 2015

Analisis menggunakan metode mekanistik empiris MEPDG 2015. Input karakteristik properti material berupa modulus didapatkan dari ELMOD 6, selanjutnya dimasukan pada program KENPAVE untuk mendapatkan respon struktur berapa *vertical compressive strain* pada permukaan subgrade, dan *horizontal tensile strains* dibawah lapis beraspal. Kemudian ditentukan prediksi distress dan smoothness untuk mendapatkan prediksi IRI pada tahun rencana.

3.6. Analisis program preservasi jalan

Analisis program didasarkan pada prediksi IRI kedua metode yang telah disusun sebelumnya. Selanjutnya dilakukan analisis program selama umur rencana dengan 2 (dua) skenario yaitu *uncostrained budget* dan *constrained budget*. Adapun untuk constrained budget, dilakukan *Back-fall strategy* untuk masing – masing skenario. Kemantapan jalan dan kebutuhan anggaran selama tahun rencana yang didapat untuk masing – masing metode dan strategi akan menjadi parameter dalam pemilihan strategi dan metode terbaik .

4. Hasil Analisis dan Pembahasan

4.1.1. Prediksi nilai IRI metode MEPDG 2015

Prediksi nilai IRI metode MEPDG 2015 dilakukan dengan memperhitungkan potensi kerusakan jalan yaitu *rut depth* dan *fatigue cracking* berdasarkan nilai modulus perkerasan yang didapatkan dari data lendutan. Perhitungan ini menggunakan aplikasi software *Microsoft Access*, ELMOD 6, dan KENPAVE. Analisis dilakukan dengan 2 (dua) tujuan yaitu:

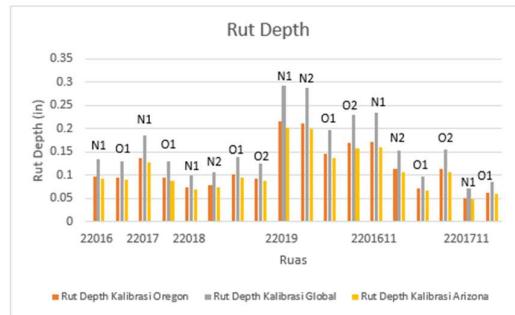
1. Prediksi IRI metode MEPDG 2015 tahun 2021 – 2023 menggunakan data tahun 2020 kemudian dibandingkan dengan data lapangan tahun 2021 – 2023.
2. Prediksi IRI metode MEPDG 2015 tahun 2024 – 2043 menggunakan data tahun 2023 kemudian dilakukan analisis pemrograman preservasi jalan selama tahun rencana (2024 – 2043).

Kedua tujuan ini menggunakan ELMOD 6 dan juga KENPAVE. Selanjutnya dilakukan perhitungan prediksi kerusakan *rut depth* dan *fatigue cracking* serta nilai *smoothness*.

4.2.1. Rut Depth

Analisis *rut depth* mengacu pada tingkat deformasi permanen atau penurunan permukaan perkerasan

yang menyebabkan terbentuknya jejak alur pada jalur roda kendaraan. Berdasarkan analisis menggunakan **Persamaan (1)**, nilai rata – rata *rut depth* pada kalibrasi global memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kalibrasi Oregon dan Arizona seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Pada **Gambar 2** ditampilkan hasil per arah dan per lajur dimana N1 menunjukkan arah Normal lajur 1, N2 menunjukkan arah Normal lajur 2, O1 menunjukkan arah *Opposite* lajur 1, dan O2 menunjukkan arah *Opposite* lajur 2.



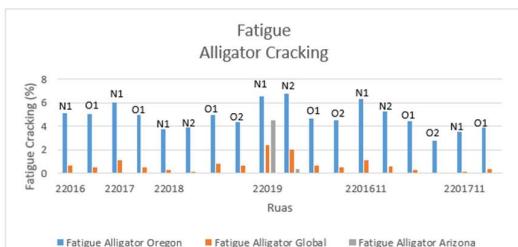
Gambar 2. Nilai prediksi kerusakan *Rut Depth*

Dari **Gambar 2**, perbedaan ketiganya hanya pada nilai kalibrasi lokal β_{1r} dan β_{3r} seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**. Nilai *rut depth* pada kalibrasi global dan Arizona menunjukkan nilai β_{1r} yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai *rut depth* yang semakin tinggi pula. Kemudian nilai kalibrasi lokal β_{3r} merupakan nilai yang memiliki pengaruh tertinggi karena dengan perbedaan nilai β_{3r} kalibrasi Oregon dan Global yang hanya 10 % menyebabkan nilai *rut depth* Global lebih tinggi dibandingkan dengan kalibrasi Oregon dan Arizona.

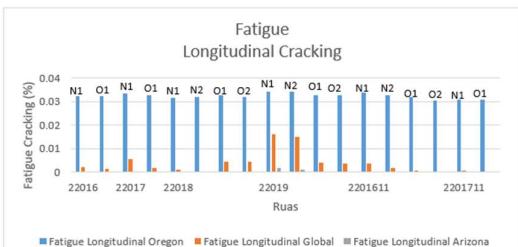
4.2.2. Fatigue Cracking

Analisis *fatigue cracking* berkaitan dengan munculnya retakan pada lapisan perkerasan akibat tegangan berulang, yang umumnya disebabkan oleh beban lalu lintas yang terus menerus. Berdasarkan analisis menggunakan **Persamaan (2)** s.d **(5)** nilai rata – rata *fatigue cracking* pada kalibrasi Oregon memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kalibrasi Global dan Arizona seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.

Dari **Gambar 3** dan **Gambar 4**, dapat dilihat bahwa nilai kalibrasi c_1 dan c_2 sangat berpengaruh terhadap hasil analisis dimana untuk nilai *alligator cracking* memberikan pengaruh untuk hasil sebesar 3 – 5 kali lipat sedangkan untuk *longitudinal cracking* memberikan pengaruh hasil sebesar 1 – 3 kali lipat



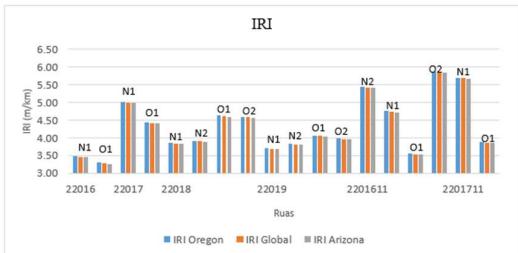
Gambar 3. Nilai prediksi kerusakan Alligator Cracking



Gambar 4. Nilai prediksi kerusakan Longitudinal Cracking

4.2.3. Analisis IRI

Prediksi nilai IRI didapatkan melalui **Persamaan (6)**, dari hasil analisis, diketahui bahwa untuk ketiga kalibrasi tidak memberikan perbedaan yang signifikan untuk tahun awal rencana seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



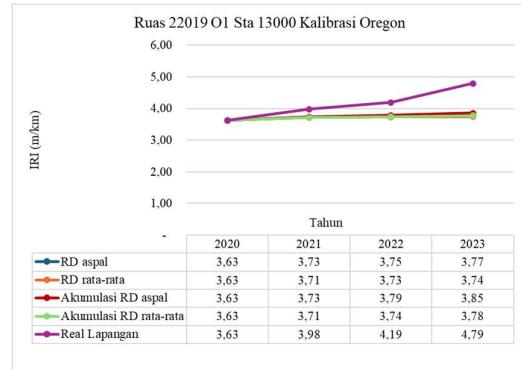
Gambar 5. Prediksi nilai IRI tahun 2024

Selama tahun rencana, kenaikan nilai IRI seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 6** sebesar 2 – 4 m/km untuk setiap ruas, berbeda dengan penelitian Lussy (2024) dan Wiraprakoso (2024) dimana kenaikan IRI selama 20 tahun rencana hanya berkisar 1,5 – 2 m/km. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya terletak pada tinjauan *rut depth* dimana pada penelitian Lussy (2024) menggunakan rata – rata *rut depth* lapisan aspal dan *unbound layer* pada tahun rencana berjalan dan penelitian Wiraprakoso menggunakan *rut depth* lapisan aspal pada tahun berjalan. Pada penelitian ini digunakan akumulasi nilai *rut depth* hanya di lapisan aspal seperti pada penelitian Suwanda (2022) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7** mempertimbangkan jika

menggunakan rata – rata *rut depth* maka nilai yang diperoleh lebih kecil dan semakin jauh dari kondisi lapangan serta adanya penelitian (Wassem, 2013) yang menggunakan akumulasi *rut depth* dalam perangkat lunak DARWin-ME™ pada analisis MEPDG.



Gambar 6. Prediksi nilai IRI selama tahun rencana metode MEPDG 2015 kalibrasi oregon

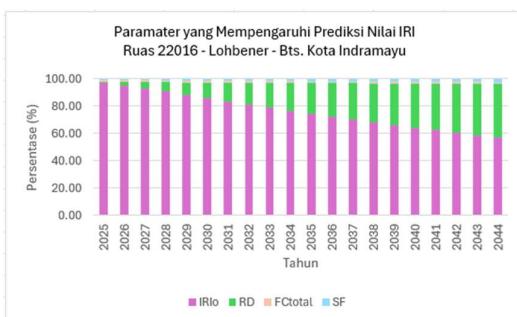


Gambar 7. Prediksi nilai IRI dengan variasi perhitungan Rut Depth

4.2.4. Parameter yang mempengaruhi prediksi IRI metode MEPDG 2015

Parameter yang mempengaruhi nilai IRI meliputi IRI Awal (IRI 0), kerusakan *rut depth* (RD), kerusakan *fatigue* (FC Total), ataupun dari lingkungan yaitu *site factor* (SF). Berdasarkan analisis, keseluruhan ruas memberikan hasil yang mirip yaitu parameter tertinggi yang mempengaruhi prediksi IRI adalah IRI awal mencapai 99 %, namun seiring berjalanannya tahun rencana, parameter ini menurun dan pengaruh dari kerusakan *rut depth* (RD), kerusakan *fatigue* (FC Total) semakin bertambah seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 8**.

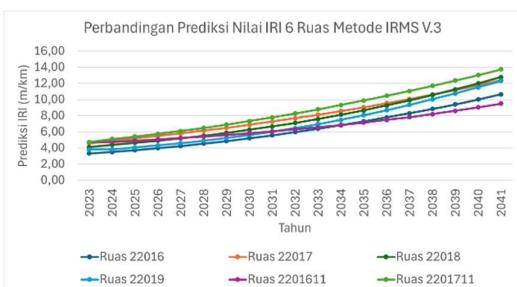
Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Wiraprakoso (2024) dimana parameter yang menentukan nilai IRI MEPDG 2015 adalah IRI awal (IRI0) dengan nilai hampir 100 % di tahun awal dan terus menurun sekitar 50 % di akhir tahun rencana.



Gambar 8. Parameter yang mempengaruhi prediksi nilai IRI

4.3. Analisis prediksi nilai IRI memakai metode IRMS V.3

Analisis prediksi Nilai IRI dengan metode IRMS V.3 menghasilkan kenaikan nilai IRI seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 9**. Nilai IRI meningkat secara bertahap setiap tahunnya tanpa adanya tindakan pemeliharaan, menunjukkan bahwa kondisi jalan memburuk dan memerlukan intervensi untuk menjaga kenyamanan serta keselamatan pengguna jalan.



Gambar 9. Prediksi Nilai IRI selama Tahun Rencana Metode IRMS V.3

Kenaikan nilai IRI menunjukkan penurunan kondisi fungsional perkerasan seiring berjalaninya waktu. Dari hasil perhitungan, faktor utama yang berkontribusi terhadap kenaikan nilai IRI berasal dari faktor internal dan faktor eksternal.

Sejalan dengan penelitian Mustofa (2024), bahwa faktor internal berpengaruh dari nilai *Remaining Service Life* (RSL) yang berasal dari nilai lendutan sedangkan faktor eksternal terdiri atas beban kendaraan dan curah hujan.

4.4. Analisis perbandingan prediksi nilai IRI metode MEPDG 2015 dan IRMS V.3 dengan kondisi lapangan

Analisis perbandingan prediksi IRI Metode MEPDG 2015 dan IRMS V.3 dengan data lapangan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan nilai antara prediksi IRI metode MEPDG 2015 dengan 3 kalibrasi dan prediksi IRI metode IRMS yang dibandingkan dengan kondisi sebenarnya di

lapangan.

Analisis menggunakan data tahun 2020 untuk didapatkan prediksi IRI tahun 2021 – 2023. Analisis perbandingan tidak dilakukan pada seluruh STA, namun hanya pada STA yang memiliki kenaikan nilai IRI pada tahun 2021 – 2023 karena tidak mendapatkan penanganan efektif.

Contoh hasil analisis ditunjukan pada **Gambar 10**, **Gambar 11**, dan **Gambar 12** untuk ruas 22019 – Bts. Kab.Cirebon/Indramayu (Singakerta) – Bts. Kota Cirebon arah Kanan STA 13000.

Berdasarkan **Gambar 10**, **Gambar 11**, dan **Gambar 12**, dapat dilihat bahwa metode yang paling mendekati kondisi lapangan adalah metode MEPDG. Selanjutnya dilakukan perhitungan deviasi relatif untuk memberikan gambaran tentang seberapa besar perbedaan nilai antara prediksi IRI metode MEPDG 2015 dengan 3 kalibrasi dan prediksi IRI metode IRMS V.3 yang dibandingkan dengan kondisi sebenarnya di lapangan dimana semakin kecil nilai deviasi relatif maka menunjukkan metode tersebut semakin mendekati dengan yang menjadi acuan yaitu kondisi lapangan. Rumus deviasi relatif (Montgomery, D. C., & Runger, G. C., 2010) disampaikan sebagai berikut.

$$\text{Deviasi Relatif (\%)} = \frac{X - X_{ref}}{X_{ref}} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana:

X = Nilai yang akan dibandingkan
(MEPDG 2015/IRMS V.3)

Xref = Nilai referensi atau acuan (Lapangan)

Berdasarkan **Persamaan (7)**, didapatkan hasil deviasi relatif yang disampaikan pada **Tabel 4** dimana deviasi relatif rata-rata paling kecil yaitu pada metode MEPDG 2015 kalibrasi Oregon sebesar -15,48 %, menjadikannya metode yang paling mendekati kondisi lapangan dan deviasi relatif paling besar yaitu pada metode IRMS sebesar -16,40 %.

Secara keseluruhan, metode MEPDG 2015 dengan kalibrasi Oregon adalah yang paling sesuai karena memiliki perbedaan terkecil dengan kondisi lapangan dalam prediksi nilai IRI. Namun demikian, deviasi relatif sebesar 15,48% masih tergolong cukup tinggi, sehingga disarankan dilakukan analisis kalibrasi lokal agar mendapatkan nilai yang lebih representatif terhadap kondisi di Indonesia. Selain itu, pengumpulan data monitoring jangka panjang terhadap kinerja jalan juga dapat digunakan untuk analisis kalibrasi lokal guna meningkatkan akurasi model prediksi.

Tabel 4. Hasil Analisis Deviasi Relatif

Metode	2021	2022	2023	Rata-Rata
MEPDG Kalibrasi Oregon	-5,33	-15,91	-25,20	-15,48
MEPDG Kalibrasi Arizona	-5,73	-16,35	-25,65	-15,91
MEPDG Kalibrasi Global	-5,58	-16,03	-25,16	-15,59
IRMS	-6,52	-16,78	-25,90	-16,40

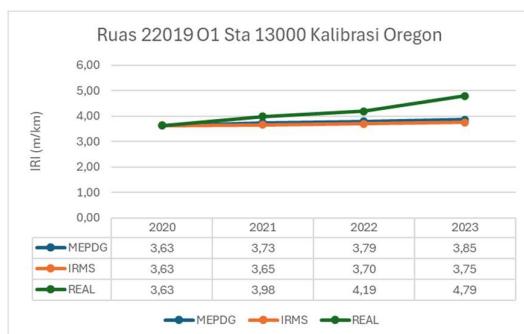
4.5. Analisis program preservasi jalan

4.5.1. Skenario *Unconstrained Budget*

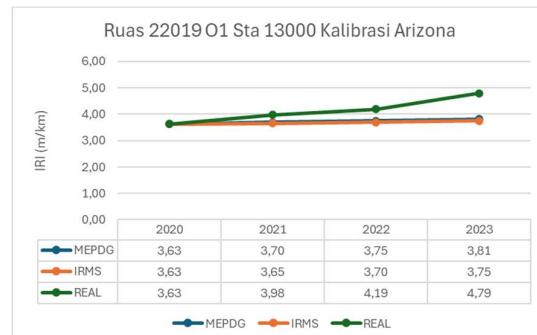
Skenario *unconstrained budget* adalah skenario tanpa batasan anggaran atau merupakan kondisi ideal dari program preservasi jalan. Skenario ini dilakukan untuk mengetahui kapan penanganan perlu dilakukan dan kebutuhan biaya penanganan apabila jalan tersebut dilakukan penanganan sesuai dengan rekomendasi penanganan dari *decision tree*.

Biaya penanganan pertahun yang dikeluarkan pada skenario *unconstrained* merupakan kebutuhan untuk memenuhi tingkat pemeliharaan sesuai dengan kondisi ideal yang ditunjukkan pada *decision tree* IRMS V.3. Analisis ini dapat memberikan gambaran apakah anggaran yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan pemeliharaan pada kondisi ideal atau kebutuhan pemeliharaan jauh melebihi anggaran yang tersedia.

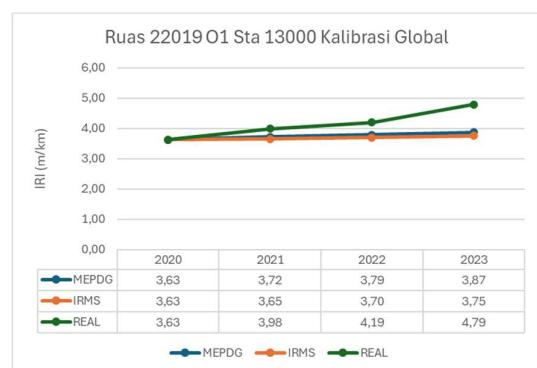
Adapun biaya yang ditampilkan merupakan biaya saat ini (NPV) dengan nilai inflasi 1,57 % (BI, 2024) dan karena menggunakan APBN sehingga tidak memerlukan pengembalian pinjaman sehingga *discount rate* sama dengan inflasi sebesar 1,57 %.



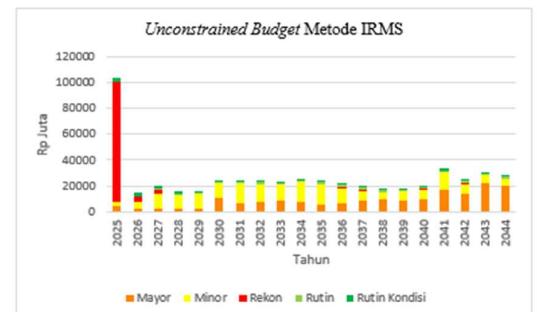
Gambar 10. Perbandingan prediksi IRI metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015 Kalibrasi Oregon



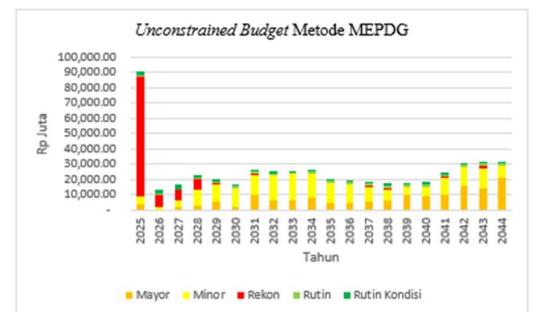
Gambar 11. Perbandingan prediksi IRI metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015 Kalibrasi Arizona



Gambar 12. Perbandingan prediksi IRI metode IRMS V.3 dan MEPDG 2015 Kalibrasi Global



Gambar 13. Kebutuhan Biaya Penanganan Metode IRMS V.3 (*Unconstrained Budget*)



Gambar 14. Kebutuhan Biaya Penanganan Metode MEPDG 2015 (*Unconstrained budget*)

Berdasarkan **Gambar 13** dan **Gambar 14**, metode MEPDG 2015 menunjukkan tren serupa dengan IRMS, dengan dominasi biaya rekonstruksi di awal periode pemeliharaan. Total biaya selama umur rencana (20 tahun) dengan metode IRMS V.3 sebesar Rp 532,3 miliar sedangkan dengan metode MEPDG 2015 sebesar Rp 516,17 miliar. Dibandingkan dengan IRMS V.3, metode MEPDG 2015 menghasilkan biaya pemeliharaan yang sedikit lebih rendah dalam jangka panjang.

Penggunaan skenario ini disarankan apabila dengan penelitian Suwanda (2022) bahwa skenario ini memang membutuhkan biaya yang besar di awal tetapi dapat memenuhi seluruh kebutuhan penanganan serta untuk tahun – tahun setelahnya tidak akan membutuhkan biaya sebesar tahun pertama.

4.5.2. Skenario Constrained Budget

Input data anggaran preservasi jalan per km yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan data Rencana Kerja dan Anggaran Kementerian Negara/Lembaga (RKA-K/L) Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2017 hingga 2022. Anggaran yang digunakan merupakan anggaran minimum yaitu sebesar Rp 593.396.124,78/km kemudian dikalikan panjang ruas sehingga didapatkan anggaran preservasi untuk penelitian ini sebesar Rp 33.153.041.491,24 per tahun seperti yang ditampilkan pada **Tabel 5**.

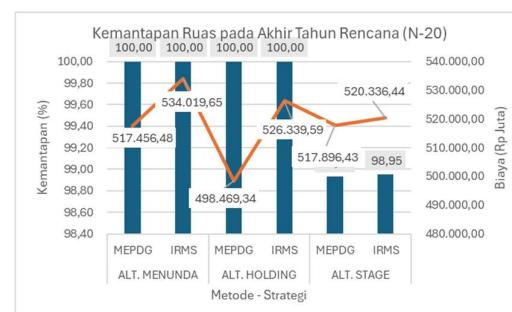
Tabel 5. Anggaran preservasi jalan

No Ruas	Nama Ruas	Anggaran preservasi per ruas (Rp)
22016	Lohbener – Bts. Kota Indramayu	3.578.178.632,40
2201611	Jln. Soekarno – Hatta (Indramayu)	1.002.839.450,87
22017	Lingkar Indramayu (Indramayu) Karangampel	5.750.008.449,08
2201711	Jln. Mulia Asri (Indramayu)	6.111.980.085,19
22018	Karangampel – Bts. Kab. Cirebon / Indramayu (Singakerta)	5.809.348.061,56
22019	Bts. Kab. Cirebon / Indramayu (Singakerta) – Bts. Kota Cirebon	10.900.686.812,14
Total Anggaran		33.153.041.491,24

Berdasarkan **Gambar 15** dan **Gambar 16**, metode MEPDG 2015 umumnya menghasilkan biaya pemeliharaan yang lebih rendah dan kemantapan

yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode IRMS V.3.

Secara strategi, alternatif *holding* menunjukkan kebutuhan biaya yang paling rendah dan kemantapan pada akhir umur rencana yang tinggi dibandingkan dengan strategi menunda ataupun bertahap. Secara keseluruhan, metode MEPDG 2015 dengan strategi *holding* lebih unggul dalam mengoptimalkan biaya dan mempertahankan kemantapan jalan dengan pendekatan yang lebih sistematis. Hal ini sejalan dengan penelitian Mustofa (2024) dimana penanganan *holding* merupakan alternatif penanganan yang memiliki efektivitas lebih baik untuk menahan penurunan IRI dengan biaya penanganan yang lebih rendah.



Gambar 15. Kemantapan akhir tahun rencana dan kebutuhan biaya total



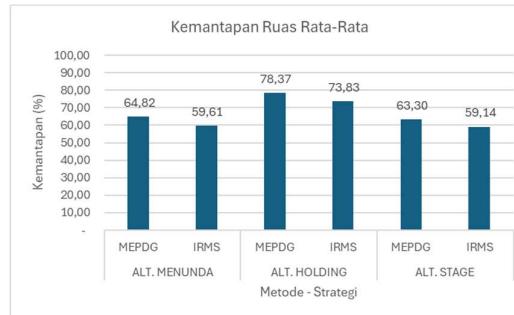
Gambar 16. Kemantapan ruas rata – rata

4.5.3. Skenario efisiensi anggaran

Berdasarkan skenario di atas dapat dilihat untuk nilai kemantapan belum menunjukkan sensitivitas yang tinggi untuk masing – masing strategi, dimana masih menunjukkan kemiripan hasil kemantapan (menunda, holding, dan bertahap). Kemudian dilakukan skenario kembali apabila terdapat keterbatasan anggaran berupa efisiensi anggaran (Instruksi Presiden No 1 tahun 2025). Anggaran Kementerian Pekerjaan Umum dipotong sebesar 80 % sehingga anggaran yang semula sebesar Rp 33.153.041.491,24 menjadi Rp 6.630.608.298. Hasil analisis ditunjukan pada **Gambar 17** dan **Gambar 18**.



Gambar 17. Kemantapan akhir tahun rencana dan kebutuhan biaya total (efisiensi anggaran)



Gambar 18. Kemantapan ruas rata-rata (efisiensi anggaran)

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode MEPDG 2015 memiliki kebutuhan biaya lebih rendah dan kemantapan yang lebih tinggi pada akhir umur rencana dibandingkan dengan IRMS V.3. Sehingga metode MEPDG 2015 lebih baik digunakan dalam melakukan perencanaan pemrograman preservasi jalan.

Terkait strategi, ketika terjadi keterbatasan anggaran, strategi *holding* merupakan strategi terbaik pada skala jaringan karena dapat mempertahankan kemantapan 2 – 3 kali lipat lebih tinggi dibandingkan strategi menunda dan bertahap pada akhir tahun rencana meskipun memiliki kebutuhan biaya sedikit lebih besar (1 – 2 %) dibandingkan dengan strategi menunda dan bertahap.

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kenaikan Prediksi IRI Metode IRMS V.3 maupun MEPDG 2015 dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, dengan dominasi faktor internal (struktur perkerasan) sebagai faktor utama.
2. Prediksi *rut depth* MEPDG 2015 dilakukan dengan menjumlahkan deformasi lapisan aspal sepanjang umur rencana, karena lapisan ini menyumbang

nilai *rut depth* tertinggi dan hasilnya paling mendekati kondisi di lapangan.

3. Prediksi nilai IRI metode MEPDG 2015 Kalibrasi Oregon dibandingkan dengan kondisi lapangan menunjukkan deviasi relatif terkecil sebesar -15,48 %. Hasil ini menunjukkan metode ini lebih akurat dibanding metode lain.
4. Strategi holding dapat mempertahankan kemantapan 2 – 3 kali lipat lebih tinggi dibandingkan strategi lain meskipun memiliki kebutuhan biaya sedikit lebih besar (1 – 2 %)
5. Tanpa batasan anggaran, biaya total MEPDG (Rp 516,17 M) lebih rendah dari IRMS (Rp 532,3 M). Dengan keterbatasan anggaran, strategi holding MEPDG paling hemat (Rp 498 M).

Daftar Pustaka

- AASHTO. (2015). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice*. United States of America: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Bina Marga. (2021). *07/P/BM/2021 Pedoman Perencanaan dan Pemrograman Pekerjaan Preservasi Jaringan Jalan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- Bina Marga. (2022). *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2021*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bina Marga. (2024). *Kemantapan Jalan Nasional*. www.data.pu.go.id/dataset/kemantapan-jalan-nasional. Diakses pada 11 Februari 2024.
- Darter, M. I., Von Quintus, H., Bhattacharya, B. B., & Mallela, J. (2014). *Calibration and implementation of the AASHTO mechanistic-empirical pavement design guide in Arizona* (No. FHWA-AZ-14-606). Arizona. Dept. of Transportation. Research Center.
- Djuhana, R. A. K., Subagio, B. S., & Kusumawati, A. (2021). *Evaluation of Structural Condition of Flexible Pavement Using The AASHTO 1993 and The MEPDG 2008 Method (Case Study: Cipatujah – Kalapagene – Pangandaran National Road)*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 28, No. 3, 2021, pp. 253–260.

- IRAMS-DC, (2021). *IRMS-V3 System Description (Engineering Rules: Pavements)*.
- Kementerian Sekretariat Negara. (2025). *Instruksi Presiden No 1 Tahun 2025 Tentang Efisiensi Beianja dalam Peiaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara dan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah Tahun Anggaran 2025*.
- Kementerian PU. (2011). *Tata Cara Pemeliharaan dan Penilitian Jalan..*
- Li, Q., Xiao, D. X., Wang, K. C., Hall, K. D., & Qiu, Y. (2011). Mechanistic-empirical pavement design guide (MEPDG): a bird's-eye view. *Journal of Modern Transportation*, 19(2), 114-133.
- Lussy, C. (2024). *Analisis Perbandingan Nilai IRI Prediksi Metode Paterson dan Metode MEPDG Serta Prediksi Umur Sisa Perkerasan Lentur (Studi Kasus: Ruas Bts. Kota Leuwiliang – Bts. Kota Bogor)*. Tesis Program Magister. Institut Teknologi Bandung.
- Mustofa, A. (2024). *Analisis Efektivitas Penanganan Sementara (Back-fall Strategy) pada Pemeliharaan Perkerasan Lentur menggunakan Indonesian Road Management System (IRMS) V.3*. Tesis Program Magister. Institut Teknologi Bandung.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). *Applied statistics and probability for engineers* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Nyoman, S., Dorval, M., Bajwa, S., & Cahyono, M. F. (2023). *Development of Indonesia's Road Management System*. Prosiding KRTJ HPJI, 16(1), 1-17.
- Pratiwi, D. S., & Albar, A. (2023). *Review of the implementation of road preservation and road shoulder widening on SP. Lempake-SP3. Sambera-Santan Project*. JSE Journal of Science and Engineering, 2(1), 1-8.
- Rahmawati, R., Suparma, L. B., & Utomo, S. H. T. (2022). Penentuan Nilai Modulus Elastisitas Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Perhitungan Balik. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 8(2), 159-172.
- Sari. (2024). *Analisis Perbandingan Pemrograman Pemeliharaan Jalan dengan Tipe Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Paterson Dan Indonesian Road Management System (IRMS V.3) (Studi Kasus: Jalan Soekarno-Hatta (Palembang))*. Tesis Program Magister. Institut Teknologi Bandung.
- Subagio, B. S., Prayoga, A. B., & Fadilah, S. R. (2022). Implementation of Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide against Indonesian Conditions Using Arizona Calibration. *Open Civ. Eng. J*, 16..
- Suwanda M. A. (2022). *Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan serta Biaya Selama Umur Rencana Berdasarkan Prediksi Kondisi Fungsional Menggunakan Metode MEPDG (Studi Kasus: Ruas Jalan Raya Sindanglaya – Ujung Berung – Cipadung – Cibiru, Bandung)*. Tesis Program Magister. Institut Teknologi Bandung.
- Wasanta, T., Subagio, B. S., Wibowo, S. S., & Hariyadi, E. S. (2024). COMPARATIVE ANALYSIS OF OVERLAY THICKNESS USING THE ASPHALT INSTITUTE'S AND MEPDG WITH KENLAYER. *GEOMATE Journal*, 26(118), 57-64.
- Waseem, A., Yuan, X. X., & Shehata, M. (2013). EVALUATION OF PRE-OVERLAY RUT DEPTH FOR LOCAL CALIBRATION OF THE MEPDG RUTTING MODEL IN ONTARIO. 3rd Specialty Conference on Material Engineering & Applied Mechanics.
- Williams, R. C., & Shaidur, R. (2013). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide Calibration For Pavement Rehabilitation* (No. SPR 718). Oregon. Dept. of Transportation. Research Section.
- Wiraprakoso. (2024). *Pemrograman Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Analisis Prediksi Nilai IRI Menggunakan Metode AASHTO 2008 (MEPDG) dan IRMS (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Sta 294+000 S/D 304+000)*. Tesis Program Magister. Institut Teknologi Bandung.