

**Penanganan Kerusakan Jalan Ditinjau Dari Rasio Manfaat-Biaya  
Bagi Pengguna Jalan (*Road User Cost*) Menggunakan *Highway  
Development and Management (HDM-4)***

**Ahmad Royhan Mashuri Harahap\*, Eva Rita, Wahyudi P Utama**  
Universitas Bung Hatta, Padang, Indonesia

---

**ARTICLE INFO**

**Kata Kunci:**

jalan nasional, HDM-4, *road user cost*, BCR, pemeliharaan jalan.

**\*Correspondence email:**

[royhan\\_zone@yahoo.co.id](mailto:royhan_zone@yahoo.co.id)

**Submitted:** 03 September 2025

**Revised:** 02 Oktober 2025

**Accepted:** 11 Januari 2026

**Published:** 02 Februari 2026

**ABSTRAK**

Kerusakan ruas jalan nasional Muaro Kalaban–Kiliranjao di Sumatera Barat menimbulkan peningkatan biaya pengguna jalan, meliputi konsumsi bahan bakar, waktu tempuh, serta risiko kecelakaan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan ekonomi penanganan jalan dengan memanfaatkan perangkat *Highway Development and Management (HDM-4)* menggunakan pendekatan rasio manfaat–biaya (*Benefit–Cost Ratio/BCR*). Data yang dianalisis mencakup Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), *International Roughness Index (IRI)*, biaya operasional kendaraan, biaya waktu tempuh, dan biaya kecelakaan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada tahun 2022 (BCR = 1,37), 2024 (BCR = 2,30), dan 2025 (BCR = 5,50), skenario pemeliharaan dinyatakan layak secara ekonomi karena nilai BCR > 1. Sebaliknya, pada tahun 2021 (BCR = 0,93) dan 2023 (BCR = 0,96) pemeliharaan tidak layak dilakukan. Strategi penanganan yang paling tepat adalah kombinasi pemeliharaan rutin, rehabilitasi, dan rekonstruksi, karena mampu menurunkan biaya pengguna jalan sekaligus memperpanjang umur layanan perkerasan. Dengan demikian, penerapan HDM-4 terbukti efektif sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan pemeliharaan jalan.

---

**ABSTRACT**

**Keywords:**

*national road, HDM-4, road user cost, BCR, road maintenance.*

*The Muaro Kalaban–Kiliranjao national road in West Sumatra has deteriorated significantly, leading to higher road user costs such as increased fuel consumption, longer travel times, and greater accident risks. This study aims to assess the economic feasibility of road maintenance using the Highway Development and Management (HDM-4) model through the Benefit–Cost Ratio (BCR) approach. The analysis used data on Average Daily Traffic (ADT), International Roughness Index (IRI), vehicle operating costs, travel time costs, and accident costs. The simulation results show that in 2022 (BCR = 1.37), 2024 (BCR = 2.30), and 2025 (BCR = 5.50), maintenance scenarios are economically feasible since the BCR values exceed 1. Conversely, in 2021 (BCR = 0.93) and 2023 (BCR = 0.96), maintenance is not feasible as the BCR values are below 1. The most appropriate strategy is a combination of routine maintenance, rehabilitation, and reconstruction, which significantly reduces road user costs while extending pavement service life. Therefore, the application of HDM-4 proves effective as a decision-making tool in road maintenance planning.*

---

**PENDAHULUAN**

Sejalan dengan regulasi terbaru, pengelolaan jalan di Indonesia mulai menerapkan kontrak berbasis ruas panjang (*long segment*) yang memungkinkan satu paket pekerjaan mencakup berbagai jenis penanganan. Konsep ini mendukung efektivitas dan efisiensi melalui koordinasi yang lebih sederhana dan mutu pekerjaan yang seragam (Instruksi Menteri PUPR No. 02/IN/M/2016). Selain itu, kontrak juga dievaluasi dengan pendekatan berbasis kinerja (*Performance-Based Contract/PBC*), sejalan dengan prinsip value for money sebagaimana diatur dalam Peraturan Presiden No. 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa.

Pengambilan keputusan penanganan jalan merupakan proses yang kompleks karena harus mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain kondisi jalan, proyeksi kinerja perkerasan, keterbatasan anggaran, serta risiko terhadap keselamatan dan perekonomian. Dalam konteks prioritas penanganan jalan, pendekatan BCR juga digunakan untuk menentukan urutan perbaikan sebagaimana ditunjukkan oleh (Uspessy, Tenriajeng, 2022), selain itu pemanfaatan perangkat analisis seperti *Highway Development and Management (HDM-4)* juga menjadi sangat penting untuk digunakan. HDM-4 dapat digunakan untuk mensimulasikan umur layanan perkerasan, menentukan waktu optimal pemeliharaan, serta menganalisis rasio manfaat-biaya terutama dari perspektif biaya pengguna jalan (*road user cost*) (Júnior, et al, 2020).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kecepatan kendaraan memiliki hubungan erat dengan tingkat keselamatan lalu lintas. (Dahlan, 2021) mengevaluasi kecepatan rata-rata kendaraan terhadap kecepatan arus bebas di Jalan Kolonel Abunjani Kota Jambi, dan hasilnya memperlihatkan bahwa sepeda motor memiliki kecepatan rata-rata lebih tinggi dibandingkan kecepatan arus bebas dengan selisih 4,42 km/jam arah dari Tugu Juang dan 1,97 km/jam arah ke Tugu Juang. Kondisi ini berimplikasi pada meningkatnya risiko kecelakaan lalu lintas akibat kecenderungan pengendara untuk melaju dengan kecepatan yang melebihi batas aman, sehingga analisis kecepatan menjadi penting dalam perencanaan dan evaluasi kinerja jalan (Dahlan, 2021).

HDM-4 adalah perangkat lunak komputer berbasis microsoft excel untuk Manajemen dan Pengembangan Jalan Raya, perangkat ini digunakan untuk menentukan kelayakan ekonomi investasi proyek jalan. HDM-4 dikembangkan dari versi terdahulunya yaitu HDM-III dan merupakan program yang dikembangkan oleh World Bank dan dapat digunakan secara global dengan sponsor dan partisipasi luas dari peneliti dari *Asian Development Bank (ADB)*, *Departement for International Development (DFID) UK*, *Swedish National Road Administration (SNRA)*, dan kontribusi dari *Finnish Road Administration (Finnra)* dan *Inter-American Federation of Cement Products (FICEM)* (Pratiksha. R. Patil, 2020).

Ruas jalan nasional Padang – Batas Jambi, khususnya pada segmen Muaro Kalaban – Kiliranjao sepanjang 77 kilometer, merupakan salah satu ruas dengan kondisi paling buruk di Provinsi Sumatera Barat. Faktor penyebabnya antara lain kondisi tanah dasar yang lemah, sistem drainase yang tidak berfungsi optimal, serta beban lalu lintas berat dari angkutan tambang batu bara menuju Pelabuhan Teluk Bayur. Kerusakan tersebut berdampak signifikan terhadap biaya pengguna jalan, seperti meningkatnya konsumsi bahan bakar, waktu tempuh, serta risiko kecelakaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan memfokuskan pada penerapan HDM-4 untuk menganalisis kelayakan pembiayaan rehabilitasi dan pemeliharaan jalan pada ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao. Analisis dilakukan dengan pendekatan rasio manfaat-biaya yang mempertimbangkan road user cost, serta membandingkan kondisi perkerasan sebelum dan sesudah penanganan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan rekomendasi bagi pengambil keputusan, khususnya dalam perencanaan dan penganggaran, sehingga alokasi biaya penanganan kerusakan jalan dapat memberikan manfaat maksimal bagi pengguna jalan dan mendukung kelancaran perekonomian.

Kondisi jalan dapat dinilai menggunakan dua metode yang umum digunakan, yaitu *Pavement Condition Index (PCI)* dan *Road Condition Index (RCI)*. Metode PCI menggambarkan kondisi jalan dengan rentang nilai 1–100 berdasarkan jenis, tingkat, dan luas kerusakan pada perkerasan. Sementara itu, metode RCI menggunakan skala 1–10 dengan menentukan nilai *International Roughness Index (IRI)* yang diperoleh melalui alat pengukur seperti Roughometer (Shahin, 1994).

Dalam perangkat *Highway Development and Management-4 (HDM-4)*, parameter IRI digunakan untuk menilai kondisi perkerasan jalan. Nilai IRI ini sangat berkaitan dengan kecepatan rata-rata kendaraan, biaya operasional kendaraan (BOK), waktu tempuh, serta kenyamanan berkendara. Kondisi perkerasan dengan nilai IRI rendah menunjukkan kualitas jalan yang baik sehingga memberikan waktu tempuh yang singkat, biaya operasional yang hemat, serta kecepatan rata-rata kendaraan yang lebih tinggi. Sebaliknya, semakin tinggi nilai IRI maka kondisi jalan semakin buruk, yang berdampak pada waktu tempuh lebih lama, biaya operasional kendaraan yang tinggi, serta penurunan kenyamanan (Watanatada, et all, 1987) ; (Kerali, 2000).

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran data numerik yang dapat dianalisis secara statistik untuk menghasilkan informasi objektif dan dapat digeneralisasi dalam lingkup tertentu. Menurut (Sugiyono, 2019), pendekatan kuantitatif menekankan pada pengujian teori melalui pengukuran variabel-variabel penelitian dengan angka, serta menganalisis data menggunakan prosedur statistik. Dengan demikian, pendekatan ini sesuai digunakan untuk menghitung road user cost, menganalisis kinerja perkerasan, dan menilai kelayakan ekonomi pemeliharaan jalan berdasarkan rasio manfaat-biaya (*Benefit–Cost Ratio*).

Metode studi kasus digunakan karena penelitian difokuskan pada satu lokasi spesifik, yaitu Ruas Jalan Nasional Muaro Kalaban – Kiliranjao. (Yin. R. K., 2018) menyatakan bahwa studi kasus cocok digunakan untuk penelitian yang ingin memahami fenomena nyata dalam konteks kehidupan sehari-hari, ketika batas antara fenomena dan konteks tidak terlihat jelas. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan perangkat analisis *Highway Development and Management (HDM-4)* sebagai alat bantu utama. Metode ini sejalan dengan penelitian (Emer T. Quezon, 2022) yang membandingkan biaya pengguna jalan antara simulasi HDM-4 dan teknik manual. Selain itu (Deori. et al, 2019) melakukan kalibrasi dan validasi model HDM-4 untuk jalan lentur dengan modifikasi bitumen, membandingkan hasil prediksi distress dengan kondisi nyata lapangan selama tiga tahun guna memastikan keakuratan model.

**HASIL**

**Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)**

Analisis diawali dengan data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao.

**Tabel 1. Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) (Kendaraan/ Hari)**

| No. | Kode Kendaraan | Jenis Kendaraan   | LHR 2021 | LHR 2022 | LHR 2023 | LHR 2024 | LHR 2025 |
|-----|----------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1   | 1              | Motorcycle        | 5,043    | 5,099    | 5,212    | 5,326    | 5,552    |
| 2   | 2              | Car Small         | 3,445    | 3,336    | 3,117    | 2,899    | 2,461    |
| 3   | 3              | Car Medium        | 89       | 112      | 158      | 205      | 298      |
| 4   | 4              | Delivery Vehicle  | 1,191    | 1,177    | 1,149    | 1,120    | 1,063    |
| 5   | 6A             | Four-Wheel Drive  | -        | -        | -        | -        | -        |
| 6   | 6B             | Truck Light       | 137      | 135      | 132      | 129      | 123      |
| 7   | 7A             | Truck Medium      | 1,404    | 1,423    | 1,461    | 1,498    | 1,573    |
| 8   | 7B             | Truck Heavy       | 567      | 613      | 704      | 796      | 979      |
| 9   | 7C             | Truck Articulated | -        | -        | 1        | 2        | 3        |
| 10  | 5A             | Bus Light         | 18       | 23       | 32       | 41       | 59       |
| 11  | 5B             | Bus Medium        | 57       | 73       | 105      | 136      | 200      |
| 12  | 8              | Bus Heavy         | -        | -        | -        | -        | 1        |

Sumber: Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat (2025)

Pada tabel 1 diatas memperlihatkan data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao. Terlihat adanya peningkatan signifikan pada jenis kendaraan berat, khususnya truk sedang hingga truk berat. Hal ini mengindikasikan adanya tekanan lalu lintas yang besar terhadap perkerasan jalan, yang berpengaruh pada kenaikan biaya pengguna jalan.

**International Roughness Index (IRI)**

Kondisi aktual jalan ditinjau dari nilai *International Roughness Index (IRI)* dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

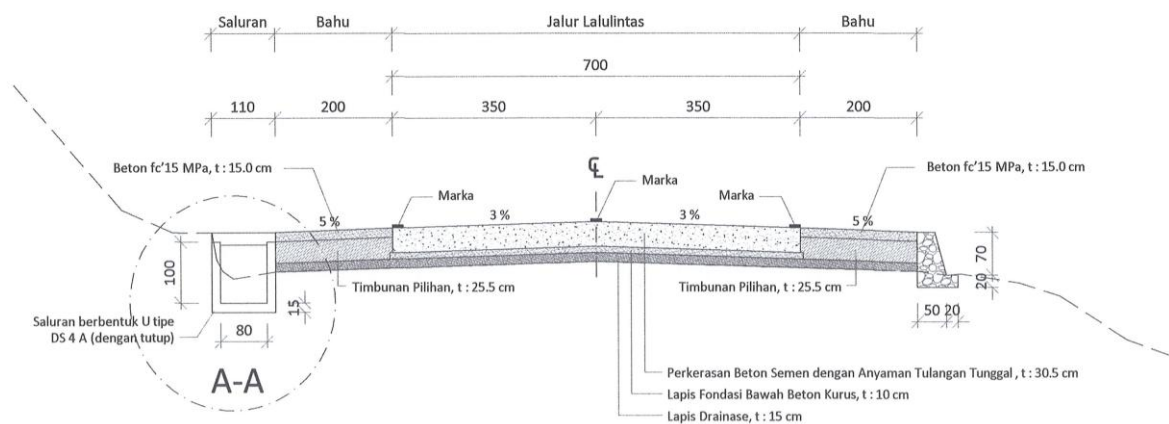
**Tabel 2. International Roughness Index (IRI)**

| No. | Nama Ruas                       | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|-----|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1   | Muaro Kalaban – Tanah Badantung | 6.08 | 5.89 | 5.87 | 5.90 | 5.80 |
| 2   | Tanah Badantung - Kiliranjao    | 5.67 | 5.68 | 6.36 | 6.09 | 6.44 |
| 3   | Muaro Kalaban - Kiliranjao      | 5.88 | 5.79 | 6.12 | 6.00 | 6.12 |

Sumber: Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat (2025)

Tabel 2 diatas menunjukkan nilai *International Roughness Index (IRI)* ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao periode 2021–2025. Nilai IRI berkisar antara 5.67 hingga 6.44 yang termasuk kategori buruk menurut HDM-4. Hal ini menegaskan perlunya penanganan agar kondisi jalan tidak semakin menurun dan biaya pengguna jalan dapat ditekan.

Untuk lebar jalan pada ruas jalan nasional Muaro Kalaban–Kiliranjao yaitu 7 meter, sedangkan lebar bahu adalah masing-masing 2 meter, dapat dilihat pada gambar perencanaan-cross section ruas Muaro Kalaban–Kiliranjao.



**Gambar 1. Perencanaan - Cross Section Ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao**  
**Sumber: Data Olahan (2025)**

### Analisis Biaya Pengguna Jalan (*Road User Cost/RUC*)

RUC dihitung berdasarkan tiga komponen utama, yaitu:

1. Biaya Operasional Kendaraan/ *Vehicle Operating Cost (VOC)*, mencakup konsumsi bahan bakar, ban, oli, suku cadang (*United States Dollar (USD)* perunit kendaraan).

**Tabel 3. *Vehicle Operating Cost (VOC)***

| No. | Nama Ruas                  | Tahun | <i>Vehicle Operating Cost (Million USD)</i> |
|-----|----------------------------|-------|---|
| 1   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2021  | 2.028                                       |
| 2   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2022  | 2.236                                       |
| 3   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2023  | 3.097                                       |
| 4   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2024  | 3.143                                       |
| 5   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2025  | 3.077                                       |

Sumber: Hasil HDM-4 (2025)

2. Biaya Waktu Tempuh/ *Travel Time Cost (TTC)*, dihitung dari nilai waktu perjalanan kendaraan penumpang dan barang (jam per penumpang).

**Tabel 4. *Travel Time Cost (TTC)***

| No. | Nama Ruas                  | Tahun | <i>Passanger Time (hr/pssr)</i> |
|-----|----------------------------|-------|---------------------------------|
| 1   | Muaro Kalaban – Kiliranjao | 2021  | 13.0                            |
| 2   | Muaro Kalaban – Kiliranjao | 2022  | 13.0                            |
| 3   | Muaro Kalaban – Kiliranjao | 2023  | 13.2                            |
| 4   | Muaro Kalaban – Kiliranjao | 2024  | 13.1                            |
| 5   | Muaro Kalaban – Kiliranjao | 2025  | 13.2                            |

Sumber: Hasil HDM-4 (2025)

3. Biaya Kecelakaan/ *Accident Cost (AC)*, estimasi kerugian ekonomi akibat kecelakaan lalu lintas (jam per penumpang).

**Tabel 5. *Accident Cost (AC)***

| No. | Nama Ruas                  | Tahun | <i>Passanger Time (hr/pssr)</i> |
|-----|----------------------------|-------|---------------------------------|
| 1   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2021  | 0.232                           |
| 2   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2022  | 0.255                           |
| 3   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2023  | 0.288                           |
| 4   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2024  | 0.289                           |
| 5   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2025  | 0.329                           |

Sumber: Hasil HDM-4 (2025)

Nilai *Road User Cost (RUC)* merupakan akumulasi dari tiga komponen utama, yaitu *Vehicle Operating Cost (VOC)*, *Travel Time Cost (TTC)*, dan *Accident Cost (AC)* (*Million USD*), berikut dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

**Tabel 6. *Road User Cost (RUC)***

| No. | Tahun | <i>RUC Without-Project Million Dollars (M\$)</i> | <i>RUC With-project Million Dollars (M\$)</i> | Pengurangan RUC <i>Million Dollars (M\$)</i> |
|-----|-------|--|---|--|
| 1   | 2021  | 7.769  | 2,602.676                                     | 2,594.906                                    |
| 2   | 2022  | 68.060   | 2,841.401                                     | 2,773.341                                    |
| 3   | 2023  | 9.244  | 2,907.310                                     | 2,898.066                                    |
| 4   | 2024  | 9.326  | 2,940.003                                     | 2,930.677                                    |
| 5   | 2025  | 9.667  | 2,980.393                                     | 2,970.725                                    |

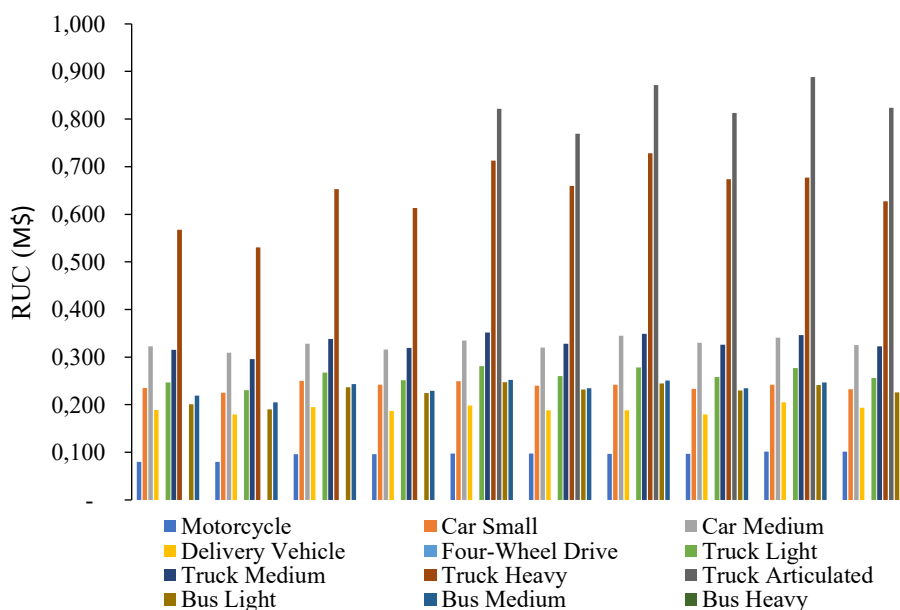
Sumber: Hasil HDM-4 (2025)

Berdasarkan tabel 6 *Road User Cost (RUC)* diatas bahwa: 1) RUC sebelum pemeliharaan relatif tinggi karena nilai IRI buruk, yang meningkatkan konsumsi bahan bakar dan memperlama waktu tempuh. 2) RUC sesudah pemeliharaan menurun secara signifikan, ditunjukkan oleh peningkatan kecepatan rata-rata kendaraan dan efisiensi biaya operasional. Berikut data RUC Masing-masing Kendaraan (USD per km per kendaraan).

**Tabel 7. Road User Cost (RUC) Masing-masing Kendaraan**

| Without Project/<br>With Project |      | Motor<br>cycle | Car<br>Small | Car<br>Medium | Delivery<br>Vehicle | Four-<br>Wheel<br>Drive | Truck<br>Light | Truck<br>Medium | Truck<br>Heavy | Truck<br>Articu-<br>lated | Bus Light | Bus<br>Medium | Bus<br>Heavy |
|----------------------------------|------|----------------|--------------|---------------|---------------------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------|---------------|--------------|
| Without Project                  | 2021 | 0.080          | 0.235        | 0.322         | 0.189               | -                       | 0.247          | 0.315           | 0.567          | -                         | 0.201     | 0.219         | -            |
| With Project                     | 2021 | 0.080          | 0.225        | 0.309         | 0.179               | -                       | 0.230          | 0.296           | 0.531          | -                         | 0.190     | 0.205         | -            |
| Without Project                  | 2022 | 0.096          | 0.242        | 0.316         | 0.186               | -                       | 0.251          | 0.319           | 0.613          | -                         | 0.225     | 0.229         | -            |
| With Project                     | 2022 | 0.096          | 0.242        | 0.316         | 0.186               | -                       | 0.251          | 0.319           | 0.613          | -                         | 0.225     | 0.229         | -            |
| Without Project                  | 2023 | 0.097          | 0.249        | 0.335         | 0.198               | -                       | 0.281          | 0.351           | 0.713          | 0.822                     | 0.247     | 0.252         | -            |
| With Project                     | 2023 | 0.097          | 0.240        | 0.320         | 0.188               | -                       | 0.260          | 0.328           | 0.659          | 0.769                     | 0.232     | 0.235         | -            |
| Without Project                  | 2024 | 0.097          | 0.242        | 0.345         | 0.188               | -                       | 0.278          | 0.349           | 0.728          | 0.871                     | 0.245     | 0.251         | -            |
| With Project                     | 2024 | 0.096          | 0.233        | 0.330         | 0.180               | -                       | 0.258          | 0.326           | 0.673          | 0.813                     | 0.230     | 0.234         | -            |
| Without Project                  | 2025 | 0.102          | 0.242        | 0.341         | 0.205               | -                       | 0.277          | 0.346           | 0.677          | 0.888                     | 0.241     | 0.247         | -            |
| With Project                     | 2025 | 0.102          | 0.232        | 0.325         | 0.194               | -                       | 0.256          | 0.323           | 0.627          | 0.824                     | 0.226     | 0.230         | -            |

Sumber: Hasil HDM-4 (2025)



**Gambar 2. Road User Cost (RUC) Masing-masing Kendaraan**  
Sumber: Data Olahan (2025)

Hasil *Road User Cost (RUC)* Masing-masing Kendaraan pada Gambar 2 menunjukkan adanya penghematan biaya bagi pengguna jalan setelah dilakukan penanganan. Penurunan nilai RUC terutama terlihat pada kendaraan berat sesuai tabel 7 RUC untuk *Heavy Truck* tahun 2021 sebelum penanganan adalah 0.567 M\$ sedangkan nilai RUC setelah penanganan adalah 0.531 M\$ artinya ada penghematan RUC sebesar 0.037 M\$, kemudian RUC sebelum penanganan *Articulated Truck* tahun 2025 sebesar 0.888 M\$ dan RUC setelah penanganan sebesar 0.824 M\$, artinya ada penghematan RUC sebesar 0.064 M\$ yang sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan.

### Benefit–Cost Ratio (BCR)

Analisis kelayakan dilakukan dengan menghitung rasio manfaat-biaya (BCR). Untuk menghitung BCR, kita dapat membagi total biaya pengurangan RUC dengan total biaya penanganan. Rumusnya adalah :  $BCR = \text{Total Pengurangan RUC} / \text{Total Biaya Penanganan}$ , misalnya pada tahun 2021 dengan nilai Pengurangan RUC sebesar 2.59 Milyar Dolar, sedangkan Biaya Penanganan sebesar 2.80 Milyar Dolar, maka BCR pada tahun 2021 adalah 0.93. Selanjutnya Nilai BCR untuk pemeliharaan jalan dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

**Tabel 8. Nilai BCR**

| No. | Nama Ruas                  | Tahun | Biaya Penanganan (M\$) | Pengurangan RUC (M\$) | BCR  | Jenis Penanganan                  |
|-----|----------------------------|-------|------------------------|-----------------------|------|-----------------------------------|
| 1   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2021  | 2.80                   | 2.59                  | 0.93 | Pemeliharaan Rutin, rekonstruksi  |
| 2   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2022  | 2.03                   | 2.77                  | 1.37 | Rutin, rekonstruksi               |
| 3   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2023  | 3.01                   | 2.89                  | 0.96 | Rutin, rekonstruksi               |
| 4   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2024  | 1.28                   | 2.93                  | 2.30 | Rutin, rekonstruksi, rehabilitasi |
| 5   | Muaro Kalaban - Kiliranjao | 2025  | 0.54                   | 2.97                  | 5.50 | Rutin, rekonstruksi, rehabilitasi |

Sumber: Data Olahan (2025)

Hasil perhitungan menunjukkan nilai *Benefit Cost Ratio (BCR)* hasil simulasi HDM-4 pada ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao untuk berbagai tahun dan jenis penanganan. Dari tabel 4.14 terlihat bahwa pada tahun 2022 (BCR=1.37), 2024 (BCR=2.30), dan 2025 (BCR=5.50) nilai BCR > 1 yaitu, yang berarti skenario pemeliharaan pada tahun tersebut layak secara ekonomi karena manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Sebaliknya, pada tahun 2021 (BCR=0.93) dan 2023 (BCR=0.96) nilai BCR < 1, sehingga skenario pemeliharaan tidak layak dilakukan secara ekonomi.

## Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Benefit Cost Ratio (BCR)* dari berbagai alternatif pemeliharaan, terlihat adanya perbedaan efisiensi antar jenis penanganan. Pada tahun 2021 dan 2023, kombinasi pemeliharaan rutin dan rekonstruksi menghasilkan nilai BCR < 1, masing-masing sebesar 0,93 dan 0,96. Hal ini menunjukkan bahwa penanganan tersebut tidak layak secara ekonomi karena biaya yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan manfaat yang diperoleh berupa pengurangan *road user cost (RUC)*. Dari sisi kelembagaan, efektivitas biaya juga dapat ditingkatkan melalui penerapan kontrak berbasis kinerja sebagaimana ditunjukkan oleh (Setorini, 2021). Analisis serupa dilakukan oleh (Martina Margorínová, 2017) yang menggunakan pendekatan *cost-benefit analysis* untuk mengevaluasi pembangunan bypass kota. Hasil penelitian mereka menegaskan relevansi penerapan analisis manfaat-biaya dalam proyek infrastruktur jalan, khususnya untuk menilai dampak langsung terhadap efisiensi transportasi dan manfaat sosial-ekonomi jangka panjang.

Sebaliknya, pada tahun 2022, pemeliharaan rutin dan rekonstruksi mulai memberikan nilai BCR positif (1.37) sehingga dinyatakan layak. Peningkatan yang lebih signifikan terjadi pada tahun 2024, ketika diterapkan kombinasi pemeliharaan rutin, rekonstruksi, dan rehabilitasi dengan BCR mencapai 2.30. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan rehabilitasi sebagai bagian dari strategi penanganan mampu memberikan manfaat ekonomi lebih besar karena dapat memperpanjang umur layanan perkerasan sekaligus mengurangi biaya pengguna jalan secara lebih optimal.

Puncaknya terjadi pada tahun 2025, dengan skenario pemeliharaan rutin, rekonstruksi dan rehabilitasi yang menghasilkan nilai BCR sangat tinggi, yaitu 5.50. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat kondisi jalan sudah berada pada tingkat kerusakan tertentu, intervensi yang tepat berupa pemeliharaan rutin dan rekonstruksi dan rehabilitasi mampu memberikan manfaat yang jauh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan.

Dengan demikian, jenis pemeliharaan yang paling tepat dan efisien untuk ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao adalah kombinasi pemeliharaan rutin, rehabilitasi, dan rekonstruksi. Kombinasi ini terbukti menghasilkan nilai BCR lebih dari 1 secara konsisten, bahkan mencapai nilai sangat tinggi pada tahun tertentu. Artinya, strategi ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi bagi pengguna jalan, tetapi juga menjamin keberlanjutan fungsi jalan dalam jangka Panjang. (Suwanto & Fauziah, 2019) juga menunjukkan bahwa HDM-4 terbukti efektif sebagai perangkat analisis dalam merumuskan strategi pemeliharaan yang tidak hanya teknis layak, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi pengguna jalan dan pemerintah. Secara empiris, pemeliharaan jalan terbukti memberi dampak signifikan pada pertumbuhan ekonomi lokal dengan estimasi BCR lebih dari 2 (Paul J Gertler. et al, 2024).

## SIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan adanya penghematan biaya bagi pengguna jalan setelah dilakukan penanganan. Penurunan nilai RUC terutama terlihat pada kendaraan berat, yang sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan. RUC untuk *Heavy Truck* tahun 2021 sebelum penanganan adalah 0.567 M\$ sedangkan nilai RUC setelah penanganan adalah 0.531 M\$ artinya ada penghematan RUC sebesar 0.037 M\$, kemudian RUC sebelum penanganan Articulated Truck tahun 2025 sebesar 0.888 M\$ dan RUC setelah penanganan sebesar 0.824 M\$, artinya ada penghematan RUC sebesar 0.064 M\$ yang sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *Benefit Cost Ratio (BCR)* hasil simulasi HDM-4 pada ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao untuk berbagai tahun dan jenis penanganan. Dari tabel terlihat bahwa pada tahun 2022 (BCR = 1.37), 2024 (BCR = 2.30), dan 2025 (BCR = 5.50) nilai BCR > 1, yang berarti skenario pemeliharaan pada tahun tersebut layak secara ekonomi karena manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Sebaliknya, pada tahun 2021 (BCR = 0.93) dan 2023 (BCR = 0.96) nilai BCR < 1, sehingga skenario pemeliharaan tidak layak dilakukan secara ekonomi. Jenis pemeliharaan yang paling tepat dan efisien untuk ruas Muaro Kalaban – Kiliranjao adalah kombinasi pemeliharaan rutin, rehabilitasi, dan rekonstruksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. L. D. S. R. Júnior, L. A. T. Brito, L. F. Heller, G. G. Schreinert, W. P. Núñez, J. A. P. Ceratti, & C. M. (2020). *Impact on pavement deterioration due to overload vehicle regulation in Brazil*. Transportation Research Procedia. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.085>
- Dahlan, E. (2021). *Evaluasi Kecepatan Rata-Rata terhadap Kendaraan Arus Bebas (Studi Kasus: Jalan Kolonel*

- Abunjani Kota Jambi*). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v4i2.78>
- Deori. et al. (2019). *HDM-4 Deterioration Modelling: Validation And Adoption For Flexible Pavements With Modified Bituminous Road Surfacing*. The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2019-14.440>
- Emer T. Quezon, K. B. (2022). *Comparative Analysis on Road Users' Cost Using HDM-4 Software and Manual Technique: A Case of Addis Ababa-Adama Expressway*. Journal of Management Science & Engineering Research. <https://doi.org/https://doi.org/10.30564/jmsr.v5i1.4468>
- Kerali, H. G. R. (2000). *Highway development and management: Volume one. Overview of HDM-4*. The World Road Association (PIARC).
- Martina Margorínová, M. T. (2017). *Cost Benefit Analysis: Bypass of Prešov city*. Theoretical Foundation of Civil Engineering. <https://doi.org/10.1051/mateconf/2017111700116>
- Paul J Gertler. et al. (2024). *Road maintenance and local economic development: Evidence from Indonesia's highways*. Journal of Urban Economics.
- Pratiksha. R. Patil, D. S. P. (2020). *Economic Feasibility Analysis of Highway Project using Highway Development and Management (HDM-4) Model*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). <https://www.ijert.org/research/economic-feasibility-analysis-of-highway-project-using-highway-development-and-management-hdm-4-model-IJERTV9IS070384>
- Setorini, et al. (2021). *Evaluasi Efektivitas Biaya pada Proyek Peningkatan dan Pemeliharaan Jalan Nasional dengan Kontrak Berbasis Kinerja*. Media Komunikasi Teknik Sipil.
- Shahin, Y. M. (1994). *Pavement management for airports, roads, and parking lots*. Chapman & Hall.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* Alfabeta.
- Suwarto & Fauziyah. (2019). *Financial economic cost on gravel road maintenance: study using HDM-4*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Uspessy. Tenriajeng. (2022). *Evaluasi Kerusakan Permukaan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga Dan Prioritas Penanganan Berdasarkan Nilai Bcr Pada Kelas Jalan Provinsi Di Kota Depok*.
- Watanatada, T., Harral, C. G., Paterson, W. D. O., Dhareshwar, A. M., Bhandari, A., & Tsunokawa, K. (1987). *The highway design and maintenance standards model (HDM-III): Vol. 1 Model description*. The World Bank.
- Yin. R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods (6th ed.)*. Sage Publications.