

Analisis Biaya dan Manfaat Jalan Tol Bukittinggi – Sicincin Ditinjau Dari Aspek Ekonomi Dan Finansial

1st Anugrah Debil Hendriputra
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
anugrahdebilh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Endang Chumaidiyah
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
endangchumaidiyah@telkomuniversity.ac.id

3rd Sinta Aryani
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
sintatelu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin direncanakan untuk meningkatkan konektivitas dan efisiensi transportasi di Provinsi Sumatera Barat. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi lalu lintas eksisting, efisiensi Biaya Operasional Kendaraan (BOK), nilai waktu perjalanan, potensi pendapatan dari tarif jalan tol, serta kelayakan ekonomi dan finansial proyek. Metode yang digunakan meliputi analisis lalu lintas, perhitungan BOK, analisis nilai waktu kendaraan, dan evaluasi kelayakan proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun pembangunan jalan tol mampu memberikan penghematan BOK dan nilai waktu perjalanan, hasil analisis kelayakan menunjukkan nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) kurang dari satu, *Net Present Value* (NPV) negatif, serta *Internal Rate of Return* (IRR) lebih kecil dari *discount rate*. Dengan demikian, proyek Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin dinyatakan tidak layak secara ekonomi dan finansial.

Kata kunci—Jalan Tol, Biaya Operasional Kendaraan, Nilai Waktu, Kelayakan Ekonomi, Kelayakan Finansial, Transportasi

I. PENDAHULUAN

Transportasi darat memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan kelancaran aktivitas perekonomian. Peningkatan jumlah kendaraan dan kebutuhan perjalanan menuntut tersedianya infrastruktur jalan yang efisien, salah satunya melalui pembangunan jalan tol sebagai solusi untuk mengurangi kemacetan dan memperpendek waktu tempuh. Selain meningkatkan efisiensi perjalanan, jalan tol juga berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan, serta pengembangan wilayah melalui peningkatan aksesibilitas dan penurunan biaya perjalanan.

Sebagai bagian dari upaya peningkatan konektivitas regional, Pemerintah Provinsi Sumatera Barat merencanakan pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin yang merupakan bagian dari Jalan Tol Pekanbaru–Padang dalam jaringan Tol Trans Sumatera. Proyek strategis nasional ini dilaksanakan di bawah pengawasan Kementerian PUPR melalui BPJT dan dikelola oleh PT Hutama Karya (Persero). Ruas tol ini akan melintasi beberapa wilayah strategis di Sumatera Barat, yaitu Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Agam, Kabupaten Tanah Datar, dan Kota Bukittinggi, yang memiliki karakteristik demografis dan ekonomi beragam sehingga berpengaruh terhadap kebutuhan dan kelayakan infrastruktur transportasi.



GAMBAR 1

Laju pertumbuhan Penduduk Sumatera Barat per Tahun (%) Periode 2022-2024

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) diatas, laju pertumbuhan penduduk di wilayah terdampak pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin menunjukkan tren yang relatif stabil. Meskipun tidak terjadi peningkatan jumlah penduduk yang signifikan, tingkat kepadatan di beberapa kawasan tetap tinggi, khususnya di wilayah dengan aktivitas ekonomi dan pariwisata yang berkembang. Kondisi ini menyebabkan tingginya mobilitas masyarakat, sehingga jalur utama Bukittinggi–Sicincin masih sering mengalami kepadatan lalu lintas, terutama pada akhir pekan dan musim liburan.

Selain faktor kependudukan, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor juga menjadi indikator penting dalam menilai kebutuhan pembangunan jalan tol. Peningkatan jumlah kendaraan, baik mobil pribadi maupun angkutan umum, memberikan tekanan terhadap kapasitas jalan eksisting dan berdampak pada kinerja lalu lintas. Oleh karena itu, analisis data kendaraan diperlukan untuk menggambarkan beban lalu lintas serta urgensi pengembangan infrastruktur Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin.

TABEL 1

Jumlah Kendaraan Bermobil Sumatera Barat Periode 2021-2024

Jumlah Kendaraan Bermobil				
Tahun	2021	2022	2023	2024
Kabupaten Padang Pariaman	11583	10900	1291	18361
Kota Bukittinggi	14090	13642	647	41934
Kabupaten Agam	20001	18727	1564	20058
Kota Padang	103872	98873	8969	204281

Kabupaten Tanah Datar	14577	12606	954	21889
Sumatera Barat	271201	255347	22477	519440

Tabel 1 menunjukkan perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Sumatera Barat pada periode 2021–2024. Kota Padang tercatat sebagai wilayah dengan jumlah kendaraan tertinggi, sedangkan Kabupaten Agam mengalami peningkatan jumlah kendaraan pada tahun 2024. Kondisi ini mencerminkan tingginya tingkat mobilitas masyarakat, khususnya di wilayah yang memiliki keterkaitan langsung dengan jaringan jalan utama. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut mengindikasikan kebutuhan akan infrastruktur transportasi yang lebih memadai guna mengakomodasi arus lalu lintas yang terus meningkat.

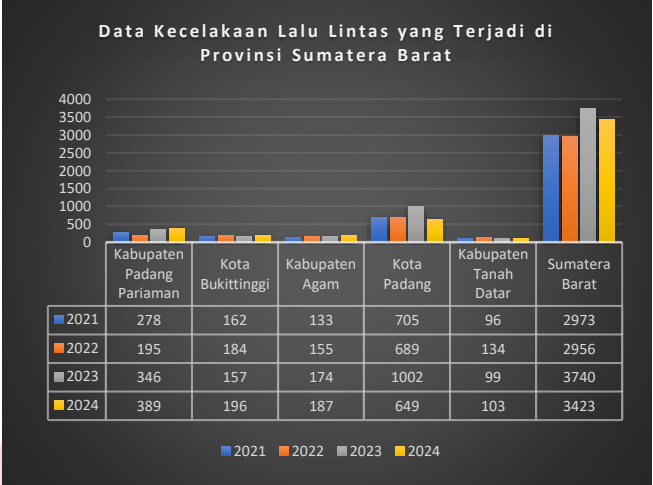
Pertumbuhan kendaraan di wilayah yang dilalui maupun berdekatan dengan trase Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin berkontribusi terhadap meningkatnya beban lalu lintas pada ruas jalan eksisting. Akumulasi pergerakan kendaraan dari berbagai daerah bermuara pada koridor jalan yang sama, sehingga tercermin pada nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR). Ketika volume lalu lintas tinggi tidak diimbangi dengan kapasitas jalan yang memadai, tingkat pelayanan jalan menurun dan potensi konflik lalu lintas meningkat. Oleh karena itu, data LHR tahun 2024 digunakan sebagai indikator untuk menggambarkan beban aktual yang diterima ruas jalan eksisting.

TABEL 2
Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Ruas Bukittinggi–Sicincin Tahun 2024

Nama Ruas	Tahun	Total	Gol I					Gol IIA		Gol IIB
			Fasilitas 2	Fasilitas 3	Fasilitas 4	Fasilitas 5a	Fasilitas 5b	Fasilitas 6a	Fasilitas 6b	Fasilitas 7a
			Sedan, Jeep, Station Wagon	Angkutan Berencana yg Sedan	Pick Up, Micro Truck, dan Mobil Hewan	Bus Kecil	Bus Besar	Truk Rantai 2 Sumbu	Truk Sedang 2 Sumbu	Truk 3 Sumbu
Bukittinggi - Sicincin	2024	15273	10064	1383	1388	181	179	296	1012	372
Sicincin - Bukittinggi	2024	11687	8035	812	965	179	155	473	772	276

Tingginya nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) pada ruas jalan utama menunjukkan intensitas pergerakan kendaraan yang sudah tinggi dan mendekati kapasitas jalan. Kondisi ini tidak hanya menurunkan kinerja lalu lintas, tetapi juga meningkatkan potensi risiko keselamatan, terutama pada ruas dengan keterbatasan kapasitas dan kondisi geometrik yang kurang memadai. Oleh karena itu, data kecelakaan lalu lintas di Provinsi Sumatera Barat digunakan sebagai indikator

untuk menilai dampak beban lalu lintas terhadap tingkat keselamatan jalan.



GAMBAR 2
Data Kecelakaan Lalu Lintas Provinsi Sumatera Barat Periode 2021-2024

Gambar 2 menunjukkan perkembangan jumlah kecelakaan lalu lintas di Provinsi Sumatera Barat pada periode 2021–2024, dengan jumlah kasus yang berfluktuasi. Kota Padang mencatat angka kecelakaan tertinggi, sementara Kabupaten Agam menunjukkan tren peningkatan kecelakaan dari tahun ke tahun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa infrastruktur jalan eksisting belum sepenuhnya mampu mendukung mobilitas yang aman dan efisien. Faktor kepadatan lalu lintas, keterbatasan kondisi jalan, serta percampuran kendaraan berat dan kendaraan pribadi pada jalur yang sama turut meningkatkan risiko kecelakaan, khususnya pada ruas penghubung Bukittinggi–Sicincin yang sering mengalami kepadatan tinggi pada periode tertentu.



GAMBAR 3
Fishbone Diagram

Pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin bertujuan meningkatkan aksesibilitas dan mengurangi kemacetan pada ruas jalan eksisting yang memiliki keterbatasan kapasitas serta melayani berbagai jenis kendaraan dalam satu jalur. Tingginya volume lalu lintas, pertumbuhan kendaraan bermotor, dan tidak adanya pemisahan kendaraan berat dan ringan menyebabkan penurunan kinerja lalu lintas, peningkatan risiko kecelakaan, serta ketidakandalan waktu tempuh. Keberadaan jalan tol diharapkan mampu menyediakan jalur bebas hambatan yang lebih andal, meningkatkan kelancaran arus lalu lintas, serta mendukung efisiensi perjalanan. Dari sisi ekonomi, proyek ini diharapkan memberikan penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan waktu tempuh perjalanan. Oleh karena itu, diperlukan analisis kelayakan ekonomi dan finansial untuk menilai apakah manfaat pembangunan jalan tol lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan.

II. KAJIAN TEORI

Berikut merupakan kajian teori yang digunakan dalam penilaian kelayakan ekonomi dan finansial pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin..

A. Analisis Volume Lalu Lintas

Analisis volume lalu lintas diperlukan untuk menilai kelayakan pembangunan jalan tol, karena volume lalu lintas yang tinggi tanpa diimbangi kapasitas jalan yang memadai dapat menurunkan kinerja jalan dan meningkatkan kemacetan [1]. Salah satu parameter utama yang digunakan adalah Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (*Average Daily Traffic / ADT*) yang menunjukkan rata-rata jumlah kendaraan harian pada suatu ruas jalan [1].

B. Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Pertumbuhan volume lalu lintas mencerminkan peningkatan aktivitas pergerakan kendaraan seiring dengan perkembangan ekonomi wilayah. Dalam perencanaan jalan, proyeksi pertumbuhan lalu lintas diperlukan untuk memperkirakan kebutuhan kapasitas di masa mendatang. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah mengaitkan pertumbuhan lalu lintas dengan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), karena pertumbuhan ekonomi umumnya diikuti oleh peningkatan mobilitas [2].

C. Analisis Kecepatan Lalu Lintas

Analisis kecepatan lalu lintas, khususnya kecepatan arus bebas (*free-flow speed*), digunakan untuk menggambarkan kondisi ideal pergerakan kendaraan tanpa hambatan. Kecepatan arus bebas menjadi indikator kinerja dan tingkat pelayanan jalan, serta dipengaruhi oleh kondisi geometrik jalan, jenis kendaraan, dan perilaku pengemudi. Dalam studi jalan tol, parameter ini digunakan untuk menilai peningkatan efisiensi perjalanan yang diharapkan [3].

D. Pemodelan Permintaan Lalu Lintas Jalan Tol

Pemodelan permintaan lalu lintas dilakukan untuk memperkirakan perpindahan arus kendaraan akibat pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin. Metode yang digunakan adalah trip assignment dengan pendekatan diversion formula, yang umum diterapkan dalam studi peramalan lalu lintas jalan tol [1].

Tingkat perpindahan kendaraan (diversi) dihitung berdasarkan selisih waktu tempuh antara jalan non-tol dan jalan tol, serta tarif tol. Perhitungan dilakukan untuk setiap golongan kendaraan, yaitu Golongan I, Golongan IIA, dan Golongan IIB.

Selisih waktu perjalanan (*travel time difference*) dihitung menggunakan persamaan berikut (JICA, 1990):

$$T = \left[\frac{\text{Panjang jalan non - tol}}{\text{Kecepatan jalan non - tol}} - \frac{\text{Panjang jalan tol}}{\text{Kecepatan jalan tol}} \right] \times 60$$

Tingkat diversi lalu lintas dihitung dengan rumus berikut (JICA, 1990):

Golongan I

$$P = \frac{1}{1 + 0.00002855 \times \left(\frac{X}{T}\right)^{2.27684}} \quad (1)$$

Golongan IIA

$$P = \frac{1}{1 + 0.000587 \times \left(\frac{X}{T}\right)^{1.174818}} \quad (2)$$

Golongan IIB

$$P = \frac{1}{1 + 0.00006078 \times \left(\frac{X}{T}\right)^{2.3486}} \quad (3)$$

Keterangan:

P: Tingkat diversi

X: Tarif tol

T: Diversi waktu perjalanan

E. Biaya Operasional Kendaraan

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan kendaraan per satuan jarak tempuh (km). Di Indonesia, perhitungan BOK mengacu pada model yang dikembangkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga bekerja sama dengan Pacific Consultants International Inc. (PCI) dan LAPI ITB, yang dapat diterapkan baik pada jalan tol maupun jalan non-tol [4].

BOK terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Dalam analisis manfaat proyek transportasi, umumnya digunakan biaya tidak tetap yang meliputi konsumsi bahan bakar, minyak pelumas, pemakaian ban, pemeliharaan kendaraan, dan depresiasi. Besarnya masing-masing komponen biaya dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan (S) dan jenis golongan kendaraan.

1. Konsumsi Bahan Bakar

a. Jalan Non Tol:

$$\text{Gol I} : 0.05693 S^2 - 6.42593 S + 269.18567 \quad (4)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.21692 S^2 - 24.15490 S + 954.78624 \quad (5)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.21557 S^2 - 24.17699 S + 947.80862 \quad (6)$$

b. Jalan Tol:

$$\text{Gol I} : 0.04376 S^2 - 4.94078 S + 207.0484 \quad (7)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.14461 S^2 - 16.10285 S + 636.50343 \quad (8)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.13485 S^2 - 15.12463 S + 592.60931 \quad (9)$$

2. Biaya Konsumsi Minyak Pelumas

a. Jalan Non Tol:

$$\text{Gol I} : 0.00037 S^2 - 0.04070 S + 2.20403 \quad (10)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.00209 S^2 - 0.24413 S + 13.29445 \quad (11)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.21557 S^2 - 24.17699 S + 947.80862 \quad (12)$$

b. Jalan Tol:

$$\text{Gol I} : 0.00029 S^2 - 0.03134 S + 1.69613 \quad (12)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.00131 S^2 - 0.15257 S + 8.30869 \quad (13)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.00118 S^2 - 0.13770 S + 7.54073 \quad (14)$$

3. Biaya Pemakaian Ban

a. Jalan Non Tol dan Tol:

$$\text{Gol I} : 0.0008848 S - 0.0045333 \quad (15)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.0012356 S - 0.0065667 \quad (16)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.0015553 S - 0.0059333 \quad (17)$$

4. Biaya Pemeliharaan Kendaraan

a. Suku Cadang:

$$\text{Gol I} : 0.0000064 S + 0.0005567 \quad (18)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.0000332 S + 0.0020891 \quad (19)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.0000191 S + 0.0015400 \quad (20)$$

b. Montir:

$$\text{Gol I} : 0.00362 S + 0.36267 \quad (21)$$

$$\text{Gol IIA} : 0.02311 S + 1.97733 \quad (22)$$

$$\text{Gol IIB} : 0.01511 S + 1.21200 \quad (23)$$

5. Depresiasi

$$\text{Gol I} : 1 / (2.5 S + 125) \quad (24)$$

$$\text{Gol IIA} : 1 / (9 S + 450) \quad (25)$$

$$\text{Gol IIB} : 1 / (6 S + 300) \quad (26)$$

Keterangan: S = Kecepatan kendaraan (km/jam)

TABEL 3
Nilai moneter Biaya Operasional Kendaraan

Komponen Biaya Operasional Kendaraan	Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (dalam rupiah)
Konsumsi Bahan Bakar (Fbb)	$Fbb \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Bahan Bakar} / 1000$
Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp)	$Fmp \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Minyak Pelumas} / 1000$
Konsumsi Ban (Fkb)	$Fkb \times \text{Jarak} \times \text{Harga satuan Ban} / 1000$
Pemeliharaan: • Biaya Suku Cadang (Fpc) • Biaya Tenaga Kerja (Fpk)	• $Fpc \times \text{Jarak} \times \text{Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$ • $Fpk \times \text{Jarak} \times \text{Harga upah mekanik perjam} / 1000$
Depresiasi (Fdp)	$Fdp \times \text{Jarak} \times \text{Harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$

F. Waktu Tempuh

Waktu tempuh merupakan salah satu indikator kinerja lalu lintas yang digunakan untuk menilai efisiensi pergerakan kendaraan pada suatu ruas jalan. Nilai waktu tempuh dihitung berdasarkan perbandingan antara panjang segmen jalan dan kecepatan rata-rata ruang kendaraan. Perhitungan dilakukan untuk kondisi jalan arteri eksisting (sebelum proyek), kondisi setelah proyek, serta pada jalan tol guna membandingkan tingkat efisiensi perjalanan. Semakin tinggi kecepatan rata-rata kendaraan pada suatu ruas, maka waktu tempuh yang dibutuhkan akan semakin kecil, sehingga kualitas pelayanan jalan meningkat [5].

Rumus perhitungan waktu tempuh adalah sebagai berikut):

$$T = \frac{L}{S} \quad (27)$$

Keterangan:

T : Waktu tempuh

L : Panjang segmen

S : Kecepatan kendaraan (km/jam)

G. Studi Kelayakan Proyek

Studi kelayakan merupakan proses analisis yang dilakukan untuk menilai apakah suatu proyek layak dilaksanakan ditinjau dari berbagai aspek, khususnya ekonomi dan finansial. Tujuan utama studi kelayakan adalah memberikan dasar yang rasional bagi pengambil keputusan dalam menentukan apakah suatu proyek perlu dilanjutkan, ditunda, atau dibatalkan [6].

Dalam penelitian ini, studi kelayakan dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu kelayakan ekonomi dan kelayakan finansial, guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai manfaat dan biaya proyek pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin.

H. Aspek Kelayakan Ekonomi dan Finansial

Analisis kelayakan ekonomi dan finansial dilakukan untuk menilai apakah pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin memberikan manfaat yang lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Analisis ekonomi menilai manfaat proyek dari sudut pandang masyarakat secara luas, seperti

penghematan biaya operasional kendaraan dan waktu tempuh, sedangkan analisis finansial menilai kelayakan proyek dari sudut pandang pengelola berdasarkan arus kas dan tingkat pengembalian investasi [6].

Penilaian kelayakan dilakukan menggunakan tiga indikator utama, yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), serta *Internal Rate of Return* (IRR). Untuk analisis ekonomi digunakan *Economic Internal Rate of Return* (EIRR), sedangkan untuk analisis finansial digunakan *Financial Internal Rate of Return* (FIRR). Ketiga indikator ini digunakan secara bersamaan untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai efisiensi, manfaat, dan tingkat pengembalian proyek [7].

Benefit Cost Ratio (BCR) merupakan perbandingan antara nilai sekarang seluruh manfaat dengan nilai sekarang seluruh biaya proyek. Proyek dinyatakan layak apabila nilai BCR lebih besar dari satu, yang menunjukkan bahwa manfaat ekonomi atau finansial yang diperoleh melebihi biaya yang dikeluarkan [8].

$$BCR = \frac{\text{Present value benefits}}{\text{Present value cost}} \quad (28)$$

Net Present Value (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang manfaat dan nilai sekarang biaya proyek selama umur analisis. Nilai NPV yang positif menunjukkan bahwa *Net Present Value* (NPV) merupakan selisih antara nilai *Net Present Value* (NPV) merupakan selisih antara nilai sekarang manfaat dan nilai sekarang biaya proyek selama umur analisis. Nilai NPV yang positif menunjukkan bahwa proyek memberikan keuntungan, sedangkan NPV negatif menunjukkan proyek tidak layak untuk dilaksanakan [7].

$$NPV = \text{Present value benefit} - \text{Present value cost} \quad (29)$$

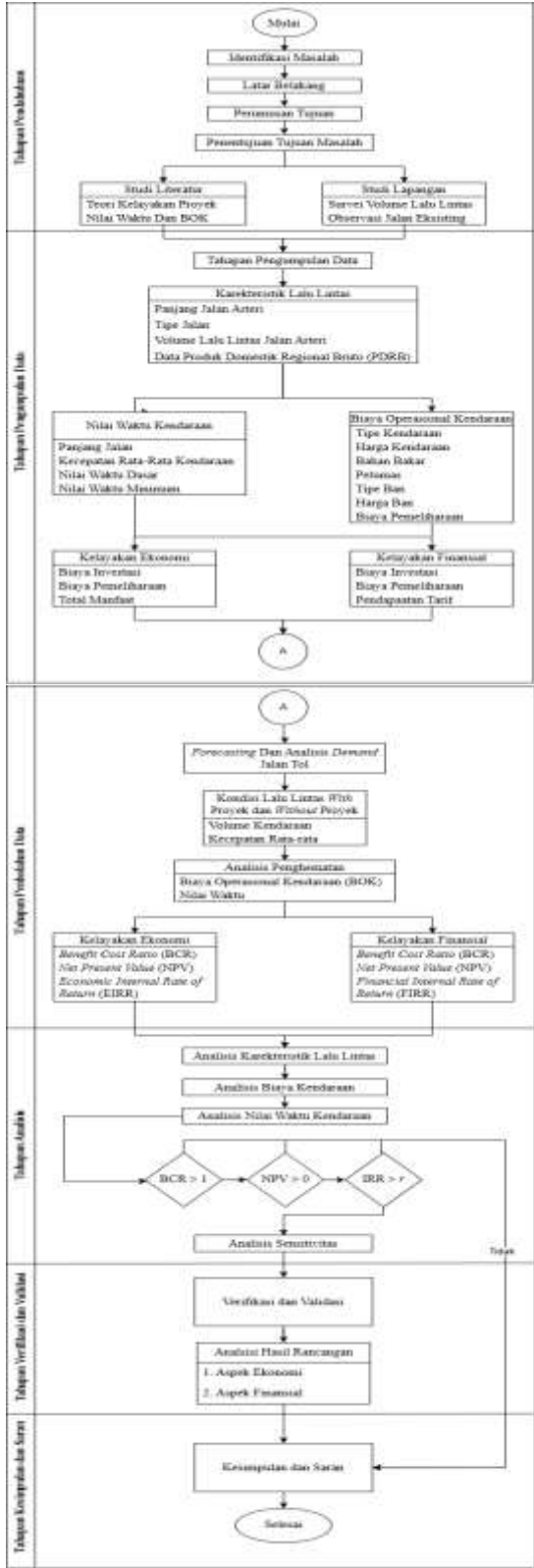
Economic Internal Rate of Return (EIRR) adalah tingkat diskonto yang menjadikan nilai NPV ekonomi sama dengan nol, di mana manfaat dan biaya yang diperhitungkan merupakan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat. Proyek dinyatakan layak secara ekonomi apabila nilai EIRR lebih besar dari tingkat diskonto yang digunakan. Prinsip yang sama berlaku untuk *Financial Internal Rate of Return* (FIRR), namun perhitungannya didasarkan pada arus kas finansial proyek [9].

$$IRR = i_1 + (i_1 - i_2) \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \quad (30)$$

III. METODE

A. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penyelesaian masalah dijabarkan untuk menjelaskan secara umum setiap tahapan yang perlu dilakukan mulai dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam sistematika penyelesaian masalah, akan dibagi menjadi beberapa tahapan utama, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis, tahap verifikasi dan validasi dan tahap kesimpulan dan saran.



1. Tahap Pendahuluan

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan pada kondisi lalu lintas eksisting di koridor Bukittinggi–Sicincin. Identifikasi mencakup permasalahan kemacetan, tingginya waktu tempuh, serta meningkatnya biaya operasional kendaraan. Pada tahap

ini juga ditetapkan tujuan dan ruang lingkup penelitian melalui studi literatur dan observasi lapangan.

2. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung analisis lalu lintas dan kelayakan proyek. Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik jalan dan lalu lintas eksisting, volume lalu lintas, panjang dan tipe jalan, serta data PDRB wilayah sebagai indikator pertumbuhan ekonomi. Selain itu, dikumpulkan data Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang mencakup konsumsi bahan bakar, pelumas, ban, biaya pemeliharaan, dan depresiasi kendaraan. Data nilai waktu kendaraan diperoleh dari informasi panjang ruas dan kecepatan rata-rata kendaraan pada kondisi eksisting dan rencana jalan tol. Untuk analisis kelayakan, data biaya investasi, biaya pemeliharaan, manfaat ekonomi, serta proyeksi pendapatan tarif tol juga dikumpulkan.

3. Tahap Pengolahan Data

Tahap ini diawali dengan analisis kondisi lalu lintas skenario without project dan with project untuk mengetahui perubahan volume dan kecepatan kendaraan akibat pembangunan jalan tol. Selanjutnya dilakukan analisis penghematan biaya operasional kendaraan dan nilai waktu perjalanan sebagai manfaat utama proyek. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan analisis kelayakan ekonomi menggunakan indikator BCR, NPV, dan EIRR, serta analisis kelayakan finansial menggunakan BCR, NPV, dan FIRR untuk menilai kelayakan investasi.

4. Tahap Analisis

Tahap analisis dilakukan dengan mengevaluasi hasil perhitungan lalu lintas, penghematan BOK, dan nilai waktu kendaraan. Analisis difokuskan pada penilaian kelayakan proyek dari aspek ekonomi dan finansial, serta dilengkapi dengan analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh perubahan variabel utama terhadap hasil kelayakan proyek.

5. Tahap Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan keakuratan dan konsistensi hasil analisis. Proses ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan terhadap pedoman teknis, teori, serta referensi dan penelitian terdahulu di bidang transportasi.

6. Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian berupa penarikan kesimpulan mengenai kelayakan pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Selain itu, disampaikan saran dan rekomendasi sebagai bahan pertimbangan bagi pemangku kepentingan dan penelitian selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat 2024 berdasarkan hasil survei lalu lintas pada ruas jalan arteri Bukittinggi-Sicincin dan Sicincin-Bukittinggi. Rekapitulasi volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada setiap ruas jalan eksisting ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL 4	
Volume Lalu Lintas Jalan Arteri (kend/hari) 2024	
Volume Lalu Lintas Jalur Arteri / Eksisting (kend/hari) Tahun 2024	Total (kend/hari)

Nama Ruas	Gol I	Gol IIA	Gol IIB	
Bukittinggi – Sicincin	13589	1310	372	15271
Sicincin - Bukittinggi	10166	1245	276	11687

Volume lalu lintas pertahunnya, data diperoleh dengan mengkalikan data pada Tabel 4 dengan 365 hari. Dimana akan diperoleh volume lalu lintas ruas jalan Bukittinggi-Sicincin dan Sicincin-Bukittinggi seperti pada Tabel 5.

TABEL 5

Volume Lalu Lintas Jalan Arteri (kend/tahun) 2024

Volume Lalu Lintas Jalur Arteri / Eksisting (kend/tahun) Tahun 2024				Total (kend/tahun)
Nama Ruas	Gol I	Gol IIA	Gol IIB	
Bukittinggi – Sicincin	4959985	478150	135780	5573915
Sicincin - Bukittinggi	3710590	454425	100740	4265755

B. Perhitungan Peramalan Volume Lalu Lintas

Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2024, yang menyebutkan bahwa faktor laju pertumbuhan lalu lintas di wilayah Sumatera sebesar 4.83%. Oleh karena itu, untuk menjaga kesesuaian dengan pedoman nasional, penelitian ini menggunakan tingkat pertumbuhan volume lalu lintas sebesar 4.83% (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2024).

1. Volume Lalu Lintas *Without Project*

TABEL 6

Volume Lalu Lintas Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin *Without Project*

Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin <i>Without Project</i> (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	4959985	478150	135780
2025	5199552	501245	142338
2026	5450691	525455	149213
2027	5713959	550834	156420
2028	5989943	577440	163975
2029	6279257	605330	171895
2030	6582546	634567	180198
2031	6900483	665217	188901
2032	7233776	697347	198025
2033	7583167	731029	207590
2034	7949434	766337	217616
2035	8333392	803351	228127
2036	8735895	842153	239146
2037	9157838	882829	250697
2038	9600162	925470	262805
2039	10063850	970170	275499

Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin <i>Without Project</i> (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2040	10549934	1017029	288805
2041	11059496	1066152	302755
2042	11593669	1117647	317378
2043	12153644	1171629	332707
2044	12740664	1228219	348777
2045	13356039	1287542	365623
2046	14001135	1349730	383282
2047	14677390	1414922	401795
2048	15386308	1483263	421201
2049	16129467	1554905	441545
2050	16908520	1630007	462872
2051	17725201	1708736	485229
2052	18581329	1791268	508665
2053	19478807	1877786	533234
2054	20419633	1968483	558989
2055	21405902	2063561	585988
2056	22439807	2163231	614292
2057	23523649	2267715	643962
2058	24659841	2377246	675065
2059	25850912	2492067	707671
2060	27099511	2612434	741851
2061	28408417	2738614	777683
2062	29780544	2870889	815245
2063	31218944	3009553	854621
2064	32726819	3154914	895899

Tabel 7

Volume Lalu Lintas Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi *Without Project*

Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi <i>Without Project</i> (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	3710590	454425	100740
2025	3889811	476374	105606
2026	4077689	499383	110706
2027	4274642	523503	116054
2028	4481107	548788	121659
2029	4697544	575294	127535
2030	4924436	603081	133695
2031	5162286	632210	140153
2032	5411625	662746	146922
2033	5673006	694756	154018
2034	5947012	728313	161457
2035	6234253	763491	169256
2036	6535367	800367	177431
2037	6851026	839025	186001
2038	7181930	879550	194985

2039	7528817	922032	204402
2040	7892459	966566	214275
2041	8273665	1013251	224624
2042	8673283	1062191	235474
2043	9092203	1113495	246847
2044	9531356	1167277	258770
2045	9991720	1223656	271268
2046	10474320	1282759	284371
2047	10980230	1344716	298106
2048	11510575	1409666	312504
2049	12066536	1477753	327598
2050	12649350	1549129	343421
2051	13260313	1623951	360009
2052	13900786	1702388	377397
2053	14572194	1784614	395625
2054	15276031	1870810	414734
2055	16013864	1961171	434766
2056	16787333	2055895	455765
2057	17598162	2155195	477778
2058	18448153	2259291	500855
2059	19339199	2368415	525046
2060	20273282	2482809	550406
2061	21252481	2602729	576990
2062	22278976	2728440	604859
2063	23355051	2860224	634074
2064	24483100	2998373	664700

C. Perhitungan Trip Assignment

Hasil analisis *trip assignment* menunjukkan bahwa pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin memberikan pengaruh signifikan terhadap peralihan arus lalu lintas dari jalan arteri eksisting ke jalan tol. Besarnya persentase kendaraan yang berpindah dipengaruhi oleh selisih waktu tempuh antara jalan arteri dan jalan tol serta besarnya tarif tol yang harus dibayar oleh pengguna.

Untuk Golongan I, persentase perpindahan kendaraan relatif tinggi pada kedua arah perjalanan. Hal ini disebabkan oleh penghematan waktu tempuh yang cukup besar dengan tarif tol yang masih relatif terjangkau, sehingga jalan tol menjadi alternatif yang lebih efisien dibandingkan jalan arteri.

Pada Golongan IIA dan IIB, persentase perpindahan kendaraan cenderung lebih rendah dibandingkan Golongan I. Kondisi ini dipengaruhi oleh tarif tol yang lebih tinggi, sehingga meskipun terjadi penghematan waktu, sebagian pengguna masih memilih tetap menggunakan jalan arteri. Namun demikian, nilai perpindahan yang diperoleh tetap menunjukkan potensi penggunaan jalan tol yang cukup signifikan.

Secara umum, hasil *trip assignment* menunjukkan bahwa semakin besar penghematan waktu tempuh yang diperoleh, maka semakin tinggi pula kecenderungan kendaraan untuk berpindah ke jalan tol. Rekapitulasi persentase kendaraan yang menggunakan jalan tol dan yang tetap menggunakan jalan arteri untuk masing-masing golongan kendaraan dan arah perjalanan disajikan pada Tabel 8.

TABEL 8
Rekapitulasi Hasil Trip Assignment

Rekapitulasi Hasil Trip Assignment			
Ruas Bukittinggi-Sicincin			
	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
Jalan Arteri	19.82%	46.14%	48.71%
Jalan Tol	80.18%	53.86%	51.29%
Ruas Sicincin-Bukittinggi			
	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
Jalan Arteri	17.02%	42.51%	43.74%
Jalan Tol	82.98%	57.49%	56.26%

D. Perhitungan Lalu Lintas With Project

Volume lalu lintas with project merupakan volume lalu lintas setelah Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin dan arah sebaliknya mulai beroperasi. Berdasarkan hasil analisis trip assignment, diperoleh persentase kendaraan yang beralih ke jalan tol serta kendaraan yang tetap menggunakan jalan arteri. Perhitungan volume lalu lintas with project dilakukan untuk jalan arteri dan jalan tol dengan mengalikan volume lalu lintas without project dengan persentase perpindahan kendaraan yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil perhitungan volume lalu lintas with project pada jalan arteri Ruas Bukittinggi–Sicincin disajikan pada Tabel 9.

TABEL 9
Volume Lalu Lintas Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project

Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	982888	220607	66133
2025	1030362	231262	69327
2026	1080128	242432	72675
2027	1132299	254142	76186
2028	1186989	266417	79865
2029	1244320	279285	83723
2030	1304421	292774	87767
2031	1367424	306915	92006
2032	1433471	321739	96450
2033	1502708	337279	101108
2034	1575288	353570	105992
2035	1651375	370647	111111
2036	1731136	388549	116478
2037	1814750	407316	122104
2038	1902403	426989	128001
2039	1994289	447613	134184

Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project (Kend/tahun)			
2040	2090613	469233	140665
2041	2191589	491897	147459
2042	2297443	515655	154581
2043	2408410	540562	162048
2044	2524736	566671	169874
2045	2646681	594041	178079
2046	2774515	622733	186681
2047	2908524	652811	195697
2048	3049006	684342	205149
2049	3196273	717395	215058
2050	3350653	752046	225446
2051	3512490	788369	236335
2052	3682143	826448	247749
2053	3859990	866365	259716
2054	4046428	908211	272260
2055	4241870	952077	285410
2056	4446753	998062	299196
2057	4661531	1046269	313647
2058	4886683	1096804	328796
2059	5122710	1149779	344677
2060	5370136	1205314	361325
2061	5629514	1263530	378777
2062	5901420	1324559	397071
2063	6186458	1388535	416250
2064	6485264	1455601	436355

TABEL 10

Volume Lalu Lintas Jalan Arteri Ruas Sicincin- Bukittinggi With Project

Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi With Project (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	735304	209661	49066
2025	770819	219787	51436
2026	808050	230403	53920
2027	847078	241532	56525
2028	887992	253197	59255
2029	930882	265427	62117
2030	975844	278247	65117
2031	1022977	291686	68262
2032	1072387	305775	71559
2033	1124183	320544	75016
2034	1178481	336026	78639
2035	1235402	352256	82437
2036	1295072	369270	86419
2037	1357624	387106	90593
2038	1423197	405803	94969

Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi With Project (Kend/tahun)			
2039	1491937	425403	99556
2040	1563998	445950	104364
2041	1639539	467490	109405
2042	1718729	490069	114689
2043	1801744	513740	120229
2044	1888768	538553	126036
2045	1979995	564566	132123
2046	2075629	591834	138505
2047	2175882	620420	145195
2048	2280977	650386	152208
2049	2391148	681800	159559
2050	2506641	714730	167266
2051	2627711	749252	175345
2052	2754630	785441	183814
2053	2887678	823378	192692
2054	3027153	863147	201999
2055	3173365	904837	211756
2056	3326638	948540	221984
2057	3487315	994355	232706
2058	3655752	1042382	243945
2059	3832325	1092729	255728
2060	4017426	1145508	268079
2061	4211468	1200836	281028
2062	4414882	1258836	294601
2063	4628121	1319638	308831
2064	4851659	1383377	323747

TABEL 11

Volume Lalu Lintas Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project

Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	3977097	257543	69647
2025	4169190	269982	73011
2026	4370562	283023	76538
2027	4581660	296693	80234
2028	4802955	311023	84110
2029	5034937	326045	88172
2030	5278125	341793	92431
2031	5533058	358302	96895
2032	5800305	375608	101575
2033	6080460	393750	106482
2034	6374146	412768	111625
2035	6682017	432705	117016
2036	7004758	453604	122668
2037	7343088	475513	128593

Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin With Project (Kend/tahun)			
2038	7697759	498481	134804
2039	8069561	522557	141315
2040	8459321	547797	148140
2041	8867906	574255	155296
2042	9296226	601992	162796
2043	9745234	631068	170659
2044	10215929	661549	178902
2045	10709358	693501	187543
2046	11226620	726997	196602
2047	11768866	762111	206097
2048	12337302	798921	216052
2049	12933194	837509	226487
2050	13557867	877961	237427
2051	14212712	920367	248894
2052	14899186	964820	260916
2053	15618817	1011421	273518
2054	16373205	1060273	286729
2055	17164031	1111484	300578
2056	17993054	1165169	315096
2057	18862118	1221446	330315
2058	19773159	1280442	346269
2059	20728202	1342287	362994
2060	21729374	1407120	380527
2061	22778903	1475084	398906
2062	23879124	1546330	418173
2063	25032486	1621018	438371
2064	26241555	1699313	459545

TABEL 12

Volume Lalu Lintas Jalan Tol Ruas Sicincin- Bukittinggi With Project

Jalan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi With Project (Kend/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	2975286	244764	51674
2025	3118992	256586	54170
2026	3269640	268980	56786
2027	3427563	281971	59529
2028	3593115	295590	62404
2029	3766662	309867	65418
2030	3948592	324834	68578
2031	4139309	340524	71890
2032	4339238	356971	75362
2033	4548823	374213	79002
2034	4768531	392287	82818
2035	4998851	411234	86818
2036	5240295	431097	91012

Jalan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi With Project (Kend/tahun)			
2037	5493402	451919	95408
2038	5758733	473747	100016
2039	6036880	496629	104847
2040	6328461	520616	109911
2041	6634126	545762	115219
2042	6954554	572122	120784
2043	7290459	599755	126618
2044	7642588	628724	132734
2045	8011725	659091	139145
2046	8398691	690925	145866
2047	8804348	724297	152911
2048	9229598	759280	160297
2049	9675388	795954	168039
2050	10142709	834398	176155
2051	10632602	874699	184664
2052	11146157	916947	193583
2053	11684516	961236	202933
2054	12248878	1007664	212734
2055	12840499	1056334	223010
2056	13460695	1107355	233781
2057	14110847	1160840	245073
2058	14792401	1216909	256910
2059	15506874	1275685	269318
2060	16255855	1337301	282326
2061	17041013	1401893	295963
2062	17864094	1469604	310258
2063	18726930	1540586	325243
2064	19631441	1614996	340952

E. Biaya Investasi

Biaya investasi pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin mencakup seluruh pengeluaran yang diperlukan selama tahap pembangunan, yang terdiri atas biaya konstruksi serta biaya non-konstruksi dan finansial. Data besaran biaya investasi diperoleh dari PT Hutama Karya (Persero).

Karena data biaya investasi yang tersedia dinyatakan dalam nilai tahun 2027, maka dilakukan penyesuaian agar setara dengan nilai pada tahun dasar 2024. Penyesuaian ini dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat inflasi rata-rata sebesar 2,857% per tahun. Melalui proses konversi tersebut, biaya investasi dinyatakan dalam nilai rupiah tahun 2024.

Berdasarkan hasil penyesuaian, total biaya investasi pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin pada tahun 2024 diperkirakan sebesar Rp 24.229.401.581.557, yang terdiri dari biaya konstruksi dan biaya non-konstruksi serta finansial.

F. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan merupakan komponen penting dalam analisis keekonomian proyek jalan tol, yang mencakup seluruh biaya untuk menjaga agar jalan tol tetap berfungsi dengan baik. Biaya ini meliputi

pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, biaya tenaga kerja, serta operasional sistem tol.

Karena tidak tersedia data empiris yang spesifik untuk ruas Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin, estimasi biaya operasional dan pemeliharaan ditentukan berdasarkan praktik umum pada proyek jalan tol di Indonesia. Dalam penelitian ini, biaya pemeliharaan rutin diasumsikan sebesar 1% dari biaya konstruksi, mengacu pada Laporan Studi Kelayakan Jalan Tol HGH Pekanbaru–Padang (2015).

Berdasarkan asumsi tersebut, biaya operasional dan pemeliharaan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin pada tahun 2025 diperkirakan sebesar Rp 168.519.595.786,26.

G. Biaya Operasional Kendaraan

Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dilakukan dengan mengelompokkan kendaraan ke dalam tiga golongan utama, yaitu Golongan I (kendaraan ringan), Golongan II A (truk dua gandar), dan Golongan II B (truk tiga gandar).

Perhitungan BOK didasarkan pada kecepatan rata-rata kendaraan sebagai faktor utama yang memengaruhi besarnya biaya operasional. Kecepatan ini mencerminkan kondisi lalu lintas dan kualitas ruas jalan, yang secara langsung berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, tingkat keausan komponen kendaraan, serta biaya pemeliharaan.

Komponen biaya yang diperhitungkan dalam analisis BOK meliputi biaya bahan bakar, pelumas, ban, depresiasi kendaraan, dan biaya pemeliharaan. Untuk setiap golongan kendaraan digunakan kendaraan representatif dengan spesifikasi dan harga yang disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan.

Perhitungan BOK dilakukan pada jalan arteri dan jalan tol, sehingga dapat diketahui perbedaan biaya operasional pada kedua kondisi tersebut. Selisih BOK antara jalan arteri dan jalan tol selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menghitung penghematan biaya operasional kendaraan akibat pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin.

Berikut disajikan contoh perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) untuk kendaraan Golongan I pada ruas Bukittinggi–Sicincin, baik pada kondisi jalan arteri maupun jalan tol.

a. Golongan I - Ruas Jalan Bukittinggi - Sicincin

1. Jalan Arteri

S: 54.09 km/jam (Kecepatan yang digunakan merupakan kecepatan rata-rata kendaraan)

a. Konsumsi Bahan Bakar

- Faktor konsumsi bahan bakar (Fbb)

$$Fbb : (0.05693 \times S \times S) - (6.42593 \times S) + (269.18567)$$

$$Fbb : (0.05693 \times 54.09 \times 54.09) - (6.42593 \times 54.09) + (269.18567)$$

$$Fbb : 88.168$$
- BOK konsumsi bahan bakar

$$BOK : fbb \times \text{jarak} \times \text{harga satuan bahan bakar} / 1000$$

$$BOK : 88.168 \times 45.5 \text{ km} \times \text{Rp } 10,000 / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 40,116.90$$

b. Konsumsi Minyak Pelumas

- Faktor konsumsi minyak pelumas (Fmp)

$$Fmp : (0.00037 \times S \times S) - (0.04070 \times S) + (2.20403)$$

$$Fmp : (0.00037 \times 54.09 \times 54.09) - (0.04070 \times 54.09) + (2.20403)$$

$$Fmp : 1.085$$
- BOK konsumsi minyak pelumas

$$BOK : Fmp \times \text{jarak} \times \text{harga satuan minyak pelumas} / 1000$$

$$BOK : 1.085 \times 45.5 \text{ km} \times \text{Rp } 85,000 / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 4,196.24$$

c. Pemakaian Ban

- Faktor konsumsi pemakaian ban (Fkb)

$$Fkb : (0.0008848 \times S) - (0.0045333)$$

$$Fkb : (0.0008848 \times 54.09) - (0.0045333)$$

$$Fkb : 0.043$$
- BOK konsumsi pemakaian ban

$$BOK : Fkb \times \text{jarak} \times \text{harga satuan ban} / 1000$$

$$BOK : 0.043 \times 45.5 \text{ km} \times \text{Rp } 737,000 / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 1,441.94$$

d. Biaya Suku Cadang

- Harga kendaraan terdepresiasi

$$\text{Harga Kendaraan} : 1 / (2.5 \times S + 125)$$

$$\text{Harga Kendaraan} : 1 / (2.5 \times 54.09 + 125)$$

$$\text{Harga Kendaraan} : 0.00384$$
- Faktor biaya suku cadang (Fpc)

$$Fpc : (0.0000064 \times S) + (0.0005567)$$

$$Fpc : (0.0000064 \times 54.09) + (0.0005567)$$

$$Fpc : 0.000903$$
- BOK konsumsi suku cadang

$$BOK : Fpc \times \text{jarak} \times \text{harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$$

$$BOK : 0.000903 \times 45.5 \times (\text{Rp } 242,900,000 \times 0.00384) / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 38.32$$

e. Biaya Montir

- Faktor biaya montir (Fpk)

$$Fpk : (0.00362 \times S) + (0.36267)$$

$$Fpk : (0.00362 \times 54.09) + (0.36267)$$

$$Fpk : 0.558$$
- BOK biaya montir

$$BOK : Fpk \times \text{jarak} \times \text{harga upah mekanik per jam} / 1000$$

$$BOK : 0.527 \times 45.5 \times \text{Rp } 15,000 / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 380.84$$

2. Jalan Tol

S: 80 km/jam (Kecepatan yang digunakan merupakan kecepatan rata-rata kendaraan)

a. Konsumsi Bahan Bakar

- Faktor konsumsi bahan bakar (Fbb)
 $Fbb : (0.04376 \times S \times S) - (4.94078 \times S) + (207.0484)$
 $Fbb : (0.04376 \times 80 \times 80) - (4.94078 \times 80) + (207.0484)$
 $Fbb : 91.85$
- BOK konsumsi bahan bakar
 $BOK : Fbb \times \text{jarak} \times \text{harga satuan bahan bakar} / 1000$
 $BOK : 91.85 \times 40 \text{ km} \times \text{Rp } 10,000 / 1000$
 $BOK : \text{Rp } 36,740$

b. Konsumsi Minyak Pelumas

- Faktor konsumsi minyak pelumas (Fmp)
 $Fmp : (0.00029 \times S \times S) - (0.03134 \times S) + (1.69613)$
 $Fmp : (0.00029 \times 80 \times 80) - (0.03134 \times 80) + (1.69613)$
 $Fmp : 1.045$
- BOK konsumsi minyak pelumas
 $BOK : Fmp \times \text{jarak} \times \text{harga satuan minyak pelumas} / 1000$
 $BOK : 1.045 \times 40 \text{ km} \times \text{Rp } 85,000 / 1000$
 $BOK : \text{Rp } 3,553$

c. Pemakaian Ban

- Faktor konsumsi pemakaian ban (Fkb)
 $Fkb : (0.0008848 \times S) - (0.0045333)$
 $Fkb : (0.0008848 \times 80) - (0.0045333)$
 $Fkb : 0.066$
- BOK konsumsi pemakaian ban
 $BOK : Fkb \times \text{jarak} \times \text{harga satuan ban} / 1000$
 $BOK : 0.066 \times 40 \text{ km} \times \text{Rp } 737,000 / 1000$
 $BOK : \text{Rp } 1,945.68$

d. Biaya Suku Cadang

- Harga kendaraan terdepresiasi
 $\text{Harga Kendaraan} : 1 / (2.5 \times S + 125)$
 $\text{Harga Kendaraan} : 1 / (2.5 \times 80 + 125)$
 $\text{Harga Kendaraan} : 0.00308$
- Faktor biaya suku cadang (Fpc)
 $Fpc : (0.0000064 \times S) + (0.0005567)$
 $Fpc : (0.0000064 \times 80) + (0.0005567)$
 $Fpc : 0.001069$
- BOK konsumsi suku cadang
 $BOK : Fpc \times \text{jarak} \times \text{harga kendaraan terdepresiasi} / 1000$
 $BOK : 0.001069 \times 40 \times (\text{Rp } 242,900,000 \times 0.00308) / 1000$
 $BOK : \text{Rp } 31.98$

e. Biaya Montir

- Faktor biaya montir (Fpk)

$$Fpk : (0.00362 \times S) + (0.36267)$$

$$Fpk : (0.00362 \times 80) + (0.36267)$$

$$Fpk : 0.652$$

- BOK biaya montir

$$BOK : Fpk \times \text{jarak} \times \text{harga upah mekanik per jam} / 1000$$

$$BOK : 0.652 \times 40 \times \text{Rp } 15,000 / 1000$$

$$BOK : \text{Rp } 391.2$$

Hasil rekapitulasi seluruh perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) untuk masing-masing golongan kendaraan pada jalan arteri dan jalan tol disajikan pada tabel di bawah ini.

TABEL 13

Rekapitulasi BOK Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin

Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan I)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
54.09	Rp 40,116.9	Rp 4,196.24	Rp 1,441.94	Rp 38.32	Rp 380.84	Rp 46,174.23
Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan IIA)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
47.91	Rp 91,407.9	Rp 18,916.17	Rp 2,507.96	Rp 66.37	Rp 3,509.19	Rp 116,407.58
Jalan Arteri Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan IIB)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
46.26	Rp 89,941.96	Rp 17,307.29	Rp 10,210	Rp 138.16	Rp 2,173.76	Rp 119,771.37

TABEL 14

Rekapitulasi BOK Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin

Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan I)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
80	Rp 36,740	Rp 3,553	Rp 1,945.68	Rp 31.98	Rp 391.2	Rp 42,661.86
Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan IIA)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
80	Rp 74,468.43	Rp 11,666.2	Rp 3,827.2	Rp 56.60	Rp 3,826	Rp 93,844.43
Jalan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin (Golongan IIB)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
80	Rp 66,824.69	Rp 10,600.2	Rp 16,048	Rp 113.76	Rp 2,241	Rp 96,007.65

TABEL 15

Rekapitulasi BOK Jalan Arteri Ruas Sicincin- Bukittinggi

Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan I)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
51.77	Rp 40,538.23	Rp 4,211.71	Rp 1,374.87	Rp 38.57	Rp 375.38	Rp 46,538.75
Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan IIA)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
45.59	Rp 94,187.86	Rp 19,250.37	Rp 2,366	Rp 66.70	Rp 3,447.76	Rp 119,318.69
Jalan Arteri Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan IIB)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
44.04	Rp 93,177.98	Rp 17,650.36	Rp 9,746.1	Rp 138.88	Rp 2,135.09	Rp 122,848.4

TABEL 16

Rekapitulasi BOK Jalan Tol Ruas Sicincin- Bukittinggi

Jalan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan I)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	

80	Rp 36,740	Rp 3,553	Rp 1,945.68	Rp 31.98	Rp 391.2	Rp 42,661.86
Jalan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan IIA)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
80	Rp 74,468.43	Rp 11,666.2	Rp 3,827.2	Rp 56.60	Rp 3,826	Rp 93,844.43
Jalan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi (Golongan IIB)						
Kecepatan (km/jam)	Bahan Bakar	Minyak Pelumas	Pemakaian Ban	Biaya Pemeliharaan		Total BOK
				Suku Cadang	Montir	
80	Rp 66,824.69	Rp 10,600.2	Rp 16,048	Rp 113.76	Rp 2,241	Rp 96,007.65

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) yang diperoleh akibat penggunaan jalan tol disajikan pada tabel di bawah ini.

TABEL 17
Total Penghematan Biaya Operasional Kendaraan

Penghematan BOK			
Tahun	BOK Without Project	BOK With Project	Total Penghematan
2024	Rp 540,229,681,934.03	Rp 499,637,590,702.95	Rp 40,592,091,231.08
2025	Rp 566,322,775,571.44	Rp 523,770,086,333.90	Rp 42,552,689,237.54
2026	Rp 593,676,165,631.54	Rp 549,068,181,503.83	Rp 44,607,984,127.71
2027	Rp 622,350,724,431.54	Rp 575,588,174,670.46	Rp 46,762,549,761.08
2028	Rp 652,410,264,421.59	Rp 603,389,083,507.04	Rp 49,021,180,914.54
2029	Rp 683,921,680,193.15	Rp 632,532,776,240.43	Rp 51,388,903,952.71
2030	Rp 716,955,097,346.48	Rp 663,084,109,332.85	Rp 53,870,988,013.63
2031	Rp 751,584,028,548.31	Rp 695,111,071,813.62	Rp 56,472,956,734.69
2032	Rp 787,885,537,127.20	Rp 728,684,936,582.22	Rp 59,200,600,544.98
2033	Rp 825,940,408,570.44	Rp 763,880,419,019.14	Rp 62,059,989,551.30
2034	Rp 865,833,330,304.39	Rp 800,775,843,257.77	Rp 65,057,487,046.62
2035	Rp 907,653,080,158.09	Rp 839,453,316,487.12	Rp 68,199,763,670.98
2036	Rp 951,492,723,929.73	Rp 879,998,911,673.45	Rp 71,493,812,256.28
2037	Rp 997,449,822,495.54	Rp 922,502,859,107.27	Rp 74,946,963,388.26
2038	Rp 1,045,626,648,922.07	Rp 967,059,747,202.15	Rp 78,566,901,719.92
2039	Rp 1,096,130,416,065.01	Rp 1,013,768,732,992.02	Rp 82,361,683,072.99
2040	Rp 1,149,073,515,160.95	Rp 1,062,733,762,795.53	Rp 86,339,752,365.41
2041	Rp 1,204,573,765,943.22	Rp 1,114,063,803,538.56	Rp 90,509,962,404.66
2042	Rp 1,262,754,678,838.28	Rp 1,167,873,085,249.47	Rp 94,881,593,588.81
2043	Rp 1,323,745,729,826.17	Rp 1,224,281,355,267.02	Rp 99,464,374,559.15
2044	Rp 1,387,682,648,576.77	Rp 1,283,414,144,726.42	Rp 104,268,503,850.36
2045	Rp 1,454,707,720,503.03	Rp 1,345,403,047,916.70	Rp 109,304,672,586.33
2046	Rp 1,524,970,103,403.32	Rp 1,410,386,015,131.08	Rp 114,584,088,272.25
2047	Rp 1,598,626,159,397.71	Rp 1,478,507,659,661.91	Rp 120,118,499,735.80
2048	Rp 1,675,839,802,896.61	Rp 1,549,919,579,623.58	Rp 125,920,223,273.04
2049	Rp 1,756,782,865,376.52	Rp 1,624,780,695,319.40	Rp 132,002,170,057.12
2050	Rp 1,841,635,477,774.21	Rp 1,703,257,602,903.33	Rp 138,377,874,870.88
2051	Rp 1,930,586,471,350.70	Rp 1,785,524,945,123.56	Rp 145,061,526,227.15
2052	Rp 2,023,833,797,916.94	Rp 1,871,765,799,973.02	Rp 152,067,997,943.92
2053	Rp 2,121,584,970,356.33	Rp 1,962,172,088,111.72	Rp 159,412,882,244.61
2054	Rp 2,224,057,524,424.54	Rp 2,056,944,999,967.52	Rp 167,112,524,457.02
2055	Rp 2,331,479,502,854.24	Rp 2,156,295,443,465.95	Rp 175,184,059,388.30
2056	Rp 2,444,089,962,842.10	Rp 2,260,444,513,385.35	Rp 183,645,449,456.75

2057	Rp 2,562,139,508,047.38	Rp 2,369,623,983,381.87	Rp 192,515,524,665.51
2058	Rp 2,685,890,846,286.07	Rp 2,484,076,821,779.21	Rp 201,814,024,506.86
2059	Rp 2,815,619,374,161.68	Rp 2,604,057,732,271.15	Rp 211,561,641,890.54
2060	Rp 2,951,613,789,933.69	Rp 2,729,833,720,739.84	Rp 221,780,069,193.85
2061	Rp 3,094,176,735,987.49	Rp 2,861,684,689,451.58	Rp 232,492,046,535.91
2062	Rp 3,243,625,472,335.69	Rp 2,999,904,059,952.09	Rp 243,721,412,383.60
2063	Rp 3,400,292,582,649.50	Rp 3,144,799,426,047.77	Rp 255,493,156,601.73
2064	Rp 3,564,526,714,391.47	Rp 3,296,693,238,325.88	Rp 267,833,476,065.59

H. Nilai Waktu

Nilai waktu menunjukkan kesediaan pengguna jalan membayar untuk menghemat waktu perjalanan dan digunakan untuk menilai manfaat ekonomi penghematan waktu, karena waktu merupakan sumber daya bernilai dalam keputusan perjalanan [10].

Waktu tempuh dihitung sebagai perbandingan panjang jalan dengan kecepatan rata-rata kendaraan untuk kondisi without project dan with project pada ruas arteri dan jalan tol. Pada ruas Bukittinggi–Sicincin kondisi without project, waktu tempuh Golongan I, IIA, dan IIB masing-masing 0,841 jam, 0,949 jam, dan 0,983 jam. Dengan proyek, waktu tempuh di jalan arteri relatif sama, sedangkan di jalan tol lebih singkat, sekitar 0,5 jam untuk semua golongan, menunjukkan penghematan waktu perjalanan.

Nilai waktu dasar mengacu pada data PT Jasa Marga 1990–1996 dengan penyesuaian faktor 0,29 untuk wilayah studi, serta penyesuaian inflasi 1996–2024 sebesar 8,457%. Hasilnya, nilai waktu tahun 2024 menjadi Rp 58.259,09/jam (Gol I), Rp 87.883,84/jam (Gol IIA), dan Rp 65.279,31/jam (Gol IIB). Untuk proyeksi 40 tahun, digunakan rata-rata inflasi 2016–2024 sebesar 2,857% [11].

Nilai waktu perjalanan digunakan untuk mengukur manfaat ekonomi dari penghematan waktu akibat beroperasinya jalan tol. Nilai ini dihitung dengan mengalikan waktu tempuh kendaraan, nilai waktu per jam, dan volume kendaraan, sesuai rumus:

Nilai waktu perjalanan = waktu tempuh × nilai waktu × volume kendaraan

Perhitungan dilakukan untuk kondisi *without project* dan *with project* pada ruas arteri serta jalan tol. Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan penghematan waktu perjalanan yang diperoleh pengguna jalan akibat pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin.

Berikut adalah rekapitulasi penghematan nilai waktu perjalanan:

TABEL 18
Total Penghematan Nilai Waktu

Penghematan Nilai Waktu			
Tahun	Nilai Waktu Without Project (Rp/tahun)	Nilai Waktu With Project (Rp/tahun)	Penghematan Nilai Waktu (Rp/tahun)
2024	Rp 528,345,872,367.36	Rp 358,727,582,966.92	Rp 169,618,289,400.45
2025	Rp 569,688,900,424.24	Rp 386,797,991,581.87	Rp 182,890,908,842.37
2026	Rp 614,267,017,573.91	Rp 417,064,907,734.09	Rp 197,202,109,839.81
2027	Rp 662,333,369,314.64	Rp 449,700,207,986.81	Rp 212,633,161,327.83
2028	Rp 714,160,909,762.51	Rp 484,889,218,232.46	Rp 229,271,691,530.05
2029	Rp 770,043,951,674.32	Rp 522,831,766,101.80	Rp 247,212,185,572.53
2030	Rp 830,299,837,759.81	Rp 563,743,315,723.87	Rp 266,556,522,035.94
2031	Rp 895,270,742,773.82	Rp 607,856,191,280.97	Rp 287,414,551,492.85
2032	Rp 965,325,616,622.19	Rp 655,420,896,306.63	Rp 309,904,720,315.56

2033	Rp 1,040,862,279,515.41	Rp 706,707,536,218.58	Rp 334,154,743,296.83
2034	Rp 1,122,309,681,067.99	Rp 762,007,352,164.87	Rp 360,302,328,903.13
2035	Rp 1,210,130,336,172.20	Rp 821,634,374,893.26	Rp 388,495,961,278.94
2036	Rp 1,304,822,951,478.68	Rp 885,927,208,035.89	Rp 418,895,743,442.79
2037	Rp 1,406,925,257,399.10	Rp 955,250,950,935.72	Rp 451,674,306,463.38
2038	Rp 1,517,017,061,712.74	Rp 1,029,999,271,934.12	Rp 487,017,789,778.61
2039	Rp 1,635,723,542,117.58	Rp 1,110,596,643,893.02	Rp 525,126,898,224.56
2040	Rp 1,763,718,796,423.36	Rp 1,197,500,754,646.48	Rp 566,218,041,776.88
2041	Rp 1,901,729,670,546.89	Rp 1,291,205,106,070.01	Rp 610,524,564,476.88
2042	Rp 2,050,539,886,047.83	Rp 1,392,241,816,526.84	Rp 658,298,069,521.00
2043	Rp 2,210,994,490,643.82	Rp 1,501,184,642,605.38	Rp 709,809,848,038.45
2044	Rp 2,384,004,656,978.08	Rp 1,618,652,237,307.51	Rp 765,352,419,670.58
2045	Rp 2,570,552,856,890.30	Rp 1,745,311,663,189.82	Rp 825,241,193,700.48
2046	Rp 2,771,698,440,573.82	Rp 1,881,882,180,407.91	Rp 889,816,260,165.90
2047	Rp 2,988,583,652,301.52	Rp 2,029,139,331,174.96	Rp 959,444,321,126.56
2048	Rp 3,222,440,116,881.85	Rp 2,187,919,343,828.79	Rp 1,034,520,773,053.06
2049	Rp 3,474,595,833,679.48	Rp 2,359,123,881,516.96	Rp 1,115,471,952,162.52
2050	Rp 3,746,482,717,917.79	Rp 2,543,725,162,466.11	Rp 1,202,757,555,451.68
2051	Rp 4,039,644,732,087.55	Rp 2,742,771,480,912.05	Rp 1,296,873,251,175.50
2052	Rp 4,355,746,653,637.92	Rp 2,957,393,160,042.19	Rp 1,398,353,493,595.73
2053	Rp 4,696,583,528,738.56	Rp 3,188,808,970,755.36	Rp 1,507,774,557,983.20
2054	Rp 5,064,090,865,798.09	Rp 3,438,333,052,689.15	Rp 1,625,757,813,108.94
2055	Rp 5,460,355,626,624.52	Rp 3,707,382,376,817.09	Rp 1,752,973,249,807.43
2056	Rp 5,887,628,077,643.35	Rp 3,997,484,791,993.64	Rp 1,890,143,285,649.71
2057	Rp 6,348,334,568,472.61	Rp 4,310,287,701,140.70	Rp 2,038,046,867,331.91
2058	Rp 6,845,091,310,420.50	Rp 4,647,567,416,345.10	Rp 2,197,523,894,075.40
2059	Rp 7,380,719,233,149.61	Rp 5,011,239,245,991.96	Rp 2,369,479,987,157.65
2060	Rp 7,958,260,003,873.94	Rp 5,403,368,371,215.32	Rp 2,554,891,632,658.62
2061	Rp 8,580,993,300,057.13	Rp 5,826,181,573,430.50	Rp 2,754,811,726,626.63
2062	Rp 9,252,455,433,698.06	Rp 6,282,079,879,544.91	Rp 2,970,375,554,153.16
2063	Rp 9,976,459,432,965.51	Rp 6,773,652,196,655.79	Rp 3,202,807,236,309.73
2064	Rp 10,757,116,695,219.40	Rp 7,303,690,013,662.10	Rp 3,453,426,681,557.26

I. Pendapatan Tarif Tol

Tarif tol Bukittinggi–Sicincin untuk tiap golongan kendaraan digunakan sebagai dasar perhitungan biaya perjalanan [1]. Tarif per kilometer untuk Gol I sebesar Rp 1.419, sedangkan Gol IIA dan IIB Rp 2.129. Untuk ruas sepanjang 40 km, total tarif menjadi Rp 56.760 (Gol I) dan Rp 86.160 (Gol IIA & IIB).

Untuk proyeksi selama umur rencana proyek 40 tahun, tarif tol disesuaikan setiap dua tahun sesuai inflasi rata-rata 2016–2024 sebesar 2,857% [2], sehingga tarif meningkat secara bertahap setiap tahunnya sesuai penyesuaian inflasi. Di bawah ini disajikan tabel estimasi total pendapatan tarif dari Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin:

TABEL 19 Total Pendapatan Tol Ruas Bukittinggi-Sicincin			
Pendapatan Tol Ruas Bukittinggi - Sicincin (Rp/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB

2024	Rp 225,740,000,331.74	Rp 22,189,917,874.44	Rp 6,000,809,923.28
2025	Rp 236,643,242,347.77	Rp 23,261,690,907.78	Rp 6,290,649,042.57
2026	Rp 255,160,559,733.09	Rp 25,081,916,616.26	Rp 6,782,891,896.10
2027	Rp 267,484,814,768.20	Rp 26,293,373,188.82	Rp 7,110,505,574.68
2028	Rp 288,415,483,067.36	Rp 28,350,827,826.61	Rp 7,666,902,145.27
2029	Rp 302,345,950,899.52	Rp 29,720,172,810.63	Rp 8,037,213,518.89
2030	Rp 326,004,500,695.53	Rp 32,045,774,282.37	Rp 8,666,124,922.18
2031	Rp 341,750,518,079.13	Rp 33,593,585,180.21	Rp 9,084,698,755.92
2032	Rp 368,492,472,538.03	Rp 36,222,280,902.60	Rp 9,795,575,806.72
2033	Rp 386,290,658,961.62	Rp 37,971,817,070.20	Rp 10,268,702,118.19
2034	Rp 416,517,876,371.31	Rp 40,943,109,135.89	Rp 11,072,227,350.40
2035	Rp 436,635,689,800.05	Rp 42,920,661,307.15	Rp 11,607,015,931.42
2036	Rp 470,802,402,399.04	Rp 46,279,200,092.91	Rp 12,515,264,127.17
2037	Rp 493,542,158,434.91	Rp 48,514,485,457.40	Rp 13,119,751,384.51
2038	Rp 532,161,798,278.03	Rp 52,310,740,596.94	Rp 14,146,371,025.09
2039	Rp 557,865,213,134.86	Rp 54,837,349,367.77	Rp 14,829,640,745.60
2040	Rp 601,518,127,569.97	Rp 59,128,368,172.02	Rp 15,990,059,110.70
2041	Rp 630,571,453,131.59	Rp 61,984,268,354.73	Rp 16,762,378,965.74
2042	Rp 679,913,625,829.71	Rp 66,834,533,076.57	Rp 18,074,033,963.21
2043	Rp 712,753,453,957.29	Rp 70,062,641,024.17	Rp 18,947,009,803.63
2044	Rp 768,526,362,549.46	Rp 75,545,037,849.99	Rp 20,429,612,013.42
2045	Rp 805,646,185,860.59	Rp 79,193,863,178.14	Rp 21,416,362,273.67
2046	Rp 868,687,944,314.60	Rp 85,390,777,507.46	Rp 23,092,191,143.86
2047	Rp 910,645,572,024.99	Rp 89,515,152,061.07	Rp 24,207,543,976.10
2048	Rp 981,903,525,201.41	Rp 96,519,706,533.30	Rp 26,101,782,621.91
2049	Rp 1,029,329,465,468.63	Rp 101,181,608,358.86	Rp 27,362,498,722.55
2050	Rp 1,109,874,425,117.82	Rp 109,099,062,231.41	Rp 29,503,612,359.58
2051	Rp 1,163,481,359,851.01	Rp 114,368,546,937.18	Rp 30,928,636,836.55
2052	Rp 1,254,523,695,979.14	Rp 123,317,877,843.59	Rp 33,348,800,534.93
2053	Rp 1,315,117,190,494.93	Rp 129,274,131,343.43	Rp 34,959,547,600.77
2054	Rp 1,418,025,019,908.07	Rp 139,389,823,201.14	Rp 37,695,129,788.32
2055	Rp 1,486,515,628,369.63	Rp 146,122,351,661.76	Rp 39,515,804,557.10
2056	Rp 1,602,835,373,719.98	Rp 157,556,415,596.85	Rp 42,607,913,537.10
2057	Rp 1,680,252,322,270.65	Rp 165,166,390,470.18	Rp 44,665,875,760.94
2058	Rp 1,811,731,950,550.92	Rp 178,090,649,127.99	Rp 48,160,977,457.29
2059	Rp 1,899,238,603,762.53	Rp 186,692,427,480.87	Rp 50,487,152,668.48
2060	Rp 2,047,853,893,459.49	Rp 201,301,097,049.47	Rp 54,437,768,881.17
2061	Rp 2,146,765,236,513.58	Rp 211,023,940,036.96	Rp 57,067,113,118.13
2062	Rp 2,314,749,468,143.97	Rp 227,536,548,784.20	Rp 61,532,610,781.99
2063	Rp 2,426,551,867,455.32	Rp 238,526,564,090.48	Rp 64,504,635,882.76
2064	Rp 2,616,429,383,651.62	Rp 257,191,251,272.22	Rp 69,552,119,189.77

TABEL 20 Total Pendapatan Tol Ruas Sicincin-Bukittinggi			
Pendapatan Tol Ruas Sicincin - Bukittinggi (Rp/tahun)			
Tahun	Gol I	Gol IIA	Gol IIB
2024	Rp 168,877,242,135.00	Rp 21,088,891,415.03	Rp 4,452,213,814.04

2025	Rp 177,034,012,930.12	Rp 22,107,484,870.37	Rp 4,667,255,741.26
2026	Rp 190,886,912,226.55	Rp 23,837,394,036.06	Rp 5,032,468,180.98
2027	Rp 200,106,750,087.10	Rp 24,988,740,168.00	Rp 5,275,536,394.12
2028	Rp 215,765,089,474.05	Rp 26,944,107,361.93	Rp 5,688,346,752.95
2029	Rp 226,186,543,295.64	Rp 28,245,507,747.51	Rp 5,963,093,901.11
2030	Rp 243,885,624,701.66	Rp 30,455,716,779.81	Rp 6,429,705,587.42
2031	Rp 255,665,300,374.75	Rp 31,926,727,900.27	Rp 6,740,260,367.29
2032	Rp 275,671,092,488.16	Rp 34,424,992,155.53	Rp 7,267,685,275.96
2033	Rp 288,986,006,255.34	Rp 36,087,719,276.64	Rp 7,618,714,474.78
2034	Rp 311,599,141,304.79	Rp 38,911,580,819.98	Rp 8,214,878,356.75
2035	Rp 326,649,379,829.81	Rp 40,791,010,173.59	Rp 8,611,656,981.38
2036	Rp 352,209,671,262.68	Rp 43,982,903,905.09	Rp 9,285,518,545.96
2037	Rp 369,221,398,384.67	Rp 46,107,278,163.71	Rp 9,734,009,091.73
2038	Rp 398,112,947,332.00	Rp 49,715,169,498.62	Rp 10,495,694,631.52
2039	Rp 417,341,802,688.13	Rp 52,116,412,185.40	Rp 11,002,636,682.22
2040	Rp 449,998,769,951.89	Rp 56,194,517,842.87	Rp 11,863,592,243.42
2041	Rp 471,733,710,540.57	Rp 58,908,713,054.68	Rp 12,436,603,748.78
2042	Rp 508,646,840,840.74	Rp 63,518,315,786.51	Rp 13,409,767,133.99
2043	Rp 533,214,483,253.35	Rp 66,586,250,439.00	Rp 14,057,458,886.57
2044	Rp 574,938,479,776.13	Rp 71,796,619,941.40	Rp 15,157,454,074.47
2045	Rp 602,708,008,349.31	Rp 75,264,396,684.57	Rp 15,889,559,106.27
2046	Rp 649,869,868,415.79	Rp 81,153,830,531.90	Rp 17,132,916,009.96
2047	Rp 681,258,583,060.28	Rp 85,073,560,546.59	Rp 17,960,435,853.24
2048	Rp 734,567,020,177.90	Rp 91,730,560,789.28	Rp 19,365,838,719.48
2049	Rp 770,046,607,252.49	Rp 96,161,146,875.40	Rp 20,301,208,729.64
2050	Rp 830,302,701,136.78	Rp 103,685,749,983.28	Rp 21,889,776,911.95
2051	Rp 870,406,321,601.69	Rp 108,693,771,707.48	Rp 22,947,053,136.79
2052	Rp 938,515,556,208.99	Rp 117,199,051,843.72	Rp 24,742,658,461.40
2053	Rp 983,845,857,573.88	Rp 122,859,766,047.77	Rp 25,937,728,865.09
2054	Rp 1,060,831,728,043.67	Rp 132,473,534,263.68	Rp 27,967,354,359.08
2055	Rp 1,112,069,900,508.18	Rp 138,872,005,968.62	Rp 29,318,177,574.62
2056	Rp 1,199,089,293,490.12	Rp 149,738,730,853.49	Rp 31,612,322,946.88
2057	Rp 1,257,005,306,365.70	Rp 156,971,111,553.72	Rp 33,139,198,145.21
2058	Rp 1,355,365,884,855.45	Rp 169,254,090,201.79	Rp 35,732,338,113.47
2059	Rp 1,420,830,057,093.97	Rp 177,429,062,758.54	Rp 37,458,210,044.35
2060	Rp 1,532,009,911,024.29	Rp 191,312,874,676.79	Rp 40,389,312,395.71
2061	Rp 1,606,005,989,726.77	Rp 200,553,286,523.67	Rp 42,340,116,184.42
2062	Rp 1,731,675,847,608.47	Rp 216,246,567,355.98	Rp 45,653,227,354.38
2063	Rp 1,815,315,791,047.96	Rp 226,691,276,559.27	Rp 47,858,278,235.60
2064	Rp 1,957,364,126,440.68	Rp 244,429,853,308.33	Rp 51,603,185,205.31

J. Perhitungan Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi menilai manfaat pembangunan jalan tol bagi masyarakat pengguna. Komponen biaya mencakup investasi dan pemeliharaan, sedangkan manfaat diperoleh dari penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan waktu perjalanan, yang secara langsung berdampak pada efisiensi ekonomi pengguna jalan.

Berikut disajikan aliran kas proyek yang digunakan untuk analisis kelayakan ekonomi, yang menjadi dasar perhitungan BCR, NPV, dan EIRR.

TABEL 21
Aliran Kas *Present Value* Analisis Kelayakan Ekonomi

Tahun	Biaya	Manfaat (BOK+Nilai Waktu)	Tahun Ke-	Tingkat Suku Bunga (P/F) 6.00 %	Present Worth Cost	Present Worth Benefit
2024	Rp24,229,401,581,557.00		0		Rp24,229,401,581,557	
2025	Rp168,519,595,768.26	Rp225,443,598,080	1	0.9434	Rp158,980,750,725	Rp212,682,639,698
2026	Rp173,351,052,578.94	Rp241,810,093,968	2	0.8900	Rp154,281,819,668	Rp215,210,122,791
2027	Rp178,321,027,256.37	Rp259,395,711,089	3	0.8396	Rp149,721,773,055	Rp217,793,640,966
2028	Rp183,433,491,107.81	Rp278,292,872,445	4	0.7921	Rp145,296,505,932	Rp220,434,020,788
2029	Rp188,692,529,297.88	Rp298,601,089,525	5	0.7473	Rp141,002,034,677	Rp223,132,104,574
2030	Rp194,102,344,112.85	Rp320,427,510,050	6	0.7050	Rp136,834,493,406	Rp225,888,750,656
2031	Rp199,667,258,318.56	Rp343,887,508,228	7	0.6651	Rp132,790,130,502	Rp228,704,833,633
2032	Rp205,391,718,614.55	Rp369,105,320,861	8	0.6274	Rp128,865,305,230	Rp231,581,244,636
2033	Rp211,280,299,187.23	Rp396,214,732,848	9	0.5919	Rp125,056,484,463	Rp234,518,891,601
2034	Rp217,337,705,364.93	Rp425,359,815,950	10	0.5584	Rp121,360,239,502	Rp237,518,699,536
2035	Rp223,568,777,377.74	Rp456,695,724,950	11	0.5268	Rp117,773,242,990	Rp240,581,610,803
2036	Rp229,978,494,225.16	Rp490,389,555,699	12	0.4970	Rp114,292,265,911	Rp243,708,585,401
2037	Rp236,571,977,654.60	Rp526,621,269,852	13	0.4688	Rp110,914,174,694	Rp246,900,601,249
2038	Rp243,354,496,253.96	Rp565,584,691,499	14	0.4423	Rp107,635,928,379	Rp250,158,654,488
2039	Rp250,331,469,661.56	Rp607,488,581,298	15	0.4173	Rp104,454,575,892	Rp253,483,759,771
2040	Rp257,508,472,896.75	Rp652,557,794,142	16	0.3936	Rp101,367,253,380	Rp256,876,950,572
2041	Rp264,891,240,814.70	Rp701,034,526,882	17	0.3714	Rp98,371,181,637	Rp260,339,279,492
2042	Rp272,485,672,688.86	Rp753,179,663,110	18	0.3503	Rp95,463,663,598	Rp263,871,818,575
2043	Rp280,297,836,924.85	Rp809,274,222,598	19	0.3305	Rp92,642,081,918	Rp267,475,659,630
2044	Rp288,333,975,909.49	Rp869,620,923,521	20	0.3118	Rp89,903,896,610	Rp271,151,914,553
2045	Rp296,600,510,998.81	Rp934,545,866,287	21	0.2942	Rp87,246,642,761	Rp274,901,715,660
2046	Rp305,104,047,649.15	Rp1,004,400,348,438	22	0.2775	Rp84,667,928,310	Rp278,726,216,028
2047	Rp313,851,380,695.25	Rp1,079,562,820,862	23	0.2618	Rp82,165,431,901	Rp282,626,589,832
2048	Rp322,849,499,779.78	Rp1,160,440,966,326	24	0.2470	Rp79,736,900,786	Rp286,604,032,700
2049	Rp332,105,594,938.47	Rp1,247,474,122,220	25	0.2330	Rp77,380,148,803	Rp290,659,762,066
2050	Rp341,627,062,345.35	Rp1,341,135,430,323	26	0.2198	Rp75,093,054,405	Rp294,795,017,533
2051	Rp351,421,510,222.80	Rp1,441,934,777,403	27	0.2074	Rp72,873,558,750	Rp299,011,061,241
2052	Rp361,496,764,920.88	Rp1,550,421,491,540	28	0.1956	Rp70,719,663,848	Rp303,309,178,242
2053	Rp371,860,877,171.16	Rp1,667,187,440,228	29	0.1846	Rp68,629,430,765	Rp307,690,676,879
2054	Rp382,522,128,519.66	Rp1,792,870,337,566	30	0.1741	Rp66,600,977,873	Rp312,156,889,179
2055	Rp393,489,037,944.32	Rp1,928,157,309,196	31	0.1643	Rp64,632,479,159	Rp316,709,171,246
2056	Rp404,770,368,662.18	Rp2,073,788,735,106	32	0.1550	Rp62,722,162,581	Rp321,348,903,658
2057	Rp416,375,135,131.73	Rp2,230,562,391,997	33	0.1462	Rp60,868,308,474	Rp326,077,491,885
2058	Rp428,312,610,255.96	Rp2,399,337,918,582	34	0.1379	Rp59,069,247,998	Rp330,896,366,697
2059	Rp440,592,332,791.99	Rp2,581,041,629,048	35	0.1301	Rp57,323,361,640	Rp335,806,984,593
2060	Rp453,224,114,973.14	Rp2,776,671,701,852	36	0.1227	Rp55,629,077,753	Rp340,810,828,228
2061	Rp466,218,050,349.42	Rp2,987,303,773,163	37	0.1158	Rp53,984,871,144	Rp345,909,406,854
2062	Rp479,584,521,852.94	Rp3,214,096,966,537	38	0.1092	Rp52,389,261,697	Rp351,104,256,764

2063	Rp493,334,210,09 4.46	Rp3,458,300,3 92,911	39	0.103 1	Rp50,840,813,0 47	Rp356,396,941, 749
2064	Rp507,478,101,89 7.87	Rp3,721,260,1 57,623	40	0.097 2	Rp49,338,131,2 81	Rp361,789,053, 557
Total					Rp27,988,320,8 36,705	Rp11,119,344,3 28,006

1. Benefit Cost Ratio (BCR)

Present cost proyek sebesar Rp 27.988.320.836.705 dan present benefit sebesar Rp 11.119.344.328.006 menghasilkan BCR sebesar 0,397. Karena $BCR < 1$, proyek pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin tidak layak secara ekonomi dari sisi BCR.

2. Net Present Value (NPV)

Selisih antara present benefit dan present cost menghasilkan NPV sebesar -Rp 16.868.976.508.699. Nilai negatif ini menandakan proyek tidak layak secara ekonomi dari sisi NPV.

3. Economic Internal Rate of Return (EIRR)

Hasil perhitungan EIRR menunjukkan tingkat pengembalian sebesar 1,537%, lebih rendah dari discount rate 6%. Hal ini menunjukkan proyek tidak layak secara ekonomi dari sisi EIRR.

K. Perhitungan Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial menilai potensi keuntungan proyek dari perspektif investor. Biaya yang diperhitungkan meliputi investasi awal dan pemeliharaan, sedangkan manfaat berasal dari pendapatan tarif tol selama masa operasional.

Berikut disajikan aliran kas proyek yang digunakan untuk analisis kelayakan finansial, yang menjadi dasar perhitungan BCR, NPV, dan FIRR.

TABEL 22
Aliran Kas Present Value Analisis Kelayakan Finansial

Tahun	Biaya	Manfaat (Total Pendapatan Tarif)	Tahun Ke-	Tingkat Suku Bunga (P/F) 6.00 %	Present Worth Cost	Present Worth Benefit
2024	Rp 24,229,401,5 81,557		0		Rp 24,229,401,581, 557	
2025	Rp 168,519,595, 768.26	Rp 448,349,075,49 4	1	0.943 4	Rp 158,980,750,725	Rp 422,970,825,937
2026	Rp 173,351,052, 578.94	Rp 470,004,335,84 0	2	0.890 0	Rp 154,281,819,668	Rp 418,302,185,689
2027	Rp 178,321,027, 256.37	Rp 506,782,142,68 9	3	0.839 6	Rp 149,721,773,055	Rp 425,504,059,298
2028	Rp 183,433,491, 107.81	Rp 531,259,720,18 1	4	0.792 1	Rp 145,296,505,932	Rp 420,807,457,889
2029	Rp 188,692,529, 297.88	Rp 572,830,756,62 8	5	0.747 3	Rp 141,002,034,677	Rp 428,052,464,559
2030	Rp 194,102,344, 112.85	Rp 600,498,482,17 3	6	0.705 0	Rp 136,834,493,406	Rp 423,327,734,526
2031	Rp 199,667,258, 318.56	Rp 647,487,446,96 9	7	0.665 1	Rp 132,790,130,502	Rp 430,616,132,588
2032	Rp 205,391,718, 614.55	Rp 678,761,090,65 8	8	0.627 4	Rp 128,865,305,230	Rp 425,863,105,464
2033	Rp 211,280,299, 187.23	Rp 731,874,099,16 7	9	0.591 9	Rp 125,056,484,463	Rp 433,195,154,794
2034	Rp 217,337,705, 364.93	Rp 767,223,618,15 7	10	0.558 4	Rp 121,360,239,502	Rp 428,413,661,105
2035	Rp 223,568,777, 377.74	Rp 827,258,813,33 9	11	0.526 8	Rp 117,773,242,990	Rp 435,789,623,137
2036	Rp 229,978,494, 225.16	Rp 867,215,414,02 3	12	0.497 0	Rp 114,292,265,911	Rp 430,979,492,391
2037	Rp 236,571,977, 654.60	Rp 935,074,960,33 3	13	0.468 8	Rp 110,914,174,694	Rp 438,399,630,126
2038	Rp 243,354,496, 253.96	Rp 980,239,080,91 7	14	0.442 3	Rp 107,635,928,379	Rp 433,560,690,812
2039	Rp 250,331,469, 661.56	Rp 1,056,942,721,3 62	15	0.417 3	Rp 104,454,575,892	Rp 441,025,268,823

2040	Rp 257,508,472, 896.75	Rp 1,107,993,054,8 04	16	0.393 6	Rp 101,367,253,380	Rp 436,157,348,403
2041	Rp 264,891,240, 814.70	Rp 1,194,693,434,8 91	17	0.371 4	Rp 98,371,181,637	Rp 443,666,632,850
2042	Rp 272,485,672, 688.86	Rp 1,252,397,127,7 96	18	0.350 3	Rp 95,463,663,598	Rp 438,769,557,751
2043	Rp 280,297,836, 924.85	Rp 1,350,397,116,6 31	19	0.330 5	Rp 92,642,081,918	Rp 446,323,816,387
2044	Rp 288,333,975, 909.49	Rp 1,415,621,297,3 64	20	0.311 8	Rp 89,903,896,610	Rp 441,397,411,999
2045	Rp 296,600,510, 998.81	Rp 1,526,393,566,2 05	21	0.294 2	Rp 87,246,642,761	Rp 448,996,914,180
2046	Rp 305,104,047, 649.15	Rp 1,600,118,375,4 53	22	0.277 5	Rp 84,667,928,310	Rp 444,041,004,845
2047	Rp 313,851,380, 695.25	Rp 1,725,327,527,9 24	23	0.261 8	Rp 82,165,431,901	Rp 451,686,021,542
2048	Rp 322,849,499, 779.78	Rp 1,808,660,847,5 22	24	0.247 0	Rp 79,736,900,786	Rp 446,700,430,550
2049	Rp 332,105,594, 938.47	Rp 1,950,188,434,0 43	25	0.233 0	Rp 77,380,148,803	Rp 454,391,234,357
2050	Rp 341,627,062, 345.35	Rp 2,044,382,535,4 08	26	0.219 8	Rp 75,093,054,405	Rp 449,375,783,940
2051	Rp 351,421,510, 222.80	Rp 2,204,355,327,7 41	27	0.207 4	Rp 72,873,558,750	Rp 457,112,649,081
2052	Rp 361,496,764, 920.88	Rp 2,310,825,690,0 71	28	0.195 6	Rp 70,719,663,848	Rp 452,067,160,407
2053	Rp 371,860,877, 171.16	Rp 2,491,647,640,8 72	29	0.184 6	Rp 68,629,430,765	Rp 459,850,362,751
2054	Rp 382,522,128, 519.66	Rp 2,611,994,221,9 26	30	0.174 1	Rp 66,600,977,873	Rp 454,774,655,917
2055	Rp 393,489,037, 944.32	Rp 2,816,382,589,5 64	31	0.164 3	Rp 64,632,479,159	Rp 462,604,472,984
2056	Rp 404,770,368, 662.18	Rp 2,952,413,868,6 40	32	0.155 0	Rp 62,722,162,581	Rp 457,498,367,009
2057	Rp 416,375,135, 131.73	Rp 3,183,440,050,1 44	33	0.146 2	Rp 60,868,308,474	Rp 465,375,077,981
2058	Rp 428,312,610, 255.96	Rp 3,337,200,204,5 66	34	0.137 9	Rp 59,069,247,998	Rp 460,238,390,800
2059	Rp 440,592,332, 791.99	Rp 3,598,335,890,3 07	35	0.130 1	Rp 57,323,361,640	Rp 468,162,276,531
2060	Rp 453,224,114, 973.14	Rp 3,772,135,513,8 09	36	0.122 7	Rp 55,629,077,753	Rp 462,994,824,989
2061	Rp 466,218,050, 349.42	Rp 4,067,304,857,4 87	37	0.115 8	Rp 53,984,871,144	Rp 470,966,168,016
2062	Rp 479,584,521, 852.94	Rp 4,263,755,682,1 04	38	0.109 2	Rp 52,389,261,697	Rp 465,767,767,860
2063	Rp 493,334,210, 094.46	Rp 4,597,394,270,0 29	39	0.103 1	Rp 50,840,813,047	Rp 473,786,852,412
2064	Rp 507,478,101, 897.87	Rp 4,819,448,413,2 71	40	0.097 2	Rp 49,338,131,281	Rp 468,557,318,287
Total					Rp 27,988, 320,836 ,705	Rp 17,818, 069,988 ,969

1. Benefit Cost Ratio (BCR)

Berdasarkan aliran kas proyek, present cost sebesar Rp 27.988.320.836.705 dan present benefit sebesar Rp 17.818.069.988.969 menghasilkan BCR sebesar 0,636. Karena $BCR < 1$, proyek pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin tidak layak secara finansial dari sisi BCR.

2. Net Present Value (NPV)

Selisih antara present benefit dan present cost menghasilkan NPV sebesar -Rp 10.170.250.847.735. Nilai negatif ini menandakan proyek tidak layak secara finansial dari sisi NPV.

3. Financial Internal Rate of Return (FIRR)

Hasil perhitungan FIRR menunjukkan tingkat pengembalian sebesar 3,61%, lebih rendah dari discount rate 6%. Hal ini menunjukkan proyek tidak layak secara finansial dari sisi FIRR.

L. Verifikasi

Sebagai bagian dari evaluasi kelayakan proyek, dilakukan verifikasi terhadap semua parameter perhitungan ekonomi dan finansial pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin. Analisis ini mencakup biaya investasi, umur proyek, manfaat ekonomi berupa penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan nilai waktu perjalanan, serta manfaat finansial berupa pendapatan dari tarif tol. Seluruh nilai dihitung berdasarkan data aktual dari PT Utama Karya (Persero), pedoman PUPR, dan data inflasi Badan Pusat Statistik (BPS). Tingkat diskonto yang digunakan mengacu pada suku bunga acuan Bank Indonesia tahun 2024 sebesar 6,00%..

TABEL 23
Verifikasi Hasil

No	Spesifikasi	Parameter	Hasil Rancangan / Perhitungan	Verifikasi Hasil
1	Biaya Investasi	Biaya investasi diperoleh dari data PT Utama Karya (Persero) tahun 2027, terdiri dari biaya konstruksi serta biaya non-konstruksi dan finansial, disesuaikan ke nilai tahun dasar 2024 menggunakan inflasi rata-rata 2,857% per tahun	Total biaya investasi tahun 2024: Rp 24.229.401.581.557	Terverifikasi
2	Umur Proyek	Penetapan periode analisis mengacu pada pedoman PUPR dan masa konsesi jalan tol di Indonesia	Periode analisis proyek: 40 tahun	Terverifikasi
3	Manfaat Ekonomi	Menghitung BOK (bahan bakar, pelumas, ban, pemeliharaan) dan nilai waktu perjalanan (waktu × nilai waktu × volume)	Total manfaat ekonomi: Rp 11.119.344.328.006	Terverifikasi
4	Manfaat Finansial	Pendapatan tol dihitung dari tarif per km × volume kendaraan × akumulasi selama umur proyek	Total pendapatan tol tahunan: Rp 18.294.694.419.264	Terverifikasi
5	Suku Bunga / Tingkat Diskonto	Mengacu pada suku bunga acuan BI tahun 2024 untuk perhitungan Present Value	Diskonto: 6,00%	Terverifikasi
6	BCR (Aspek Ekonomi)	Perbandingan PV Benefit dan PV Cost, layak jika BCR > 1	BCR: 0,397 (<1) → proyek tidak layak	Terverifikasi
7	NPV (Aspek Ekonomi)	Selisih PV Benefit – PV Cost	NPV: -Rp 16.868.976.508.699 → proyek tidak layak	Terverifikasi
8	IRR (Aspek Ekonomi)	Tingkat pengembalian dibanding MARR 6%	IRR: 1,537% → proyek tidak layak	Terverifikasi
9	BCR (Aspek Finansial)	Perbandingan PV Benefit dan PV Cost, layak jika BCR > 1	BCR: 0,636 (<1) → proyek tidak layak	Terverifikasi
10	NPV (Aspek Finansial)	Selisih PV Benefit – PV Cost	NPV: -Rp 10.170.250.847.735 → proyek tidak layak	Terverifikasi
11	IRR (Aspek Finansial)	Tingkat pengembalian dibanding MARR 6%	IRR: 3,61% → proyek tidak layak	Terverifikasi

M. Validasi

Sebagai tahap terakhir, seluruh data dan metode yang digunakan dalam penelitian divalidasi untuk memastikan keandalan dan kesesuaian dengan standar acuan. Validasi mencakup ketersediaan data primer dan sekunder serta metode perhitungan yang diterapkan dalam analisis kelayakan proyek. Hasil validasi ini menunjukkan bahwa seluruh parameter dan metode telah terverifikasi dan siap digunakan sebagai dasar kesimpulan penelitian.

TABEL 24
Validasi Hasil

Kategori Validasi	Target Validasi	Pemenuhan Validasi	Subjek Validasi
Stakeholder Requirement	Ketersediaan data LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata)	Tervalidasi	Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat
	Ketersediaan data PDRB dan tingkat inflasi	Tervalidasi	Badan Pusat Statistik
	Ketersediaan data discount rate	Tervalidasi	BI (Bank Indonesia)
	Ketersediaan data biaya investasi proyek	Tervalidasi	PT. Utama Karya

Standar Acuan	Ketersediaan data biaya operasi & pemeliharaan	Tervalidasi	Laporan Studi Kelayakan HGH Pekanbaru–Padang
	Ketersediaan data tarif tol dasar	Tervalidasi	PT. Utama Karya
	Metode proyeksi lalu lintas (<i>demand forecasting</i>)	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode pemodelan lalu lintas <i>With Project</i> dan <i>Without Project</i>	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode perhitungan BOK (biaya operasi kendaraan)	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode perhitungan nilai waktu	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode manfaat finansial berdasarkan pendapatan tarif tol	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode analisis kelayakan ekonomi: NPV, BCR, IRR	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)
	Metode analisis kelayakan finansial: NPV, BCR, IRR	Tervalidasi	Peneliti terdahulu (Rahadatul Primadia,2023)

V. KESIMPULAN

Kondisi lalu lintas pada ruas eksisting Bukittinggi–Sicincin menunjukkan volume tinggi, dengan dominasi kendaraan Golongan I (>85%), sehingga kapasitas jalan terbatas dan keandalan waktu tempuh rendah, berisiko menimbulkan kemacetan dan kecelakaan.

Pembangunan Jalan Tol Bukittinggi–Sicincin diperkirakan meningkatkan efisiensi perjalanan, dengan penghematan biaya operasional kendaraan sebesar Rp 267,833,476,065.59 dan penghematan nilai waktu perjalanan Rp 3,453,426,681,557.26 pada akhir umur proyek. Jalan tol juga berpotensi menghasilkan pendapatan tahunan mencapai Rp 3,721,260,157,623 pada tahun terakhir, didorong oleh pertumbuhan volume lalu lintas dan kenyamanan perjalanan.

Meski demikian, analisis kelayakan menunjukkan proyek belum layak secara ekonomi maupun finansial pada kondisi dasar, dengan BCR ekonomi 0.397, BCR finansial 0.636, dan NPV negatif pada kedua aspek. Analisis sensitivitas mengindikasikan proyek dapat menjadi layak jika terjadi pengurangan biaya investasi atau peningkatan manfaat, sehingga pelaksanaannya tetap relevan melalui skema penugasan pemerintah kepada BUMN sebagai infrastruktur strategis nasional..

REFERENSI

[1] Direktorat Jenderal Bina Marga. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2023.

[2] Japan International Cooperation Agency (JICA). *Traffic Demand Forecasting Manual*. Tokyo: JICA, n.d.

[3] H. Khisty and B. K. Lall. *Transportation Engineering: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

[4] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Metode Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan*. Bandung: Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri Institut Teknologi Bandung (LAPI ITB) bekerja sama dengan Pacific Consultants International Inc. (PCI) dan PT Jasa Marga, 1996.

[5] H. Khisty and B. K. Lall. *Transportation Engineering: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

- [6] A. E. Boardman, D. H. Greenberg, A. R. Vining, and D. L. Weimer, *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
- [7] W. G. Sullivan, E. M. Wicks, and C. P. Koelling, *Engineering Economy*. New York: Pearson, 2020.
- [8] H. Khisty and B. K. Lall, *Transportation Engineering: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- [9] G. D. Park, *Engineering Economics*. Boston: Pearson Education, 2023.
- [10] Helmmie, A. & Joewono, T., *Transportation Economics and Travel Behavior*, Bandung: ITB Press, 2022.
- [11] Badan Pusat Statistik Indonesia, *Data Inflasi 2016–2024*, Jakarta: BPS, 2025.

