



## Analisis Kelayakan Sosial Ekonomi Program *Smart Road Safety Policing* di Kota Surakarta Menggunakan Pendekatan *Cost Benefit Analysis* dan *Cost-Effectiveness Analysis*

Luluk Nurhayati<sup>1</sup>, Irma Sari Permata<sup>2</sup>, Nana Nawasiah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia, [luluknur5124025@univpancasila.ac.id](mailto:luluknur5124025@univpancasila.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia, [sari.permata11@univpancasila.ac.id](mailto:sari.permata11@univpancasila.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia, [nananawasiah@univpancasila.ac.id](mailto:nananawasiah@univpancasila.ac.id)

Corresponding Author: [luluknur5124025@univpancasila.ac.id](mailto:luluknur5124025@univpancasila.ac.id)<sup>1</sup>

**Abstract:** Road traffic accidents remain one of the most serious public health and development problems in Indonesia, including in Surakarta City, where fatalities and material losses stay substantial despite a decline in accident cases. In response, the Indonesian National Police Traffic Corps (Korlantas Polri) and Polresta Surakarta implemented the Smart Road Safety Policing program, integrating AI-based CCTV analytics, Automatic Number Plate Recognition (ANPR), Electronic Traffic Law Enforcement (ETLE), and an integrated command center. Prior studies have examined the program's effect on road safety outcomes, but a comprehensive socio-economic feasibility analysis remains absent, constituting the research gap this study addresses. This study aims to evaluate the program's safety performance, socio-economic feasibility, and cost-effectiveness using secondary time-series data (2018-2025), the Road Safety Index (RSI), Cost-Benefit Analysis (CBA), and Cost-Effectiveness Analysis (CEA). Results show fatalities declining from an average of 58.67 deaths per year (pre-program) to 47 in 2024 (-19.9%), with RSI reaching 4.25. CBA yielded a positive Net Present Value of IDR 50,278,060,863, a Benefit-Cost Ratio of 1.63, and an Economic Rate of Return of 37.5%. CEA using the WHO-CHOICE framework indicated a cost per DALY averted of IDR 3,300,000-19,813,000, well below Indonesia's GDP per capita. This study's novelty lies in integrating RSI, CBA, and CEA within a single evaluation framework, showing that the program is safe, feasible, and highly cost-effective.

**Keywords:** Smart Road Safety Policing, Cost-Benefit Analysis, Cost-Effectiveness Analysis, Road Safety Index, Public Investment Appraisal

**Abstrak:** Kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat dan pembangunan paling serius di Indonesia, termasuk di Kota Surakarta, yang tetap mencatatkan fatalitas dan kerugian material signifikan meskipun jumlah kasus kecelakaan menurun. Sebagai respons, Korlantas Polri bersama Polresta Surakarta mengimplementasikan Program *Smart Road Safety Policing* yang mengintegrasikan CCTV analitik berbasis *Artificial Intelligence*, *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR), *Electronic Traffic Law Enforcement* (ETLE), dan *command centre* terintegrasi. Penelitian terdahulu telah mengevaluasi perubahan *outcome* keselamatan lalu lintas pascaprogram, namun analisis kelayakan sosial-ekonomi yang komprehensif masih belum tersedia, sehingga menjadi research gap yang diisi oleh penelitian

ini. Penelitian ini bertujuan menilai kinerja keselamatan, kelayakan sosial-ekonomi, dan efektivitas biaya program menggunakan data sekunder deret waktu (2018-2025), *Road Safety Index* (RSI), *Cost-Benefit Analysis* (CBA), dan *Cost-Effectiveness Analysis* (CEA). Hasil menunjukkan penurunan fatalitas dari rata-rata 58,67 jiwa per tahun (pra-program) menjadi 47 jiwa pada 2024 (turun 19,9%), dengan RSI mencapai 4,25. Hasil CBA menghasilkan *Net Present Value* positif sebesar Rp50.278.060.863, *Benefit-Cost Ratio* sebesar 1,63, dan *Economic Rate of Return* sebesar 37,5%. Hasil CEA berbasis kerangka WHO-CHOICE menunjukkan biaya per DALY yang dicegah berkisar Rp3.300.000-Rp19.813.000, jauh di bawah PDB per kapita Indonesia. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian RSI, CBA, dan CEA dalam satu kerangka evaluasi yang menunjukkan bahwa program ini aman, layak, dan sangat *cost-effective*.

**Kata Kunci:** *Smart Road Safety Policing, Cost-Benefit Analysis, Cost-Effectiveness Analysis, Road Safety Index, Evaluasi Investasi Publik*

## PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat dan pembangunan yang paling serius di tingkat global. World Health Organization (2023) melaporkan bahwa setiap tahun sekitar 1,19 juta orang meninggal dunia akibat kecelakaan lalu lintas, sementara 20 hingga 50 juta orang lainnya mengalami cedera non-fatal yang banyak berujung pada disabilitas permanen. Kecelakaan lalu lintas menempati peringkat ke-12 penyebab kematian secara global dan menjadi penyebab kematian utama bagi anak-anak dan dewasa muda usia 5-29 tahun, dengan kerugian ekonomi diperkirakan menyerap sekitar 3% Produk Domestik Bruto di sebagian besar negara (World Health Organization, 2023).

Di Indonesia, jumlah kecelakaan lalu lintas selama tahun 2025 mencapai 155.973 kasus dengan 235.394 korban, di antaranya 14.103 orang meninggal dunia dan kerugian material sebesar Rp306.212.293.000 (Pusiknas Polri, 2025). Di Kota Surakarta sebagai lokus penelitian, Badan Pusat Statistik (2025) mencatat 1.090 kasus kecelakaan pada tahun 2024 dengan 42 korban meninggal dunia, menurun dari 1.272 kasus dan 59 korban meninggal pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Meskipun jumlah kasus menunjukkan tren membaik, kerugian material tertinggi pada rentang 2019-2024 tetap terjadi pada tahun 2024 sebesar Rp795.050.000, dengan total kerugian periode tersebut mencapai Rp2.965.100.000 (Badan Pusat Statistik, 2025).

Keselamatan lalu lintas merupakan urat nadi kehidupan karena hampir seluruh aktivitas masyarakat bergantung pada mobilitas jalan (Dwilaksana, 2020). Untuk mendukung tujuan tersebut, Kepolisian Republik Indonesia menjalankan *road safety policing*, yaitu upaya mewujudkan lalu lintas yang aman, tertib, selamat, dan lancar (Istiono et al., 2020). Guna meningkatkan efektivitasnya, Polri mengembangkan konsep *IT for Road Safety* yang memanfaatkan teknologi informasi untuk mempermudah identifikasi akar masalah kecelakaan (Istiono et al., 2020). Pemanfaatan teknologi ini konsisten dengan temuan *systematic review* Angioi et al. (2023) terhadap 31 penelitian *smart on-road technologies* (SRT) yang menunjukkan kecenderungan penurunan angka kecelakaan setelah adopsi teknologi tersebut.

Sebagai implementasi konsep tersebut, Korlantas Polri bersama Polresta Surakarta mengembangkan Program *Smart Road Safety Policing* dalam kerangka *Smart City* Surakarta. Program ini mengintegrasikan tiga pilar, yaitu *Back Office* (sistem analitik dan pengolahan data), *Application* (platform berbasis kecerdasan buatan seperti *CCTV Analytic, Automatic Number Plate Recognition/ANPR*, dan *Electronic Traffic Law Enforcement/ETLE*), serta *Network* (infrastruktur konektivitas dan *command centre* terintegrasi), dengan tujuan meningkatkan probabilitas deteksi pelanggaran, mempercepat respons insiden, serta mendorong perubahan perilaku pengguna jalan melalui *evidence-based policing* (Kristiono, 2025; Istiono et al., 2020). Kristiono (2025) menunjukkan adanya perubahan *outcome*

keselamatan lalu lintas pascaimplementasi program ini di Kota Surakarta. Meskipun demikian, penelitian tersebut dan penelitian sejenis masih berfokus pada perubahan kinerja keselamatan dan belum menilai kelayakan sosial-ekonomi dari investasi program, sehingga menyisakan kesenjangan studi mengenai apakah manfaat ekonomi yang dihasilkan sebanding dengan biaya investasinya (*value for money*).

Untuk mengisi kesenjangan tersebut, penelitian ini menilai kelayakan sosial-ekonomi Program *Smart Road Safety Policing* menggunakan *Cost Benefit Analysis* (CBA) melalui indikator *Net Present Value* (NPV), *Benefit-Cost Ratio* (BCR), dan *Economic Rate of Return* (ERR). Ketiga indikator ini dipilih karena NPV secara langsung mengukur manfaat sosial bersih sesuai prinsip efisiensi ekonomi kesejahteraan, BCR membantu pemeringkatan efisiensi relatif program pada konteks anggaran pemerintah yang terbatas, dan ERR menunjukkan tingkat pengembalian ekonomi yang dapat dibandingkan langsung dengan *social discount rate* (Boardman et al., 2018). Sebagai pelengkap, penelitian ini juga menghitung *Road Safety Index* (RSI) sesuai Keputusan Kapolri Nomor KEP/1910/IX/2020 untuk mengukur perubahan *outcome* keselamatan secara objektif, serta *Cost-Effectiveness Analysis* (CEA) berbasis kerangka WHO-CHOICE untuk menilai efisiensi biaya program dari perspektif kesehatan masyarakat.

Kota Surakarta dipilih sebagai lokasi penelitian karena berfungsi sebagai pusat perdagangan dan jasa kawasan Solo Raya dengan struktur ekonomi yang didominasi sektor tersier (Badan Pusat Statistik, 2023), sekaligus menjadi simpul transportasi regional yang menghubungkan Karanganyar, Sukoharjo, Boyolali, Sragen, dan Klaten. Kondisi ini menempatkan Surakarta sebagai kota menengah dengan tingkat paparan risiko lalu lintas yang cukup tinggi namun masih terkendali. Koridor jalan kota, seperti Gatot Subroto-Ngarsopuro, juga berfungsi sebagai ruang publik, ekonomi, dan budaya sekaligus dengan tingkat kesesuaian kawasan wisata perkotaan yang sangat tinggi (86,66%) (Zakiya et al., 2025), sehingga intensitas interaksi pada ruang jalan meningkatkan potensi konflik lalu lintas berbasis perilaku.

Kekhasan penelitian ini terletak pada pengintegrasian tiga instrumen evaluasi, yaitu RSI, CBA (NPV, BCR, ERR), dan CEA berbasis WHO-CHOICE, dalam satu kerangka analisis yang komprehensif terhadap Program *Smart Road Safety Policing*. Pendekatan ini juga mengombinasikan beberapa metode valuasi manfaat ekonomi secara bersamaan, yaitu *avoided accident cost*, *human capital approach*, dan *economic cash flow*, sehingga memungkinkan analisis yang lebih holistik terhadap manfaat *non-market* seperti pengurangan kematian dan hilangnya produktivitas masyarakat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab tiga pertanyaan berikut: 1) Bagaimana implementasi Program *Smart Road Safety Policing* memengaruhi kinerja keselamatan lalu lintas di Kota Surakarta?; 2) Apakah investasi Program *Smart Road Safety Policing* layak secara sosial-ekonomi?; 3) Apakah penerapan Program *Smart Road Safety Policing* efektif dari perspektif *cost-effectiveness*?

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan paradigma evaluasi investasi publik (*economic appraisal research*). Berbeda dengan penelitian inferensial yang menguji hubungan sebab-akibat antarvariabel, penelitian ini menilai kelayakan ekonomi suatu kebijakan pemerintah melalui perbandingan sistematis antara biaya investasi dengan manfaat sosial-ekonomi yang dihasilkan, sehingga pembuktiannya berupa *decision rule test* dan bukan uji signifikansi statistik (Boardman et al., 2018). Desain penelitian bersifat non-eksperimental deskriptif-evaluatif dengan data riil (*archival data*) yang mengikuti logika ekonomi proyek: Program *Smart Road Safety Policing* diposisikan sebagai objek investasi publik yang memicu perubahan kinerja keselamatan jalan; perubahan tersebut dimonetisasi menjadi manfaat ekonomi; dan manfaat yang telah dimonetisasi dibandingkan dengan biaya investasi menggunakan metode diskonto untuk memperoleh indikator kelayakan investasi.

Penelitian dilaksanakan di Kota Surakarta, dengan fokus pada implementasi Program *Smart Road Safety Policing* di Kecamatan Banjarsari, Jebres, Laweyan, Pasar Kliwon, dan Serengan, di bawah koordinasi Polresta Surakarta. Penelitian ini tidak menggunakan populasi responden manusia karena tidak melakukan survei individu, melainkan menggunakan data sekunder deret waktu (*time series*) periode 2018-2025 yang mencakup data kecelakaan, fatalitas, kerugian material, kendaraan, penduduk, dan investasi program. Data diperoleh melalui teknik dokumentasi dan studi arsip (*archival research*) dari Polresta Surakarta, *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) Korlantas Polri, serta publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS).

Komponen penelitian dioperasionalkan ke dalam lima pilar, yaitu komponen investasi (*Capital Expenditure/CAPEX* dan *Operational Expenditure/OPEX*), komponen perubahan keselamatan jalan (RSI), komponen manfaat ekonomi (*avoided accident cost*, *human capital approach*, dan *economic cash flow*), komponen kelayakan investasi (NPV, BCR, ERR), serta komponen efektivitas (*Cost-Effectiveness Analysis/CEA*). RSI dihitung melalui agregasi dua indeks, yaitu Indeks Fatalitas Populasi (IFP = jumlah kematian  $\times$  100.000 / populasi) dan Indeks Fatalitas Kendaraan (IFK = jumlah kematian  $\times$  10.000 / jumlah kendaraan), yang masing-masing dikonversi ke skala indeks Kamtibmas Polri 1-5 kemudian dirata-ratakan (RSI = (IFP<sub>indeks</sub> + IFK<sub>indeks</sub>) / 2) (Kepolisian Negara Republik Indonesia, 2020).

Manfaat ekonomi dihitung dengan mengonversi selisih kondisi *baseline* dan *observed* menjadi nilai moneter melalui *human capital approach*, yaitu  $UC = Y \times [1 - (1+r)^{-T}] / r$ , dengan Y adalah PDRB per kapita dan T adalah sisa usia produktif (Naznin et al., 2023; Wijnen et al., 2009). Seluruh arus manfaat dan biaya kemudian didiskontokan ke nilai kini menggunakan  $PV = \Sigma FV / (1+r)^t$ , untuk selanjutnya dihitung  $NPV = PWB - PWC$  dan  $BCR = PWB / PWC$ , sedangkan ERR dicari sebagai tingkat diskonto  $r^*$  yang menyamakan nilai kini manfaat bersih dengan nol,  $\Sigma (B_t - C_t) / (1+r^*)^t = 0$  (Boardman et al., 2018). Analisis *Cost-Effectiveness* dihitung dengan  $CER = Cost / DALY$ , dengan *Disability Adjusted Life Years* (DALY) didekati melalui *Years of Life Lost* (YLL = jumlah korban meninggal  $\times$  sisa harapan hidup) (World Health Organization, 2021).

Keputusan investasi dinyatakan layak secara ekonomi apabila  $NPV > 0$ ,  $BCR > 1$ , dan ERR lebih tinggi daripada *social discount rate* sebesar 6% yang digunakan dalam penelitian ini (Boardman et al., 2018). Horizon analisis ditetapkan selama 10 tahun (2021-2030) sesuai umur teknis peralatan teknologi, dengan tahun dasar 2021 sebagai titik acuan netral pendekatan *before-after*. Seluruh tahapan komputasi arus kas diskonto dilakukan menggunakan Microsoft Excel. Kerangka penelitian yang menghubungkan kelima komponen tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Biaya Program

Biaya investasi Program *Smart Road Safety Policing* terdiri atas *Capital Expenditure* (CAPEX) pada tahun 2021 dan 2023 sebesar Rp40.529.000.000, yang meliputi renovasi gedung dan fasilitas TMC, sistem dan aplikasi *road safety policing*, infrastruktur pendukung, *hardware* (kamera penindakan, *mobile dashcam*, *body worn camera*, *server*), serta jaringan komunikasi. *Operational Expenditure* (OPEX) berjalan sejak tahun 2023 dengan nilai relatif stabil pada kisaran Rp6,9-7,0 miliar per tahun untuk pemeliharaan *hardware* dan lisensi *platform/sistem/aplikasi*. Secara keseluruhan, total biaya yang dikeluarkan untuk program ini pada periode 2021-2025 mencapai Rp61.406.000.000, sebagaimana dirinci pada Tabel 1.

**Tabel 1. Struktur Biaya Program Smart Road Safety Policing 2021-2025**

| Tahun         | CAPEX (Rp)            | OPEX (Rp)             | Total Biaya (Rp)      |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2021          | 30.589.000.000        | 0                     | 30.589.000.000        |
| 2022          | 0                     | 0                     | 0                     |
| 2023          | 9.940.000.000         | 6.893.000.000         | 16.833.000.000        |
| 2024          | 0                     | 6.997.000.000         | 6.997.000.000         |
| 2025          | 0                     | 6.987.000.000         | 6.987.000.000         |
| <b>Jumlah</b> | <b>40.529.000.000</b> | <b>20.877.000.000</b> | <b>61.406.000.000</b> |

Sumber: Kepolisian RI (2021, 2023, 2024, 2025), diolah

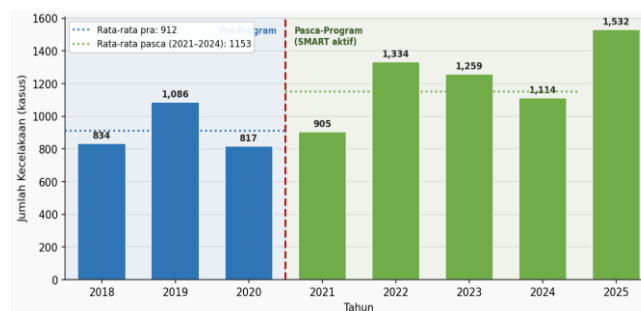
### Road Safety Index

*Road Safety Index* (RSI) dihitung dari data fatalitas, kecelakaan, populasi, dan kendaraan Kota Surakarta tahun 2018-2025 yang bersumber dari BPS (2018-2025) dan IRSMS (2022-2025). Perbandingan kondisi sebelum (2018-2020) dan sesudah (2023-2024) implementasi program disajikan pada Tabel 2.

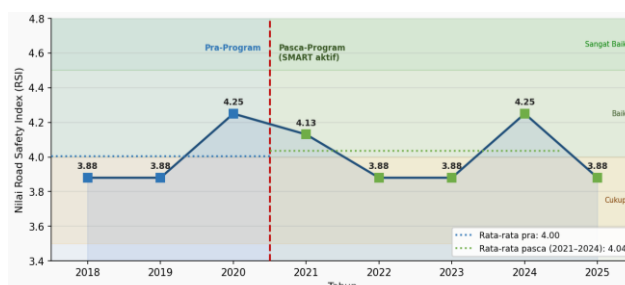
**Tabel 2. Perubahan Kinerja Keselamatan Lalu Lintas Sebelum dan Sesudah Program**

| Indikator                     | 2018  | 2019  | 2020  | 2023  | 2024  |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Jumlah kecelakaan (kasus)     | 834   | 1.086 | 817   | 1.259 | 1.114 |
| Korban meninggal dunia (jiwa) | 61    | 65    | 50    | 60    | 47    |
| IFP (per 100.000 penduduk)    | 11,78 | 12,51 | 9,57  | 11,39 | 8,90  |
| IFK (per 10.000 kendaraan)    | 1,154 | 1,178 | 0,890 | 0,951 | 0,723 |
| Road Safety Index (RSI)       | 3,88  | 3,88  | 4,25  | 3,88  | 4,25  |

Sumber: BPS (2018-2025), IRSMS (2022-2025), hasil pengolahan data



**Gambar 2. Tren Jumlah Kecelakaan Lalu Lintas Sebelum dan Sesudah Implementasi Program**



**Gambar 3. Tren Road Safety Index Sebelum dan Sesudah Implementasi Program**



Rata-rata fatalitas pada periode pra-program (2018-2020) berada di angka 58,67 jiwa per tahun, menurun menjadi 47 jiwa pada tahun 2024 atau turun 19,9%. Nilai RSI meningkat dari rata-rata 4,00 (2018-2020) menjadi 4,05 (2021-2024), dengan capaian tertinggi 4,25 pada tahun 2024 sebagai nilai terbaik sejak program diluncurkan. Nilai IFP (8,90) dan IFK (0,723) pada tahun 2024 juga merupakan yang terendah sepanjang periode pengamatan. Pola ini konsisten dengan mekanisme *deterrence effect* dari sistem *automated enforcement* berbasis ETLE dan ANPR, di mana peningkatan probabilitas deteksi pelanggaran mendorong perubahan perilaku pengguna jalan (Walden, 2011; Gao et al., 2025), serta sejalan dengan *time-lag effect* yang baru terlihat stabil 12-24 bulan setelah implementasi (Bian et al., 2021; Hallmark et al., 2008). Dengan demikian, jawaban atas rumusan masalah pertama adalah terdapat perubahan *outcome* keselamatan lalu lintas yang positif setelah implementasi Program *Smart Road Safety Policing* di Kota Surakarta.

### Manfaat Ekonomi

Manfaat ekonomi dihitung melalui tiga pendekatan. Pertama, *avoided accident cost* menunjukkan penurunan fatalitas sebesar 11,67 jiwa (selisih rata-rata 58,67 pada 2018-2020 dengan 47 pada 2024). Kedua, *human capital approach* mengonversi penurunan fatalitas tersebut menjadi nilai ekonomi menggunakan PDRB per kapita Rp122.529.505 (tahun dasar 2021), tingkat diskonto sosial 6%, dan sisa usia produktif 24 tahun, menghasilkan *unit cost* sebesar Rp1.537.789.095 per fatalitas, *benefit direct* sebesar Rp17.940.872.780, *benefit indirect* (7% dari manfaat langsung) sebesar Rp1.255.861.095, sehingga *benefit total* mencapai Rp19.196.733.875 (Naznin et al., 2023; Wijnen et al., 2009; Byaruhanga & Evdorides, 2024). Ketiga, *economic cash flow* yang membandingkan manfaat tersebut dengan biaya CAPEX dan OPEX tahunan menunjukkan nilai bersih yang positif sejak tahun 2022, kecuali pada tahun awal investasi (2021) yang masih menanggung beban CAPEX penuh.

### Hasil Cost Benefit Analysis

Dengan *horizon* analisis 10 tahun (2021-2030) dan *social discount rate* 6%, nilai kini manfaat (*Present Worth Benefit*) sebesar Rp130.570.276.492 dan nilai kini biaya (*Present Worth Cost*) sebesar Rp80.292.215.629 menghasilkan tiga indikator kelayakan investasi sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Cost Benefit Analysis

| Indikator                     | Nilai             | Kriteria Kelayakan / Kesimpulan |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Net Present Value (NPV)       | Rp 50.278.060.863 | NPV > 0 → Layak                 |
| Benefit-Cost Ratio (BCR)      | 1,63              | BCR > 1 → Layak                 |
| Economic Rate of Return (ERR) | 37,5%             | ERR > SDR (6%) → Layak          |

Sumber: Hasil pengolahan data (Boardman et al., 2018)

Ketiga indikator tersebut melampaui ambang batas kelayakan yang direkomendasikan Boardman et al. (2018) dan Kumphong (2025), sehingga menjawab rumusan masalah kedua bahwa investasi Program *Smart Road Safety Policing* di Kota Surakarta layak secara sosial-ekonomi karena manfaat sosial bersih yang dihasilkan lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan.

### Hasil Cost-Effectiveness Analysis

Analisis *cost-effectiveness* mengacu pada kerangka WHO-CHOICE dengan manfaat kesehatan diukur melalui *Years of Life Lost* (YLL) sebagai proksi DALY, dihitung dari jumlah korban meninggal dikalikan sisa harapan hidup (harapan hidup 76,1 tahun dikurangi rata-rata usia korban). Hasil rasio biaya per DALY yang dicegah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Cost-Effectiveness

| Tahun | Total Biaya (Rp) | DALY (YLL) | Biaya per DALY (Rp) |
|-------|------------------|------------|---------------------|
| 2021  | 30.589.000.000   | 1.543,88   | 19.813.000          |
| 2022  | 0                | 1.911,32   | 0                   |
| 2023  | 16.833.000.000   | 1.724,40   | 9.760.000           |
| 2024  | 6.997.000.000    | 1.155,73   | 6.050.000           |
| 2025  | 6.987.000.000    | 2.115,19   | 3.300.000           |

Sumber: BPS dan IRSMS (2021-2025), hasil pengolahan data

Nilai biaya per DALY yang dicegah berkisar Rp3.300.000 hingga Rp19.813.000, seluruhnya jauh di bawah satu kali PDB per kapita Indonesia yang berada pada kisaran Rp75.000.000 (World Bank, 2023). Merujuk kriteria WHO-CHOICE, suatu intervensi dikategorikan *sangat cost-effective* apabila biaya per DALY lebih kecil dari  $1 \times$  PDB per kapita (Hutubessy et al., 2003). Dengan demikian, jawaban atas rumusan masalah ketiga adalah Program *Smart Road Safety Policing* di Kota Surakarta terbukti sangat efektif dari perspektif *cost-effectiveness* (Stevenson et al., 2018; World Health Organization, 2021).

## Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Program *Smart Road Safety Policing* memberikan dampak positif terhadap *outcome* keselamatan lalu lintas, layak secara sosial-ekonomi, dan sangat efektif dari sisi biaya kesehatan. Integrasi teknologi berbasis *Artificial Intelligence* seperti *CCTV Analytic*, ANPR, dan ETLE terbukti meningkatkan *perceived enforcement* di kalangan pengguna jalan sehingga menciptakan efek deterensi (Bian et al., 2021; Gao et al., 2025). Hal ini juga tercermin dari penurunan jumlah pelanggaran lalu lintas terekam sebesar 42,69% pada tahun 2025 dibandingkan tahun sebelumnya, yang menandakan perbaikan budaya tertib berlalu lintas masyarakat Surakarta. Temuan ini memperkuat konsep *evidence-based policing* (Lum & Koper, 2017) bahwa pengawasan berbasis data dan teknologi mampu menghasilkan perubahan perilaku yang berkelanjutan, serta konsisten dengan *systematic review* Angioi et al. (2023) dan Daniels et al. (2019) mengenai efektivitas teknologi *smart road safety* dalam menurunkan kecelakaan dan fatalitas.

Nilai BCR sebesar 1,63 pada penelitian ini tergolong moderat dibandingkan implementasi di negara maju dengan skala kota metropolitan dan biaya teknologi yang berbeda, namun nilai ERR sebesar 37,5% tetap menunjukkan tingkat pengembalian ekonomi yang sangat kompetitif dan jauh di atas *social discount rate* yang digunakan. Secara teoretis, temuan ini memperkuat kerangka evaluasi kebijakan publik Boardman et al. (2018) yang menekankan pentingnya CBA dalam penilaian investasi sektor publik. Secara praktis, hasil penelitian mendukung perluasan program ke wilayah lain di Jawa Tengah, integrasi dengan inisiatif *Smart City* lanjutan (Ridwan et al., 2025), serta pengembangan skema Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) untuk pembiayaan yang lebih berkelanjutan.

Temuan dari penelitian ini adalah tersedianya kerangka evaluasi terintegrasi yang menggabungkan RSI sebagai instrumen validasi *outcome* keselamatan, CBA (NPV, BCR, ERR) sebagai instrumen kelayakan investasi, dan CEA berbasis WHO-CHOICE sebagai instrumen efisiensi biaya kesehatan, dalam satu studi kelayakan sosial-ekonomi program keselamatan jalan berbasis teknologi di kota menengah Indonesia. Pendekatan terintegrasi ini melengkapi penelitian terdahulu yang umumnya hanya menilai perubahan kinerja teknis (Kristiono, 2025) tanpa menguji kelayakan investasi dan efisiensi biayanya secara bersamaan, sehingga memberikan bukti empiris yang lebih utuh bagi pengambilan keputusan investasi keselamatan jalan berbasis bukti (*evidence-based policy*).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa: pertama, implementasi Program *Smart Road Safety Policing* memberikan dampak positif terhadap perubahan *outcome* keselamatan lalu lintas di Kota Surakarta, ditandai penurunan fatalitas 19,9% pada tahun 2024

dan peningkatan *Road Safety Index* ke level 4,25. Kedua, investasi Program *Smart Road Safety Policing* layak secara sosial-ekonomi, dengan *Net Present Value* positif sebesar Rp50.278.060.863, *Benefit-Cost Ratio* sebesar 1,63, dan *Economic Rate of Return* sebesar 37,5% yang seluruhnya melampaui ambang batas kelayakan. Ketiga, penerapan program ini terbukti sangat *cost-effective* berdasarkan kerangka WHO-CHOICE, dengan biaya per DALY yang dicegah jauh di bawah satu kali PDB per kapita Indonesia.

### Keterbatasan

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Analisis manfaat hanya difokuskan pada data fatalitas tanpa memasukkan korban luka berat dan luka ringan secara mendalam, sehingga belum mencerminkan keseluruhan beban sosial-ekonomi kecelakaan. Periode observasi pascaprogram yang relatif singkat (2021-2025) turut dipengaruhi faktor eksternal seperti pandemi COVID-19, sehingga fluktuasi RSI dan manfaat ekonomi belum sepenuhnya dapat diisolasi dari pengaruh tersebut. Penelitian ini juga belum melakukan analisis sensitivitas mendalam terhadap variabel diskonto, inflasi, dan perubahan perilaku masyarakat di masa depan, serta mengasumsikan manfaat yang stabil pada tahun-tahun proyeksi.

### Saran

Penelitian selanjutnya disarankan memperluas cakupan analisis dengan memasukkan data korban luka berat dan ringan secara lengkap agar perhitungan *avoided accident cost* dan DALY lebih komprehensif, memperpanjang periode analisis pascaimplementasi penuh minimal 5-7 tahun, serta menggunakan metode statistik lanjutan seperti regresi panel, *difference-in-differences*, atau simulasi Monte Carlo untuk menguji sensitivitas hasil. Studi komparatif antarkota dengan karakteristik berbeda dan integrasi pendekatan *willingness to pay* (VoSL) juga dapat memperkaya valuasi manfaat *non-market* pada penelitian mendatang.

Bagi pengambil kebijakan, Kementerian Perhubungan, Kementerian Keuangan, dan Polri disarankan menjadikan analisis CBA dan CEA sebagai persyaratan wajib dalam setiap usulan program keselamatan lalu lintas berbasis teknologi, sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2007 tentang Investasi Pemerintah, serta mendorong skema Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) untuk pembiayaan yang berkelanjutan. Bagi pelaksana program, Korlantas Polri dan Polresta Surakarta disarankan melakukan evaluasi RSI secara periodik minimal setiap semester, mendasarkan alokasi OPEX pada hasil CBA dan CEA, serta meningkatkan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan rutin bagi operator sistem dan analisis data.

### Kontribusi Author

Penulis bertanggung jawab penuh atas konseptualisasi penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis *Cost Benefit Analysis* dan *Cost-Effectiveness Analysis*, interpretasi hasil, serta penyusunan dan revisi naskah. Penulis telah membaca dan menyetujui versi final artikel yang akan dipublikasikan.

### Acknowledgment

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Polresta Surakarta, Korlantas Polri, dan Badan Pusat Statistik atas akses data yang mendukung penelitian ini, serta kepada dosen pembimbing dan Program Studi Magister Manajemen Universitas Pancasila atas arahan dan bimbingan selama proses penelitian.

### REFERENSI

- Angioi, F., Portera, A., Bassani, M., de Oña, J., & Di Stasi, L. L. (2023). Smart on-road technologies and road safety: A short overview. *Transportation Research Procedia*, 71, 395-402.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Kota Surakarta Dalam Angka 2023. Badan Pusat Statistik.



- Badan Pusat Statistik. (2024). Kota Surakarta Dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Kota Surakarta Dalam Angka 2025. Badan Pusat Statistik.
- Bian, Y., et al. (2021). Assessing the impact of automated enforcement on speeding behavior: Evidence from a large-scale program. *Accident Analysis & Prevention*.
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice* (5th ed.). Cambridge University Press.
- Byaruhanga, C. B., & Evdorides, H. (2024). The impact of indirect benefits (reduced travel time, fuel use and emissions) in cost benefit analysis of road safety countermeasures. *Traffic Injury Prevention*, 25(3), 434-439.
- Daniels, S., Martensen, H., Schoeters, A., Van den Berghe, W., Papadimitriou, E., Ziakopoulos, A., ... & Perez, O. M. (2019). A systematic cost-benefit analysis of 29 road safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 133, 105292.
- Dwilaksana, C. (2020). *Road Safety: Urat Nadi Kehidupan dan Refleksi Budaya Bangsa*. Yayasan Pengembangan Kajian Ilmu Kepolisian (YPKIK).
- Gao, Y., et al. (2025). Assessing the impact of fixed speed cameras on speeding behavior: Evidence from a large-scale automated speed enforcement program. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Hallmark, S., et al. (2008). Evaluation of speed cameras: A before-after study. Iowa State University.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2008). *Akuntansi Biaya: Penekanan Manajerial* (11th ed.) (D. Andhariani, Trans.). Indeks.
- Hutubessy, R., et al. (2003). Generalized cost-effectiveness analysis for national-level priority setting in the health sector. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 1(8), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1478-7547-1-8>
- Istiono, W., et al. (2020). *Road Safety Policing: Model Implementasi E-Policing di Bidang Lalu Lintas*. Korlantas Polri.
- Kepolisian Negara Republik Indonesia. (2020). *Buku Penetapan Indeks Keamanan dan Ketertiban Masyarakat (Kamtibmas) di Lingkungan Kepolisian Negara Republik Indonesia Tahun 2020-2024*. Keputusan Kapolri Nomor KEP/1910/IX/2020.
- Kristiono, C. (2025). Integrating smart city technologies to enhance police performance and urban public safety. *Jurnal Puruhita*, 7(2), 23-26. <https://journal.unnes.ac.id/journals/puruhita>
- Kumphong, J. (2025). Analysis of the worthiness from investing in the program reporting results of and investigating traffic light violations based on the principle of economic engineering. *Industrial Technology Journal*, 10(2), 193-207.
- Lum, C. M., & Koper, C. S. (2017). *Evidence-Based Policing: Translating Research into Practice*. Oxford University Press.
- Naznin, F., et al. (2023). Valuation of road safety effects in cost-benefit analysis. *Accident Analysis & Prevention*.
- Pusiknas Polri. (2025). Statistik Laka Lantas. [https://pusiknas.polri.go.id/laka\\_lantas](https://pusiknas.polri.go.id/laka_lantas)
- Ridwan, M., Sanjaya, Z. T., Pramitasari, T. A., & Setyono, P. (2025). A review of the Surakarta smart city concept: Optimizing transformation and digital services based on big data and real-time technology. *Jurnal Bina Praja*, 17(2).
- Stevenson, M., et al. (2018). Cost-effectiveness of strategies to prevent road traffic injuries in eastern sub-Saharan Africa and Southeast Asia: New results from WHO-CHOICE. *Injury Prevention*.
- Walden, T. D. (2011). *The effectiveness of red light cameras: A review of the literature*. Texas A&M Transportation Institute.
- Wijnen, W., Wesemann, P., & de Blaeij, A. (2009). Valuation of road safety effects in cost-benefit analysis. Institute for Road Safety Research SWOV.
- World Bank. (2023). GDP per capita (current US\$) - Indonesia. World Bank Data. <https://data.worldbank.org>

- World Health Organization. (2021). WHO-CHOICE: Choosing interventions that are cost-effective. World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). Global Status Report on Road Safety 2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
- Zakiya, R. L., Rini, E. F., & Utomo, R. P. (2025). Local wisdom on urban tourism: Surakarta urban art corridor. *Local Wisdom*, 17(1), 32-49.