

PENERAPAN SISTEM TRANSPORTASI JALAN BERKELANJUTAN DI KOTA SORONG (KAJIAN LITERATUR)

Imam Trianggoro Saputro¹, Muh. Akhsan Samaila²

^{1,2}Politeknik Saint Paul Sorong
Email: imam.civil10@gmail.com

Abstrak

Transportasi jalan berkelanjutan telah menjadi isu sentral dalam pembangunan perkotaan di negara berkembang, termasuk kota kecil-menengah seperti Kota Sorong di Papua Barat Daya. Tinjauan literatur ini bertujuan menganalisis secara komprehensif penerapan sistem transportasi jalan berkelanjutan yang relevan bagi Kota Sorong dengan mempertimbangkan karakteristik lokal dan pembelajaran dari berbagai studi kasus. Kajian dilakukan melalui sintesis literatur terhadap kerangka konseptual, tantangan implementasi, strategi dan opsi kebijakan, dampak lingkungan, serta pengalaman kota-kota di Indonesia dan regional. Hasil kajian menunjukkan bahwa transformasi menuju transportasi berkelanjutan memerlukan pendekatan multi-dimensi yang mengintegrasikan aspek infrastruktur, kebijakan, kelembagaan, sosial-budaya, dan lingkungan. Kota kecil-menengah memiliki potensi besar untuk bertransformasi karena fleksibilitasnya, meskipun menghadapi keterbatasan sumber daya. Tantangan utama meliputi keterbatasan anggaran, infrastruktur yang belum memadai, lemahnya koordinasi antar-lembaga, serta kendala topografi dan sosial-budaya khas Papua. Strategi yang direkomendasikan mencakup pengembangan transportasi umum massal, infrastruktur non-motoris, integrasi moda, dan pembangunan berorientasi transit yang diterapkan secara bertahap. Keberhasilan implementasi bergantung pada koordinasi antar pemangku kepentingan, integrasi perencanaan tata ruang dan transportasi, serta partisipasi masyarakat yang didukung sistem monitoring yang terukur.

Kata kunci : transportasi berkelanjutan, Kota Sorong, mobilitas perkotaan, negara berkembang, tinjauan literatur

1. PENDAHULUAN

Transportasi berkelanjutan telah menjadi isu sentral dalam pembangunan kota-kota modern di seluruh dunia, khususnya di negara berkembang yang menghadapi tantangan urbanisasi yang pesat. Kota-kota di negara berkembang menghadapi berbagai tantangan mobilitas perkotaan yang saling terkait, termasuk urban sprawl dan kemacetan lalu lintas yang disebabkan oleh kurangnya pasokan transportasi umum yang andal dan terstandarisasi (Fadhil et al., 2021). Pertumbuhan penduduk yang cepat, kemiskinan, disparitas pendapatan, kepadatan pusat kota, jaringan jalan yang buruk, ketidaksesuaian spasial antara perumahan dan pekerjaan, serta kondisi lingkungan yang memburuk merupakan tantangan utama yang dihadapi kota-kota berkembang (Cervero, 2013).

Kota Sorong, sebagai salah satu kota penting di Papua Barat Daya, Indonesia, menghadapi tantangan serupa dalam mengembangkan sistem transportasi yang berkelanjutan. Wilayah timur Indonesia, khususnya Papua, telah mengalami desentralisasi pemerintahan dengan berbagai upaya pembangunan yang terus dilakukan untuk mencapai pemerataan infrastruktur (Kusdian, 2018). Namun, kendala kondisi topografi, populasi yang jarang, persepsi budaya, dan jarak dari wilayah yang sudah maju menjadi isu yang perlu diatasi dalam konteks pembangunan infrastruktur transportasi (Kusdian, 2018).

Pengembangan transportasi berkelanjutan melalui angkutan umum massal yang terpadu menjadi kunci utama dalam menjawab permasalahan transportasi di setiap kota (Riawan, 2018). Penelitian

menunjukkan bahwa implementasi sistem transportasi berkelanjutan dapat memberikan berbagai manfaat, termasuk pengurangan emisi karbon, peningkatan kesehatan masyarakat, dan penciptaan lingkungan perkotaan yang lebih nyaman (Hapriyanto & Azmi, 2025). Konsep mobilitas perkotaan berkelanjutan mempertimbangkan kebutuhan transportasi pengguna dan utilitas, lokalitas, pembangunan regional, dan inklusivitas sosial (Galanakis et al., 2024).

Tinjauan literatur ini bertujuan menganalisis secara komprehensif berbagai aspek penerapan sistem transportasi jalan berkelanjutan yang dapat diterapkan di Kota Sorong, dengan mempertimbangkan karakteristik kota kecil-menengah di negara berkembang. Kajian ini mencakup evaluasi terhadap kerangka konseptual, strategi implementasi, tantangan dan hambatan, serta pembelajaran dari berbagai studi kasus yang relevan.

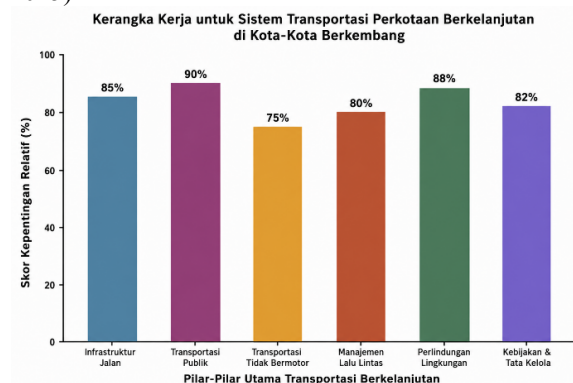
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Prinsip Dasar

Transportasi berkelanjutan didefinisikan sebagai sistem yang memenuhi kebutuhan mobilitas saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Sembilan opsi yang umum dipertimbangkan untuk transportasi perkotaan berkelanjutan di kota-kota negara berkembang meliputi: (1) infrastruktur jalan; (2) transportasi umum berbasis rel; (3) transportasi umum berbasis jalan; (4) dukungan untuk moda transportasi non-motoris; (5) solusi teknologi; (6) kampanye peningkatan kesadaran; (7) mekanisme penetapan harga; (8) pembatasan akses kendaraan;

dan (9) pengendalian tata guna lahan (Pojani & Stead, 2015).

Kota-kota kecil dan menengah menawarkan potensi besar untuk transformasi berkelanjutan karena ukurannya memungkinkan fleksibilitas dalam hal ekspansi perkotaan, adopsi moda perjalanan “hijau”, dan perlindungan lingkungan. Namun pada saat yang sama, kota-kota ini sering memiliki sumber daya yang lebih sedikit untuk mengimplementasikan langkah-langkah transportasi baru dan dapat lebih rentan terhadap fluktuasi ekonomi dunia (Pojani & Stead, 2015).



Gambar 1. Kerangka Pilar Utama Sistem Transportasi Perkotaan Berkelanjutan

2.2. Komponen Sistem Transportasi Yang Berkelanjutan

Pengembangan sistem transportasi berkelanjutan memerlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan berbagai komponen. Infrastruktur hijau seperti jalur sepeda, trotoar yang ramah pejalan kaki, dan ruang terbuka hijau telah terbukti memiliki dampak positif dalam mengurangi polusi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Hapriyanto & Azmi, 2025). Konsep Transit-Oriented Development (TOD) juga menjadi pendekatan perkotaan yang mengurangi ketergantungan pada kendaraan pribadi dan mempromosikan mobilitas berkelanjutan (Saputra et al., 2025).

Kerangka untuk implementasi mencakup faktor-faktor strategis seperti karakteristik dan perilaku pengguna, karakteristik dan perilaku operator, investasi dalam infrastruktur, regulasi dan perpajakan, serta peran pemerintah (Pratas et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa strategi yang memadukan berbagai opsi kebijakan perlu digunakan secara simultan untuk mengurangi secara efektif berbagai eksternalitas yang timbul dari transportasi jalan perkotaan (Timilsina & Dulal, 2010).

2.3. Paradigma Avoid-Shift-Improve

Pendekatan “avoid, shift, improve” merupakan kerangka kerja perencanaan yang penting dalam transisi mobilitas perkotaan berkelanjutan (Galanakis et al., 2024). Konsep ini mencakup: menghindari perjalanan yang tidak perlu melalui perencanaan tata guna lahan yang lebih baik; mengalihkan perjalanan ke moda yang lebih berkelanjutan seperti transportasi

umum dan transportasi non-motoris; serta meningkatkan efisiensi moda transportasi yang ada melalui teknologi dan manajemen yang lebih baik.

Penelitian di berbagai kota menunjukkan kebutuhan akan kolaborasi yang kuat dan selaras antara pemangku kepentingan publik dan swasta, promosi alternatif mobilitas perkotaan, perbaikan infrastruktur, dan pemenuhan biaya investasi (Galanakis et al., 2024). Integrasi perencanaan spasial, penguatan infrastruktur transit, dan partisipasi pemangku kepentingan diperlukan untuk mengoptimalkan implementasi pembangunan berorientasi transit (Saputra et al., 2025).

3. METODE PENELITIAN

Kajian ini disusun menggunakan pendekatan tinjauan literatur (literature review) naratif untuk menganalisis secara komprehensif penerapan sistem transportasi jalan berkelanjutan yang relevan bagi kota kecil-menengah, dengan fokus pada konteks Kota Sorong, Papua Barat Daya. Sumber literatur yang dikaji mencakup artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional terindeks, prosiding konferensi, serta laporan kebijakan yang relevan dengan tema transportasi perkotaan berkelanjutan.

Penelusuran literatur dilakukan menggunakan kata kunci seperti “sustainable urban transport”, “transportasi berkelanjutan”, “kota kecil-menengah”, “negara berkembang”, dan “Papua/Kota Sorong”. Kriteria inklusi meliputi kesesuaian tema dengan penerapan transportasi jalan berkelanjutan di kota kecil-menengah negara berkembang, sedangkan literatur yang tidak membahas aspek kerangka konseptual, tantangan implementasi, strategi kebijakan, studi kasus, maupun dampak lingkungan transportasi perkotaan dikeluarkan dari kajian.

Analisis dilakukan melalui sintesis tematik terhadap literatur terpilih, yang dikelompokkan ke dalam lima tema utama, yaitu kerangka konseptual transportasi berkelanjutan, tantangan implementasi, strategi dan opsi kebijakan, pembelajaran dari studi kasus Indonesia dan regional, serta dampak lingkungan. Hasil sintesis tersebut selanjutnya digunakan untuk menyusun kerangka implementasi yang relevan dengan karakteristik dan kebutuhan Kota Sorong.

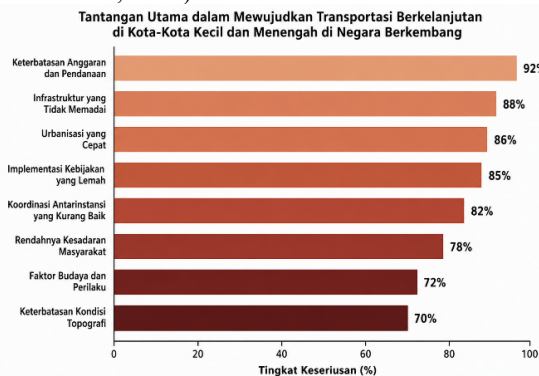
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tantangan Implementasi di Kota-Kota Berkembang

Kendala Infrastruktur dan Finansial

Pengembangan transportasi ramah lingkungan di wilayah perkotaan menghadapi berbagai tantangan, mulai dari keterbatasan anggaran, lemahnya koordinasi antar sektor, hingga rendahnya kesadaran masyarakat (Subkhan & Taali, 2025). Di wilayah Papua, kendala kondisi topografi, populasi yang jarang, dan jangkauan jarak dari wilayah yang sudah maju menjadi masalah yang perlu diselesaikan dengan solusi alternatif (Kusdian, 2018).

Kesiapan infrastruktur, kesenjangan teknologi, dinamika sosial-ekonomi, dan lingkungan regulasi merupakan aspek-aspek yang memengaruhi keberhasilan smart mobility di kota-kota berkembang (Fadel & Abu-Eisheh, 2024). Penelitian mengungkapkan bahwa faktor-faktor seperti keterlibatan warga, wilayah strategis, dan rencana mobilitas perkotaan berkelanjutan merupakan faktor prioritas tinggi yang menekankan keterlibatan komunitas dan perencanaan yang matang (Fadel & Abu-Eisheh, 2024).



Gambar 2. Tantangan Utama dalam Implementasi Transportasi Berkelanjutan di Kota Kecil-Menengah Negara Berkembang

Tantangan Kelembagaan dan Kebijakan

Meskipun berkomitmen untuk mencapai emisi nol bersih, Indonesia harus mengatasi lebih banyak

tantangan dalam mengelola proses antarpemerintah secara bertanggung jawab, mengembangkan kerangka regulasi, dan mengurangi rendahnya keterlibatan pemerintah daerah (Naufal et al., 2026). Peningkatan fokus pada ekosistem kendaraan listrik dan koordinasi publik masih memerlukan koordinasi infrastruktur dan kerangka kebijakan yang bersifat antar-institusional dan struktural (Naufal et al., 2026).

Di Papua, kesiapan sumber daya manusia, isu budaya, dan koordinasi yang lemah antara setiap tingkat lembaga pemerintah daerah merupakan masalah utama dalam pembangunan infrastruktur (Fauzi et al., 2019). Penelitian menekankan bahwa keberhasilan pembangunan harus dinilai tidak hanya dari aspek teknis dan penyelesaian fisik, tetapi juga efektivitas investasi publik, dampak ekonomi jangka panjang, dan keberlanjutan lingkungan (Hayati et al., 2025).

Tantangan Sosial dan Budaya

Perubahan perilaku perjalanan menjadi aspek krusial dalam transisi menuju mobilitas berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa faktor seperti pengurangan biaya, peningkatan keandalan layanan, dan keberlanjutan lingkungan yang lebih baik secara signifikan memengaruhi adopsi layanan mobilitas bersama (Albatayneh et al., 2024). Namun, tantangan budaya terkait kepemilikan kendaraan pribadi sebagai simbol status sosial tidak boleh diremehkan, terutama di negara berkembang (Sadeghpour & Beyazit, 2024).

Tabel 1. Matriks Tantangan dan Strategi Mitigasi dalam Implementasi Transportasi Berkelanjutan

Kategori Tantangan	Deskripsi	Tingkat Keparahan	Strategi Mitigasi
Keterbatasan Anggaran	Minimnya dana untuk pembangunan infrastruktur	Tinggi	Kemitraan publik-swasta, pembiayaan inovatif
Infrastruktur Tidak Memadai	Kondisi jalan buruk, kurangnya fasilitas	Tinggi	Investasi bertahap, prioritas strategis
Kesadaran Publik Rendah	Kurangnya pemahaman tentang transportasi berkelanjutan	Sedang	Kampanye edukasi, partisipasi masyarakat
Implementasi Kebijakan Lemah	Kurangnya penegakan regulasi	Tinggi	Penguatan kapasitas kelembagaan
Koordinasi Antar-Lembaga Buruk	Fragmentasi tanggung jawab	Tinggi	Pembentukan badan koordinasi
Kendala Topografi	Kondisi geografis yang sulit	Sedang	Adaptasi teknologi, desain khusus
Urbanisasi Cepat	Pertumbuhan tidak terkendali	Tinggi	Perencanaan terpadu, pengendalian tata guna lahan
Faktor Budaya	Preferensi kendaraan pribadi	Sedang	Perubahan perilaku bertahap, insentif

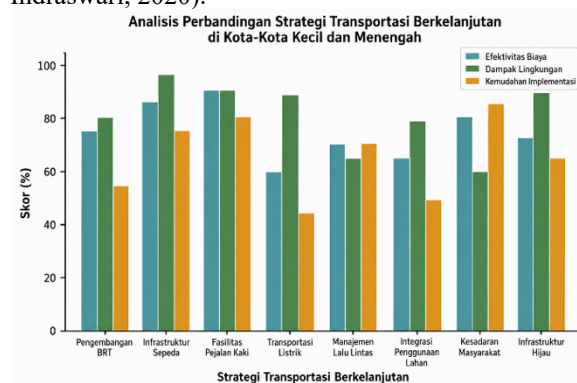
4.2. Strategi Dan Opsi Kebijakan Transportasi Berkelanjutan

Pengembangan Transportasi Umum Massal

Bus Rapid Transit (BRT) merupakan salah satu solusi utama untuk permasalahan transportasi perkotaan. Evaluasi kondisi pelayanan BRT di beberapa kota Indonesia menunjukkan bahwa kinerja pelayanan masih perlu ditingkatkan, terutama terkait

kondisi fasilitas untuk menunjang aspek kenyamanan, keselamatan, dan keamanan pengguna jasa (Riawan, 2018). Di Kota Surakarta, implementasi sistem satu arah dengan jalur bus kontra-arus berpotensi meningkatkan penggunaan transportasi umum dan memperbaiki kinerja angkutan umum (Yulianto & Setiono, 2019).

Penelitian di Surabaya menunjukkan bahwa dengan mengimplementasikan beberapa strategi seperti pengembangan mass rapid transit dan bus rapid transit serta pengurangan keterlambatan transportasi umum, kinerja mobilitas diproyeksikan dapat meningkat sebesar 70,34–92,96%, dan kemacetan lalu lintas dapat berkurang sebesar 52,5–65,8% (Suryani, Hendrawan, Adipraja, Wibisono, et al., 2020). Model simulasi sistem dinamis menunjukkan bahwa mobilitas bergantung pada waktu perjalanan, rasio pemenuhan pasokan dan permintaan transportasi umum, efektivitas jarak dan waktu transfer, serta waktu akses (Suryani, Hendrawan, Adipraja, & Indraswari, 2020).



Gambar 3. Analisis Komparatif Strategi Transportasi Berkelanjutan untuk Kota Kecil-Menengah

Infrastruktur Transportasi Non-Motoris

Berjalan kaki dan bersepeda, sebagai moda transportasi aktif, memainkan peran vital dalam

memajukan mobilitas perkotaan berkelanjutan dengan mengurangi emisi dan meningkatkan kesehatan masyarakat (Makahleh et al., 2025). Lebih dari 75% perjalanan harian yang dilakukan oleh populasi berpenghasilan rendah di Afrika dilakukan dengan berjalan kaki, dibandingkan dengan 45% oleh masyarakat yang lebih makmur (Basil & Nyachio, 2023).

Strategi untuk mempromosikan transportasi non-motoris meliputi peningkatan fasilitas berjalan kaki dan bersepeda, serta penggunaan kerangka kerja partisipatif untuk mendukung penelitian NMT, kebijakan transportasi, dan kebutuhan mereka yang sudah menggunakan berjalan kaki dan bersepeda (Basil & Nyachio, 2023). Penelitian di 17 kota di 12 negara menunjukkan bahwa banyak atribut lingkungan yang dirasakan mendukung bersepeda dan berjalan kaki, namun lingkungan yang sangat walkable mungkin tidak mendukung bersepeda untuk transportasi (Kerr et al., 2015).

Integrasi Moda dan Manajemen Lalu Lintas

Jaringan transportasi perkotaan multi-moda menyediakan pilihan perjalanan yang terdiversifikasi dan nyaman bagi pengguna. Studi mengenai pembagian moda gabungan dan penugasan lalu lintas mempertimbangkan kapasitas multi-moda dengan korelasi rute, di mana model nested logit digunakan untuk memperhitungkan kesamaan moda (Jiang et al., 2022). Sistem transportasi multi-moda yang mengombinasikan berbagai moda seperti bus, kereta, sepeda, ride-sharing, dan jalur pejalan kaki memungkinkan perjalanan yang mulus dan efisien di ruang perkotaan (Owoade et al., 2024).

Tabel 2. Evaluasi Strategi Transportasi Berkelanjutan untuk Konteks Kota Sorong

Strategi	Keunggulan	Tantangan	Aplikabilitas untuk Kota Sorong
BRT	Kapasitas tinggi, biaya lebih rendah dari MRT	Memerlukan ROW khusus	Tinggi – cocok untuk koridor utama
Jalur Sepeda	Biaya rendah, ramah lingkungan	Iklim dan keamanan	Sedang – perlu adaptasi
Perbaikan Pedestrian	Sangat terjangkau, inklusif	Kompetisi ruang	Tinggi – prioritas utama
Kendaraan Listrik	Zero emisi lokal	Infrastruktur pengisian	Rendah-Sedang – jangka panjang
TOD	Integrasi tata guna lahan	Koordinasi kompleks	Sedang – memerlukan perencanaan
Smart Traffic	Efisiensi tinggi	Investasi teknologi	Sedang – implementasi bertahap

4.3. Pembelajaran Dari Studi Kasus Indonesia dan Regional Pengalaman Kota-Kota Indonesia

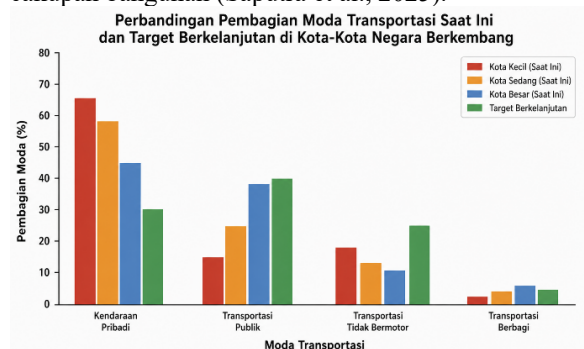
Evaluasi implementasi sistem transportasi berkelanjutan di Kota Banda Aceh menunjukkan bahwa tingkat penerapan baru mencapai 43,75%, di mana semua model yang diterapkan belum diimplementasikan secara optimal (Buraida et al., 2021). Permasalahan yang masih ditemui meliputi tidak adanya transportasi umum yang memadai serta tidak seimbangnya panjang jalan dengan pertumbuhan

jumlah kendaraan sehingga arus lalu lintas tidak lancar dan menyebabkan kemacetan, polusi, dan pencemaran udara (Buraida et al., 2021).

Di Jakarta Metropolitan, implementasi TOD masih dalam tahap awal. Studi longitudinal delapan tahun menunjukkan peningkatan keragaman fungsi residensial di sekitar area TOD yang direncanakan di ibu kota Jakarta dan penurunan di pinggiran kota, mencerminkan kesiapan pengalau yang meningkat untuk tinggal di area TOD (Hasibuan & Mulyani, 2022). Faktor biaya menjadi alasan paling dominan

untuk penggunaan transportasi umum oleh penglaju, alih-alih moda transportasi baru seperti MRT dan LRT (Hasibuan & Mulyani, 2022).

Pembangunan stasiun kereta perkotaan berdasarkan fungsi tata guna lahan dengan sistem evaluasi manfaat komprehensif tiga tingkat mencakup dimensi tata guna lahan, kepadatan penduduk dan bangunan, transportasi umum, serta desain (Saputra et al., 2025). Temuan menunjukkan bahwa pengembangan berbasis TOD harus diprioritaskan berdasarkan pemenuhan kriteria TOD dasar seperti jalur pejalan kaki yang memadai, pematangan mixed-use, layanan transportasi umum yang beroperasi, integrasi transportasi umum, dan rasio cakupan bangunan (Saputra et al., 2025).



Gambar 4. Perbandingan Modal Split: Kondisi Saat Ini vs Target Berkelanjutan di Kota-Kota Negara Berkembang

Studi Kasus Asia Tenggara dan Global

Kota-kota Asia pada umumnya memiliki tingkat penggunaan kendaraan pribadi yang jauh lebih rendah dibandingkan kota-kota Eropa, Kanada, Australia, dan Amerika, serta umumnya memiliki peran transportasi umum dan transportasi non-motoris yang lebih besar dengan kepadatan perkotaan yang jauh lebih tinggi (Barter, 1999). Penelitian mengidentifikasi model “motorisasi tanpa hambatan” yang dikontraskan dengan pengalaman Seoul, Singapura, Hong Kong, dan Tokyo yang semuanya menahan dan memperlambat laju motorisasi serta meningkatkan peran transportasi umum (Barter, 1999).

Studi komparatif Manchester, Inggris, dan Shenzhen, Tiongkok, menunjukkan bahwa kedua kota telah secara efektif memperluas pangsa moda transportasi umum dan meningkatkan perjalanan untuk mengurangi kemacetan (Akram et al., 2025). Shenzhen berkembang dengan cara tercepat dan telah membuat kota lebih layak huni serta tidak terlalu tercemar, sementara Manchester menghadapi beberapa kesulitan karena warisan infrastruktur masa lalu dan meningkatnya penggunaan mobil pribadi (Akram et al., 2025).

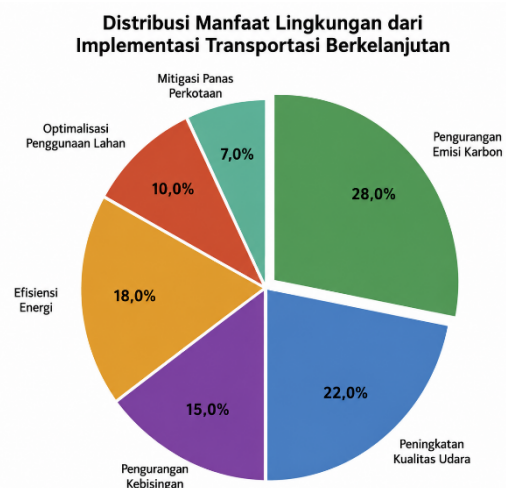
Konteks Khusus Papua dan Indonesia Timur

Pembangunan infrastruktur di Papua menghadapi tantangan unik terkait kesiapan sumber daya manusia, isu budaya, dan koordinasi yang lemah antar tingkat pemerintah daerah (Fauzi et al., 2019). Integrasi perencanaan spasial formal dengan sistem manajemen

lahan adat memerlukan pergeseran paradigma menuju kerangka kerja co-management yang mengintegrasikan prinsip-prinsip Free, Prior, and Informed Consent (FPIC) (Ramandei & Wairata, 2026).

Penelitian menunjukkan bahwa hanya 22% dari lahan penting masyarakat yang teridentifikasi telah berhasil diintegrasikan ke dalam dokumen perencanaan spasial formal di Papua (Ramandei & Wairata, 2026). Proyek Pembangunan Kereta Api Papua Selatan menjanjikan peluang sekaligus tantangan dari perspektif keberlanjutan, di mana pertumbuhan ekonomi dan peningkatan aksesibilitas disandingkan dengan kekhawatiran lingkungan, perpindahan masyarakat, dan tantangan pelestarian budaya (Aisyah & Sentosa, 2023).

4.4. Dampak Lingkungan Dan Keberlanjutan Emisi Karbon dan Kualitas Udara



Gambar 5. Distribusi Manfaat Lingkungan dari Implementasi Transportasi Berkelanjutan

Sektor transportasi berkontribusi signifikan terhadap emisi karbon dan polusi udara, terutama di wilayah perkotaan yang padat (Hapriyanto & Azmi, 2025). Di Indonesia, sektor transportasi merupakan salah satu kontributor utama emisi gas rumah kaca, dengan konsentrasi polusi udara yang signifikan di kota-kota besar. Penelitian tentang hubungan antara infrastruktur transportasi jalan dan keberlanjutan lingkungan menunjukkan bahwa infrastruktur jalan dan kepadatan jalan memiliki dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan, sementara konsumsi energi transportasi jalan memiliki efek negatif (Din et al., 2023).

Implementasi jalur bus untuk transportasi penumpang perkotaan memiliki efek positif terintegrasi: meningkatkan efisiensi transportasi umum, mengurangi dampak berbahaya pada lingkungan, meningkatkan keselamatan jalan, meningkatkan aksesibilitas, memberikan manfaat ekonomi, meningkatkan permintaan transportasi, serta mempromosikan pembangunan perkotaan berkelanjutan (Vakulenko et al., 2025). Pemodelan

menggunakan PTV Vissim dan COPERT menunjukkan pengurangan emisi zat berbahaya yang signifikan seiring peningkatan kecepatan rata-rata transportasi umum (Vakulenko et al., 2025).

Efisiensi Energi dan Teknologi Hijau

Investasi dalam infrastruktur kereta api memiliki efek negatif yang signifikan terhadap degradasi lingkungan dibandingkan dengan investasi infrastruktur jalan yang memiliki efek positif yang signifikan (Lu et al., 2022). Sistem kereta api modern yang berjalan dengan listrik dianggap kurang mencemari, sehingga peningkatan pangsa investasi infrastruktur kereta api dalam bauran transportasi dapat membantu membangun sistem transportasi yang berkelanjutan dan aman (Lu et al., 2022).

Kelayakan teknis dan ekonomi implementasi Advanced Transportation Management System (ATMS) berbasis kecerdasan buatan menunjukkan

peningkatan efisiensi yang signifikan dengan Benefit-Cost Ratio (BCR) sebesar 5,55 untuk kendaraan listrik (Dwigantara et al., 2025). Temuan ini mengonfirmasi peran ATMS dalam mempromosikan mobilitas perkotaan yang cerdas, adaptif, dan berkelanjutan (Dwigantara et al., 2025).

Resiliensi Infrastruktur terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim menimbulkan ancaman signifikan terhadap infrastruktur transportasi, terutama di wilayah yang mengalami urbanisasi cepat dengan peningkatan risiko banjir dan fenomena urban heat island (Arifai & Arsyad, 2025). Untuk meningkatkan resiliensi, diperlukan strategi adaptasi struktural, berbasis alam, dan berbasis teknologi, termasuk drainase yang lebih baik, konsep sponge city, dan pemantauan iklim berbasis IoT (Arifai & Arsyad, 2025).

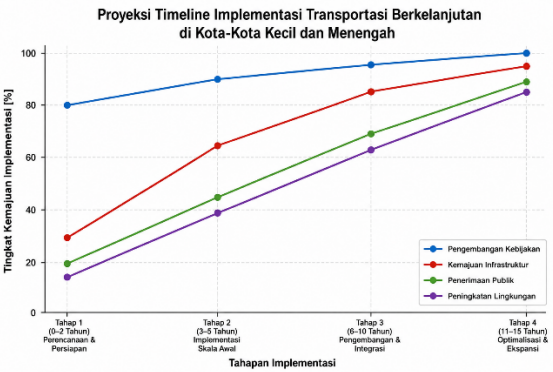
Tabel 3. Target dan Strategi Keberlanjutan Lingkungan dalam Transportasi Perkotaan

Aspek Lingkungan	Kondisi Tanpa Intervensi	Target Dengan Implementasi	Strategi Pencapaian
Emisi CO ₂	Meningkat 5-7% per tahun	Penurunan 20-30% dalam 10 tahun	Transportasi umum, NMT, kendaraan listrik
Kualitas Udara (PM2.5)	Memburuk	Perbaikan 25-40%	Pengurangan kendaraan bermotor pribadi
Konsumsi BBM	Meningkat seiring motorisasi	Pengurangan 15-25%	Efisiensi moda, modal shift
Kebisingan	Level tinggi di koridor utama	Pengurangan 10-15 dB	Zonasi, vegetasi, teknologi
Ruang Hijau	Berkurang akibat ekspansi jalan	Peningkatan 10-15%	Integrasi infrastruktur hijau

4.5. Kerangka Implementasi Untuk Kota Sorong Analisis Situasional dan Kebutuhan

Kota Sorong, sebagai pusat pertumbuhan utama di Papua Barat Daya, memerlukan pendekatan implementasi yang disesuaikan dengan karakteristik lokalnya. Berdasarkan pengalaman pembangunan infrastruktur di Papua, tantangan utama meliputi kesiapan sumber daya manusia, isu budaya, koordinasi kelembagaan, dan keterbatasan infrastruktur pendukung (Fauzi et al., 2019). Penentuan prioritas komponen infrastruktur yang harus dibangun terlebih dahulu serta prioritas lokasi menjadi isu tersendiri, yang juga mencakup sistem pasokan listrik, bahan bakar, dan semen sebagai material utama pembangunan infrastruktur (Kusdian, 2018).

Metodologi komprehensif untuk menilai dan memilih layanan mobilitas perkotaan yang paling berkelanjutan dan bertanggung jawab secara lingkungan bagi pengambil keputusan di negara berkembang sangat diperlukan (Ngossaha et al., 2024). Pendekatan yang mengintegrasikan teknik pengambilan keputusan multi-kriteria fuzzy dapat mengatasi kompleksitas dan ketidakpastian yang melekat dalam perencanaan mobilitas perkotaan (Ngossaha et al., 2024).



Gambar 6. Proyeksi Timeline Implementasi Transportasi Berkelanjutan untuk Kota Kecil-Menengah

Rekomendasi Strategis

Berdasarkan sintesis literatur, rekomendasi strategis untuk Kota Sorong dapat dikelompokkan ke dalam tiga horizon waktu implementasi.

Jangka Pendek (0-2 Tahun): penyusunan masterplan transportasi berkelanjutan dengan pendekatan partisipatif; perbaikan infrastruktur pejalan kaki dan aksesibilitas dasar; penataan angkutan umum eksisting dengan standar pelayanan minimum; serta kampanye kesadaran publik tentang transportasi berkelanjutan.

Jangka Menengah (2-5 Tahun): pengembangan koridor transportasi umum prioritas; pembangunan jalur sepeda pada koridor strategis; integrasi tata guna lahan dan transportasi; serta penerapan manajemen parkir dan demand management.

Jangka Panjang (5-15 Tahun): implementasi sistem BRT atau transit prioritas; elektrifikasi armada transportasi umum secara bertahap; pengembangan sistem transportasi cerdas terintegrasi; serta pencapaian target modal split berkelanjutan.

Indikator Keberhasilan dan Monitoring

Perencanaan strategis untuk adopsi solusi mobilitas cerdas di kota-kota baru di negara berkembang harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti keterlibatan warga, wilayah strategis, dan rencana mobilitas perkotaan berkelanjutan sebagai faktor prioritas tinggi (Fadel & Abu-Eisheh, 2024). Indikator keberhasilan harus mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dengan sistem monitoring yang terintegrasi.

Tabel 4. Indikator Kinerja Utama untuk Monitoring Implementasi

Indikator	Baseline	Target 5 Tahun	Target 10 Tahun
Modal Share Transportasi Umum	~10%	20%	35%
Modal Share NMT	~15%	20%	25%
Panjang Jalur Sepeda	0 km	15 km	50 km
Cakupan Trotoar	<30%	50%	75%
Emisi CO ₂ Transportasi	Baseline	-10%	-25%
Tingkat Kepuasan Pengguna	-	60%	75%
Kecelakaan Lalu Lintas	Baseline	-20%	-40%

5. KESIMPULAN

Tinjauan literatur komprehensif ini mengungkapkan bahwa penerapan sistem transportasi jalan berkelanjutan di kota-kota berkembang seperti Kota Sorong memerlukan pendekatan multi-dimensi yang mengintegrasikan aspek infrastruktur, kebijakan, kelembagaan, sosial-budaya, dan lingkungan. Kota-kota kecil dan menengah memiliki potensi besar untuk transformasi berkelanjutan karena fleksibilitas dalam ekspansi perkotaan dan adopsi moda transportasi hijau, meskipun menghadapi tantangan sumber daya yang lebih terbatas (Pojani & Stead, 2015).

Keberhasilan implementasi bergantung pada koordinasi yang kuat antar pemangku kepentingan, integrasi perencanaan tata ruang dan transportasi, serta partisipasi masyarakat yang aktif. Pengalaman dari kota-kota di Indonesia dan regional menunjukkan bahwa implementasi transportasi berkelanjutan memerlukan komitmen jangka panjang dengan target yang terukur dan sistem monitoring yang efektif.

Kebijakan transportasi berkelanjutan untuk Kota Sorong harus mempertimbangkan konteks lokal yang unik, termasuk karakteristik geografis, sosial-budaya, dan kapasitas kelembagaan. Penguatan koordinasi antara pemerintah pusat, provinsi, dan kota sangat diperlukan mengingat fragmentasi tanggung jawab yang sering menjadi hambatan utama (Naufal et al., 2026). Kemitraan publik-swasta menyediakan strategi yang layak untuk membiayai dan mengelola infrastruktur dengan memanfaatkan investasi, keahlian, dan inovasi sektor swasta (Guijie, 2025).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan model implementasi yang spesifik bagi konteks kota-kota di Papua dan Indonesia Timur, termasuk integrasi dengan sistem manajemen lahan

adat dan pertimbangan ekologis yang unik. Studi empiris tentang perilaku perjalanan dan preferensi moda di Kota Sorong akan memberikan dasar yang lebih kuat untuk perencanaan kebijakan yang berbasis bukti. Eksplorasi potensi teknologi dan inovasi yang sesuai untuk konteks lokal, termasuk solusi mobilitas berbasis teknologi informasi dan komunikasi, juga merupakan area yang perlu dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., & Sentosa, I. (2023). Opportunities and challenges of the south papua railway development project: A transportation infrastructure sustainability perspective. *West Science Business and Management*. <https://doi.org/10.58812/wsbm.v1i04.214>
- Akram, N., Chen, W., Tariq, K., Linjun, H., & Li, Z. (2025). Role of public transportation in reducing traffic congestion, enhancing connectivity, and promoting sustainable urban development in manchester and shenzhen. *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*. <https://doi.org/10.18535/ijsshi/v12i01.01>
- Albatayneh, O., Gaweesh, S. M., & Akhtar, M. N. (2024). Assessment of shared mobility acceptability for sustainable transportation in amman. *Urban Science*. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020056>
- Arifai, A. M., & Arsyad, M. (2025). Urban expansion, climate vulnerability, and transportation resilience: Insights for sustainable development. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.26877/zr416x19>

- Barter, P. A. (1999). An international comparative perspective on urban transport and urban form in pacific asia: The challenge of rapid motorisation in dense cities. Murdoch Research Repository (Murdoch University).
- Basil, P., & Nyachieo, G. (2023). Exploring barriers and perceptions to walking and cycling in nairobi metropolitan area. *Frontiers in Sustainable Cities*. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.775340>
- Buraida, Noer, R., Fuady, M., & Ridwan, N. (2021). Evaluation of the implementation of sustainable transportation system in the green city concept in banda aceh city. *IOP Conference Series: Earth and Environment*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/881/1/012066>
- Cervero, R. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of Transport and Land Use*. <https://doi.org/10.5198/jtlu.v6i1.425>
- Din, A. U., Ming, J., Rahman, I. U., Han, H., Yoo, S., & Alhrahshah, R. (2023). Green road transportation management and environmental sustainability: The impact of population density. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19771>
- Dwigantara, F. P., Sudjai, M., & Nasution, S. M. (2025). Techno-economic analysis for the implementation of the advanced transportation management system (ATMS) in capital city IKN nusantara east kalimantan indonesia. 2025 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA). <https://doi.org/10.1109/ICoDSA67155.2025.11157259>
- Fadel, R., & Abu-Eisheh, S. (2024). Identification of strategic planning factors to achieve smart mobility for new cities in developing countries using CIB method. 2024 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETISIS). <https://doi.org/10.1109/ICETISIS61505.2024.10459709>
- Fadhil, D. N., Jinca, A., Prakoso, P., & Hoegeng, J. (2021). Alternative approach to sustainable urban mobility in developing countries. *Journal of Infrastructure Policy and Management*. <https://doi.org/10.35166/jipm.401.0017>
- Fauzi, F. Z., Murti, A., Imamah, L. A., & Hapsari, N. (2019). Infrastructure development in papua: Features and challenges. *Policy & Governance Review*. <https://doi.org/10.30589/pgr.v3i3.162>
- Galanakis, K., Heinz, H., & Marggraf, C. (2024). Place-based sustainable urban mobility: A conceptual framework to spark local designs. *Regional Studies*. <https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2406290>
- Guijie. (2025). Public-private partnerships for sustainable infrastructure development. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*. <https://doi.org/10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n05.pe06622>
- Hapriyanto, A. R., & Azmi, H. (2025). Implementation of green infrastructure in sustainable transportation in supporting urban mobility: A literature review. The 8th Mechanical Engineering, Science and Technology International Conference. <https://doi.org/10.3390/engproc2025084025>
- Hasibuan, H., & Mulyani, M. (2022). Transit-oriented development: Towards achieving sustainable transport and urban development in jakarta metropolitan, indonesia. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14095244>
- Hayati, A., Sulaksana, R. M. T., Wardani, A. M. C., & Raharja, A. (2025). Evaluation of the success of transportation infrastructure renewal projects: Case study of the jakarta-bandung high-speed train development. *Journal of Renewable Engineering*. <https://doi.org/10.62872/d36tjv51>
- Jiang, X., Shan, X., & Du, M. (2022). Modeling network capacity for urban multimodal transportation applications. *Journal of Advanced Transportation*. <https://doi.org/10.1155/2022/6034369>
- Kerr, J., Emond, J. A., Badland, H., Reis, R. S., Sarmiento, O. L., Carlson, J., Sallis, J. F., Cerin, E., Cain, K. L., Conway, T. L., Schofield, G., Macfarlane, D. J., Christiansen, L. B., Dyck, D. V., Davey, R., Aguinaga-Ontoso, I., Salvo, D., Sugiyama, T., Owen, N., ... Natarajan, L. (2015). Perceived neighborhood environmental attributes associated with walking and cycling for transport among adult residents of 17 cities in 12 countries: The IPEN study. *Environmental Health Perspectives*. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409466>
- Kusdian, R. (2018). The problem of transportation infrastructure development in papua region indonesia. *Journal of Sustainable Development*. <https://doi.org/10.5539/JSD.V11N5P277>
- Lu, H., Liu, Y., Ali, A., Tian, R., Chen, Y., & Luo, Y. (2022). Empirical analysis of the impact of china-japan-south korea transportation infrastructure investment on environmental degradation and the validity of the environmental kuznets curve hypothesis. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.977466>
- Makahleh, H. Y., Taamneh, M., & Dissanayake, D. (2025). Promoting sustainable transport: A systematic review of walking and cycling adoption using the COM-b model. *FutureTransportation*. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5030079>
- Naufal, D. D., H, T. Y. P., Nurmandi, A., & Fridayani, H. (2026). Low carbon transportation systems for sustainable urban infrastructure: Policy implementation and challenges in indonesia. *IOP*

- Conference Series: Earth and Environment.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1610/1/012005>
- Ngossaha, J. M., Tatang, K. N. F., Ngamby, L. B. N., Mfopou, A., & Tsakou, S. B. (2024). Integrating fuzzy multicriteria decision making approach for improving the quality of urban mobility services in developing countries. *Journal of Infrastructure Policy and Development*.
<https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.6183>
- Owoade, S. J., Uzoka, A., Akerele, J. I., & Ojukwu, P. U. (2024). Optimizing urban mobility with multi-modal transportation solutions: A digital approach to sustainable infrastructure. *Engineering Science & Technology Journal*.
<https://doi.org/10.51594/estj.v5i11.1729>
- Pojani, D., & Stead, D. (2015). Sustainable urban transport in the developing world: Beyond megacities. *Sustainability*.
<https://doi.org/10.3390/su7067784>
- Pratas, J., Garrido, S., & Pimentel, C. (2023). Sustainable inland waterway transportation systems: Framework proposal. *European Journal of Sustainable Development*.
<https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n4p40>
- Ramandei, L., & Wairata, J. (2026). Spatial planning challenges in eastern indonesia: Integrating traditional land management systems in papua's urban development. *Indonesian Journal of Society Development*.
<https://doi.org/10.55927/ijsd.v5i1.7>
- Riawan, W. (2018). Analisis pelayanan bus rapid transit kapasitas sedang pada sistem transportasi perkotaan. *Warta Penelitian Perhubungan*.
<https://doi.org/10.25104/WARLIT.V30I2.688>
- Sadeghpour, M., & Beyazit, E. (2024). The new frontier of urban mobility: A scenario-based analysis of autonomous vehicles adoption in urban transportation. *Transportation Planning and Technology*.
<https://doi.org/10.1080/03081060.2024.2367131>
- Saputra, I., Hatami, M. P., & Maharani, A. (2025). Transit-oriented development in emerging cities: A case study of railway station areas in bandung, indonesia. *Pena Teknik*.
<https://doi.org/10.51557/zer8bm80>
- Subkhan, M. F., & Taali, M. (2025). Challenges of developing environmentally friendly transportation infrastructure in urban areas. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*.
<https://doi.org/10.30988/jmil.v9i2.1735>
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Adipraja, P. F. E., & Indraswari, R. (2020). System dynamics simulation model for urban transportation planning: A case study. *International Journal of Simulation Modelling*.
<https://doi.org/10.2507/ijsimm19-1-493>
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Adipraja, P. F., Wibisono, A., & Dewi, L. P. (2020). Urban mobility modeling to reduce traffic congestion in surabaya: A system dynamics framework. <https://doi.org/10.1108/jm2-03-2019-0055>
- Timilsina, G. R., & Dulal, H. B. (2010). Urban road transportation externalities: Costs and choice of policy instruments. *The World Bank Research Observer*. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkq005>
- Vakulenko, K., Burko, D., & Sokolova, N. (2025). Traffic improvement in cities as a tool for sustainable urban transport. *Municipal Economy of Cities*.
<https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-434-441>
- Yulianto, B., & Setiono. (2019). Analysis of one-way system implementation with contraflow bus lane in supporting sustainable transportation program. *Journal of Physics: Conference Series*.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1376/1/012004>