



DOI: <https://doi.org/10.38035/jmpd.v4i3>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Smart City and Sustainability: Implementasi Smart Transportation di Kota Batam

Ayu Nurhayati Oktavia¹, Rizki Tri Anugrah Bhakti^{2*}, Dwi Afni Maileni³, Agus Riyanto⁴

¹Fakultas Hukum, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia. ayuoktaviaa@gmail.com

²Fakultas Hukum, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia. rizki.tri.ab@gmail.com

³Fakultas Hukum, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia. dwi.afni.maileni@gmail.com

⁴Fakultas Hukum, Universitas Riau Kepulauan, Batam, Indonesia. gus.ryant00@gmail.com

Corresponding Author: rizki.tri.ab@gmail.com²

Abstract: *This study analyzes the implementation of smart transportation as part of sustainable smart city development in Batam City. The study is grounded in the growing importance of intelligent transportation in addressing mobility, congestion, service efficiency, and environmental challenges in Batam as an industrial, trade, logistics, and cross-border urban area. This research employs a descriptive qualitative approach supported by normative analysis of national and local smart city policies, the Batam Smart City Masterplan, and the digitalization of public transportation services. The findings show that Batam has established a policy foundation and early practices of smart transportation, particularly through digital payment systems in Trans Batam services. However, the implementation has not yet developed into a fully integrated smart mobility ecosystem, as data integration, multimodal connectivity, real-time information, emission indicators, and collaborative governance remain insufficiently consolidated. This study argues that smart transportation should not be reduced to the adoption of digital technology, but should be understood as a mobility governance instrument that connects service efficiency, social inclusion, institutional coordination, and environmental accountability. The findings contribute to the development of smart sustainable city scholarship and provide strategic recommendations for strengthening inclusive, integrated, low-emission, and sustainable smart transportation in Batam City.*

Keyword: *Smart City; Smart Transportation; Sustainability; Urban Mobility; Batam*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi smart transportation sebagai bagian dari pengembangan smart city berkelanjutan di Kota Batam. Kajian ini berangkat dari pentingnya transportasi cerdas dalam menjawab persoalan mobilitas, kemacetan, efisiensi layanan, dan dampak lingkungan pada kota industri, perdagangan, logistik, dan kawasan lintas batas seperti Batam. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif yang diperkuat dengan analisis normatif terhadap kebijakan smart city nasional dan daerah, dokumen Masterplan Smart City Kota Batam, serta praktik digitalisasi layanan transportasi publik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Batam telah memiliki fondasi kebijakan dan

praktik awal smart transportation, terutama melalui digitalisasi pembayaran pada layanan Trans Batam. Namun, implementasi tersebut belum sepenuhnya membentuk ekosistem mobilitas cerdas karena integrasi data, konektivitas multimoda, informasi real-time, indikator emisi, dan tata kelola kolaboratif masih perlu diperkuat. Penelitian ini menegaskan bahwa smart transportation tidak dapat direduksi menjadi penggunaan teknologi digital, tetapi harus dipahami sebagai instrumen tata kelola mobilitas yang menghubungkan efisiensi layanan, inklusi sosial, koordinasi kelembagaan, dan akuntabilitas lingkungan. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan kajian smart sustainable city serta memberikan rekomendasi strategis bagi penguatan transportasi cerdas yang inklusif, terintegrasi, rendah emisi, dan berkelanjutan di Kota Batam.

Kata Kunci: Kota Pintar; Transportasi Pintar; Keberlanjutan; Mobilitas Perkotaan; Batam

PENDAHULUAN

Smart city berkembang dari agenda digitalisasi menjadi paradigma tata kelola perkotaan yang menuntut integrasi teknologi, keberlanjutan, efisiensi pelayanan dan kualitas hidup warga. Dalam literatur smart city sebagai kota yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, dituntut untuk mampu meningkatkan performa perkotaan, daya saing wilayah, serta kualitas layanan publik (Albino et al., 2015; Caragliu et al., 2011; Neirotti et al., 2014). Kota tidak cukup disebut cerdas hanya karena memiliki aplikasi digital, sistem informasi, sensor, atau platform layanan daring.

Kota cerdas identik dengan kemampuan dalam inovasi dan memperbaiki masalah secara substantif, seperti kemacetan, ketimpangan akses layanan, konsumsi energi, polusi udara dan emisi karbon. Karena itu, konsep smart city dipertautkan dengan gagasan smart and sustainable, yaitu menggunakan teknologi sebagai instrumen untuk mencapai pembangunan yang inklusif, rendah emisi, efisien dan berorientasi pada keberlanjutan sosial-ekologis (Ahvenniemi et al., 2017; Bibri & Krogstie, 2017; Yigitcanlar et al., 2019; Yigitcanlar & Kamruzzaman, 2018)

Dalam kerangka smart sustainable city, transportasi menjadi sektor strategis karena mobilitas berhubungan dengan produktivitas ekonomi, konsumsi energi, distribusi ruang dan akses terhadap layanan kota. Sistem transportasi yang tidak efisien menghasilkan kemacetan, pemborosan, peningkatan biaya, emisi karbon dan ketergantungan pada kendaraan pribadi. Sebaliknya, smart transportation berupaya mengintegrasikan teknologi digital, data mobilitas, transportasi publik, sistem pembayaran elektronik, manajemen lalu lintas, informasi real-time dan koordinasi antaraktor agar pergerakan manusia serta barang menjadi lebih efisien dan berkelanjutan.

Zawieska & Pieriegud (2018) menegaskan smart city menjadi instrumen dekarbonisasi transportasi apabila teknologi diarahkan untuk mengurangi emisi dan memperbaiki pola mobilitas. Lyons (2018) mengingatkan smart mobility harus dibaca bersama paradigma sustainable mobility, sebab mobilitas yang canggih secara teknologi belum tentu adil, inklusif, atau ramah lingkungan. Sementara itu, Banister (2008) menekankan perlunya pergeseran paradigma berbasis kelancaran kendaraan menuju mobilitas berkelanjutan yang mengutamakan aksesibilitas, efisiensi energi, keselamatan dan pengurangan dampak lingkungan.

Perdebatan akademik dalam smart transportation terletak pada relasi antara teknologi dan keberlanjutan. Sebagian studi memandang teknologi sebagai solusi terhadap kemacetan dan inefisiensi transportasi melalui intelligent transportation system, artificial intelligence, big data, Internet of Things dan integrasi moda transportasi. Namun, studi lain menekankan

teknologi tidak menghasilkan keberlanjutan ketika tidak didukung kapasitas, regulasi, pendanaan, partisipasi publik dan perubahan perilaku mobilitas.

Docherty et al (2018) menunjukkan smart mobility membutuhkan tata kelola yang memastikan inovasi digital menghasilkan nilai dan tidak sekedar pasar teknologi. Marsal-Llacuna et al (2015) menegaskan pentingnya indikator kinerja agar smart city tidak berhenti sebagai klaim simbolik; serta keberhasilan smart city ditentukan oleh strategi, tata kelola jejaring, kapasitas institusional dan keterlibatan aktor (Mora et al., 2019). Dengan demikian, smart transportation bukan hanya sekedar teknologi, melainkan teknologi yang memperbaiki tata kelola mobilitas, meningkatkan efisiensi transportasi publik dan mendukung agenda keberlanjutan kota.

Konteks negara berkembang membuat perdebatan tersebut semakin penting. implementasi smart city di negara berkembang menghadapi tantangan serius, seperti keterbatasan infrastruktur dasar, pembiayaan, kapasitas pemerintahan, kesenjangan digital, ekonomi informal dan lemahnya kerangka regulasi (Tan & Taeihagh, 2020). Oleh karena itu, analisis smart transportation perlu menghindari pendekatan teknokratis yang hanya menilai keberadaan perangkat digital dan harus bergerak ke arah evaluasi implementatif mengenai kesiapan infrastruktur, integrasi sistem, efektivitas layanan, partisipasi pemangku kepentingan dan kontribusi terhadap pengurangan dampak lingkungan.

Kota Batam merupakan lokus yang relevan untuk membaca persoalan tersebut; karena sebagai kawasan strategis dengan fungsi industri, perdagangan, jasa, logistik, pariwisata, investasi dan mobilitas lintas batas. Kedekatannya dengan Singapura dan Malaysia menjadikan Batam sebagai kota dengan intensitas mobilitas manusia, barang dan konektivitas kawasan yang signifikan. Pemerintah Kota Batam telah menyusun Masterplan Smart City yang mencakup enam dimensi utama: smart governance, smart branding, smart economy, smart living, smart society dan smart environment. Secara kebijakan, hal ini menunjukkan pembangunan smart city di Batam telah ditempatkan dalam kerangka lintas sektor. Namun, pertanyaan akademik adalah sejauh mana agenda tersebut diterjemahkan ke dalam implementasi smart transportation yang terintegrasi, efisien, inklusif dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

Kajian terdahulu tentang Batam telah menyinggung isu transportasi berkelanjutan; seperti pentingnya tata kelola dan kesiapan Batam dalam menerapkan transportasi berkelanjutan sebagai bagian dari smart mobility (Lodan et al., 2023; Sianturi & Dompok, 2023); serta kebijakan transportasi yang perlu diarahkan pada mobilitas berkelanjutan dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (Khairina et al., 2025). Meskipun demikian, studi-studi tersebut belum spesifik mengintegrasikan tiga dimensi utama dalam satu kerangka analisis, yaitu smart transportation, smart city dan sustainability. Dengan kata lain, masih terdapat kekosongan mengenai bagaimana teknologi digital transportasi bekerja dalam ekosistem smart city dan sejauh mana implementasinya berkontribusi terhadap efisiensi serta pengurangan dampak lingkungan perkotaan di Batam, Indonesia.

Research gap penelitian ini terletak pada terbatasnya kajian yang menempatkan smart transportation sebagai jembatan antara agenda smart city dan keberlanjutan perkotaan dalam konteks kota industri-kepulauan seperti Batam. Banyak penelitian smart city masih menekankan aspek digitalisasi dan inovasi layanan, sedangkan kajian transportasi berkelanjutan banyak menekankan aspek infrastruktur, transportasi publik dan kebijakan mobilitas. Keduanya belum banyak dipertemukan dalam analisis yang menilai hubungan antara integrasi teknologi, efisiensi mobilitas, tata kelola pemangku kepentingan dan dampak lingkungan secara simultan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengkaji keberadaan teknologi digital, tetapi juga menelaah kesiapan infrastruktur, integrasi sistem, kapasitas kelembagaan, keterlibatan aktor, efektivitas layanan dan orientasi ekologis dari kebijakan transportasi cerdas.

Penelitian ini menjawab pertanyaan. (i) bagaimana implementasi smart transportation dalam kerangka pengembangan smart city berkelanjutan di Kota Batam? (ii) sejauh mana teknologi digital transportasi mendukung efisiensi mobilitas dan integrasi layanan transportasi? (iii), bagaimana keterlibatan pemangku kepentingan dalam pengembangan smart transportation di Kota Batam? (iv), bagaimana kontribusi smart transportation terhadap pengurangan kemacetan, emisi karbon dan dampak lingkungan perkotaan? Dengan menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif, penelitian memberikan kontribusi pengembangan kajian smart sustainable city serta rekomendasi praktis bagi Pemerintah Kota Batam dalam mempercepat implementasi smart transportation yang inklusif, efisien, rendah emisi dan mendukung tata kelola kota cerdas yang berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan dukungan analisis normatif terhadap kebijakan smart city dan transportasi perkotaan. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian bukan menguji hubungan statistik antarvariabel, melainkan menjelaskan secara mendalam implementasi smart transportation dalam kerangka smart city berkelanjutan di Kota Batam. Kebijakan, infrastruktur, integrasi teknologi, kapasitas kelembagaan, keterlibatan pemangku kepentingan dan orientasi lingkungan dianalisis sebagai satu kesatuan tata kelola mobilitas perkotaan.

Data penelitian terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer melalui observasi terhadap layanan transportasi publik, pemanfaatan sistem digital transportasi, serta praktik mobilitas di titik-titik strategis Kota Batam. Selain itu, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan informan yang relevan, meliputi unsur pemerintah daerah, pengelola transportasi, pengguna layanan dan pemangku kepentingan terkait. Data sekunder melalui studi dokumen terhadap kebijakan smart city nasional, Masterplan Smart City Kota Batam, regulasi transportasi daerah, laporan kelembagaan, publikasi pemerintah dan artikel ilmiah. Analisis dokumen digunakan karena dokumen kebijakan mampu memperlihatkan arah regulasi, prioritas program dan logika implementasi yang membentuk praktik tata kelola transportasi cerdas (Bowen, 2009).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen, observasi dan wawancara. Studi dokumen diarahkan untuk menilai kesesuaian antara agenda smart city, kebijakan transportasi dan prinsip pembangunan berkelanjutan. Observasi digunakan untuk membaca kondisi faktual layanan, integrasi sistem, penggunaan teknologi dan hambatan mobilitas. Wawancara digunakan untuk menggali pemahaman aktor mengenai kesiapan infrastruktur, efektivitas digitalisasi, koordinasi kelembagaan dan kontribusi smart transportation terhadap efisiensi mobilitas serta pengurangan dampak lingkungan.

Data dianalisis melalui content analysis dan thematic analysis. Content analysis digunakan untuk mengidentifikasi substansi kebijakan, pola dan indikator implementasi transportasi cerdas (Elo & Kyngäs, 2008). Thematic analysis untuk menemukan integrasi teknologi, efisiensi layanan, kolaborasi aktor dan orientasi keberlanjutan (Braun & Clarke, 2006). Tahapan analisis meliputi reduksi data, kategorisasi, pengkodean tematik, interpretasi dan penarikan kesimpulan.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan teknik dengan membandingkan temuan dokumen, observasi dan wawancara. Penelitian menerapkan prinsip trustworthiness melalui konsistensi prosedur analisis, keterlacakan sumber data dan koherensi antara data empiris, teori, serta konteks kebijakan (Nowell et al., 2017). Kualitas penelitian diperkuat dengan relevansi topik, kecukupan data, ketepatan analisis dan kontribusi temuan bagi pengembangan smart transportation yang inklusif, efisien dan berkelanjutan di Kota Batam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan implementasi smart transportation di Kota Batam telah memasuki fase institusionalisasi awal, tetapi belum berkembang menjadi sistem mobilitas cerdas yang terintegrasi, berbasis data dan berorientasi kuat pada keberlanjutan lingkungan. Batam telah memiliki landasan kebijakan melalui Masterplan Smart City yang menempatkan transportasi dalam kerangka smart living, smart environment dan penguatan kualitas layanan perkotaan. Namun, keberadaan kebijakan tersebut belum otomatis menghasilkan transformasi mobilitas yang utuh. Smart transportation di Batam masih lebih tampak sebagai digitalisasi parsial pada layanan transportasi publik daripada sebagai ekosistem transportasi yang menyatukan data, rute, pembayaran, informasi perjalanan, pengendalian kemacetan dan indikator emisi dalam satu arsitektur tata kelola.

Secara konseptual, kondisi ini memperlihatkan adanya jarak antara smart city sebagai visi kebijakan dan smart transportation sebagai praktik implementatif. Dalam Masterplan Smart City, Batam telah mengarah pada pengembangan transportasi yang inklusif, terkoneksi dan mendukung mobilitas warga. Namun, hasil telaah menunjukkan target tersebut belum sepenuhnya diikuti oleh indikator kinerja yang mampu mengukur efisiensi mobilitas, perubahan perilaku pengguna, pengurangan kendaraan pribadi, atau kontribusi terhadap penurunan emisi. Kelemahan ini penting karena smart city tidak cukup dinilai dari keberadaan rencana aksi, tetapi dari kemampuan rencana tersebut menghasilkan perubahan tata kelola yang terukur. Sharifi (2019) menegaskan kelemahan smart city terletak pada lemahnya evaluasi keberlanjutan. Dalam konteks Batam, masterplan menyediakan arah, tetapi sistem penilaian performa smart transportation masih perlu diperjelas.

Bentuk implementasi yang paling nyata terlihat pada digitalisasi pembayaran transportasi publik. Layanan Trans Batam telah menggunakan pembayaran non-tunai melalui e-ticketing, kartu elektronik dan QRIS. Digitalisasi ini memiliki arti penting karena meningkatkan efisiensi transaksi, mengurangi penggunaan uang tunai, mempercepat proses layanan dan membuka kemungkinan pengolahan data perjalanan. Namun, digital payment tidak dipahami sebagai puncak smart transportation. Porru et al (2020) menekankan smart mobility mensyaratkan keterhubungan antara teknologi informasi, aksesibilitas layanan, kebutuhan pengguna dan efisiensi operasional. Dengan demikian, pembayaran digital di Batam baru menjadi fondasi awal menuju mobilitas cerdas. Agar lebih substantif, sistem tersebut harus dihubungkan dengan data penumpang, jadwal real-time, integrasi tarif, rencana perjalanan digital, evaluasi rute, serta respons layanan berbasis data.

Tabel 1. Status Implementasi Smart Transportation di Kota Batam

Dimensi	Kondisi Implementasi	Makna Analitik	Kebutuhan Penguatan
Kebijakan	Smart transportation masuk dalam agenda smart city	Arah normatif sudah tersedia	Indikator implementasi yang terukur
Digitalisasi layanan	QRIS, e-ticketing dan kartu elektronik pada Trans Batam	Digitalisasi transaksi mulai berjalan	Integrasi data perjalanan dan evaluasi rute
Integrasi moda	Masterplan mengarah pada konektivitas multimoda	Visi integrasi sudah muncul	Sinkronisasi rute, halte, pelabuhan, bandara dan kawasan industri
Inklusi	Perhatian terhadap akses kelompok rentan	Smart mobility mulai dibaca sebagai aksesibilitas	Audit aksesibilitas dan standar layanan inklusif
Lingkungan	Visi smart environment tersedia	Orientasi hijau masih bersifat normatif	Indikator emisi, energi dan perpindahan moda

Hasil penelitian memperlihatkan integrasi multimoda menjadi tantangan utama. Batam memiliki karakter mobilitas yang tidak sederhana karena kota ini berfungsi sebagai pusat industri, perdagangan, jasa, pariwisata, logistik, pelabuhan dan mobilitas lintas batas. Pola

perjalanan di Batam tidak hanya mencerminkan pergerakan warga dari rumah ke pusat kota, tetapi juga mobilitas pekerja industri, wisatawan, pengguna pelabuhan, pengguna bandara, pelaku usaha dan jaringan logistik. Dalam konteks ini, smart transportation tidak dipersempit menjadi modernisasi bus kota. Sistem transportasi cerdas harus mampu menghubungkan permukiman, kawasan industri, pusat pemerintahan, pelabuhan, bandara, kawasan wisata dan simpul ekonomi. Saif et al (2018) menunjukkan aksesibilitas transportasi publik merupakan faktor kunci dalam meningkatkan daya tarik transportasi massal. Apabila first-mile dan last-mile belum kuat, maka digitalisasi pembayaran tidak cukup mendorong masyarakat meninggalkan kendaraan pribadi.

Dari sisi tata kelola, implementasi smart transportation di Batam melibatkan banyak aktor. Dinas Perhubungan berperan dalam pengelolaan transportasi dan lalu lintas; Dinas Komunikasi dan Informasi mendukung infrastruktur digital; Bappelitbangda menghubungkan program dengan perencanaan pembangunan; operator transportasi menjalankan layanan; BP Batam berkaitan dengan konektivitas kawasan industri, pelabuhan, bandara dan aset strategis; sedangkan masyarakat menjadi pengguna dan penentu layanan. Kompleksitas ini menunjukkan smart transportation bukan kebijakan sektoral, melainkan agenda kolaboratif. Pereira et al (2018) menegaskan smart governance menjadi prasyarat utama smart city karena teknologi hanya menghasilkan nilai publik apabila didukung koordinasi aktor, interoperabilitas data dan kapasitas kelembagaan.

Tabel 2. Aktor dan Peran dalam Smart Transportation Batam

Aktor	Peran Strategis	Masalah Kritis	Penguatan yang Dibutuhkan
Dinas Perhubungan	Transportasi publik dan manajemen lalu lintas	Data layanan belum sepenuhnya terintegrasi	Dashboard smart mobility
Diskominfo	Infrastruktur digital dan sistem informasi	Interoperabilitas antarsistem belum kuat	Integrasi platform data kota
Bappelitbangda	Perencanaan dan evaluasi pembangunan	Indikator smart mobility belum detail	Sinkronisasi dengan RPJMD dan Renstra
BP Batam	Konektivitas kawasan strategis	Mobilitas industri dan logistik belum terhubung penuh	Integrasi kawasan ekonomi dengan transportasi publik
Operator	Pelaksanaan layanan	Kualitas layanan belum seragam	Standar layanan berbasis data
Masyarakat	Pengguna dan evaluator layanan	Preferensi kendaraan pribadi masih kuat	Insentif, kenyamanan dan literasi transportasi publik

Temuan berikutnya menunjukkan kontribusi smart transportation terhadap sustainability masih bersifat potensial. Digitalisasi layanan dapat memperbaiki efisiensi operasional, tetapi dampak ekologisnya hanya muncul apabila sistem tersebut mampu meningkatkan penggunaan transportasi publik, mengurangi kendaraan pribadi, memperbaiki manajemen lalu lintas dan mendukung armada rendah emisi. Bamwesigye & Hlavackova (2019) menegaskan transportasi berkelanjutan harus menyatukan dimensi ekonomi, sosial dan lingkungan. Dalam konteks Batam, orientasi ini belum sepenuhnya tampak karena indikator emisi, konsumsi energi transportasi, tingkat keterisian angkutan publik dan perpindahan moda belum menjadi basis evaluasi utama. Dengan kata lain, smart transportation di Batam belum dapat diklaim sebagai instrumen dekarbonisasi apabila belum memiliki ukuran dampak lingkungan yang eksplisit.

Kondisi tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan antara digitalisasi dan transformasi. Digitalisasi berarti penggunaan teknologi dalam layanan, sedangkan transformasi berarti perubahan cara kota mengelola mobilitas, mengambil keputusan, mengalokasikan sumber daya dan mengurangi dampak ekologis. Ma et al (2020) menunjukkan perubahan perilaku pengguna transportasi tidak hanya dipengaruhi oleh

promosi atau kemudahan pembayaran, tetapi oleh kualitas layanan, reliabilitas, kenyamanan dan desain insentif. Karena itu, smart transportation di Batam harus dikembangkan dari layanan digital menjadi sistem mobilitas yang mampu mengubah pilihan perjalanan masyarakat.

Tabel 3. Kesenjangan Implementasi Smart Transportation Batam

Aspek	Kondisi Saat Ini	Kesenjangan	Implikasi
Digitalisasi	Pembayaran non-tunai telah berjalan	Belum terhubung penuh dengan sistem data mobilitas	Efisiensi transaksi belum otomatis mengubah perilaku
Integrasi layanan	Arah multimoda ada dalam masterplan	Koneksi fisik dan digital belum kuat	Mobilitas masih terfragmentasi
Data kebijakan	Data layanan mulai terbentuk	Belum menjadi dasar real-time decision making	Kebijakan belum sepenuhnya evidence-based
Keberlanjutan	Visi hijau tersedia	Indikator emisi belum operasional	Dampak ekologis sulit dibuktikan
Perilaku pengguna	Transportasi publik tersedia	Daya tarik dibanding kendaraan pribadi masih terbatas	Perpindahan moda belum optimal

Dengan demikian, hasil penelitian menegaskan implementasi smart transportation di Batam berada dalam fase transisi. Batam telah memiliki fondasi kebijakan, digitalisasi pembayaran dan orientasi awal pada konektivitas serta inklusi. Namun, sistem tersebut belum sepenuhnya membentuk ekosistem mobilitas cerdas karena belum kuat dalam integrasi multimoda, interoperabilitas data, pengukuran keberlanjutan dan perubahan perilaku pengguna. Kebaruan hasil penelitian ini terletak pada penegasan smart transportation di Batam tidak dapat dibaca sebagai inovasi teknis transportasi, melainkan sebagai arena tata kelola yang mempertemukan teknologi, mobilitas, kelembagaan, perilaku dan akuntabilitas lingkungan.

Temuan penelitian memperkuat perdebatan smart transportation yang tidak direduksi menjadi digitalisasi layanan transportasi. Dalam banyak agenda smart city, teknologi sering diposisikan sebagai simbol kemajuan, seolah-olah penggunaan QRIS, aplikasi, sensor, atau sistem informasi secara otomatis membuat kota menjadi cerdas. Padahal, kecerdasan kota tidak terletak pada teknologi itu sendiri, melainkan pada kemampuan teknologi menghasilkan nilai publik. Nilai publik tersebut dapat berupa aksesibilitas yang lebih adil, transportasi publik yang lebih efisien, waktu tempuh yang lebih pasti, pengurangan kemacetan, penurunan emisi dan peningkatan kualitas hidup warga. Oleh karena itu, smart transportation harus dinilai melalui dampaknya terhadap tata kelola mobilitas, bukan hanya melalui keberadaan instrumen digital.

Perdebatan teknosentrisme dan keberlanjutan menjadi penting dalam membaca Batam. Pendekatan teknosentris melihat inovasi digital sebagai inti smart transportation, sementara pendekatan keberlanjutan menilai teknologi hanya bermakna apabila mampu mengubah sistem mobilitas. Docherty et al (2018) mengingatkan smart mobility membutuhkan tata kelola yang memastikan inovasi digital tidak hanya memperluas pasar teknologi, tetapi juga menghasilkan public value. Dalam konteks Batam, pembayaran digital Trans Batam memang memperbaiki aspek transaksi, tetapi belum menjamin integrasi, peningkatan penumpang, pengurangan kendaraan pribadi, atau penurunan emisi. Dengan demikian, problem utama bukan ketiadaan teknologi, melainkan belum optimalnya transformasi teknologi menjadi instrumen kebijakan mobilitas yang terukur.

Karakter Batam sebagai kota industri-kepulauan memperkuat argumen tersebut. Kota ini tidak memiliki pola mobilitas tunggal. Mobilitas Batam dibentuk oleh hubungan antara permukiman, kawasan industri, pelabuhan, bandara, pusat perdagangan, kawasan wisata dan jaringan logistik. Kondisi ini berbeda dari kota yang struktur mobilitasnya lebih

terkonsentrasi pada pusat pemerintahan atau kawasan komersial tunggal. Karena itu, smart transportation di Batam harus dirancang sebagai sistem konektivitas kawasan, bukan hanya sistem angkutan penumpang. Nugroho et al (2020) menunjukkan perkembangan layanan mobilitas digital di kota-kota Indonesia tidak dapat dilepaskan dari struktur kota, kebutuhan pengguna dan dinamika transportasi informal. Dalam konteks Batam, penguatan smart transportation perlu mempertimbangkan hubungan antara transportasi publik formal, mobilitas industri, layanan informal dan kebutuhan last-mile.

Isu keberlanjutan juga menuntut pembacaan yang lebih ketat. Smart transportation sering diasumsikan ramah lingkungan karena menggunakan teknologi digital, padahal teknologi digital tidak otomatis menurunkan emisi. Emisi berkurang jika terjadi perubahan nyata pada pola perjalanan, efisiensi rute, tingkat keterisian angkutan, konsumsi energi dan manajemen lalu lintas. Lopez-Arboleda et al (2019) menunjukkan transformasi transportasi rendah emisi membutuhkan model yang mengintegrasikan teknologi, kebijakan dan infrastruktur. Dengan demikian, apabila Batam ingin menempatkan smart transportation sebagai bagian dari sustainability, pemerintah kota perlu mengembangkan indikator emisi transportasi, energi armada, tingkat perpindahan moda dan kualitas udara sebagai bagian dari evaluasi smart city.

Dari sisi tata kelola, penelitian ini menunjukkan smart transportation membutuhkan koordinasi kelembagaan yang lebih dalam. Dinas Perhubungan tidak dapat bekerja sendiri karena data, infrastruktur digital, tata ruang, kawasan industri, pembiayaan dan perilaku pengguna berada di bawah pengaruh banyak aktor. Pereira et al. (2018) menekankan smart governance merupakan dimensi penting smart city karena teknologi membutuhkan koordinasi lintas lembaga. Koordinasi tersebut perlu melibatkan Dishub, Diskominfo, Bappelitbangda, BP Batam, operator transportasi, penyedia sistem pembayaran, komunitas pengguna dan sektor swasta. Tanpa tata kelola kolaboratif, smart transportation terpecah menjadi program sektoral yang berjalan sendiri-sendiri.

Kebaruan penelitian terletak pada tawaran model implementasi yang menempatkan smart transportation sebagai simpul antara digitalisasi, efisiensi mobilitas dan akuntabilitas lingkungan. Model berangkat dari kritik terhadap pendekatan yang hanya menilai smart transportation dari sisi teknologi. Dalam model ini, digitalisasi bukan tujuan akhir, melainkan prasyarat untuk membangun sistem mobilitas berbasis data. Efisiensi mobilitas bukan hanya berarti perjalanan lebih cepat, tetapi juga akses yang lebih merata dan penggunaan transportasi publik yang lebih rasional. Akuntabilitas lingkungan berarti setiap inovasi transportasi harus dapat dihubungkan dengan indikator emisi, energi dan kualitas udara. Dengan demikian, smart transportation harus bergerak dari proyek digital menuju instrumen tata kelola berkelanjutan.

Tabel 4. Model Analitik Smart Transportation Berkelanjutan di Kota Batam

Pilar	Orientasi	Indikator Kunci	Kontribusi
Integrasi digital	Data layanan saling terhubung	Data penumpang, rute, jadwal, transaksi, keluhan	Kebijakan berbasis bukti
Efisiensi mobilitas	Transportasi publik lebih menarik dan terkoneksi	Waktu tunggu, waktu tempuh, keterisian, akses halte	Pengurangan kendaraan pribadi
Inklusi sosial	Layanan dapat digunakan kelompok rentan	Akses disabilitas, lansia, pelajar, pekerja	Mobilitas lebih adil
Akuntabilitas lingkungan	Dampak ekologis dapat diukur	Emisi, konsumsi energi, kualitas udara	Kota rendah karbon
Tata kelola kolaboratif	Aktor bekerja dalam sistem yang sama	Forum data, evaluasi berkala, interoperabilitas	Implementasi lebih konsisten

Model tersebut memberikan kontribusi teoretis pada kajian smart sustainable city. Jika smart city menempatkan transportasi sebagai salah satu dimensi teknis, penelitian ini

menunjukkan transportasi menjadi medan uji utama keberlanjutan kota. Sebuah kota dapat memiliki banyak aplikasi digital, tetapi tetap gagal menjadi smart sustainable city apabila mobilitasnya masih boros energi, terfragmentasi, tidak inklusif dan tidak berbasis data. Dengan kata lain, smart transportation menjadi indikator kritis untuk menilai apakah smart city benar-benar menghasilkan perubahan ekologis dan sosial, atau hanya menghadirkan modernisasi permukaan.

Implikasi praktis penelitian ini adalah perlunya pergeseran orientasi kebijakan Batam dari digitalisasi parsial menuju ekosistem mobilitas cerdas. Pemerintah Kota Batam perlu membangun dashboard smart mobility yang mengintegrasikan data penumpang, rute, transaksi, keluhan, titik kemacetan dan estimasi emisi. Selain itu, integrasi Trans Batam dengan pelabuhan, bandara, kawasan industri, pusat permukiman dan pusat layanan kota perlu diperkuat. Kebijakan transportasi juga harus dilengkapi dengan insentif penggunaan transportasi publik, audit aksesibilitas dan indikator smart environment. Dengan strategi tersebut, smart transportation tidak hanya menjadi tanda modernisasi layanan, tetapi menjadi instrumen konkret untuk membangun Kota Batam yang lebih efisien, inklusif dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Implementasi smart transportation di Kota Batam telah menunjukkan arah transformasi menuju tata kelola mobilitas perkotaan yang lebih digital, tetapi belum sepenuhnya membentuk ekosistem transportasi cerdas yang terintegrasi, berbasis data, inklusif, dan berorientasi kuat pada keberlanjutan lingkungan. Fondasi kebijakan telah tersedia melalui Masterplan Smart City Kota Batam dan praktik digitalisasi layanan Trans Batam, terutama melalui sistem pembayaran non-tunai seperti e-ticketing, kartu elektronik, dan QRIS. Namun, temuan penelitian menegaskan bahwa digitalisasi layanan belum dapat disamakan dengan smart transportation secara substantif apabila belum terhubung dengan integrasi rute, informasi perjalanan real-time, sinkronisasi tarif, evaluasi pola mobilitas, serta pengukuran dampak terhadap kemacetan dan emisi perkotaan.

Tantangan smart transportation di Batam tidak terletak pada absennya teknologi, melainkan pada belum optimalnya kemampuan teknologi tersebut untuk menjadi instrumen tata kelola mobilitas yang adaptif. Digitalisasi pembayaran telah memperbaiki efisiensi transaksi dan membuka peluang pengelolaan data perjalanan, tetapi manfaatnya masih terbatas apabila tidak diikuti oleh integrasi data antarlembaga, peningkatan kualitas transportasi publik, penguatan first-mile dan last-mile, serta kebijakan yang mendorong perpindahan dari kendaraan pribadi ke transportasi umum. Dalam konteks Batam sebagai kota industri, perdagangan, logistik, pariwisata, dan kawasan lintas batas, smart transportation perlu dirancang sebagai sistem konektivitas kawasan, bukan hanya modernisasi layanan angkutan perkotaan.

Secara teoretik, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian smart sustainable city dengan menempatkan smart transportation sebagai simpul analitis antara teknologi digital, efisiensi mobilitas, tata kelola kolaboratif, dan akuntabilitas lingkungan. Penelitian ini menegaskan bahwa kecerdasan transportasi tidak cukup diukur dari penggunaan perangkat digital, tetapi dari kapasitas sistem transportasi untuk menghasilkan nilai publik berupa aksesibilitas, efisiensi, inklusi, keselamatan, dan pengurangan dampak ekologis. Dengan demikian, penelitian ini memperluas pembacaan smart city dari pendekatan teknosentris menuju pendekatan tata kelola sosio-teknis yang lebih substantif.

Secara praktis, penelitian memberikan dasar bagi Pemerintah untuk memperkuat implementasi smart transportation melalui pembangunan dashboard smart mobility, integrasi data transportasi lintas perangkat daerah, penguatan konektivitas Trans Batam dengan pelabuhan, bandara, kawasan industri, pusat permukiman, dan pusat layanan kota. Selain itu,

diperlukan indikator kinerja yang menghubungkan layanan transportasi dengan target smart environment, seperti tingkat keterisian angkutan publik, waktu tunggu, waktu tempuh, perpindahan moda, konsumsi energi, dan estimasi emisi. Implikasi kebijakan dari penelitian ini adalah perlunya menggeser orientasi smart transportation dari digitalisasi parsial menuju ekosistem mobilitas berkelanjutan yang terukur, kolaboratif, dan responsif terhadap karakter Batam sebagai kota strategis.

Penelitian ini juga mengimplikasikan keberhasilan smart transportation membutuhkan sinergi antarpemangku kepentingan, terutama Dinas Perhubungan, Diskominfo, Bappelitbangda, BP Batam, operator transportasi, penyedia sistem pembayaran, sektor swasta, dan masyarakat pengguna. Ke depan, penelitian lanjutan dapat memperkuat temuan ini melalui pengukuran kuantitatif terhadap dampak smart transportation pada perubahan perilaku perjalanan, penurunan emisi, dan kualitas layanan transportasi publik. Dengan demikian, smart transportation di Batam dapat berkembang dari simbol modernisasi layanan menjadi instrumen nyata pembangunan kota yang efisien, inklusif, rendah emisi, dan berkelanjutan.

REFERENS

- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of Sustainable Transport for Smart Cities. *Sustainability*, 11(7), 2140. <https://doi.org/10.3390/su11072140>
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>
- Bowen, G. A. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Docherty, I., Marsden, G., & Anable, J. (2018). The governance of smart mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 115, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.012>
- Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107–115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x>
- Khairina, E., Salsabila, L., & Lodan, K. T. (2025). Sustainable Mobility: Overview of Public Policy in Transportation Development in Batam City Towards Sustainable Development Goals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1475(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1475/1/012027>
- Lodan, K. T., Khairina, E., Dompak, T., Salsabila, L., & Fathani, A. T. (2023). Readiness of the Batam City Government in implementing sustainable transportation. *Masyarakat, Kebudayaan Dan Politik*, 36(2), 246–259. <https://doi.org/10.20473/mkp.V36I22023.246-259>
- Lopez-Arboleda, E., Sarmiento, A. T., & Cardenas, L. M. (2019). Systematic Review of

- Integrated Sustainable Transportation Models for Electric Passenger Vehicle Diffusion. *Sustainability*, 11(9), 2513. <https://doi.org/10.3390/su11092513>
- Lyons, G. (2018). Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 115, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.001>
- Ma, Z., Koutsopoulos, H. N., Liu, T., & Basu, A. A. (2020). Behavioral response to promotion-based public transport demand management: Longitudinal analysis and implications for optimal promotion design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 356–372. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.027>
- Marsal-Llacuna, M.-L., Colomer-Llinàs, J., & Meléndez-Frigola, J. (2015). Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.012>
- Mora, L., Deakin, M., & Reid, A. (2019). Strategic principles for smart city development: A multiple case study analysis of European best practices. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 70–97. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.035>
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>
- Nowell, B., Bodkin, C. P., & Bayoumi, D. (2017). Redundancy as a strategy in disaster response systems: A pathway to resilience or a recipe for disaster? *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 25(3), 123–135. <https://doi.org/10.1111/1468-5973.12178>
- Nugroho, S. B., Zusman, E., & Nakano, R. (2020). Explaining the spread of online taxi services in Semarang, Bogor and Bandung, Indonesia; a discrete choice analysis. *Travel Behaviour and Society*, 20, 358–369. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.04.008>
- Pereira, G. V., Parycek, P., Falco, E., & Kleinhans, R. (2018). Smart governance in the context of smart cities: A literature review. *Information Polity*, 23(2), 143–162. <https://doi.org/10.3233/IP-170067>
- Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(1), 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.10.002>
- Saif, M. A., Zefreh, M. M., & Torok, A. (2018). Public Transport Accessibility: A Literature Review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(1), 36–43. <https://doi.org/10.3311/PPtr.12072>
- Sharifi, A. (2019). A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1269–1283. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.172>
- Sianturi, R., & Dompok, T. (2023). Efektivitas Inovasi Pelayanan Transportasi Trans Batam Berbasis E-Government oleh Dinas Perhubungan Kota Batam. *SCIENTIA JOURNAL : Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 5(5). <https://doi.org/10.33884/scientiajournal.v5i5.7567>
- Tan, S., & Taeihagh, A. (2020). Smart City Governance in Developing Countries: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(3), 899. <https://doi.org/10.3390/su12030899>
- Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2018). Does smart city policy lead to sustainability of cities? *Land Use Policy*, 73, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.034>
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*, 45, 348–365.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.033>

Zawieska, J., & Pieriegud, J. (2018). Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation. *Transport Policy*, 63, 39–50.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.11.004>