

PENCEMARAN UDARA AKIBAT EMISI ASAP HITAM BRT TRANS SEMARANG DALAM PERSPEKTIF *SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES*

Kanaia Brahmantia Hermanu¹, Mella Amanda Nuraini², Naila Praba Kirana³, Jelita Tibyana Shidqy⁴,
Muhammad Adymas Hikal Fikri⁵

Ilmu Hukum, Universitas Negeri Semarang, Semarang

E-mail: *nayhermanu@students.unnes.ac.id¹, mellaamanda@students.unnes.ac.id²,
nailapraba@students.unnes.ac.id³, tibyanajelita@students.unnes.ac.id⁴, hikal@mail.unnes.ac.id⁵

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pertanggungjawaban hukum atas pencemaran udara akibat emisi asap hitam BRT Trans Semarang serta merumuskan solusi kebijakan berbasis prinsip *Sustainable Cities and Communities* (SDGs 11). BRT Trans Semarang sebagai tulang punggung transportasi publik Kota Semarang justru terindikasi menghasilkan emisi asap hitam yang mencemari udara, sehingga menimbulkan paradoks antara misi transportasi berkelanjutan dengan realitas pencemaran lingkungan yang ditimbulkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain kajian yuridis normatif, tanpa melibatkan responden secara langsung. Data dikumpulkan melalui studi kepustakaan yang bersumber dari artikel ilmiah, jurnal akademik, peraturan perundang-undangan terutama UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, serta dianalisis dengan teknik analisis deskriptif-kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi asap hitam armada BRT Trans Semarang berpotensi melanggar baku mutu emisi yang berlaku dan mengindikasikan lemahnya pengawasan operator maupun pemerintah daerah, yang bertentangan dengan prinsip SDGs 11.6 mengenai pengurangan dampak lingkungan negatif perkotaan. Penelitian ini berkontribusi dalam memperkuat kerangka hukum penegakan standar emisi transportasi publik dan mendorong integrasi prinsip *green transportation*. Disimpulkan bahwa diperlukan reformasi regulasi, pengetatan uji emisi berkala, serta sinergi antara operator, pemerintah daerah, dan masyarakat guna mewujudkan transportasi publik Kota Semarang yang berkelanjutan. Penelitian ini juga membuka peluang kajian lanjutan mengenai komparasi penegakan hukum emisi transportasi publik lintas kota di Indonesia.

Kata kunci

Pencemaran, BRT, Emisi, Lingkungan, SDGs 11

ABSTRACT

This study aims to analyze legal liability for air pollution caused by black smoke emissions from Trans Semarang BRT and to formulate policy solutions grounded in the principles of Sustainable Cities and Communities (SDGs 11). Trans Semarang Bus Rapid Transit (BRT), designated as the backbone of Semarang's public transportation system, has paradoxically been indicated as a source of black smoke emissions that contribute to urban air pollution, thereby creating a fundamental contradiction between its sustainable transportation mandate and its adverse environmental impact. This study employs a qualitative approach with a normative legal design, without directly involving respondents or participants. Data were collected through library research drawing upon peer-reviewed articles, academic journals, and prevailing legislation, most notably Law Number 32 of 2009 on Environmental Protection and Management, and analyzed using descriptive-qualitative techniques. The findings reveal that black smoke emissions from the Trans Semarang BRT fleet potentially violate applicable emission quality standards, indicating systemic weakness in the supervisory functions of both operator and local government authorities, which is normatively inconsistent with SDGs 11.6 on reducing adverse urban environmental impacts. This study contributes to strengthening the legal framework for enforcing public transportation emission standards and advancing the integration of green transportation principles into BRT governance. It is concluded that regulatory reform, periodic emission testing

enforcement, and collaborative synergy among operators, local governments, and communities are imperative to realizing a genuinely sustainable public transportation system in Semarang. This study further opens avenues for comparative research on public transit emission law enforcement across Indonesian cities.

Keywords

Pollution, BRT, Emissions, Environment, SDGs 11

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan wilayah perkotaan yang pesat menuntut adanya sistem transportasi publik yang efisien untuk mendukung mobilitas penduduk tanpa mengabaikan kelestarian lingkungan. Kota Semarang, sebagai salah satu metropolitan di Indonesia, telah mengimplementasikan *Bus Rapid Transit* (BRT) Trans Semarang sebagai upaya menyediakan transportasi massal yang terjangkau. Keberadaan transportasi massal ini merupakan manifestasi dari tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), yaitu *Sustainable Cities and Communities*, yang menekankan pada akses sistem transportasi yang aman dan berkelanjutan. Namun, dalam operasionalnya, fenomena emisi asap hitam dari armada BRT Trans Semarang masih menjadi persoalan serius yang mengancam kualitas udara perkotaan. Polusi udara dari emisi gas buang kendaraan bermotor mengandung zat berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang secara langsung berdampak buruk pada kualitas lingkungan. Keberadaan polutan dari transportasi massal ini memiliki korelasi erat terhadap penurunan derajat kesehatan masyarakat. Di Indonesia, kondisi pencemaran udara di wilayah perkotaan telah mencapai taraf yang mengkhawatirkan, di mana konsentrasi partikel halus PM2.5 di sejumlah kota besar Indonesia secara konsisten melampaui ambang batas aman yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO), menjadikan sektor transportasi sebagai kontributor utama polutan berbahaya di samping sektor industri. Hal ini menciptakan tantangan besar dalam mewujudkan kota yang benar-benar ramah lingkungan karena kegagalan kontrol emisi justru menciptakan sumber pencemaran baru (Fikri, Novita and Gusthomi, 2023). Paparan jangka panjang terhadap PM2.5 yang bersumber dari emisi kendaraan bermotor terbukti secara ilmiah meningkatkan risiko penyakit pernapasan seperti asma dan pneumonia, khususnya pada populasi rentan seperti anak-anak dan lansia yang tinggal di kawasan perkotaan dengan kepadatan lalu lintas tinggi. Kondisi ini diperparah oleh lemahnya penegakan pengujian emisi berkala pada armada angkutan umum, padahal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 8 Tahun 2023 secara tegas mewajibkan setiap kendaraan bermotor yang telah beroperasi lebih dari tiga tahun untuk memenuhi baku mutu emisi yang berlaku. Kondisi ini menggambarkan paradoks nyata dalam tata kelola transportasi perkotaan, di mana armada yang seharusnya menjadi solusi mobilitas berkelanjutan justru turut memperburuk kualitas udara akibat lemahnya mekanisme pengawasan dan perawatan kendaraan. Penegakan regulasi emisi yang tidak konsisten mencerminkan kesenjangan serius antara komitmen kebijakan lingkungan hidup dan implementasinya di lapangan (Mayzura Kamila Sukma, Febyola Alistya Senoaji and Kezia Ananda Restu, 2024). Dampak kesehatan dari pencemaran udara akibat emisi kendaraan juga telah terdokumentasi secara ilmiah, di mana paparan gas buang diesel dalam jangka panjang dikaitkan dengan peningkatan prevalensi penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), asma kronis, hingga gangguan kardiovaskuler pada masyarakat yang tinggal di sekitar koridor transportasi padat (Faradila *et al.*, 2025). Kondisi ini secara langsung berimplikasi pada hak konstitusional warga negara atas lingkungan hidup yang baik dan sehat sebagaimana dijamin dalam Pasal 28H ayat (1) UUD 1945, sehingga persoalan emisi

kendaraan angkutan umum tidak dapat semata-mata dipandang sebagai isu teknis operasional, melainkan juga sebagai persoalan keadilan lingkungan yang menuntut respons hukum dan kebijakan yang tegas (Makarim, 2023).

Pencemaran udara telah menjadi salah satu ancaman lingkungan paling serius, di mana meningkatnya konsentrasi polutan di atmosfer perkotaan berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat dan keseimbangan ekosistem. Pencemaran udara adalah kondisi masuknya unsur kimia, fisik, maupun biologis ke atmosfer dalam kadar yang melebihi ambang batas standar kualitas, sehingga dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, dan menyebabkan kerusakan pada ekosistem dan properti. Dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) menjelaskan bahwa pencemaran udara terjadi akibat masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke udara ambien oleh aktivitas manusia yang mengakibatkan penurunan kualitas udara hingga titik dimana udara tidak lagi dapat berfungsi secara optimal. Di Indonesia, sumber utama pencemaran udara berasal dari emisi kendaraan bermotor, terutama di wilayah perkotaan, dengan kontribusi sekitar 60-70% dari total emisi polutan (Zahara, Ade Rita Suryani Siregar and Marniati Marniati, 2025). Seiring dengan berkembangnya infrastruktur di wilayah perkotaan, pertumbuhan perekonomian masyarakat juga mengalami peningkatan yang ditandai dengan bertambahnya jumlah penggunaan transportasi umum (Dyana *et al.*, 2025). Namun, perkembangan transportasi tidak selalu sejalan dengan kualitas lingkungan yang baik jika tidak disertai dengan pengendalian emisi yang memadai. Dalam menunjang keberlangsungan hidup manusia, udara menjadi salah satu komponen utama yang mendukung kehidupan manusia, sehingga kebersihan dan kualitasnya perlu dijaga. Udara bersih adalah udara yang bebas dari zat atau material berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan dan fungsi organ manusia. Jika kualitas udara menurun akibat polusi, dampaknya akan dirasakan tidak hanya pada kesehatan manusia tetapi juga pada keseimbangan lingkungan secara keseluruhan.

Dalam perspektif hukum dan kebijakan, penegakan regulasi terhadap ambang batas emisi menjadi kunci utama. Pembangunan kota yang berkelanjutan tidak hanya membutuhkan ketersediaan infrastruktur, tetapi juga komitmen kuat dalam implementasi pengawasan lingkungan. Secara umum, pencemaran udara perkotaan disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berkaitan, mulai dari tingginya volume kendaraan bermotor berbahan bakar fosil, kondisi mesin yang tidak terawat, penggunaan bahan bakar berkualitas rendah, hingga lemahnya mekanisme uji emisi berkala yang seharusnya menjadi instrumen kontrol pemerintah. Problematika pengawasan ini seringkali menjadi hambatan utama dalam mengimplementasikan regulasi hukum secara efektif demi menghadapi berbagai ancaman terhadap kelestarian lingkungan hidup di Indonesia (Arifin and Niravita, 2025). Oleh karena itu, pembaharuan regulasi serta perlindungan terhadap hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat harus tetap menjadi prioritas utama demi menjamin keadilan lingkungan bagi warga kota. Keberadaan BRT Trans Semarang tidak dapat dilepaskan dari kerangka *Sustainable Cities and Communities* (SDGs 11) yang secara eksplisit mengamanatkan penyediaan sistem transportasi yang aman, terjangkau, inklusif, dan berkelanjutan bagi seluruh lapisan masyarakat pada tahun 2030. Sistem BRT pada dasarnya dirancang sebagai instrumen strategis untuk menekan penggunaan kendaraan pribadi, mengurangi emisi karbon, sekaligus meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi mobilitas masyarakat perkotaan, sehingga secara langsung mendukung target SDGs 11.2 terkait penyediaan transportasi massal yang berkelanjutan. Lebih jauh, SDGs 11.6 menegaskan pentingnya pengurangan

dampak lingkungan negatif di perkotaan, termasuk pengendalian kualitas udara yang erat kaitannya dengan emisi kendaraan angkutan umum. Keterkaitan antara transportasi publik dan pencapaian SDGs 11 ini menuntut adanya sinergi yang kuat antara kebijakan operasional BRT, regulasi emisi, serta komitmen pemerintah daerah dalam menegakkan standar lingkungan yang berlaku guna mewujudkan kota Semarang yang sehat dan berkelanjutan (Bhamatika *et al.*, 2025).

Fenomena asap hitam yang keluar pada armada BRT menunjukkan bahwa transportasi umum tidak selalu identik dengan konsep ramah lingkungan jika pengelolaan armada dan perawatan kendaraan belum dilakukan secara optimal. Dalam konteks *Sustainable Cities and Communities*, transformasi umum memang bertujuan untuk menciptakan mobilitas perkotaan yang aman, inklusif, dan berkelanjutan. Namun, penggunaan kendaraan berbahan bakar diesel yang menghasilkan emisi pekat justru dapat memperburuk kualitas udara perkotaan dan mengancam kesehatan masyarakat. Penelitian di Indonesia mengungkapkan bahwa debu dan asap buangan dari kendaraan transportasi umum berbahan bakar diesel secara nyata berdampak pada peningkatan kasus hipertensi dan gangguan pernapasan, terutama pada warga lanjut usia yang tinggal di sepanjang jalur operasional kendaraan tersebut (Sa'diah and Sudarti, 2022). Oleh karena itu, penilaian risiko terhadap operasional transportasi umum harus mempertimbangkan seluruh kemungkinan dampak yang akan timbul, termasuk risiko pencemaran udara akibat emisi kendaraan dan konsekuensinya terhadap kesehatan masyarakat serta kualitas lingkungan perkotaan. Selain itu, partisipasi masyarakat dalam proses pengambilan keputusan perlu didorong dan dihargai agar keluhan, kekhawatiran, dan masukan mengenai kualitas layanan dan dampak lingkungan dari transportasi umum dapat diakomodasi secara efektif (Mayaka *et al.*, 2025). Dengan demikian, kebijakan transformasi umum tidak hanya harus berorientasi pada peningkatan mobilitas masyarakat, tetapi juga benar-benar mendukung terwujudnya kota yang sehat, berkelanjutan, dan selaras dengan SDGs 11.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode yuridis normatif dengan pendekatan perundang-undangan (*statute approach*). Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (*library research*) dengan menelaah bahan hukum primer berupa Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan lain sebagainya. Didukung dengan bahan sekunder berupa jurnal ilmiah, buku teks, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan. Data terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif-kualitatif guna menjawab rumusan masalah dan merumuskan rekomendasi kebijakan yang berorientasi pada prinsip *green transportation* dan pembangunan kota berkelanjutan. Adapun keterbatasan penelitian ini terletak pada tidak dilibatkannya responden secara langsung dan tidak dilakukannya pengujian empiris melalui pengumpulan data di lapangan, sehingga temuan bersifat normatif-analitis yang memberikan gambaran sistematis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep *Sustainable Cities and Communities* terhadap Penggunaan Transportasi Umum BRT di Wilayah Perkotaan

Pencemaran udara muncul sebagai hambatan krusial dalam merealisasikan kota-kota berkelanjutan, di mana eskalasi aktivitas transportasi, industri, dan urbanisasi memicu emisi polutan yang secara langsung merusak ekosistem serta kesehatan publik. Sebagaimana diuraikan dalam artikel "*Navigating the Impact of Climate Change in India: A Perspective on Climate Action (SDG13) and Sustainable Cities and Communities (SDG11)*" terdapat interkoneksi mendalam antara perubahan iklim dan degradasi udara, terutama di zona urban dengan konsumsi energi fosil yang intensif. Fenomena ini mengakibatkan akumulasi polutan seperti PM2.5, *black carbon*, dan gas-gas toksik lainnya. hal ini tidak hanya menurunkan kualitas udara perkotaan, tetapi juga menghambat pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 11 mengenai kota dan komunitas berkelanjutan. Dalam konteks transportasi perkotaan, emisi asap hitam dari kendaraan berbahan bakar diesel menjadi salah satu penyumbang utama pencemaran udara. Kendaraan angkutan umum seperti *Bus Rapid Transit* (BRT) yang menggunakan bahan bakar fosil menghasilkan partikulat dan gas buang yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara di wilayah perkotaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem transportasi publik yang seharusnya mendukung konsep kota berkelanjutan justru dapat menjadi sumber pencemaran apabila tidak disertai pengawasan emisi dan penggunaan teknologi ramah lingkungan. Oleh sebab itu, pengendalian emisi kendaraan menjadi langkah penting dalam mendukung pembangunan kota yang sehat dan berkelanjutan (Hussain *et al.*, 2024).

Dalam artikel yang disusun oleh Sengupta and Sengupta (2022), dijelaskan bahwa perkembangan urbanisasi yang pesat sering kali memunculkan berbagai persoalan seperti kepadatan penduduk, kemacetan, pencemaran udara, ketimpangan sosial, dan menurunnya kualitas lingkungan perkotaan. Oleh karena itu, SDG 11 muncul sebagai upaya global untuk mendorong pembangunan kota yang lebih ramah lingkungan serta berorientasi pada kesejahteraan masyarakat. Dalam implementasinya, konsep *smart city* dipandang sebagai salah satu pendekatan yang dapat mendukung pencapaian SDG 11 melalui pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan transportasi, energi, dan layanan publik secara efisien. Selain menggarisbawahi modernisasi urban, SDG 11 juga secara inheren terhubung dengan konsep *environmental justice* atau keadilan lingkungan. Artikel tersebut menegaskan bahwa cara pandang pembangunan kota yang berfokus semata pada inovasi teknologi dan pengembangan ekonomi berisiko menimbulkan eksternalitas negatif jika mengabaikan prinsip keberlanjutan ekologis. Pertambahan aktivitas industri serta transportasi di kawasan perkotaan cenderung memperparah degradasi udara dan merendahkan kesejahteraan sosial. Dengan demikian, urbanisasi berkelanjutan harus diintegrasikan dengan strategi mitigasi emisi, pengembangan transportasi publik berbasis ekologi, serta perencanaan spasial yang memprioritaskan integritas kualitas udara dan kesehatan komunal.

Transportasi publik memiliki peran penting strategis dalam mendorong urbanisasi berkelanjutan, sebab mampu memitigasi kemacetan, efisiensi energi, serta mengurangi risiko pencemaran udara di ekosistem perkotaan. Dalam artikel yang berjudul "*Transit-Oriented Development: Towards Achieving Sustainable Transport and Urban Development in Jakarta Metropolitan, Indonesia*" menggabungkan konsep *Transit-Oriented Development* sebagai kerangka integratif antara infrastruktur transportasi dan

perencanaan tata wilayah perkotaan yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi mobilitas sekaligus mengurangi jejak ekologis. Pengembangan zona orientasi transit secara esensial mengarahkan pergeseran perilaku masyarakat dari ketergantungan pada kendaraan pribadi ke transportasi massal, sehingga meminimalisir penumpukan lalu lintas dan emisi karbon di lingkungan perkotaan. Transportasi publik yang terintegrasi dengan pembangunan tata wilayah kota dapat meningkatkan aksesibilitas masyarakat terhadap pusat kegiatan ekonomi, pendidikan, dan layanan publik. Sistem transportasi publik yang baik juga membantu menciptakan kota yang lebih tertata melalui pembangunan kawasan dengan kepadatan tinggi, ramah pejalan kaki, serta memiliki fungsi ruang publik (*mixed-use development*). Pendekatan ini dinilai penting dalam mendukung efisiensi mobilitas masyarakat sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap kendaraan pribadi yang menjadi salah satu penyebab utama pencemaran udara di kota besar (Hasibuan and Mulyani, 2022).

Pengembangan transportasi publik yang berkelanjutan memiliki keterkaitan intrinsik dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama SDG 11 mengenai kota dan permukiman layak huni. Sistem transportasi umum yang optimal mampu mendukung upaya pemerintah dalam melakukan mitigasi emisi gas rumah kaca, meningkatkan integritas udara, serta membentuk ekosistem urban yang lebih sehat dan *livable*. Transportasi berkelanjutan merupakan konsep pembangunan sistem mobilitas yang tidak hanya berorientasi pada kelancaran perpindahan manusia dan barang, tetapi juga mempertimbangkan aspek lingkungan, sosial, serta ekonomi dengan seimbang. Dalam konteks pembangunan perkotaan modern, indikator transportasi berkelanjutan menjadi instrumen penting untuk menilai sejauh mana suatu sistem transportasi mampu mendukung kualitas hidup masyarakat tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan bagi generasi mendatang. Beberapa indikator utama yang sering digunakan dalam menilai keberlanjutan transportasi meliputi minim emisi, aksesibilitas, keamanan, dan efisiensi mobilitas. Beberapa indikator tersebut menjadi parameter penting dalam menciptakan sistem transportasi yang ramah lingkungan, inklusif, dan memiliki daya saing tinggi (Frazila *et al.*, 2021). Salah satu indikator utama transportasi berkelanjutan adalah rendah emisi (*low emission*). Sistem transportasi yang berkelanjutan harus mampu menekan emisi gas rumah kaca serta polutan udara dari kendaraan bermotor. Dominasi kendaraan pribadi berbasis fosil memicu eskalasi pencemaran udara dan mempercepat dinamika perubahan iklim di zona perkotaan. Oleh karenanya, inovasi transportasi publik, kendaraan ramah lingkungan, serta kebijakan pembatasan kendaraan pribadi menjadi intervensi strategis untuk mengurangi emisi karbon. Konsep transportasi *low emission* juga berhubungan erat dengan agenda peningkatan kualitas udara, yang pada gilirannya dapat memperkuat kesehatan masyarakat umum dan keberlanjutan lingkungan perkotaan (Raharjo *et al.*, 2022).

Indikator berikutnya yaitu aksesibilitas, diartikan sebagai kemampuan masyarakat untuk memperoleh kemudahan dalam menjangkau berbagai fasilitas publik, ekonomi, pendidikan, maupun pelayanan publik melalui sistem transportasi yang tersedia. Transportasi berkelanjutan tidak hanya menekankan keberadaan sarana transportasi, melainkan juga memastikan bahwa seluruh lapisan masyarakat dapat mengakses layanan tersebut secara merata, terjangkau, serta efisien. Aksesibilitas yang baik dapat mengurangi kesenjangan sosial serta meningkatkan produktivitas masyarakat karena mobilitas menjadi lebih mudah dan cepat. Dalam pembangunan kota berkelanjutan, aksesibilitas juga diwujudkan melalui integrasi antarmoda transportasi, pembangunan kawasan berbasis transit (*Transit-Oriented Development*), serta penyediaan fasilitas bagi

pejalan kaki dan pengguna sepeda. Di lain sisi, keamanan juga merupakan indikator krusial dalam transportasi berkelanjutan, sebab sistem transportasi optimal harus menjamin proteksi komprehensif bagi para *road user* atau pengguna jalan. Prevalensi tingkat kecelakaan lalu lintas yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa dimensi keselamatan tetap menjadi isu struktural dalam pengembangan transportasi urban di berbagai kota. Dengan demikian, transportasi berkelanjutan memerlukan dukungan infrastruktur jalan yang baik, standar keselamatan kendaraan yang ketat, kualifikasi pengemudi yang kompeten, serta pengawasan lalu lintas yang efektif.

Di luar aspek keamanan fisik, persepsi rasa aman dalam moda publik juga penting untuk meningkatkan minat masyarakat beralih dari kendaraan pribadi menuju angkutan umum. Dengan meningkatnya keamanan transportasi, kualitas pelayanan publik dalam sektor mobilitas perkotaan akan semakin baik dan mendukung keberlanjutan sistem transportasi secara menyeluruh (Kraus and Proff, 2021). Selain kedua indikator tersebut, efisiensi mobilitas menjadi indikator yang sangat menentukan sistem transportasi berkelanjutan. Efisiensi mobilitas berkaitan dengan kemampuan sistem transportasi dalam meminimalisir waktu tempuh, kemacetan, konsumsi energi, dan biaya perjalanan masyarakat. Kota yang memiliki sistem transportasi efisien akan mampu mendukung aktivitas ekonomi secara optimal karena distribusi manusia dan barang dapat berlangsung dengan cepat dan teratur. Pengembangan transportasi publik yang terintegrasi, manajemen lalu lintas berbasis teknologi, serta pengurangan ketergantungan terhadap kendaraan pribadi merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi mobilitas perkotaan. Dengan demikian, transportasi berkelanjutan tidak hanya berfungsi sebagai sarana perpindahan, tetapi juga menjadi instrumen strategis dalam menciptakan kota yang produktif, sehat dan berkelanjutan.

Berdasarkan berbagai permasalahan tersebut, diperlukan upaya mitigasi secara komprehensif dan berkelanjutan guna menciptakan sistem transportasi perkotaan yang lebih ramah lingkungan serta selaras dengan tujuan SDG 11. Pemerintah perlu berupaya untuk memperkuat kebijakan pengendalian emisi melalui penerapan standar emisi kendaraan yang lebih ketat, pengawasan uji emisi secara berkala, serta percepatan transisi penggunaan kendaraan berbasis energi bersih seperti bus listrik dan transportasi rendah karbon lainnya. Selain itu, pengembangan transportasi publik berbasis *Transit-Oriented Development* (TOD) perlu diintegrasikan dengan tata ruang kota agar mobilitas masyarakat menjadi lebih efisien, terjangkau, dan berorientasi pada keberlanjutan ekologis. Optimalisasi infrastruktur pendukung seperti jalur pejalan kaki, sarana bersepeda, dan integrasi multimoda transportasi merupakan strategi optimal dalam mengurangi ketergantungan masyarakat pada kendaraan pribadi. Di sisi lain, adopsi paradigma *smart mobility* melalui eksploitasi teknologi digital untuk manajemen lalu lintas, monitoring kualitas udara, serta sistem transportasi cerdas mampu meningkatkan efisiensi mobilitas sambil meminimalkan kepadatan lalu lintas dan konsumsi energi. Tidak kalah penting, peningkatan kesadaran masyarakat mengenai penggunaan transportasi publik dan perilaku mobilitas berkelanjutan harus dilakukan melalui edukasi lingkungan secara berkelanjutan. Dengan demikian, sinergi antara kebijakan pemerintah, inovasi teknologi, pembangunan infrastruktur hijau, serta partisipasi masyarakat menjadi faktor fundamental dalam mewujudkan sistem transportasi yang mampu meningkatkan kualitas udara, kesehatan publik, dan keberlanjutan kota di masa mendatang.

Permasalahan pencemaran udara akibat emisi transportasi perkotaan pada dasarnya menunjukkan bahwa pembangunan sistem mobilitas belum sepenuhnya

selaras dengan prinsip keberlanjutan lingkungan. Aktivitas transportasi yang terus meningkat di kawasan urban menghasilkan konsentrasi polutan udara yang tinggi, terutama partikulat halus (PM_{2.5}), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), serta *black carbon* yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil kendaraan bermotor. Kondisi tersebut semakin kompleks ketika kendaraan umum berbasis diesel, termasuk Bus Rapid Transit (BRT), masih menghasilkan asap hitam akibat pembakaran yang tidak sempurna dan rendahnya kualitas pengelolaan armada. Dalam konteks *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 11 tentang *Sustainable Cities and Communities*, kualitas udara menjadi indikator penting dalam mewujudkan kota yang layak huni, sehat, dan berkelanjutan. Penelitian Nawaz *et al.* (2023) menjelaskan bahwa sektor transportasi memberikan kontribusi besar terhadap paparan polusi udara di kawasan perkotaan sehingga diperlukan kebijakan transportasi yang mampu menekan emisi kendaraan secara signifikan. Studi tersebut menunjukkan bahwa pengurangan emisi dari sektor transportasi tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas lingkungan, tetapi juga mampu menurunkan resiko kesehatan masyarakat akibat paparan polutan udara jangka panjang. Oleh karena itu, sistem transportasi publik idealnya tidak hanya dipandang sebagai sarana mobilitas masyarakat, melainkan juga sebagai instrumen pengendalian pencemaran udara dan mitigasi perubahan iklim. Dalam perspektif pembangunan kota berkelanjutan, transportasi publik yang ramah lingkungan dapat menjadi solusi strategis untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi yang selama ini menjadi penyumbang dominan emisi karbon perkotaan. Namun demikian, efektivitas transportasi publik dalam mendukung keberlanjutan lingkungan sangat bergantung pada kualitas armada, sumber energi yang digunakan, serta kebijakan pengawasan emisi yang diterapkan pemerintah daerah. Penggunaan kendaraan umum dengan standar emisi rendah dinilai mampu menciptakan sistem mobilitas yang lebih efisien sekaligus menjaga kualitas udara perkotaan. Selain itu, integrasi teknologi smart mobility juga menjadi bagian penting dalam pengembangan transportasi berkelanjutan. Makarova *et al.* (2023) menjelaskan bahwa perkembangan smart mobility melalui pemanfaatan teknologi digital, manajemen lalu lintas cerdas, dan inovasi transportasi hijau dapat meningkatkan efisiensi mobilitas masyarakat sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan perkotaan. Konsep tersebut menekankan bahwa sistem transportasi modern harus mampu mengintegrasikan aspek mobilitas, keamanan, efisiensi energi, serta perlindungan lingkungan secara bersamaan. Dengan demikian, pengembangan transportasi publik tidak cukup hanya berfokus pada peningkatan kapasitas layanan, tetapi juga harus diarahkan pada pengurangan emisi dan perlindungan kesehatan masyarakat. Di sisi lain, pencemaran udara akibat kendaraan bermotor memiliki dampak multidimensional terhadap kehidupan masyarakat perkotaan. Paparan polutan udara dalam jangka panjang dapat meningkatkan prevalensi penyakit pernapasan, gangguan kardiovaskular, hingga penurunan kualitas hidup masyarakat urban. Hal ini menunjukkan bahwa persoalan emisi kendaraan bukan hanya isu teknis transportasi, melainkan juga berkaitan erat dengan hak masyarakat atas lingkungan hidup yang sehat. Oleh sebab itu, pemerintah perlu memperkuat regulasi mengenai standar emisi kendaraan umum, melakukan pengawasan uji emisi secara berkala, serta mempercepat transisi menuju penggunaan kendaraan rendah karbon dan energi bersih. Langkah tersebut dapat dilakukan melalui peremajaan armada transportasi publik, pengembangan bus listrik, serta penyediaan infrastruktur transportasi yang mendukung mobilitas berkelanjutan seperti jalur pedestrian dan integrasi antarmoda transportasi. Dengan adanya transformasi sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan, maka kualitas udara

perkotaan dapat ditingkatkan sekaligus mendukung pencapaian SDG 11 mengenai kota dan komunitas berkelanjutan. Oleh karena itu, pembangunan transportasi publik berbasis keberlanjutan harus ditempatkan sebagai prioritas dalam kebijakan pembangunan perkotaan agar tercipta keseimbangan antara kebutuhan mobilitas masyarakat dengan perlindungan lingkungan hidup secara berkelanjutan

Selain penguatan kebijakan transportasi rendah emisi, pembangunan kota berkelanjutan juga membutuhkan integrasi antara kualitas lingkungan dan pola mobilitas masyarakat perkotaan. Tingginya tingkat pencemaran udara di kawasan urban menunjukkan bahwa sistem transportasi belum sepenuhnya mampu mengakomodasi prinsip keberlanjutan ekologis. Emisi kendaraan bermotor, terutama dari transportasi publik berbahan bakar diesel, tidak hanya berdampak pada penurunan kualitas udara, tetapi juga mempengaruhi kenyamanan serta perilaku mobilitas masyarakat. Penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.* (2024) menunjukkan bahwa konsentrasi partikulat udara (PM) yang tinggi di kawasan perkotaan dapat menurunkan minat masyarakat dalam menggunakan transportasi publik karena meningkatnya risiko paparan polusi udara selama aktivitas perjalanan. Kondisi tersebut membuktikan bahwa kualitas udara memiliki hubungan langsung dengan efektivitas sistem transportasi massal dalam mendukung konsep transit-oriented city. Di sisi lain, pengembangan transportasi berkelanjutan memerlukan pendekatan yang lebih adaptif melalui integrasi teknologi, tata ruang kota, serta pengelolaan lalu lintas yang efisien. Studi yang dipublikasikan dalam *Frontiers in Sustainable Cities* menegaskan bahwa transportasi urban berkelanjutan perlu didukung oleh perencanaan kota yang berorientasi pada keselamatan pejalan kaki, aksesibilitas transportasi publik, dan pengurangan kepadatan lalu lintas di pusat perkotaan. Upaya tersebut dapat diwujudkan melalui pengembangan kawasan berbasis transit, peningkatan konektivitas antarmoda, serta pemanfaatan sistem transportasi cerdas (*smart transportation systems*) untuk mengoptimalkan efisiensi mobilitas masyarakat. Dengan demikian, pengendalian pencemaran udara tidak cukup hanya dilakukan melalui pembatasan emisi kendaraan, tetapi juga membutuhkan reformasi menyeluruh terhadap sistem transportasi dan tata ruang perkotaan agar tercipta lingkungan kota yang lebih sehat, nyaman, serta selaras dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 11 mengenai *Sustainable Cities and Communities*.

3.2 Dampak Emisi Asap Hitam BRT Trans Semarang terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Berdasarkan agregat data kependudukan Kementerian Dalam Negeri yang telah melalui proses konsolidasi dan pemutakhiran, jumlah penduduk Kota Semarang hingga akhir tahun 2025 tercatat sebanyak 1.702.768 jiwa (Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Semarang, 2026). Pertumbuhan penduduk yang tinggi tersebut telah menyebabkan peningkatan aktivitas dan mobilitas masyarakat dalam kegiatan sehari-hari, baik di bidang pendidikan, pekerjaan, maupun kegiatan sosial lainnya. Kondisi ini turut mendorong meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas dan pelayanan publik yang memadai, khususnya di sektor transportasi sebagai penunjang mobilitas. Berdasarkan data *Electronic Registration and Identification* (ERI) Korps Lalu Lintas Polri (Korlantas Polri) per Mei 2025 yang dipublikasikan melalui Databoks, jumlah kendaraan bermotor di Kota Semarang mencapai sekitar 1,99 juta unit. Jumlah tersebut didominasi oleh kendaraan roda dua atau sepeda motor, sejumlah 1,62 juta unit. Selain itu, terdapat sekitar 280.720 unit mobil penumpang, 88.080 unit mobil bermuatan atau kendaraan angkutan barang, 3.089 unit bus, dan 1.159 unit kendaraan khusus

(Fadhlurrahman, 2025). Tingginya jumlah kendaraan bermotor tersebut menunjukkan bahwa tingkat mobilitas masyarakat di Kota Semarang terus meningkat dari waktu ke waktu. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor tidak hanya mencerminkan tingginya kebutuhan masyarakat terhadap sarana transportasi, tetapi juga menimbulkan berbagai permasalahan, seperti kemacetan lalu lintas, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan polusi udara akibat emisi kendaraan. Kondisi ini menghadirkan tantangan tersendiri bagi pemerintah daerah dalam mewujudkan sistem transportasi yang tertib, nyaman, dan ramah lingkungan di tengah perkembangan aktivitas masyarakat yang semakin dinamis.

Gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna umumnya mengandung berbagai zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Senyawa pencemar tersebut antara lain karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), partikulat, sulfur dioksida (SO₂), dan logam berat berupa timbal (Pb). Kandungan zat berbahaya tersebut timbul dari proses pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang tidak berlangsung secara sempurna sehingga menghasilkan emisi gas buang yang dapat mencemari udara. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor saat ini merupakan salah satu permasalahan lingkungan. Sektor transportasi bahkan termasuk penyumbang terbesar pencemaran udara di Indonesia selain sektor industri, karena seiring meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dari tahun ke tahun, emisi gas buang yang dihasilkan juga terus mengalami peningkatan (Haryanto, 2015). Fenomena meningkatnya emisi kendaraan bermotor merupakan salah satu faktor utama pemicu polusi udara ambien di kawasan perkotaan. Kondisi ini terjadi karena berbagai zat pencemar yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor terus terakumulasi di udara terbuka. Hal ini tentu dapat mempengaruhi kesehatan seluruh lapisan masyarakat, terutama kelompok yang paling rentan terhadap polusi udara, seperti anak-anak dan lansia (Farhatun Haya *et al.*, 2025). Sebagaimana dinyatakan oleh Herlina (2021) dalam *Air Pollution CISDI Report 2021* yang mengacu pada data *World Health Organizations* tahun 2013, polusi udara ambien dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, seperti asma, kanker paru-paru, penyakit pernapasan kronis maupun akut, stroke, dan penyakit jantung. Polusi udara ambien terdiri atas partikel dan gas yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan merupakan lingkungan. Salah satu komponen berbahaya adalah *particulate matter* (PM) yang berukuran kurang dari 2,5 mikrometer. Ukurannya yang sangat kecil memungkinkan partikel-partikel ini menembus jauh ke dalam paru-paru dan menyebar ke sistem tubuh lainnya, seperti sistem kardiovaskular dan sistem saraf pusat.

Sebagai upaya dalam mengatasi masalah tersebut, Pemerintah Kota Semarang berupaya melakukan pengendalian polusi udara dengan menyediakan transportasi umum berupa Bus Rapid Transit (BRT) yang merupakan bagian dari inisiatif *green economy* di sektor transportasi. Melalui penyediaan transportasi ini, diharapkan dapat mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, sehingga emisi gas buang dapat ditekan dan kualitas udara perkotaan menjadi lebih baik. Konsep *green economy* pada dasarnya bertujuan pada pembangunan ekonomi yang tetap memperhatikan kelestarian lingkungan melalui penggunaan sumber daya alam yang efisien, pengurangan tingkat pencemaran lingkungan, dan penerapan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Selain berfokus pada pertumbuhan ekonomi, konsep ini juga bertujuan untuk memberikan manfaat bagi masyarakat dan menjaga keberlanjutan lingkungan, sehingga manfaatnya tidak hanya dirasakan pada masa sekarang, tetapi juga dapat dinikmati oleh generasi mendatang (Syaharani Nurseha *et al.*, 2024). Namun pada praktiknya, BRT Trans Semarang yang dihadirkan sebagai solusi transportasi umum ramah lingkungan justru

masih menghadapi berbagai permasalahan, salah satunya terkait dengan emisi asap hitam yang dikeluarkan oleh sejumlah armada bus, sebagaimana diuraikan dalam Lembaga Pers Mahasiswa OPINI (2024). Fenomena tersebut sering ditemui masyarakat ketika BRT melintas di jalan raya, di mana kepulan asap tebal yang dikeluarkan dari kendaraan tidak hanya mengganggu kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga menimbulkan kekhawatiran terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Kondisi ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa transportasi umum yang seharusnya menjadi bagian dari upaya mengurangi polusi udara masih belum sepenuhnya berjalan optimal dalam menerapkan prinsip transportasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Tidak sedikit masyarakat maupun pengendara lain yang merasa terganggu oleh asap tebal tersebut, bahkan sebagian diantaranya harus menutup hidung saat berkendara di belakang armada BRT yang mengeluarkan emisi berlebihan. Hal ini tentu menjadi prihatin, mengingat transportasi publik seperti BRT pada dasarnya diharapkan mampu menjadi alternatif penggunaan kendaraan pribadi sekaligus mendukung terciptanya kualitas udara perkotaan yang lebih baik.

Keluhan masyarakat terhadap operasional BRT Trans Semarang semakin banyak disuarakan, baik secara langsung maupun melalui media sosial. Salah satu keluhan yang paling banyak dikeluhkan adalah kondisi beberapa armada yang mengeluarkan asap hitam tebal saat melintas di jalan raya. Masyarakat bahkan menjulukinya sebagai “cumi-cumi darat” karena dianggap kurang perawatan dan asap hitam pekat yang keluar saat melintas di jalan raya. Julukan ini muncul dari kritik masyarakat terhadap kondisi beberapa armada yang mengalami penurunan kualitas operasional. Terlebih lagi, video viral di media sosial memperlihatkan BRT Trans Semarang yang tengah melintas mengeluarkan asap tebal berwarna hitam dari knalpotnya. Video tersebut menuai beragam respons dari masyarakat, tidak hanya warga Semarang, namun juga masyarakat luar daerah yang turut menyoroti kondisi transportasi umum tersebut. Banyak netizen yang mengkritik komitmen Pemerintah Daerah dalam menjaga kualitas layanan transportasi umum yang seharusnya menjadi solusi mobilitas perkotaan sekaligus mengurangi polusi udara. Bahkan ada yang menilai kondisi tersebut bertentangan dengan konsep transportasi berkelanjutan dan ramah lingkungan yang sudah lama diusung pemerintah. Situasi ini menimbulkan kekhawatiran masyarakat mengenai dampak pencemaran udara terhadap kesehatan, terutama bagi pengendara sepeda motor, pejalan kaki, dan masyarakat yang bekerja di sepanjang jalan utama Kota Semarang. Selain permasalahan asap hitam, warga juga mengeluhkan kondisi armada yang dinilai kurang terawat. Beberapa armada dinilai sudah tua sehingga menimbulkan ketidaknyamanan bagi penumpang, seperti suara mesin yang bising, pendingin udara (AC) yang sudah tidak berfungsi optimal, hingga kebersihan interior armada yang kurang terjaga. Banyak warga berharap pemerintah melakukan pemeriksaan kendaraan secara rutin agar tidak merugikan penumpang dan pengguna jalan lainnya. Keluhan tersebut menunjukkan bahwa masyarakat menginginkan adanya perombakan menyeluruh terhadap sistem transportasi umum di Kota Semarang. Oleh karena itu, evaluasi armada, peningkatan layanan, dan pemantauan emisi armada menjadi langkah penting untuk mengembalikan kepercayaan masyarakat terhadap BRT Trans Semarang sebagai transportasi umum yang aman, nyaman, dan ramah lingkungan.

Padahal, dalam Pasal 28H Ayat (1) UUD 1945 ditegaskan bahwa setiap orang berhak untuk hidup sejahtera lahir dan batin, memiliki tempat tinggal, memperoleh lingkungan hidup yang baik dan sehat, serta berhak mendapatkan pelayanan kesehatan. Ketentuan tersebut menunjukkan bahwa lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak

konstitusional yang harus dijamin bagi seluruh warga negara Indonesia. Selain itu, perlindungan lingkungan pada dasarnya merupakan bagian penting dalam mencapai pembangunan berkelanjutan. Penerapan teknologi yang lebih ramah lingkungan dan manajemen operasional yang berkelanjutan seharusnya memberikan berbagai manfaat, seperti mengurangi penggunaan energi, mengurangi produksi limbah, dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Di sektor transportasi umum, penggunaan kendaraan yang lebih bersih dan perawatan armada yang tepat merupakan langkah untuk mendukung terciptanya sistem transportasi yang tidak hanya efektif, tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, pemerintah maupun pihak pengelola BRT perlu mengambil tindakan pencegahan terhadap potensi pencemaran udara sejak dini, sebelum menyebabkan kerusakan lingkungan yang lebih serius. Tindakan pencegahan tentu lebih efektif daripada harus memperbaiki dampak jangka panjang polusi yang telah terjadi. Jika pengendalian terhadap pencemaran udara diabaikan, asap kendaraan dapat terus menyebar ke lingkungan sekitar. Hal ini tentu berpotensi memberikan dampak buruk bagi kesehatan masyarakat. Selain mencemari udara, polusi juga dapat mempengaruhi kualitas air dan tanah, sehingga secara perlahan memperburuk kondisi lingkungan dan menimbulkan berbagai keluhan di masyarakat (Aprila Niravita *et al.*, 2025).

Pemerintah menunjukkan komitmen untuk mencapai perlindungan lingkungan hidup yang sistematis, terintegrasi, dan berkelanjutan melalui pemberlakuan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU PPLH), yang selanjutnya disebut sebagai UU Lingkungan Hidup. Undang-undang tersebut bertujuan untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup, sekaligus memastikan keberlanjutan lingkungan hidup demi kesejahteraan masyarakat. UU Lingkungan Hidup berkaitan erat dengan permasalahan pencemaran udara yang saat ini marak terjadi di wilayah perkotaan. Jika tujuan dan ketentuan dalam undang-undang tersebut diimplementasikan secara optimal, maka berbagai persoalan pencemaran udara dapat diminimalkan dan bahkan berpotensi di atasnya secara lebih efektif. Hal ini karena lingkungan hidup berkaitan erat dengan aktivitas manusia sehari-hari, termasuk penggunaan kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi dan asap yang dapat menurunkan kualitas udara. Jika tujuan tersebut dapat diwujudkan secara konsisten, maka undang-undang tersebut dapat dikatakan berfungsi secara efektif untuk kepentingan masyarakat dan negara (Muhammad *et al.*, 2023). Selain itu, pengendalian pencemaran udara diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999. Peraturan tersebut mengatur berbagai bentuk pengendalian pencemaran udara, mulai dari upaya pencegahan, penanggulangan pencemaran, sehingga pemulihan mutu udara agar tetap berada pada kondisi yang layak bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan. Salah satu langkah pencegahan pencemaran udara yang diatur dalam peraturan tersebut adalah melalui penetapan baku mutu lingkungan. Bentuk pengaturannya meliputi penetapan baku mutu udara ambien, baku mutu emisi sumber tidak bergerak, baku tingkat gangguan, serta ambang batas emisi gas buang dan kebisingan kendaraan bermotor (Rosyadi and Wulandari, 2021). Dengan demikian, keberadaan peraturan perundang-undangan tersebut tidak hanya berfungsi sebagai instrumen hukum dalam mengendalikan pencemaran udara, tetapi juga berfungsi sebagai bentuk perlindungan negara terhadap hak masyarakat untuk mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat.

4. KESIMPULAN

Pencemaran udara akibat emisi kendaraan merupakan tantangan krusial dalam mewujudkan kota berkelanjutan sesuai SDG 11, dan BRT Trans Semarang sejatinya hadir sebagai solusi melalui pendekatan *Transit-Oriented Development*. Namun dalam praktiknya, armada BRT yang beroperasi di tengah populasi 1,7 juta jiwa justru masih menghasilkan emisi asap hitam berlebihan, sehingga bertentangan dengan prinsip transportasi berkelanjutan yang diembannya. Kondisi ini membuktikan bahwa keberadaan transportasi publik saja tidak cukup tanpa disertai pengawasan emisi yang ketat, perawatan armada berkelanjutan, dan adopsi teknologi ramah lingkungan. Diperlukan sinergi komprehensif antara penguatan regulasi, khususnya UU No. 32 Tahun 2009 dan PP No. 41 Tahun 1999. Pengembangan infrastruktur hijau berbasis *smart mobility*, serta peningkatan kesadaran masyarakat, sebagaimana diamanatkan Pasal 28H UUD 1945 yang menjamin hak setiap warga atas lingkungan hidup yang baik dan sehat.

Transformasi sistem transportasi perkotaan harus dipandang sebagai investasi jangka panjang yang menyentuh tiga dimensi sekaligus, yaitu lingkungan, sosial, dan ekonomi. Peremajaan armada BRT menuju kendaraan berbasis energi bersih, integrasi antarmoda transportasi yang inklusif, serta penerapan teknologi *smart mobility* merupakan langkah strategis yang perlu diprioritaskan dalam kebijakan pembangunan Kota Semarang. Penegakan baku mutu emisi secara berkala terhadap seluruh armada pun menjadi keniscayaan agar sistem transportasi publik berfungsi sebagai instrumen pengendalian pencemaran, bukan justru menjadi sumbernya. Dengan demikian, BRT Trans Semarang dapat bertransformasi dari sekadar moda angkutan massal menjadi simbol nyata komitmen kota terhadap prinsip keberlanjutan demi menjawab tantangan urbanisasi yang semakin kompleks bagi generasi mendatang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aprila Niravita *et al.* (2025) "The Potential of Criminal Sanctions in Indonesia's Spatial Planning Law from a Sustainable Development Perspective," *Indonesian Journal of Environmental Law and Sustainable Development*, 4(2), pp. 375–408. Available at: <https://doi.org/10.15294/ijel.v4i2.19096>.
- Arifin, R. and Niravita, A. (2025) "Editorial Introduction: Contemporary Issues on Advocacy and Legal Services," *Indonesian Journal of Advocacy and Legal Services*, 7(2), pp. 291–296. Available at: <https://doi.org/10.15294/ijals.v7i2.34008>.
- Bhamatika, N.W. *et al.* (2025) "Dari Regulasi ke Implementasi: Problematika Pengawasan dalam Menghadapi Ancaman Lingkungan Hidup di Indonesia," *PESHUM: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 4(4), pp. 5248–5259. Available at: <https://doi.org/10.56799/peshum.v4i4.9637>.
- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Semarang (2026) *Jumlah Penduduk Kota Semarang Tahun 2025*, dispendukcapil.semarangkota.go.id. Available at: <https://dispendukcapil.semarangkota.go.id/jumlah-penduduk-kota-semarang-tahun-2025/>.
- Dyana, J.S. *et al.* (2025) "Dampak Bahaya Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat Di Perkotaan," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(1.A), pp. 132–140.
- Fadhlurrahman, I. (2025) *Jumlah Kendaraan Bermotor di Kota Semarang (8 Mei 2025)*, *Databoks*. Available at: <https://databoks.katadata.co.id/transportasi->

- logistik/statistik/26fa64c8a5b098e/jumlah-kendaraan-bermotor-di-kota-semarang-hari-ini .
- Faradila, F.A. *et al.* (2025) “Dampak Polusi Udara dari Transportasi Darat terhadap Kesehatan,” *JURNAL KESEHATAN TAMBUSAI*, 6(3), pp. 11594–11603.
- Farhatun Haya *et al.* (2025) “Dampak Polusi Udara terhadap Kesehatan Manusia,” *WISSEN: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 3(2), pp. 180–190. Available at: <https://doi.org/10.62383/wissen.v3i2.753>.
- Fikri, M.A.H., Novita, Y.D. and Gusthomi, M.I. (2023) “Development of the National Food System through Digitalization and Downstreaming to Strengthen National Food Security,” *Indonesian Journal of Environmental Law and Sustainable Development*, 2(2), pp. 169–198. Available at: <https://doi.org/10.15294/ijel.v2i2.76637>.
- Frazila, R.B. *et al.* (2021) “Pengembangan Metode Penilaian Indikator Transportasi Berkelanjutan di Indonesia,” *Jurnal Teknik Sipil*, 28(1), pp. 73–82. Available at: <https://doi.org/10.5614/jts.2021.28.1.8>.
- Haryanto, J.T. (2015) “Pemetaan Insentif Fiskal Bagi Pengembangan Bbm Berkualitas di Indonesia,” *Warta Penelitian Perhubungan*, 27(5), pp. 311–322. Available at: <https://doi.org/10.25104/warlit.v27i5.798>.
- Hasibuan, H.S. and Mulyani, M. (2022) “Transit-Oriented Development: Towards Achieving Sustainable Transport and Urban Development in Jakarta Metropolitan, Indonesia,” *Sustainability*, 14(9), p. 5244. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14095244>.
- Hussain, S. *et al.* (2024) “Navigating the Impact of Climate Change in India: A Perspective on Climate Action (SDG13) and Sustainable Cities and Communities (SDG11),” *Frontiers in Sustainable Cities*, 5. Available at: <https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1308684>.
- Kim, S.-N. *et al.* (2024) “Air Pollution Hindering a Transit-Oriented City: Examining the Association of Particulate Matter Concentration with Public Transit Ridership and Road Traffic in Seoul, South Korea,” *Journal of Public Transportation*, 26, p. 100111. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2024.100111>.
- Kraus, L. and Proff, H. (2021) “Sustainable Urban Transportation Criteria and Measurement—A Systematic Literature Review,” *Sustainability*, 13(13), p. 7113. Available at: <https://doi.org/10.3390/su13137113>.
- Lembaga Pers Mahasiswa OPINI (2024) *Berada di Belakang BRT Trans Semarang Adalah Mimpi Buruk Pemotor, Sudah Panas Ditambah Asap Knalpotnya yang Hitam*, *lpmpopini.online*. Available at: <https://lpmpopini.online/berada-di-belakang-brt-trans-semarang-adalah-mimpi-buruk-pemotor-sudah-panas-ditambah-asap-knalpotnya-yang-hitam/>.
- Makarim, M.H. (2023) “Pasca Putusan Pencemaran Udara di Jakarta: Dialektika Politik Hukum dan Hak Asasi Manusia,” *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 9(2), pp. 425–455. Available at: <https://doi.org/10.38011/jhli.v9i2.719>.
- Makarova, I. *et al.* (2023) “Editorial: Sustainable Transport Systems,” *Frontiers in Built Environment*, 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1161361>.
- Mayaka, R. *et al.* (2025) “Implementation of Carbon Capture and Storage in order to Achieve Net Zero Emissions in Indonesia,” *Unnes Law Journal*, 10(1), pp. 1–24. Available at: <https://doi.org/10.15294/ulj.v10i1.4526>.
- Mayzura Kamila Sukma, Febyola Alistya Senoaji and Kezia Ananda Restu (2024) “Analisis Upaya Penegakan Hukum Terhadap Krisis Lingkungan Atas Implikasi Pencemaran Udara Akibat Asap Kendaraan Bermotor di Daerah Khusus Jakarta (DKJ) Tahun

- 2023," *Terang : Jurnal Kajian Ilmu Sosial, Politik dan Hukum*, 1(3), pp. 133–146. Available at: <https://doi.org/10.62383/terang.v1i3.402>.
- Muhammad, T. *et al.* (2023) "Peran Pemerintah dalam Menangani Pencemaran Udara Berdasarkan Undang-Undang Lingkungan Hidup," *JOURNAL OF ISLAMIC AND LAW STUDIES*, 7 (2) , p p . 1 5 0 - 1 6 2 .
- Nawaz, M.O. *et al.* (2023) "Sources of Air Pollution-Related Health Impacts and Benefits of Radially Applied Transportation Policies in 14 US Cities," *Frontiers in Sustainable Cities*, 5. Available at: <https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1102493>.
- Raharjo, E.P. *et al.* (2022) "Transportation Modeling in Supporting Sustainable Transportation Systems and Low Emission Zone Planning Development in Indonesian Tourism Destinations," *Jurnal Teknologi Transportasi dan Logistik*, 3(2), pp. 183–194. Available at: <https://doi.org/10.52920/jttl.v3i2.90>.
- Rosyadi, I. and Wulandari, I.P. (2021) "Penegakan Hukum Lingkungan terhadap Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Industri di Kabupaten Gresik," *Al-Qanun: Jurnal Pemikiran dan Pembaharuan Hukum Islam*, 24(2), pp. 279–308.
- Sa'diah, A. and Sudarti, S. (2022) "Analisis Dampak Debu Dan Asap Transportasi Umum Yang Dirasakan Masyarakat Sumber Kejayan," *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 19(1), pp. 99–104. Available at: <https://doi.org/10.31964/jkl.v19i1.456>.
- Sengupta, Ushnish and Sengupta, Ulysses (2022) "SDG-11 and smart cities: Contradictions and overlaps between social and environmental justice research agendas," *Frontiers in Sociology*, 7. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsoc.2022.995603>.
- Syahrani Nurseha, S. *et al.* (2024) "Urgensi Transisi Green Economy oleh Generasi Muda Terhadap Pengaruh Pembangunan Berkelanjutan," *Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, 2 (5) , p p . 1 3 3 - 1 5 1 . Available at: <http://jurnal.kolibri.org/index.php/neraca>.
- Zahara, S.A., Ade Rita Suryani Siregar and Marniati Marniati (2025) "Analisis Mendalam Bahaya Polusi Udara dan Upaya Pencegahan Preventif yang Efektif," *Antigen : Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Gizi*, 3(3), pp. 186–199. Available at: <https://doi.org/10.57213/antigen.v3i3.732>.