

STRATEGI PEMERINTAH INDONESIA DALAM MITIGASI PERUBAHAN IKLIM PADA SEKTOR PERKERETAAPIAN

Lia Rusdiana¹

Frentika Wahyu Retnowatik, S.IP., MA²

Abstract: *The Transportation sector is one of the largest contributors to greenhouse gas emissions that cause climate change, which are produced through vehicle exhaust gases. As an actor involved in the Paris Climate Agreement, the Government of Indonesia mitigates climate change, one of which is in the railroad sector. Climate change mitigation is carried out with the aim of reducing the number of private vehicle use which is the main source of emission in the transportation sector, especially land transportation by developing the development of railways as mass transportation. The government makes efforts to mitigate climate change by making adjustments to national development planning. Referring to the Minister of Transportation Regulation Km. 8 Year 2023, the Government conducts 2 (two) categories of mitigation in the railway sector, namely energy efficiency and utilization of new renewable energy (EBT). This category is reiterated in mitigation actions, namely the use of rail-based mass transportation, the use of solar-powered street lighting, Solar Power Plants (PLTS) on railway infrastructure or infrastructure, and the use of alternative fuels in railway facilities.*

Keywords: : *Strategy, Mitigation, Railways, Climate Change, Indonesia*

Pendahuluan

Peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar fosil dan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan aspek lingkungan. Hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan iklim hingga pemanasan global akibat pemenuhan gas CO₂ di udara. Salah satu alasan tingginya kontribusi CO₂ di Indonesia ialah meningkatnya permintaan belanja alat transportasi yang masih menggunakan bahan bakar fosil.³

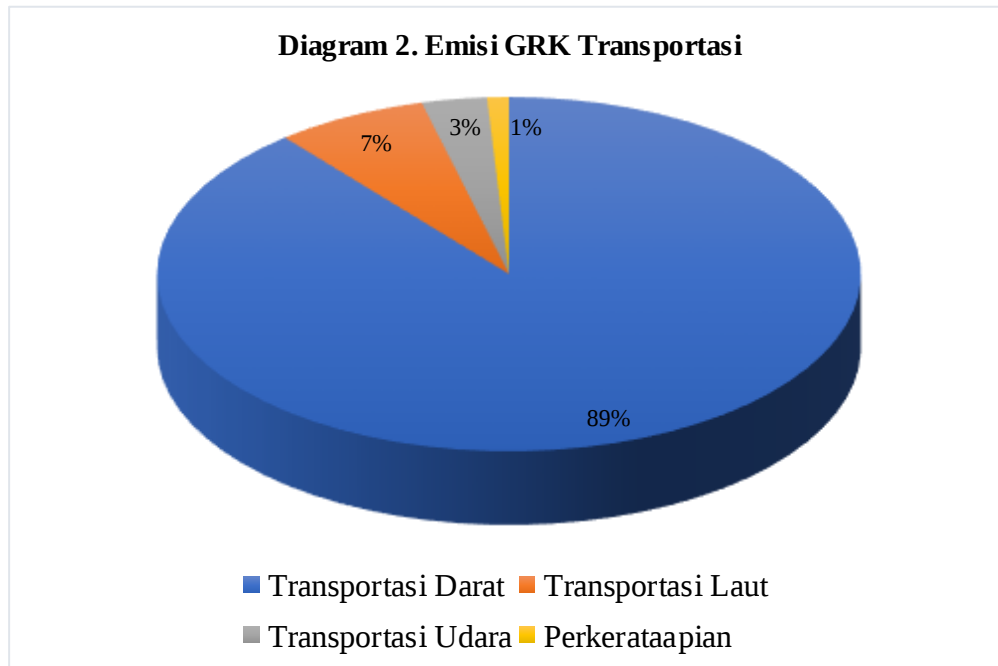
Diketahui dari data *climate action tracker*, bahwa sektor transportasi menjadi kontributor tertinggi kedua setelah sektor rumah tangga yaitu 27%. Emisi gas rumah kaca dihitung dari pembakaran bahan bakar konvensional pada kendaraan yang digunakan oleh manusia yaitu bensin dan solar.⁴

¹ Mahasiswa Program S1 Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman. E-mail: aliarusdiana1225@gmail.com.

² Dosen Program S1 Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman. E-mail: frentikawr@gmail.com

³ Edwin Aldrian, *et.al.*, "Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia"

⁴ Institute For Essential Services Reform, "Mendukung Pengurangan Emisi di Sektor Transportasi"



Sumber: Mc. Kinsey (2005)

Dari diagram diatas diketahui bahwa perkeretaapian memberikan kontribusi GRK paling kecil diantara moda transportasi lainnya yaitu dengan persentase 1%. Kereta api menjadi ideal untuk dimaksimalkan sebagai mobilitas transportasi utama karena minim menggunakan lahan, tingkat keselamatan lebih tinggi dari moda transportasi lainnya, mampu dikembangkan dengan teknologi yang maju, serta ramah lingkungan yang menjadi poin utama dalam penyumbang polusi udara dan penyebab perubahan iklim. (KLH, 2011)

Pentingnya transportasi massal sebagai upaya menekan emisi GRK, hal ini dilakukan untuk menghasilkan emisi seminimal mungkin bahkan bebas dari produksi emisi GRK. Perkeretaapian menjadi salah satu solusi transportasi massal yang dapat dikembangkan, sebab kereta api memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dari kendaraan lainnya dalam hal angkutan penumpang maupun barang. Solusi kereta api juga memberikan manfaat seperti mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas, efisiensi biaya transportasi, menurunkan tingkat polusi udara dan mengurangi emisi polutan.

Salah satu upaya yang dilakukan Pemerintah Indonesia untuk mengatasi dampak negatif dari perubahan iklim adalah dengan turut serta meratifikasi beberapa konvensi seperti Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim (UNFCCC) dan Protokol Kyoto. Pemerintah Indonesia meratifikasi Konvensi Perubahan Iklim melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 tentang Pengesahan *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Indonesia digolongkan sebagai negara Non-Annex I yaitu golongan pengguna emisi GRK jauh lebih sedikit dari Negara Annex I yang pada tahun 1850-an melakukan revolusi industri seperti Amerika Serikat, Australia, Belanda, Jepang serta lainnya. Komitmen dan kontribusi Indonesia kembali ditunjukkan dengan meratifikasi Perjanjian Paris di New York pada tanggal 22 April 2016 menjadi Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris*

Agreement to The United Nations Framework Convention on Climate Change (Persetujuan Paris atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim). Sebagai negara yang ikut serta meratifikasi Perjanjian Paris, Indonesia berkomitmen untuk melakukan upaya dalam menurunkan emisi gas rumah kaca dan bergerak aktif dalam penanganan perubahan iklim. Hal ini juga dimaksud dalam ketentuan pasal 5 Perjanjian Paris yang mendorong negara terlibat untuk ikut serta dalam mendukung dan menerapkan kerangka kerja dibawah Perjanjian Paris.⁵

Mitigasi (*mitigation*) dan adaptasi (*adaptation*) merupakan 2 (dua) komponen utama dalam upaya menangani dampak-dampak perubahan iklim yang diterapkan Pemerintah Indonesia. Mitigasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi dampak negatif dari peristiwa atau perubahan yang ditimbulkan dari perubahan iklim khususnya bidang lingkungan dan alam dengan mengurangi emisi hingga di bawah 2° C dan menekan emisi hingga 1,5° C. Sedangkan adaptasi merupakan usaha untuk menyesuaikan keadaan terhadap perubahan yang terjadi khususnya kondisi lingkungan yang ada. Di Indonesia sebagai salah satu aksi nyata dalam tindakan mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim sesuai dengan *Nationally Determined Contribution* (NDC) atau dokumen kontribusi yang ditetapkan secara nasional sebagai komitmen dalam pelaksanaan Perjanjian Paris yang memiliki substansi ialah peningkatan ambisi adaptasi dan peningkatan aksi di bidang mitigasi. Mitigasi di Indonesia dibagi menjadi beberapa sektor dalam misi mengurangi emisi yaitu sektor kehutanan, sektor energi, sektor pengelolaan limbah, sektor dalam usaha industri dan menggunakan produk, serta sektor transportasi dan beberapa sub sektor lainnya.⁶

Sektor Perkeretaapian merupakan kontributor emisi terkecil dari sektor transportasi lainnya. Dengan persentase terkecil (1%), peluang kereta api diharapkan mampu menekan angka penggunaan khususnya transportasi darat yang menjadi kontributor terbesar dalam emisi gas buang transportasi. Hal ini menarik penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Berdasarkan uraian tersebut penulis akan melakukan penelitian tentang “Strategi Pemerintah Indonesia dalam Mitigasi Perubahan Iklim Pada Sektor Perkeretaapian”.⁷

Landasan Konseptual

Konsep Mitigasi Perubahan Iklim

Mitigasi perubahan iklim merupakan serangkaian tindakan yang ditujukan sebagai upaya untuk mengurangi laju dan tingkat perubahan iklim yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK) (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia no.19 tahun 2012 pasal 1). Tindakan mitigasi merupakan Tindakan yang dilakukan untuk mengatasi perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan

⁵ *Sustainable Finance OJK*, “Paris Agreement”, (<https://www.ojk.go.id/sustainable-finance/id/publikasi/prinsip-dan-kesepakatan-internasional/Pages/Paris-Agreement.aspx>)

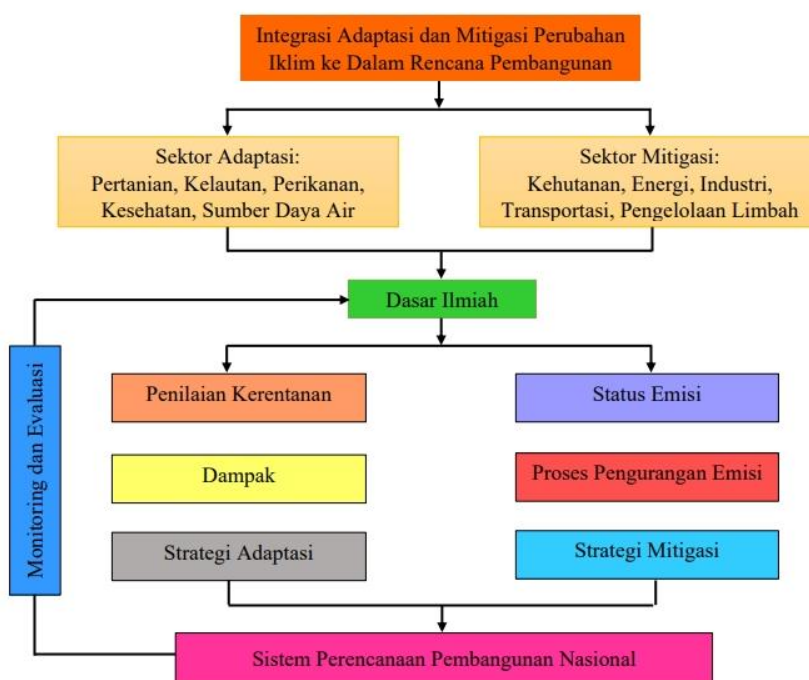
⁶ *Ibid.*

⁷ Claudea Rizki Amelia, *et.al.*, “Analisis *Shifting* Penggunaan Moda Kendaraan Bermotor ke Kereta Api Terhadap Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca”, (<https://media.neliti.com/media/publications/147113-ID-analisis-shifting-penggunaan-moda-kendar.pdf>)

emisi maupun meningkatkan penyerapan emisi gas rumah kaca (GRK) dari berbagai sumber emisi.

Pada Sektor Perkeretaapian mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan efisiensi energi dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Dalam upaya pengendalian perubahan iklim sesuai dengan NDC yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia dalam komitmen *Paris Climate Agreement*, Indonesia menetapkan dua komponen utama dalam strategi pengendalian perubahan iklim yaitu adaptasi dan mitigasi. Dengan skema perencanaan strategi adaptasi dan mitigasi seperti grafik dibawah ini;

Skema 1. Perencanaan Strategi Adaptasi dan Mitigasi



Sumber: ICCSR 2009

Sumber emisi dari perkeretaapian adalah gas buang dari hasil pembakaran bahan bakar, emisi ini juga dipengaruhi oleh jenis teknologi, jenis bahan bakar, dan jarak perjalanan. Dari sumber penghasil emisi maka diketahui metode pengendalian perubahan iklim yaitu dengan melakukan efisiensi energi dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Aksi mitigasi ini dituangkan dalam Keputusan Menteri Perhubungan nomor KM 8 Tahun 2023, Tentang Penetapan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Transportasi untuk pencapaian target kontribusi yang ditetapkan secara nasional yaitu angkutan massal berbasis rel, pemanfaatan penerangan jalan bertenaga surya, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada prasarana transportasi, dan pemanfaatan bahan bakar alternatif pada sarana perkeretaapian.⁸

⁸ JadwalKereta.net, "Bahan Bakar Kereta Api-Jenis, Manfaatt, dan Dampak Lingkungan", (https://jadwalkereta.net/bahan-bakar-kereta-api-jenis-manfaat-dan-dampak-lingkungan/#google_vignette)

Metode

Penelitian ini menggunakan penelitian jenis deskriptif dengan menggambarkan strategi pemerintah Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim pada sektor perkeretaapian. Peneliti menggunakan data sekunder yang berasal dari artikel, buku, maupun akses media elektronik serta melakukan studi literatur melalui jurnal, buku, ilmiah, maupun koleksi artikel yang berasal dari internet.

Hasil dan Pembahasan

Masalah Perubahan Iklim di Indonesia Khususnya Sektor Transportasi

Perubahan iklim merupakan perubahan pola cuaca yang tidak menentu dan mempengaruhi iklim di bumi. Salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim adalah aktivitas manusia dalam menggunakan bahan bakar fosil, hal ini mengakibatkan peningkatan jumlah gas rumah kaca yang menjadi penyebab pemanasan global di permukaan bumi.

Penggunaan bahan bakar fosil pada umumnya dihasilkan dari transportasi yang memerlukan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Dari sumber energi inilah yang menghasilkan gas buang kendaraan dan menghasilkan beberapa jenis gas seperti karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O). Pada tahun 2015 emisi gas rumah kaca sektor transportasi menjadi penyumbang terbesar kedua setelah pembangkit listrik sebesar 137,94 juta ton CO₂. Tingginya kontribusi CO₂ pada sektor transportasi menjadi salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. (Kementerian ESDM, 2016)

Komitmen Indonesia setelah meratifikasi Perjanjian Paris dalam upaya mengatasi perubahan iklim dituangkan secara nasional dalam NDC dengan memberikan target kontribusi nasional sebesar 11% terhadap sektor energi yang mana transportasi termasuk didalamnya.

Sektor Perkeretaapian Indonesia

Perkeretaapian Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Perkeretaapian. Kereta api merupakan moda transportasi dengan konsumsi energi yang efisien per satuan penumpang. Moda transportasi ini juga merupakan sektor energi yang ramah lingkungan dan moda transportasi yang memiliki sisi efisiensi energi sehingga menghasilkan polutan (karbon) yang rendah. Sehingga dengan prospek ramah lingkungan, perkeretaapian Indonesia mengembangkan peralihan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) serta melakukan efisiensi energi. (RIPNAS 2030)

Di Indonesia, pengelola utama transportasi kereta api ialah PT Kereta Api Indonesia (Persero) atau disingkat PT KAI, merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa angkutan penumpang dan barang. Saat ini, PT KAI telah memiliki 7 (tujuh) anak perusahaan/grup usaha antara lain KAI Services (2003), KAI Bandara (2006), KAI Commuter (2008), KAI Wisata (2009), KAI Properti (2009), PT Pilar Sinergi BUMN Indonesia (2015). (Kai.id)

Cakupan wilayah operasi KAI ialah Pulau Jawa dan Sumatera. Wilayah kerja di Pulau Jawa dibagi berdasarkan Daerah Operasi (Daop) yaitu Jakarta, Bandung, Cirebon, Semarang, Purwokerto, Yogyakarta, Madiun, Surabaya, dan Jember. Sedangkan wilayah kerja di Sumatera dibagi berdasarkan Divisi Regional (Divre) yaitu Sumatera

Utara, Sumatera Barat, Palembang, Tanjung Karang, dan Aceh sebagai Sub Divisi Regional. (KAI Profile, 2023)

Emisi CO₂ dari kereta api lokomotif diesel diprediksi dengan memperhatikan beberapa faktor yaitu mesin, kecepatan, jarak tempuh, jumlah lintasan (*track*), penggunaan jenis bahan bakar yang ramah lingkungan, kapasitas muat dari gerbong, jumlah jalur layanan kereta api (*trayek/rute*), banyaknya *round trip* per hari, dan sebagainya.

Tabel 1. Perbandingan Konsumsi Energi BBM/KM/Pnp

Moda Transportasi	Volume Angkut	Konsumsi Energi BBM/KM	Penggunaan Energi BBM/Km/Pnp
Kereta Api	1500 orang	3 liter	0,0020
Bus	40 orang	0,5 liter	0,0125
Mobil	5 orang	0,1 liter	0,0200

Sumber: RIPNAS 2030

Dari perbandingan konsumsi energi, kereta api memiliki keunggulan dalam layanan angkutan publik khususnya dengan volume angkut yang besar, kereta api menjadi moda transportasi dengan energi yang paling efisien sehingga menghasilkan emisi dibawah rata-rata transportasi lain.

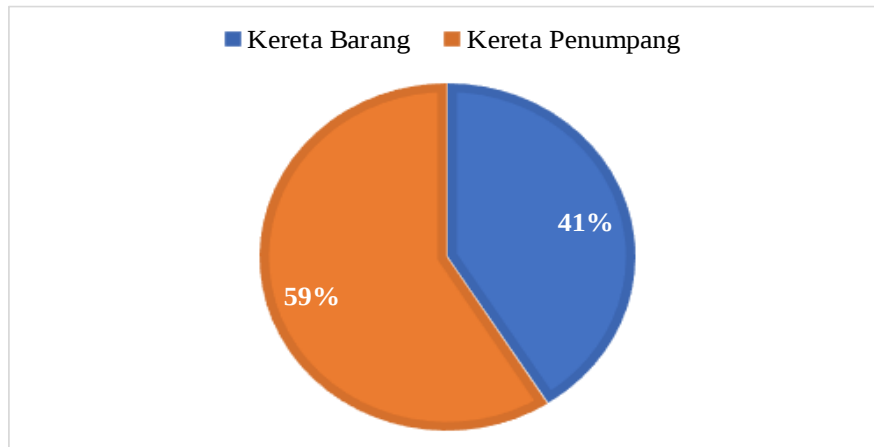
Tabel 2. Beban Emisi Sumber Kereta Api

Polutan	Kereta Barang (ton/tahun)	Kereta Penumpang (ton/tahun)	Total (ton/tahun)
NOx	31,46	46,16	77,62
Sox	0,29	0,42	0,71
HC	2,66	3,90	6,56
PM₁₀	1,21	1,78	3
CO	6,25	9,16	15,41
CO₂	1844,88	2706,82	4551,70

Sumber: Jurnal Teknik Lingkungan

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kontribusi tingkat polutan tertinggi ialah CO₂ dan NOx, dari perbandingan diatas juga diketahui bahwa kereta angkutan penumpang memberikan kontribusi emisi polutan lebih besar dari kereta barang, hal ini dikarenakan jumlah lokomotif dan jam operasional yang lebih banyak dari pada kereta angkutan barang. Sehingga dihitung persentase beban emisi CO₂ sumber kereta angkutan penumpang sebesar 59% dan kereta angkutan barang 41%.

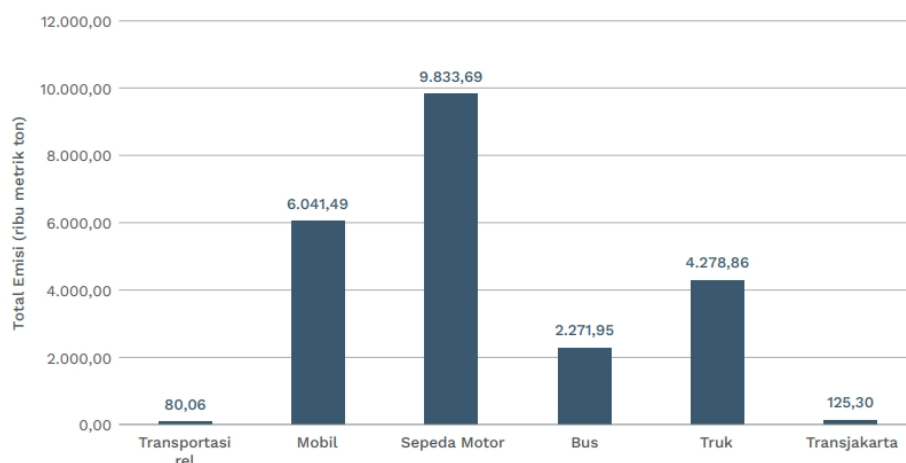
Diagram 3s. Beban Emisi Polutan Sumber Kereta Api



Sumber: Jurnal Teknik Lingkungan

Dari presentasi diatas diketahui bahwa perbedaan antara kereta barang dan kereta penumpang tidak jauh beda, bahkan presentase kereta penumpang lebih rendah dari kereta penumpang hal ini dikarenakan belum meratanya pengembangan pembangunan sarana dan prasarana perkeretaapian. Saat ini kereta api penumpang masih terkonsentrasi di Pulau Jawa sedangkan kereta angkutan barang hanya di Pulau Sumatera.

Grafik 1. Estimasi Emisi yang Dihasilkan Kendaraan di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2020 (dalam ribu ton CO₂e)



Sumber: Greenpeace Indonesia

Dari estimasi emisi kendaraan di Jakarta sebagai kota dengan polusi udara yang tinggi pada tahun 2020, transportasi berbasis rel menghasilkan total emisi sebesar 80,06 ribu ton CO₂e, angka ini menjadi yang paling rendah dibanding dengan kendaraan lainnya termasuk transjakarta yang menghasilkan total emisi 125,30 ribu ton CO₂e.

Dengan kapasitas angkut yang lebih besar dibanding kendaraan lainnya menjadikan transportasi rel unggul dan kategori transportasi ramah lingkungan.

Penggunaan moda transportasi publik seperti kereta api merupakan upaya yang dilakukan secara tidak langsung untuk mengurangi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar fosil dan tidak ramah lingkungan.

Penetapan aksi mitigasi perubahan iklim sektor transportasi berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 8 Tahun 2023, antara lain;

Tabel 3. Mitigasi Perubahan Iklim Pada Sektor Perkeretaapian

Kategori Aksi Mitigasi	Aksi Mitigasi	Bentuk Aksi Mitigasi
Efisiensi Energi	Pemanfaatan Angkutan Massal Berbasis Rel	1. Peningkatan Pembangunan jalur: - KA Perkotaan; - KA Perkotaan Jabodetabek; - Sistem Angkutan Umum Massal/SAUM Perkotaan; - KRL; - LRT; - MRT; - KA Pelabuhan; - KA Bandara; - KA Kecepatan Tinggi dan Lebih Tinggi; - KA Barang; 2. Pemanfaatan KA Jalur Ganda, Revitalisasi Jalur, Peningkatan Jalur KA dan Reaktivasi Jalur KA; 3. Operasionalisasi Kereta Perkotaan/Penumpang/Barang.
Efisiensi Energi dan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT)	Pemanfaatan Penerangan Jalan Bertenaga Surya	1. Pemanfaatan LED pada Penerangan Jalan; 2. Pemanfaatan Tenaga Surya pada Penerangan Jalan; 3. Pemanfaatan <i>Warning Light</i> (Lampu Peringatan).
Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT)	Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Prasarana Transportasi	Pemanfaatan PLTS pada Infrastruktur/Prasarana Transportasi Darat dan Perkeretaapian.
Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT)	Pemanfaatan Bahan Bakar Alternatif pada Sarana Perkeretaapian	1. Penggunaan Bahan Bakar Alternatif pada Sarana Perkeretaapian; 2. Penerbitan Kebijakan/Peraturan terkait.

Sumber: Kep.Menteri Perhubungan Nomor 8 Tahun 2023

Dalam aksi mitigasi yang dituangkan pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 8 Tahun 2023, masih diperlukan penyesuaian kebutuhan mitigasi perubahan iklim khususnya disektor perkeretaapian. Oleh karena itu diperlukan strategi mitigasi perubahan iklim yang selaras dengan perencanaan pembangunan nasional.

Strategi Pengembangan Perkeretaapian Nasional

Dalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) 2030, ditetapkan bagaimana mewujudkan penyelenggaraan perkeretaapian nasional, dan strategi yang diperlukan sesuai dengan arah pengembangan perkeretaapian 2030, antara lain:

- Pengembangan Jaringan dan Layanan Perkeretaapian;
- Peningkatan Keamanan dan Keselamatan Perkeretaapian;

- c. Alih teknologi dan pengembangan industri perkeretaapian;
- d. Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Kelembagaan Perkeretaapian;
- e. Investasi dan pendanaan perkeretaapian.

Strategi Pemerintah Indonesia dalam Mitigasi Perubahan Iklim pada Sektor Perkeretaapian

Pemerintah Indonesia telah menyusun beberapa strategi yang dilakukan untuk meningkatkan angka penggunaan angkutan umum dan menurunkan angka penggunaan kendaraan pribadi. Strategi ini juga dilakukan sebagai bentuk mitigasi perubahan iklim, yang mana sektor transportasi merupakan kontributor emisi terbesar kedua setelah industry. Hal ini dikarenakan meningkatkan gas buang CO₂ yang berasal dari pembakaran bahan bakar transportasi, oleh sebab itu pemerintah perlu mengendalikan penggunaan angkutan pribadi dengan beralih pada angkutan umum. Beberapa strategi pemerintah Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim pada sektor perkeretaapian, antara lain;

- a. Pertimbangan sektor perkeretaapian sebagai transportasi berkelanjutan;
- b. Pemanfaatan angkutan massal berbasis rel;
- c. Pemanfaatan penerangan jalan bertenaga surya;
- d. Pembangkit listrik tenaga surya pada prasarana transportasi;
- e. Pemanfaatan bahan bakar alternatif pada sarana perkeretaapian.

Tantangan Dalam Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Perkeretaapian

Dalam strategi mitigasi perubahan iklim, pemerintah Indonesia mengkategorikan mitigasi menjadi 2 (dua) kategori yakni kategori efisiensi energi dan kategori pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT). Dari kedua kategori kemudian dipetakan kembali dalam beberapa aksi mitigasi seperti pemanfaatan angkutan massal berbasis rel, pemanfaatan penerangan jalan bertenaga surya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada prasarana transportasi, pemanfaatan bahan bakar alternatif pada sarana perkeretaapian. Aksi mitigasi ini selaras dengan rencana nasional perkeretaapian Indonesia hanya saja belum mempertimbangkan emisi yang dihasilkan. Sementara perkembangan perkeretaapian saat ini sebagai moda transportasi rendah emisi masa depan masih dalam proses perencanaan, sehingga hambatan yang dihadapi belum berarti. Namun pemerintah Indonesia memiliki tantangan yang harus dihadapi dalam mitigasi perubahan iklim sektor perkeretaapian yakni:

- a. Pendanaan dan Investor;
- b. Risiko Bencana;
- c. Transportasi Ramah Lingkungan;
- d. Lanskap atau Kondisi Geografis;
- e. Pembebasan Lahan;
- f. Globalisasi;
- g. Persaingan Antar Moda;
- h. Regulasi Otonomi Daerah;
- i. Modernisasi Teknologi; dan
- j. Pengembangan Sumber Daya Manusia.

Kesimpulan

Sebagai penyumbang emisi terendah, sektor transportasi khususnya kereta api menjadi salah satu pilihan dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Hal ini dikarenakan kontribusi emisi CO₂ yang dikaji pada sektor transportasi menjadi salah satu sektor yang dapat menjadi salah satu upaya pengendalian perubahan iklim menggunakan pendekatan mitigasi perubahan iklim.

Pemerintah Indonesia menyusun strategi mitigasi perubahan iklim pada sektor perkeretaapian ditetapkan melalui 4 (empat) aksi mitigasi pada sektor perkeretaapian dari 2 (dua kategori) efisiensi energi dan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) yaitu Pemanfaatan Angkutan Massal Berbasis Rel, Pemanfaatan Penerangan Jalan Bertenaga Surya, Pembangkit Listrik Tengan Surya (PLTS) pada Prasarana Transportasi, dan Pemanfaatan Bahan Bakar Alternatif pada Sarana Perkeretaapian.

Dalam tahap perencanaan ini, penulis memfokuskan penelitian dari dua mekanisme yaitu RIPNAS 2030 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor Km 8 Tahun 2023. Pemerintah Indonesia dalam strategi mitigasi perubahan iklim pada sektor perkeretaapian memiliki tantangan yang harus dihadapi yakni risiko bencana, mewujudkan transportasi ramah lingkungan, lanskap atau kondisi geografis, pembebasan lahan, globalisasi, persaingan antar moda, regulasi (otonomi daerah), pendanaan dan investor, modernisasi teknologi, dan pengembangan sumber daya manusia.

Saran

1. Kementerian Perhubungan sebagai pembuat kebijakan sebaiknya dapat mempertimbangkan secara terperinci bagaimana potensi, dampak, serta biaya yang dibutuhkan bagi kemajuan perkeretaapian nasional. Pemerintah diharapkan mempertimbangkan kembali subsidi tarif pada angkutan massal dan mencari investor sebagai mitra kerjasama dan penunjang pembangunan perkeretaapian.
2. PT. KAI sebagai penyelenggara utama dibawah pemerintah nasional, diharapkan dapat meningkatkan inovasi teknologi dan mengembangkan infrastruktur penyelenggaraan perkeretaapian agar hambatan dalam pelayanan dapat diminimalisir.
3. Masyarakat diharapkan merubah pola perilaku dan kebiasaan dalam menggunakan kendaraan pribadi untuk beralih moda angkutan massal.

Daftar Pustaka

- Claudea Rizki Amelia, et al. "Analisis *Shifting* Penggunaan Moda Kendaraan Bermotor ke Kereta Api Terhadap Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, dan N₂O) Studi Kasus: Daerah Operasional VIII Surabaya". 2017, <https://media.neliti.com/media/publications/147113-ID-analisis-shifting-penggunaan-moda-kendar.pdf>
- Edvin Aldrian, et al., *Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia*. Jakarta: ICCTF, 2011.
- Elisabeth Pilisra Amelina, et al. "Kajian Kelayakan Jalur Kereta Api Kota Semarang berdasarkan Analisis Ancaman Longsor, Likuifaksi Tanah, dan *Space Syntax*". Vol.3. No. 2, Februari 2024
- Indonesia.Go.Id, "Peluang dan Tantangan Ekosistem Kendaraan Listrik di Indonesia". 2023, <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/7386/peluang-dan-tantangan-ekosistem-kendaraan-listrik-di-indonesia?lang=1>

- Institute For Essential Services Reform, “Mendukung Pengurangan Emisi di Sektor Transportasi”. 20 Februari 2023, <https://iesr.or.id/mendukung-pengurangan-emisi-di-sektor-transportasi>
- Institute For Essential Services Reform, “Indonesia dan Ratifikasi Paris Agreement: Dimanakah Kita?”. 5 Oktober 2016, <https://iesr.or.id/en/indonesia-dan-ratifikasi-paris-agreement-di-manakah-kita>
- Jadwalkereta.net. “Bahan Bakar Kereta Api-Jenis, Manfaat, dan Dampak Lingkungan”. 2024, https://jadwalkereta.net/bahan-bakar-kereta-api-jenis-manfaat-dan-dampak-lingkungan/#google_vignette
- Joyce, Linda A., et al. "Climate change and North American rangelands: assessment of mitigation and adaptation strategies." *Rangeland Ecology & Management* 66.5 (2013): 512-528.
- K.E.S Manik. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kencana, 2016.
- Kabar Hutan, “Perjanjian Paris, Ujian bagi Komitmen Emisi Karbon Indonesia”. 2016, <https://forestsnews.cifor.org/45587/perjanjian-paris-ujian-bagi-komitmen-emisi-karbon-indonesia?fnl=en>
- KAI. “Company Profile 2023”. 2023, https://www.kai.id/static/company-profile/company_profile_2023.pdf
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. “Penerangan Jalan Umum Sepanjang 1.500 km Bertenaga Surya Dibangun Kementerian ESDM”. 2019. <https://esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/penerangan-jalan-umum-sepanjang-1500-km-bertenaga-surya-dibangun-kementerian-esdm>
- Kementerian Perhubungan Ditjen Perkeretaapian. “Rencana Induk Perkeretaapian Nasional”. 2011, <https://ppid.dephub.go.id/fileupload/informasi-berkala/RIPNAS-2030.pdf>
- Kerja Sama Pemerintah Dengan Badan Usaha Kementerian Keuangan Republik Indonesia. “Peran KPBU dalam Mendorong Transportasi Massal Guna Mewujudkan Net Zero Emission”. 2023, <https://kpbu.kemenkeu.go.id/read/1193-1559/umum/kajian-opini-publik/peran-kpbu-dalam-mendorong-transportasi-massal-guna-mewujudkan-net-zero-emmission>
- Knowledge Centre Perubahan Iklim. “Komitmen Indonesia Dalam Pengendalian Perubahan Iklim.” 2016, <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/tentang/amanat-perubahan-iklim/komitmen-indonesia>.
- Sustainable Finance OJK. “Paris Agreement”, 3 April 2017, <https://www.ojk.go.id/sustainable-finance/id/publikasi/prinsip-dan-kesepakatan-internasional/Pages/Paris-Agreement.aspx>