

MENUJU TRANSPORTASI RENDAH KARBON : STRATEGI DAN INOVASI UNTUK MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA DI SEKTOR TRANSPORTASI

Nadila Reza Dinata

D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
dinata.2201013@taruna.poltradabali.ac.id

Siti Nur Aisyah

D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
aisyah.2201019@taruna.poltradabali.ac.id

Tristan Siwi Pratama

D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
pratama.2201020@taruna.poltradabali.ac.id

Rahmat Ahmad

D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
rahmat@poltradabali.ac.id

Abstract

Global warming has recently become a very important issue and is a problem that needs to be addressed. A global strategy to reduce greenhouse gas emissions in the transport sector by highlighting the importance of switching to low-carbon alternatives. This research explores transition efforts towards low-carbon transportation through SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis. The adoption of new technologies such as electric vehicles and alternative fuels, supported by public policy and international cooperation, is a key step to reduce greenhouse gas emissions. The study identified that while technology and policy support provide significant strengths and opportunities, key challenges include inadequate infrastructure and competition from conventional technologies. The results emphasize the need for integrated long-term strategies that consider internal and external factors in achieving a more sustainable transport system.

Keywords: alternative fuels, fuel efficiency, transportation infrastructure, low carbon transportation

Abstrak

Pemanasan global akhir-akhir ini menjadi salah satu isu yang sangat penting dan merupakan suatu masalah yang perlu ditangani. Strategi global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di sektor transportasi dengan menyoroti pentingnya untuk beralih ke alternatif rendah karbon. Penelitian ini mengeksplorasi upaya transisi menuju transportasi rendah karbon melalui analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Adopsi teknologi baru seperti kendaraan listrik dan bahan bakar alternatif, didukung oleh kebijakan publik dan kerjasama internasional, adalah langkah kunci untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Studi ini mengidentifikasi bahwa sementara teknologi dan dukungan kebijakan memberikan kekuatan dan peluang signifikan, tantangan utama meliputi infrastruktur yang belum memadai dan persaingan dari teknologi konvensional. Hasilnya menekankan perlunya integrasi strategi jangka panjang yang mempertimbangkan faktor-faktor internal dan eksternal dalam mencapai sistem transportasi yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: bahan bakar alternatif, efisiensi bahan bakar, infrastruktur transportasi, transportasi rendah karbon

PENDAHULUAN

Krisis iklim saat ini menuntut perubahan besar pada infrastruktur dan penggunaannya dalam sektor transportasi. Ketergantungan yang berkelanjutan pada bahan bakar fosil telah mengakibatkan peningkatan yang cepat pada kadar gas rumah kaca di atmosfer. Perubahan harus didorong tidak hanya dari segi teknologi tetapi juga melalui adaptasi, kebijakan, dan perilaku sosial. Adaptasi teknologi baru seperti kendaraan listrik dan bahan bakar alternatif, serta kebijakan pendukung dan kerjasama internasional dalam standar emisi, sangat penting untuk mengurangi dampak sektor transportasi terhadap lingkungan dan menurunkan emisi secara signifikan. Kebijakan tersebut harus dirancang untuk mendorong keberlanjutan dan praktik ramah lingkungan yang lebih luas. Hal ini akan memastikan penyelarasan global terhadap tujuan-tujuan berkelanjutan sambil memperhatikan kebutuhan ekonomi dan sosial dari berbagai negara.

Sektor transportasi merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca (GRK) yang berkontribusi atas perubahan iklim global. Berikut merupakan data yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI tahun 2018-2022.

Tabel 1. Emisi Gas Rumah Kaca menurut Jenis Sektor (ribu ton CO₂e) Tahun 2018-2022

Tahun	Sektor					Jumlah
	Energi	IPPU	Pertanian	Kehutanan	Limbah	
2018	595.620	51.180	104.053	1.067.963	117.464	1.936.280
2019	638.981	50.878	105.301	821.202	123.018	1.739.380
2020	580.073	49.891	107.850	371.236	125.748	1.234.798
2021	586.776	52.069	111.824	253.348	128.714	1.132.731
2022	723.507	59.452	119.841	221.368	130.419	1.254.587

Berdasarkan data diatas, sektor transportasi masuk dalam kategori energi dimana energi disini menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca terbanyak di tahun 2022. Emisi gas buang dari kendaraan bermotor akan mencemari udara, sehingga menjadi penyebab kualitas udara menurun dan mengancam kesehatan manusia (Adak et al., 2016). Menurut Boedoyo (2008) transportasi merupakan sektor yang signifikan menghasilkan emisi karbon dengan pertumbuhan proyeksi emisi karbon sebesar 9% per tahun. Peningkatan transportasi akan mendorong emisi karbon (Khalili et al., 2019). Menurut Adittyta dan Terapan (2024), transisi energi melalui Kebijakan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) dianggap sebagai langkah awal yang penting dan krusial dalam mengurangi ketergantungan kepada bahan bakar fosil. Anastasya dan Putri (2024) menyoroti bahwa pemanfaatan bus listrik dapat secara signifikan mendorong transportasi publik menjadi lebih ramah lingkungan, membantu mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* – SDGs 7) terkait dengan energi bersih dan terjangkau.

Ketergantungan yang berlebihan pada bahan bakar fosil dan konsekuensi buruknya terhadap lingkungan telah mempercepat perlunya inovasi dalam teknologi transportasi. Ganta (2024) menggambarkan bagaimana teknologi baru dapat menawarkan solusi yang menjanjikan menuju "jejak hijau" yang lebih kecil, mendukung upaya untuk mewujudkan target zero emission. Dari kendaraan listrik hingga penggunaan energi alternatif seperti hidrogen, potensi teknologi ini dalam mengurangi jejak karbon sangat besar, namun membutuhkan dukungan regulasi dan kebijakan publik yang kuat.

Kesepakatan iklim global menghendaki kerjasama dan komitmen dari semua sektor untuk mencapai pengurangan emisi yang signifikan. Karuniawan (2023) menunjukkan bahwa studi emisi GRK dari berbagai kegiatan dapat membantu dalam menyusun strategi yang efektif untuk mengurangi jejak karbon. Opsi-opsi seperti perbaikan manajemen lalu lintas, pengembangan infrastruktur ramah lingkungan, dan promosi kendaraan rendah atau nol emisi menjadi kunci dalam transisi menuju sistem transportasi yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi pengurangan emisi gas rumah kaca dalam sektor transportasi. Kutz (2008), analisis SWOT adalah alat penting untuk perencanaan strategis yang membantu dalam membandingkan kekuatan dan kelemahan internal organisasi dengan peluang dan ancaman dari luar. Sedangkan menurut Fred David (1996), menyatakan bahwa analisis SWOT adalah teknik perencanaan strategis yang digunakan untuk menilai kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman suatu perusahaan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini diperoleh dari data primer dan sekunder. Data primer berupa faktor-faktor kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman untuk menggali pandangan dalam transisi menuju transportasi rendah karbon. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumen resmi, termasuk laporan emisi gas rumah kaca dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, literatur ilmiah, serta studi kasus terkait kebijakan transportasi dan teknologi ramah lingkungan. Data yang telah dikumpulkan lalu dilakukan analisis menggunakan metode SWOT untuk dapat menentukan langkah-langkah yang perlu dilakukan guna mengurangi emisi GRK di sektor transportasi. Dengan menggunakan metode analisis SWOT dapat mengetahui kekuatan, kelemahan, peluang serta ancaman yang dapat terjadi dalam mengurangi emisi GRK pada sektor transportasi.

PEMBAHASAN

Upaya global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) telah menempatkan sektor transportasi di garis depan perubahan besar menuju sistem yang lebih ramah lingkungan. Transportasi rendah karbon mencakup adopsi teknologi kendaraan listrik, efisiensi bahan bakar, pengembangan bahan bakar alternatif, optimalisasi infrastruktur, dan promosi moda transportasi hijau.

Elektrifikasi kendaraan

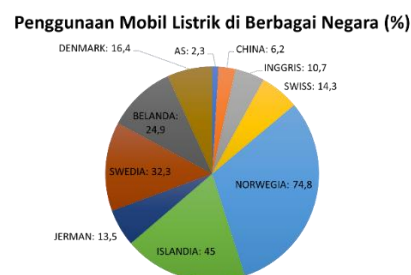
Data terkini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam penggunaan kendaraan listrik, baik motor maupun mobil. Pada tahun 2020, jumlah penggunaan motor listrik tercatat sebanyak 1.947 unit dan mobil listrik sebesar 229 unit. Kenaikan paling mencolok terjadi pada tahun 2023, dengan motor listrik mencapai 62.409 unit dan mobil listrik 12.248 unit. Hingga saat ini tahun 2024 jumlah KBLBB di Indonesia telah mencapai 133.225 unit.

Jumlah tersebut dihitung berdasarkan banyaknya Sertifikasi Registrasi Uji Tipe (SRUT) yang telah diterbitkan hingga 3 April 2024.

Tabel 2. Data Jumlah Kendaraan Listrik di Indonesia (2020-2022)

No	Nama Data	Motor Listrik	Mobil Listrik
1.	2020	1.947	229
2.	2021	5.486	2.012
3.	2022	25.782	7.679
4.	2023	62.409	12.248

Menurut studi yang dilakukan oleh Karuniawan (2023), transisi ke kendaraan listrik dapat mengurangi emisi CO₂ secara signifikan. Penggunaan kendaraan listrik dalam skala luas berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca hingga 60% dibandingkan dengan kendaraan bermotor bensin dalam jangka panjang. Hal ini menandakan peranan besar elektrifikasi kendaraan dalam mencapai tujuan global untuk menurunkan peningkatan suhu global. Berikut merupakan data penggunaan mobil listrik di berbagai negara.

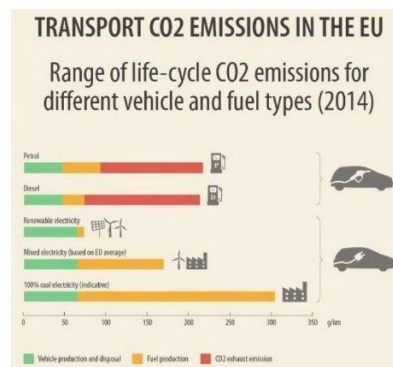


Gambar 1. Data Penggunaan Mobil Listrik di Berbagai Negara

Berdasarkan data penggunaan mobil listrik di berbagai negara pada Gambar 1, Norwegia kini memiliki salah satu jumlah penggunaan kendaraan listrik tertinggi per kapita di dunia. Strategi Norwegia untuk memaksimalkan penggunaan kendaraan listrik adalah dengan menawarkan pembebasan pajak, akses ke jalur bus untuk kendaraan listrik, dan penggunaan parkir gratis. Meskipun prospek elektrifikasi kendaraan menjanjikan dalam mengurangi emisi, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi, termasuk infrastruktur pengisian daya yang memadai dan waktu pengisian yang relatif lama (Nisa dan Susanti, 2023).

Peningkatan efisiensi bahan bakar

Pengembangan teknologi terbaru dalam efisiensi bahan bakar telah menjadi salah satu solusi kunci dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari kendaraan konvensional. Inovasi seperti sistem injeksi bahan bakar yang lebih canggih, penggunaan bahan lebih ringan, dan peningkatan teknologi *turbocharger* telah membantu dalam mengurangi konsumsi bahan bakar sekaligus meningkatkan performa kendaraan (Ganta, 2024). Pemerintah di berbagai negara telah mengenakan kebijakan dan regulasi yang mendorong atau bahkan mewajibkan produsen mobil untuk mengembangkan kendaraan yang lebih efisien dalam hal konsumsi bahan bakar. Standar ekonomi bahan bakar, seperti *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE) di Amerika Serikat, mendorong produsen mobil untuk mencapai rata-rata efisiensi bahan bakar tertentu di seluruh garis produk mereka.



Gambar 2. Kisaran Emisi CO2 Transportasi di Uni Eropa

Berdasarkan data emisi CO₂ di Uni Eropa tahun 2014, bahwa hasil emisi gas buang lebih banyak dihasilkan kendaraan berbahan bakar konvensional. Sedangkan untuk kendaraan listrik berbasis baterai tidak menghasilkan emisi gas buang atau *zero emission*. Penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi bahan bakar berkontribusi secara signifikan terhadap pengurangan emisi GRK. Sebuah studi oleh Rahmawati dan Pratama (2023) menemukan bahwa peningkatan efisiensi bahan bakar sebesar 10% dapat mengurangi emisi CO₂ dari kendaraan sebesar hingga 7%. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan dengan efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi memainkan peran penting dalam strategi global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan memerangi perubahan iklim.

Pengembangan bahan bakar alternatif

Pengembangan dan penerapan bahan bakar alternatif menjadi salah satu landasan strategis untuk mencapai transportasi rendah karbon. Bahan bakar bio yang berasal dari sumber daya alam dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, sejajar dengan peningkatan proporsi sumber bahan bakar terbarukan dalam mix energi sektor transportasi. Bahan bakar bio juga telah terbukti efektif dalam mengurangi emisi partikel dan NO_x, yang merupakan kontributor utama untuk pengurangan kualitas udara. Hidrogen, yang diharapkan sebagai bahan bakar masa depan, menawarkan keunggulan dalam hal nol emisi ketika dibakar atau digunakan dalam sel bahan bakar. Bahan bakar sintetis, yang dibuat melalui proses kimia dari sumber daya berkelanjutan seperti karbon dioksida ambien, juga menjanjikan footprint karbon yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil (Zubaydah et al., 2024).

Optimalisasi infrastruktur dan manajemen lalu lintas

Pengembangan sistem transportasi cerdas penting untuk mengurangi kepadatan lalu lintas dan berkontribusi pada penurunan emisi gas rumah kaca. Model prediksi dari data lalu lintas bisa membantu mengidentifikasi sumber emisi dan daerah yang butuh perbaikan infrastruktur, sehingga arus lalu lintas lebih lancar dan kemacetan berkurang (Karuniawan, 2023). Pemetaan emisi berbasis data trafik juga memberikan wawasan untuk pengembangan alternatif rute yang lebih hijau, di mana skenario ini dapat mengurangi tingkat emisi lokal dan menawarkan warga opsi-opsi perjalanan yang lebih berkelanjutan (Rahmawati dan Pratama, 2023). Selain itu, inovasi seperti sistem deteksi otomatis dan aplikasi navigasi cerdas juga bisa menyediakan data real-time yang membantu pengguna dalam memilih rute

tercepat dan kurang macet. Penelitian oleh Rahmawati dan Pratama (2023) mengindikasikan bahwa integrasi TIK dalam manajemen lalu lintas urban dapat mengurangi waktu perjalanan hingga 20% dan ini memiliki implikasi langsung terhadap pengurangan emisi secara keseluruhan. Menurut penelitian Adittya dan Terapan (2024), peningkatan infrastruktur sederhana dapat mengurangi konsumsi bahan bakar kendaraan hingga 15%, dengan penurunan yang signifikan pada emisi NOx dan partikel lainnya.

Promosi moda transportasi rendah karbon

Promosi dan penerapan transportasi umum rendah emisi berperan penting dalam transisi ini. Di Indonesia sendiri diprediksi mengalami peningkatan penjualan mobil listrik di masa depan. Harga baterai yang semakin murah menjadi salah satu faktor penentu. Berikut merupakan data proyeksi penjualan mobil Listrik di Indonesia jenis BEV (*Battery Electric Vehicle*) dan PHEV (*Plug-in Hybrid Eelectric Vehicle*).



Gambar 3. Proyeksi Pertambahan Mobil Listrik di Indonesia

Pengembangan dan promosi infrastruktur serta layanan yang mendukung transportasi umum rendah emisi, tidak hanya tentang menyediakan alternatif bagi kendaraan pribadi tetapi juga tentang menciptakan sistem transportasi yang inklusif dan mudah diakses. Rahmawati dan Pratama (2023) mengatakan bahwa keberhasilan implementasi transportasi berkelanjutan tergantung pada ketersediaan dan kualitas layanan, yang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kebiasaan masyarakat lokal, sehingga mampu mengurangi hambatan dalam adopsi transportasi umum.

Tabel 3. Perbedaan Penggunaan Mobil Listrik dan Mobil Konvensional

No	Perbedaan	Mobil Listrik	Mobil Konvensional
1	Harga	Rp 674 juta-2,9 miliar	Rp 141 juta-1,2 miliar
2	Emisi Karbondioksida (CO2)	0-5 g/km	125 g/km
3	Biaya Bahan Bakar	Rp 1.700-1.800 per 1,3 kWh	Rp 7.000-8.000 per liter
4	Biaya Tempuh Jakarta-Denpasar	Rp 200 ribu	Rp 1,2 juta

Dapat dilihat dari Tabel 3 diatas bahwa banyak sekali perbedaan yang signifikan dari kendaraan listrik dan konvensional diantaranya dari segi harga, jarak dan tentunya hasil emisi karbondioksida yang dihasilkan juga sangat berbanding jauh. Maka dari itu promosi dari transportasi perlu dilakukan untuk mengurangi efek gas rumah kaca disektor transportasi di Indonesia.

Integrasi pendekatan multimodal

Pendekatan multimodal mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya transportasi yang ada dan mengurangi dependensi pada kendaraan pribadi, yang berkontribusi tinggi terhadap polusi. Lebih dari 168.300 orang meninggal di Indonesia pada tahun 2019 akibat kanker paru-paru, penyakit pernapasan kronis, penyakit jantung, dan stroke akibat polusi udara (Restu, 2024). Melalui integrasi yang efektif, teknologi seperti sistem tiket elektronik dapat mempermudah transisi antarmoda tanpa perlu membeli tiket berulang kali.

Pemerintah dan sektor swasta harus berkolaborasi dalam pendanaan, pembangunan, dan pengoperasian sistem transportasi multimodal. Kebijakan yang mendukung dan insentif untuk transportasi umum dapat mempercepat penggunaan sistem transportasi multimodal. Kampanye edukasi yang berkelanjutan dan terintegrasi pada media sosial dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam mendukung inisiatif transportasi berkelanjutan (Thoriq et al., 2024).

Kerjasama internasional dan kebijakan publik

Kerjasama internasional dalam standarisasi teknologi rendah karbon penting untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di sektor transportasi dan mendorong adopsi global teknologi ramah lingkungan. Dalam konteks domestik, peran kebijakan publik dalam mendorong adopsi teknologi transportasi rendah karbon sungguh penting. Kebijakan seperti insentif fiskal, regulasi emisi, dan standarisasi kendaraan listrik merupakan instrumen efektif yang dapat mengarahkan perilaku pasar dan mendorong produsen serta konsumen untuk beralih ke solusi ramah lingkungan.

Kerjasama internasional juga penting dalam membentuk *framework* kebijakan yang dapat diadopsi oleh negara-negara untuk memfasilitasi pengembangan infrastruktur pendukung, seperti stasiun pengisian kendaraan listrik (*EV Charging Stations*), yang krusial untuk operasionalisasi kendaraan listrik. Kebijakan ini harus dirancang agar sistem bisa digunakan di berbagai negara, sehingga inisiatif seperti *electromobility* bisa berkembang secara global.

Analisis SWOT Strategi dan Inovasi untuk Mengurangi Emisi GRK

Dengan melakukan pengumpulan data dari beberapa sumber untuk strategi dan inovasi menekan angka emisi gas buang rumah kaca, maka didapatkan analisis SWOT yang bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Hasil analisis SWOT

EFAS \ IFAS	STRENGTH-S	WEAKNESS-W
	Menentukan faktor utama kekuatan Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi	Menentukan faktor utama kelemahan Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi
OPPORTUNITIES-O	SO Strategi yang menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi	WO Strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi

EFAS IFAS	STRENGTH-S Menentukan faktor utama kekuatan Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi	WEAKNESS-W Menentukan faktor utama kelemahan Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi
THREATS-T Menentukan faktor ancaman yang dapat diidentifikasi dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi	ST Strategi yang menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi	WT Strategi yang meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi

Setelah mengetahui bagian-bagian yang terdapat pada matriks hasil analisis *SWOT*, maka dapat membuat Analisis dengan menggunakan bagian-bagian tersebut untuk menganalisis strategi dan inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi. Maka didapatkan hasil Analisis swot seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis faktor SWOT strategi dan inovasi untuk mengurangi emisi GRK

EFAS IFAS	STRENGTH-S - Peningkatan teknologi dan inovasi seperti kemajuan pada sistem penggerak listrik dan bahan bakar alternatif - Dukungan kebijakan dan regulasi dari pemerintah yang mendukung transportasi rendah karbon - Kesadaran permintaan konsumen yang meningkat mengingat pentingnya mengurangi jejak karbon	WEAKNESS-W - Infrastruktur yang belum memadai - Teknologi baru memiliki biaya produksi dan harga jual yang lebih tinggi - Produksi baterai kendaraan listrik membutuhkan lithium dan kobalt, yang terbatas dan berpotensi menimbulkan masalah lingkungan dan geopolitik.
OPPORTUNITIES-O - Pasar yang berkembang pesat menciptakan peluang yang besar bagi inovasi dan investasi bisnis di sektor transportasi - Adanya peningkatan kerjasama internasional dalam pengembangan dan standarisasi teknologi rendah karbon - Peningkatan minat investor pada proyek berkelanjutan membuka peluang pendanaan untuk infrastruktur dan teknologi transportasi rendah karbon.	STRATEGI SO Memaksimalkan seluruh kelebihan dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi dengan melihat peluang yang ada	STRATEGI WO Memaksimalkan peluang yang ada dengan tidak menghiraukan kelemahan dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi
THREATS-T - Ketidakpastian ekonomi dan politik yang dapat mempengaruhi keberlanjutan kebijakan dan dukungan terhadap teknologi rendah karbon. - Ancaman dari teknologi konvensional yang masih mendominasi pasar - Dampak lingkungan dari produksi dan pembuangan baterai kendaraan listrik yang dapat menimbulkan masalah jika	STRATEGI ST Memaksimalkan semua yang menjadi kekuatan dari Strategi dan Inovasi untuk mengurangi emisi GRK di sektor transportasi, akan tetapi tetap memperhatikan ancaman	STRATEGI WT Tetap memperhatikan semua faktor kelemahan dan ancaman yang terjadi, supaya meminimalisir kejadian yang tidak diinginkan

tidak dikelola dengan baik.		
-----------------------------	--	--

Strategi dan Inovasi untuk Mengurangi Emisi GRK di Sektor Transportasi

Dengan dibuatnya matriks *SWOT* yang di dalamnya telah menganalisis kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dalam mengurangi emisi GRK di sektor transportasi ini dapat digunakan untuk membuat strategi dan inovasi guna mengurangi emisi GRK di sektor transportasi. Berikut strategi yang dapat dilakukan:

1. Melakukan penelitian yang berkelanjutan seperti pengembangan baterai non-lithium untuk menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, daya tahan yang lebih baik, dan biaya yang lebih rendah agar mempercepat adopsi kendaraan rendah emisi;
2. Meningkatkan teknologi daur ulang untuk mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru, serta mengembangkan rantai pasokan sirkular untuk mengurangi limbah;
3. Menetapkan kebijakan yang mendukung transisi ke transportasi rendah karbon, seperti insentif fiskal, regulasi emisi yang ketat, dan standarisasi kendaraan listrik;
4. Pengembangan kendaraan listrik (*Electric Vehicle*) yang lebih hemat energi, dengan teknologi yang meningkatkan efisiensi baterai dan pengurangan berat kendaraan untuk memaksimalkan jarak tempuh;
5. Kolaborasi dengan pemerintah dan sektor swasta untuk mempercepat pembangunan jaringan stasiun pengisian daya publik yang mudah diakses;
6. Menggelar kampanye untuk mengedukasi masyarakat tentang manfaat kendaraan rendah emisi menawarkan insentif seperti subsidi dan keringanan pajak bagi pembeli kendaraan listrik;
7. Mengonversi bus dan kendaraan umum lainnya menjadi listrik untuk mengurangi emisi sektor transportasi publik;
8. Kerjasama internasional untuk berbagi pengetahuan, pengalaman, dan sumber daya dalam pengembangan dan standarisasi teknologi rendah karbon;
9. Melakukan pengembangan sistem transportasi cerdas untuk mengurangi kemacetan dan emisi gas rumah kaca melalui prediksi data lalu lintas, identifikasi sumber emisi, dan perbaikan infrastruktur serta sistem deteksi otomatis dan navigasi cerdas untuk membantu memilih rute tercepat sehingga menurunkan konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi.

KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa transisi menuju transportasi rendah karbon sangat mungkin dilakukan melalui pengadopsian teknologi baru, peningkatan infrastruktur, dan dukungan kebijakan yang kuat. Analisis *SWOT* memberikan gambaran tentang kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang perlu dipertimbangkan dalam mengembangkan strategi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di sektor transportasi. Dengan mengatasi tantangan-tantangan yang ada, seperti infrastruktur yang belum memadai dan biaya produksi yang masih tinggi, serta memanfaatkan peluang yang ada melalui kerjasama internasional dan pengembangan pasar, transisi ini dapat berjalan lebih efektif. Upaya kolektif dari pemerintah, industri, dan masyarakat sangat diperlukan untuk mewujudkan sistem transportasi yang lebih berkelanjutan dan rendah karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Adak, P., Sahu, R., dan Elumalai, S. P. 2016. Development of Emission Factors for Motorcycles and Shared Auto-Rickshaws Using Real-World Driving Cycle for A Typical Indian City. *Journal of Science of the Total Environment*, 544, pp. 299–308.
- Aditty, A. P., & Terapan, M. E. (2024). Kebijakan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) dalam Transisi Energi di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Ekonomi*.1
- Anastasya, R., & Putri, S. B. (2024). SDGs 7: Efektivitas Program Penggunaan Bus Listrik Guna Mendorong Transportasi Publik Ramah Lingkungan. *Journal of Environmental Economics and Sustainability*, 1(3), 13-13.
- Boedoyo, M.S. 2008. Penerapan Teknologi untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 09(01), pp. 09–16.
- Boone, Louis E. Kurtz, David L. 2008. Pengantar Bisnis Kontemporer, buku 1. Salemba Empat. Jakarta
- Fred R. David. 1996. Strategic Management. Edisi ke Enam. Prentice Hall International, Inc., Francis Marian University.
- Ganta, M. G. W. Y. (2024). Teknologi Terbaru Menuju Jejak Hijau: Strategi Inovatif Untuk Mewujudkan Net Zero Emisi Di Masa Depan. *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi dan Otomotif*, 2(2), 84-89.
- Karuniawan, F. C. (2023). *Studi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Aktivitas Operasional Bank Sampah di Kabupaten Gunung Kidul* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Khalili, S., Rantanen, E., Bogdanov, D., Breyer, C. (2019). Global Transportation Demand Development With Impacts On The Energy Demand And Greenhouse Gas Emissions In A Climate-Constrained World. *Energies*, 12(20), 3870.
- Nisa, L. C., & Susanti, A. (2023). Strategi Penerapan Mobil Listrik di Surabaya Sebagai Smart Mobility. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 1(2 (Agustus)), 213-225.
- Putri, A. D., Sasongko, N. A., & Yoesgiantoro, D. (2024). Carbon Capture Storage dan Carbon Capture Utilization Storage (CCS/CCUS) sebagai Solusi Transisi Energi Fosil di Indonesia: Carbon Capture Storage And Carbon Capture Utilization And Storage (CCS/CCUS) As Indonesia's Energy Transition. *PENDIPA Journal of Science Education*, 8(2), 191-203.
- Rahmawati, S., & Pratama, I. N. (2023). Pengaruh Penggunaan Transportasi Berkelanjutan Terhadap Kualitas Udara Dan Kesejahteraan Masyarakat. *Journal of Environmental Policy and Technology*, 1(2), 90-99.
- Restu Arisanti, et al. "Determinants of Greenhouse Gas Emissions in the Transportation Sector in Indonesia: Official Statistics and Big Data Approach." *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 14, no. 1, 15 Jan. 2024, pp. 86–97.
- Thoriq, R. A., Sari, V. R., & Rachman, I. F. (2024). Menuju Masa Depan yang Berkelanjutan: Mengoptimalkan Media Sosial untuk Meningkatkan Kesadaran SDGs 2030. *Inspirasi Dunia: Jurnal Riset Pendidikan dan Bahasa*, 3(2), 162-175.
- Zubaydah, A., Sabilah, A. Z., Sari, D. P., & Hidayah, F. N. A. (2024). Mengurangi Emisi: Mendorong Transisi Ke Energi Bersih Untuk Mengatasi Polusi Udara. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 4(1), 11-21.