

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

Penelitian ini berlandaskan pada tiga elemen utama yang saling berhubungan, yaitu jarak tempuh, konsumsi bensin, dan emisi CO<sub>2</sub> dalam konteks transportasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki hubungan antara jarak tempuh dan penggunaan bensin, serta dampaknya terhadap emisi CO<sub>2</sub> dalam kegiatan transportasi. Pemahaman terhadap elemen-elemen ini penting untuk menentukan batasan analisis dan cakupan masalah yang akan diteliti (Iskandar & Putri, 2020).

Secara teoritis, emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari kendaraan bermotor berbahan bakar bensin dapat dihitung menggunakan faktor emisi yang dikeluarkan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), yakni sekitar 2,31 kg CO<sub>2</sub> per liter bensin yang dibakar. Nilai ini menunjukkan hubungan langsung antara konsumsi bahan bakar dan jumlah emisi yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi volume bensin yang dikonsumsi maka semakin besar pula emisi CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke atmosfer.

Penelitian ini melibatkan pengumpulan data dari perusahaan transportasi di Indonesia, khususnya PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU), untuk memetakan pola penggunaan bensin dan emisi yang dihasilkan dari aktivitas transportasi sehari-hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi efisiensi rute yang dapat mengurangi penggunaan bensin dan emisi CO<sub>2</sub>. Pratama et al. (2017) menyatakan bahwa strategi efisiensi rute dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar secara signifikan, yang pada akhirnya berdampak pada emisi yang dihasilkan. Hal ini menyoroti pentingnya merancang rute yang optimal untuk mengurangi pemborosan bahan bakar dan meminimalkan dampak lingkungan dari emisi gas rumah kaca. Analisis ini berfokus pada peran inovasi hijau dalam transportasi berkelanjutan dan bagaimana inovasi tersebut dapat diterapkan untuk mencapai efisiensi dan pengurangan emisi.

Dalam hal emisi CO<sub>2</sub>, penelitian ini juga mengevaluasi inovasi teknologi yang dapat diterapkan untuk mengurangi emisi dalam industri transportasi. Suryani dan Darmawi (2019) menekankan bahwa inovasi hijau dan teknologi berkelanjutan berperan besar dalam upaya pengurangan emisi di sektor ini. Oleh karena itu, penelitian ini akan meneliti

bagaimana teknologi inovatif dapat diimplementasikan untuk menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sambil mempertahankan efisiensi operasional dalam moda transportasi. Diharapkan bahwa penerapan teknologi ramah lingkungan ini dapat memberikan solusi konkret dalam mengurangi jejak karbon.

Besarnya emisi CO<sub>2</sub> dari sektor transportasi dipengaruhi oleh karakteristik operasional kendaraan, seperti jumlah kendaraan yang beroperasi, jenis kendaraan, serta konsumsi bahan bakar yang digunakan. Selain itu, intensitas arus kendaraan pada waktu tertentu, terutama pada jam sibuk, dapat meningkatkan jumlah emisi yang dihasilkan secara signifikan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat penggunaan kendaraan dan konsumsi bahan bakar, maka semakin besar pula kontribusinya terhadap emisi karbon dioksida. Oleh karena itu, pengelolaan transportasi dan efisiensi penggunaan bahan bakar menjadi faktor penting dalam upaya pengendalian emisi.

Susilo dan Yuniarti (2016) menunjukkan bahwa kebijakan pemerintah dalam menetapkan standar emisi sangat penting dalam mendorong perusahaan transportasi untuk menerapkan praktik yang lebih bersih dan efisien. Dalam konteks ini, penelitian ini akan menganalisis regulasi yang ada dan dampaknya terhadap strategi pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dalam transportasi. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi berdasarkan temuan terkait kebijakan yang dapat mendukung peningkatan efisiensi sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas transportasi. Oleh karena itu, teori hubungan sebab-akibat antara jarak tempuh, konsumsi bahan bakar, dan emisi CO<sub>2</sub> menjadi dasar logis bagi penyusunan model regresi linier berganda yang akan digunakan dalam penelitian ini. (BloombergNEF, 2024)

Studi oleh Romero dan Gramkow (2021) memberikan perspektif makro tentang hubungan antara struktur ekonomi dan emisi gas rumah kaca. Mereka memperkenalkan konsep Economic Complexity Index (ECI) yang mengukur keragaman dan tingkat pengetahuan yang tertanam dalam struktur produksi suatu negara. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa negara dengan indeks kompleksitas ekonomi yang lebih tinggi cenderung memiliki intensitas emisi (emisi per unit output) yang lebih rendah, serta emisi per kapita yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena produksi barang-barang kompleks umumnya melibatkan teknologi yang lebih efisien dan berbasis

pengetahuan, sehingga menghasilkan nilai tambah yang tinggi dengan polusi yang relatif lebih sedikit. Temuan ini menguatkan argumen bahwa transformasi struktural menuju ekonomi yang lebih beragam dan berbasis teknologi tidak hanya mendorong pertumbuhan ekonomi, tetapi juga dapat mendukung upaya dekarbonisasi, termasuk di sektor transportasi.

## **2.2. Penelitian Terdahulu**

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi hubungan antara aktivitas transportasi dan emisi CO<sub>2</sub> dalam berbagai konteks. Studi oleh Susilo dan Yuniarti (2016) mengidentifikasi adanya hubungan signifikan antara konsumsi bahan bakar dan emisi CO<sub>2</sub> di perusahaan transportasi di Indonesia. Penelitian ini menyoroti bahwa efisiensi bahan bakar adalah faktor penting dalam upaya pengurangan emisi. Penelitian lain oleh Pratama et al. (2017) menekankan pentingnya optimalisasi rute sebagai strategi untuk mengurangi konsumsi bensin. Selain itu, Wibowo dan Rahmawati (2018) menunjukkan bahwa teknologi kendaraan yang lebih efisien dapat secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Studi oleh Adi et al. (2024) menganalisis pengaruh harga bahan bakar fosil terhadap konsumsi listrik dari sumber fosil dan terbarukan, serta dampaknya terhadap pertumbuhan ekonomi dan inflasi di negara-negara Asia Pasifik. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa harga bahan bakar fosil berpengaruh signifikan terhadap pola konsumsi energi, di mana kenaikan harga cenderung mengurangi konsumsi listrik dari sumber fosil. Temuan ini mengindikasikan bahwa fluktuasi harga bahan bakar fosil tidak hanya memengaruhi sektor energi, tetapi juga berpotensi memengaruhi emisi karbon yang dihasilkan, mengingat konsumsi energi fosil berkorelasi langsung dengan emisi CO<sub>2</sub>.

Penelitian tersebut juga menyoroti bahwa transisi menuju energi terbarukan tidak serta-merta menyebabkan inflasi hijau (greenflation) yang signifikan, bahkan konsumsi energi terbarukan justru berkontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Hal ini menguatkan pentingnya diversifikasi sumber energi dalam strategi pengurangan emisi, tidak hanya pada tingkat makro-nasional, tetapi juga dalam konteks operasional perusahaan seperti PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU).

Dengan demikian, temuan Adi et al. (2024) memberikan landasan empiris bahwa efisiensi konsumsi bahan bakar fosil dan peralihan ke sumber energi yang lebih

bersih dapat menjadi strategi efektif tidak hanya untuk menekan emisi, tetapi juga untuk mendukung kinerja ekonomi dan kepatuhan regulasi lingkungan.

Penelitian oleh Suryani dan Darmawi (2019) menyoroti perlunya integrasi teknologi hijau dalam sistem manajemen transportasi. Mereka menunjukkan bahwa inovasi dalam teknologi mesin dan penggunaan kendaraan listrik dapat memberikan dampak positif yang signifikan terhadap penurunan emisi CO<sub>2</sub>. Selanjutnya, Iskandar dan Putri (2020) membahas penggunaan data dan analitik untuk memantau dan mengoptimalkan konsumsi bahan bakar, yang pada akhirnya mengurangi emisi karbon.

Penelitian yang dilakukan oleh Sidqi (2025) menunjukkan bahwa penggunaan metode analisis kuantitatif sangat efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu sistem energi dan lingkungan. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan observasi, perhitungan, dan analisis data untuk mengevaluasi hubungan antara variabel teknis dan lingkungan dalam suatu sistem energi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode analisis yang tepat dapat membantu dalam memahami hubungan antar variabel secara sistematis serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dan berbasis data.

Berikut Penelitian terdahulu, yakni:

**Tabel 2. 1** Penelitian Terdahulu

| No | Nama Peneliti<br>& Tahun   | Judul<br>Penelitian/Jurnal                                                                    | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                  |
|----|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Iskandar & Putri<br>(2022) | Optimalisasi<br>Teknologi dan<br>Analitik dalam<br>Manajemen<br>Transportasi<br>Berkelanjutan | Menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dan analitik dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar hingga 15% dan menurunkan emisi karbon pada aktivitas transportasi perusahaan jasa. |

| No | Nama Peneliti & Tahun            | Judul Penelitian/Jurnal                                                                                    | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                |
|----|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | Pratama, Susanto & Wijaya (2021) | Strategi Optimasi Rute untuk Efisiensi Bahan Bakar dan Penurunan Emisi pada Transportasi Operasional       | Menemukan bahwa perencanaan rute yang optimal dapat mengurangi jarak tempuh rata-rata sebesar 12% dan menurunkan konsumsi bensin sebesar 8%, yang berdampak signifikan pada pengurangan emisi CO <sub>2</sub> . |
| 3  | Suryani & Darmawi (2023)         | Inovasi Teknologi Hijau dalam Transportasi Berkelanjutan: Studi pada Perusahaan Jasa Lingkungan            | Mengidentifikasi bahwa adopsi teknologi hijau (kendaraan hybrid, sistem manajemen armada digital) dapat mengurangi emisi CO <sub>2</sub> hingga 25% pada aktivitas transportasi perusahaan jasa lingkungan.     |
| 4  | Susilo & Yuniarti (2022)         | Analisis Faktor Penentu Emisi CO <sub>2</sub> pada Aktivitas Transportasi Perusahaan Jasa di Indonesia     | Mengonfirmasi hubungan positif yang signifikan antara jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar dengan tingkat emisi CO <sub>2</sub> , dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,68.                         |
| 5  | Wibowo & Rahmawati (2023)        | Pengaruh Karakteristik Kendaraan dan Pola Operasional terhadap Emisi Gas Rumah Kaca di Sektor Transportasi | Menunjukkan bahwa kondisi teknis kendaraan (usia, perawatan) dan pola mengemudi mempengaruhi efisiensi bahan bakar, yang pada gilirannya mempengaruhi tingkat emisi CO <sub>2</sub> yang dihasilkan.            |

| No | Nama Peneliti<br>& Tahun | Judul<br>Penelitian/Jurnal                                                                                                                        | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                   |
|----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Adi & Santoso<br>(2020)  | Model Regresi<br>untuk Estimasi<br>Emisi CO <sub>2</sub><br>Berdasarkan<br>Konsumsi Bahan<br>Bakar pada<br>Kendaraan<br>Operasional<br>Perusahaan | Mengembangkan model regresi linier<br>yang akurat untuk memperkirakan emisi<br>CO <sub>2</sub> berdasarkan volume bahan bakar<br>yang dikonsumsi, dengan validasi $R^2 =$<br>0,72. |
| 7  | Budi & Lestari<br>(2021) | Implementasi<br>Green Fleet<br>Management<br>sebagai Strategi<br>Penurunan Jejak<br>Karbon di<br>Perusahaan Jasa                                  | Menyoroti penerapan teknologi hijau<br>sebagai solusi strategis pengurangan emisi<br>pada transportasi perkotaan.                                                                  |
| 8  | Hartono (2020)           | Manajemen Rute<br>dan Konsumsi<br>Bahan Bakar                                                                                                     | Menunjukkan bahwa manajemen rute<br>yang efektif dapat menekan konsumsi<br>bahan bakar dan mengurangi emisi.                                                                       |

| No | Nama Peneliti & Tahun | Judul Penelitian/Jurnal                                                                     | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | BloombergNEF (2024)   | BloombergNEF. (2024). New Energy Outlook 2024: Executive Summary. Bloomberg Finance L.P.    | Dalam konteks transportasi, laporan ini menggarisbawahi pentingnya elektrifikasi kendaraan, efisiensi bahan bakar, dan manajemen armada hijau sebagai pilar utama dekarbonisasi. Temuan kunci menunjukkan bahwa tanpa kebijakan pendukung yang kuat, transisi menuju transportasi berkelanjutan akan berjalan lambat, sehingga intervensi seperti optimalisasi rute, perawatan kendaraan, dan adopsi teknologi rendah karbon menjadi langkah kritis bagi perusahaan untuk mengurangi emisi CO <sub>2</sub> dari aktivitas operasional. |
| 10 | Setiawan (2022)       | Optimalisasi Transportasi Berkelanjutan                                                     | Menjelaskan pentingnya pendekatan berkelanjutan dalam pengelolaan transportasi untuk menekan emisi karbon.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11 | M. Ahsin Sidqi (2025) | Kajian Kelayakan Teknik dan Finansial Proyek PLTS di Pulau Padang Tikar Kabupaten Kubu Raya | Menunjukkan bahwa analisis data yang sistematis dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| No | Nama Peneliti & Tahun                               | Judul Penelitian/Jurnal                                     | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                      |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | João P. Romero & Camila Gramkow (2021)              | Economic complexity and greenhouse gas emissions            | Menunjukkan bahwa konsumsi energi berbasis bahan bakar fosil memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi CO <sub>2</sub> dan penggunaan energi yang efisien diperlukan untuk mengurangi dampak lingkungan |
| 13 | Tri Wahyu Adi, Ade Caswito & R. Sapto Yuwono (2024) | Analisis Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan | Menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi gas buang, dimana peningkatan penggunaan bahan bakar menyebabkan peningkatan emisi                                                 |
| 14 | Ricardo Delgado & Angela Inés Cadena (2020)         | A Case Study on Colombian Mitigation Actions                | Menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar fosil memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi CO <sub>2</sub> dan pengelolaan energi yang efisien diperlukan untuk mengurangi dampak lingkungan.               |
| 15 | Budi Prayitno (2020)                                | Analisis Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan | Menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan emisi gas buang kendaraan.                                                                                                     |



| No | Nama Peneliti<br>& Tahun                                | Judul<br>Penelitian/Jurnal                                                                            | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | Sofaniadi, S.,<br>Huda, M., &<br>Hartawan, F.<br>(2022) | Transportasi<br>Berkelanjutan dan<br>Pengaruhnya<br>Terhadap<br>Pengurangan Emisi<br>di Kota Semarang | Menunjukkan bahwa studi ini mengkaji penerapan strategi transportasi berkelanjutan melalui pendekatan Avoid-Shift-Improve (ASI) di Kota Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi berupa peningkatan tata ruang, pengembangan angkutan massal, adopsi teknologi kendaraan ramah lingkungan, dan manajemen rekayasa lalu lintas dapat mengurangi emisi CO <sub>2</sub> sektor transportasi secara signifikan. Tanpa intervensi (BAU), emisi diproyeksikan mencapai 22.408,9 kt CO <sub>2</sub> e pada tahun 2030, namun dengan strategi hijau, emisi dapat diturunkan menjadi 16.006,4 kt CO <sub>2</sub> e. Penelitian ini memberikan dukungan empiris bagi perusahaan untuk mengadopsi kebijakan serupa dalam mengelola transportasi operasional yang rendah karbon. |

| No | Nama Peneliti<br>& Tahun                       | Judul<br>Penelitian/Jurnal                                                                       | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17 | Humami,<br>Julianti, &<br>Rusmandani<br>(2024) | Analisis<br>Karakteristik<br>Kendaraan<br>terhadap Emisi Gas<br>Buang pada<br>Transportasi Jalan | Menemukan bahwa jarak tempuh, usia kendaraan, dan kapasitas silinder berpengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi CO, HC, dan opasitas. Semakin tinggi jarak tempuh dan usia kendaraan, semakin besar emisi yang dihasilkan, terutama pada kendaraan dengan penggunaan intensif. Studi ini menguatkan perlunya pertimbangan faktor teknis kendaraan dalam analisis emisi transportasi operasional. |
| 18 |                                                |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| No | Nama Peneliti<br>& Tahun   | Judul<br>Penelitian/Jurnal                                                                            | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | Yehuda Wira<br>Yuda (2024) | Evaluasi Emisi<br>Kendaraan Ringan<br>Berdasarkan IPCC<br>& MOVES pada<br>Jalan Raya Kota<br>Makassar | Menunjukkan bahwa kendaraan ringan jenis minibus menjadi kontributor emisi terbesar. Berdasarkan metode IPCC, emisi tertinggi di jalan arteri ditemukan pada Jl. Perintis Kemerdekaan dan di jalan kolektor pada Jl. Hertasning serta hasil perhitungan program MOVES menunjukkan pola yang selaras dengan metode IPCC dalam mengidentifikasi titik beban emisi tertinggi |

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa meskipun hubungan antara konsumsi bahan bakar dan emisi CO<sub>2</sub> telah banyak dikaji, namun penelitian yang secara spesifik menyoroti aspek jarak tempuh dan volume bensin dalam konteks perusahaan jasa lingkungan seperti PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU) masih belum banyak ditemukan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki kontribusi orisinal dalam memperluas literatur mengenai emisi transportasi operasional di sektor jasa sertifikasi dan inspeksi. (M. Ahsin Sidqi, 2025)

Dalam konteks upaya pengurangan emisi gas rumah kaca, penelitian oleh Delgado dan Cadena (2020) memberikan perspektif strategis mengenai substitusi bahan bakar fosil dengan energi listrik pada sektor transportasi. Studi mereka yang dilakukan di Bogotá, Kolombia, menekankan bahwa penggunaan kendaraan listrik dapat menjadi solusi mitigasi yang efektif, terutama jika sumber listrik berasal dari energi terbarukan seperti tenaga air. Mereka menyoroti bahwa konsumsi bahan bakar fosil berkorelasi langsung dengan peningkatan emisi CO<sub>2</sub>, sehingga substitusi ke energi bersih dapat mengurangi jejak karbon secara signifikan.

Temuan kunci mereka menunjukkan bahwa pergantian bahan bakar fosil dengan listrik dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> hingga 15,3% dalam skenario penetrasi kendaraan listrik yang agresif, faktor emisi listrik yang rendah (karena dominasi pembangkit hidro)

membuat penggunaan energi listrik menjadi lebih ramah lingkungan dibandingkan bensin atau diesel, Efisiensi operasional kendaraan listrik juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi, terutama untuk kendaraan dengan penggunaan intensif seperti taksi dan angkutan barang ringan.

Penelitian ini memperkuat argumen bahwa pengurangan emisi tidak hanya bergantung pada efisiensi bahan bakar, tetapi juga pada diversifikasi sumber energi yang lebih bersih. Dalam konteks PT Mutuagung Lestari Tbk., temuan ini dapat menjadi landasan untuk mempertimbangkan integrasi kendaraan listrik atau hybrid dalam operasional transportasi perusahaan, sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi jangka panjang.

Studi oleh Prayitno (2022) yang berjudul “Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Bahan Bakar Minyak pada Masyarakat di Surabaya” memberikan perspektif tambahan mengenai faktor-faktor yang memengaruhi konsumsi bahan bakar, meskipun dalam konteks yang berbeda yaitu tingkat masyarakat perkotaan. Penelitian tersebut mengidentifikasi bahwa variabel jumlah kendaraan bermotor dan pendapatan per kapita berpengaruh positif signifikan terhadap konsumsi BBM, sementara subsidi bahan bakar minyak justru menunjukkan pengaruh negatif. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah kendaraan dan daya beli masyarakat cenderung meningkatkan konsumsi bahan bakar, sedangkan kebijakan subsidi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi karena dapat dipengaruhi oleh efisiensi dan kebijakan pengendalian.

Dalam konteks penelitian ini, hasil tersebut dapat dijadikan sebagai pembanding bahwa selain faktor teknis seperti jarak tempuh dan volume bensin, faktor eksternal seperti kebijakan energi dan kondisi ekonomi juga dapat memengaruhi pola konsumsi bahan bakar. Meskipun objek penelitian Prayitno (2022) adalah masyarakat umum, implikasinya tetap relevan untuk memahami dinamika konsumsi bahan bakar pada tingkat operasional perusahaan, termasuk dalam hal perencanaan kebijakan penghematan BBM dan strategi pengurangan emisi.

Penelitian yang dilakukan oleh Humami, Julianti, & Rusmandani (2024) mengkaji hubungan antara karakteristik operasional kendaraan dengan tingkat emisi gas buang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tempuh, usia kendaraan, dan kapasitas

silinder berpengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan opasitas pada kendaraan bermotor. Semakin tinggi jarak tempuh dan usia kendaraan, semakin besar emisi yang dihasilkan. Temuan ini menguatkan pentingnya mempertimbangkan faktor teknis kendaraan dalam analisis emisi transportasi, khususnya pada kendaraan operasional perusahaan yang intensif digunakan seperti di PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU). (Faris Humami et al., 2024)

Penelitian terbaru oleh (Halim et al., 2026) menginventarisasi emisi gas rumah kaca di Kabupaten Sambas dengan menggunakan metodologi Tier-1 IPCC (2006). Studi tersebut mengonfirmasi bahwa sektor transportasi menyumbang emisi CO<sub>2</sub> sebesar 228,20 Gg CO<sub>2</sub>-eq, dengan kontribusi tertinggi berasal dari sepeda motor (78,42%). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyoroti dominasi kendaraan pribadi berbahan bakar fosil sebagai sumber utama emisi di Indonesia. Selain itu, penelitian tersebut juga memberikan kerangka metodologis yang dapat diadaptasi untuk inventarisasi emisi pada tingkat operasional perusahaan, termasuk dalam hal pengumpulan data aktivitas dan penggunaan faktor emisi standar.

## **2.3. Kerangka Penelitian**

### **2.3.1. Hipotesis**

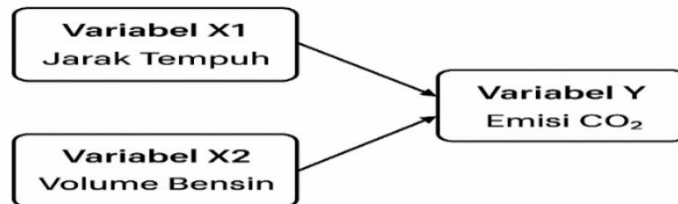
Berdasarkan penelitian terdahulu, hipotesis yang diajukan adalah:

1. Jarak tempuh berpengaruh positif terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU)
2. Volume bensin berpengaruh positif terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU)
3. Jarak tempuh dan volume bensin secara simultan berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU)

### **2.3.2. Kerangka Konseptual**

Berdasarkan telaah teori dan penelitian terdahulu, dapat disusun kerangka konseptual yang menggambarkan hubungan langsung antara jarak tempuh ( $X_1$ ) dan volume bensin ( $X_2$ ) terhadap emisi CO<sub>2</sub> ( $Y$ ). Model ini berasumsi bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh dan semakin besar volume bensin yang digunakan, maka semakin

tinggi pula tingkat emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Hubungan antarvariabel tersebut dapat dijelaskan melalui diagram konseptual berikut:



**Gambar 2. 1** Keterangan Hubungan antar Variabel

Berdasarkan penelitian terdahulu, kerangka konseptualnya dirancang sebagai berikut:

**Tabel 2. 2** Kerangka Konseptual

| No. | Variabel | Keterangan            |
|-----|----------|-----------------------|
| 1.  | X1       | Jarak Tempuh          |
| 2.  | X2       | Volume Bensin         |
| 3.  | Y        | Emisi CO <sub>2</sub> |

Sumber : data diolah oleh penulis

Kerangka ini menggambarkan hubungan langsung antara jarak tempuh serta volume bensin terhadap emisi CO<sub>2</sub>. (Dr. Tri Wahyu Adi, 2025)

#### 2.4. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan model konseptual yang menggambarkan alur logis hubungan antar variabel penelitian berdasarkan teori dan temuan empiris sebelumnya. Dalam penelitian ini, kerangka berpikir disusun untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat antara jarak tempuh (X<sub>1</sub>) dan volume bensin (X<sub>2</sub>) sebagai variabel independen terhadap emisi CO<sub>2</sub> (Y) sebagai variabel dependen dalam konteks aktivitas transportasi operasional di PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU). (Sulastri et al., 2024)

Berdasarkan teori dasar lingkungan dan transportasi, emisi CO<sub>2</sub> dari kendaraan bermotor terutama dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil, dalam hal ini bensin. Setiap liter bensin yang terbakar melepaskan sejumlah tertentu CO<sub>2</sub> ke atmosfer, dengan faktor emisi standar menurut IPCC (2021) sebesar sekitar 2,31 kg CO<sub>2</sub> per liter

bensin. Dengan demikian, semakin banyak volume bensin yang dikonsumsi, semakin tinggi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Di sisi lain, konsumsi bensin sendiri sangat dipengaruhi oleh jarak tempuh kendaraan. Semakin jauh jarak yang ditempuh, semakin banyak bensin yang diperlukan, asumsi lain seperti efisiensi mesin dan kondisi lalu lintas dianggap konstan. (Adi et al., 2024)

Dalam operasional perusahaan jasa seperti PT Mutuagung Lestari Tbk., aktivitas transportasi untuk inspeksi, sertifikasi, dan kunjungan lapangan menjadi sumber utama konsumsi bensin. Penelitian terdahulu oleh Susilo dan Yuniarti (2016) pada perusahaan transportasi di Indonesia mengonfirmasi hubungan positif yang signifikan antara konsumsi bahan bakar dengan emisi CO<sub>2</sub>. Sementara itu, Pratama et al. (2017) menekankan bahwa pengoptimalan rute dapat mengurangi jarak tempuh yang tidak perlu, sehingga menurunkan konsumsi bensin dan emisi. Temuan ini diperkuat oleh Gómez dan Vargas (2021) yang menyatakan bahwa strategi manajemen armada berbasis teknologi (seperti GPS tracking) mampu meningkatkan efisiensi jarak tempuh dan bahan bakar, yang pada akhirnya menekan emisi karbon.

Namun, hubungan antara jarak tempuh dan emisi CO<sub>2</sub> tidak selalu bersifat langsung dan linear. Faktor moderating seperti teknologi kendaraan dan kondisi perawatan mesin dapat mempengaruhi efisiensi bahan bakar, sehingga volume bensin yang digunakan untuk setiap kilometer dapat bervariasi (Wibowo & Rahmawati, 2018). Kendaraan dengan teknologi lebih baru dan terawat cenderung lebih hemat bahan bakar, sehingga emisi CO<sub>2</sub> per kilometer yang dihasilkan lebih rendah. Selain itu, faktor eksternal seperti kemacetan dan topografi rute juga berperan dalam menentukan konsumsi bensin aktual (Pratiwi & Hidayat, 2022).

Kurnia dan Sudarti (2021) menjelaskan bahwa emisi gas buang kendaraan bermotor tidak hanya bergantung pada usia kendaraan, tetapi lebih pada kualitas bahan bakar dan perawatan mesin. Bahan bakar dengan oktan rendah cenderung menghasilkan pembakaran tidak sempurna, sehingga meningkatkan emisi hidrokarbon dan karbon monoksida. Di sisi lain, kendaraan yang dirawat secara berkala seperti penggantian oli dan pengecekan sistem injeksi dapat menekan jumlah gas buang yang dihasilkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa efisiensi bahan bakar dan kondisi teknis kendaraan berperan signifikan dalam menentukan tingkat emisi CO<sub>2</sub>.

Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, variabel jarak tempuh dan volume bensin perlu dilihat juga dalam kerangka faktor perawatan dan kualitas mesin kendaraan operasional.(Alfi Kurnia & Sudarti, 2021)

Berdasarkan penjelasan teoritis dan empiris di atas, kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Jarak Tempuh ( $X_1$ )  $\rightarrow$  Volume Bensin ( $X_2$ ): Jarak tempuh yang lebih jauh akan meningkatkan volume bensin yang dikonsumsi, dengan asumsi faktor efisiensi kendaraan dan kondisi lingkungan tetap.
2. Volume Bensin ( $X_2$ )  $\rightarrow$  Emisi CO<sub>2</sub> (Y): Volume bensin yang lebih tinggi akan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> secara proporsional berdasarkan faktor emisi yang berlaku.
3. Jarak Tempuh ( $X_1$ )  $\rightarrow$  Emisi CO<sub>2</sub> (Y): Selain melalui mekanisme tidak langsung melalui konsumsi bensin, jarak tempuh juga dapat memiliki pengaruh langsung terhadap emisi CO<sub>2</sub>, karena beberapa emisi terkait dengan aktivitas kendaraan selain pembakaran bahan bakar (misalnya, emisi dari evaporasi), meskipun kontribusinya relatif kecil.(Mona Febriani Irma & Eva Gusmira, 2023)

Dengan demikian, penelitian ini mengajukan kerangka berpikir bahwa jarak tempuh dan volume bensin secara bersama-sama berpengaruh positif terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi PT Mutuagung Lestari Tbk. Hubungan ini didukung oleh teori dan hasil penelitian sebelumnya, serta relevan dengan konteks operasional perusahaan yang bergerak di bidang jasa lingkungan. Kerangka ini menjadi dasar penyusunan hipotesis dan model analisis regresi linier berganda yang akan diuji dalam penelitian.



**Gambar 2. 2** Kerangka Berpikir



## **2.5. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, tinjauan pustaka, kerangka teori, dan kerangka berpikir yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

### **2.5.1. Hipotesis 1**

Jarak tempuh berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi operasional PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU). Hubungan ini didukung oleh teori dasar bahwa emisi gas rumah kaca dari kendaraan, khususnya CO<sub>2</sub>, secara langsung berkorelasi dengan jarak yang ditempuh, karena pembakaran bahan bakar fosil meningkat seiring dengan bertambahnya jarak perjalanan (Zhou et al., 2017; Ko et al., 2020). Penelitian terdahulu pada sektor transportasi di Indonesia juga mengonfirmasi hubungan signifikan antara jarak tempuh dengan tingkat emisi karbon (Susilo & Yuniarti, 2016).

### **2.5.2. Hipotesis 2**

Volume bensin berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi operasional PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU). Setiap liter bensin yang terbakar melepaskan sekitar 2,31 kg CO<sub>2</sub> ke atmosfer berdasarkan faktor emisi standar IPCC. Dengan demikian, semakin tinggi volume bensin yang dikonsumsi, semakin besar emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Studi oleh Adi (2019) juga menunjukkan hubungan linier yang kuat antara konsumsi bahan bakar dan emisi CO<sub>2</sub> dalam konteks transportasi operasional. (Sulastri et al., 2024)

### **2.5.3. Hipotesis 3**

Jarak tempuh dan volume bensin secara simultan berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada aktivitas transportasi operasional PT Mutuagung Lestari Tbk. (MUTU). Dalam praktik operasional transportasi, kedua variabel ini saling terkait dan bersama-sama membentuk kontribusi utama terhadap jejak karbon. Model regresi linier berganda yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa kombinasi kedua faktor tersebut akan memberikan pengaruh kumulatif yang signifikan terhadap emisi, sebagaimana dijelaskan dalam kerangka berpikir dan didukung oleh hasil penelitian

serupa dalam konteks logistik dan transportasi layanan (Gómez & Vargas, 2021; Li et al., 2019).