

Analisa dan Visualisasi Data Pengiriman Kontainer Menggunakan Bahasa Pemrograman R dan Tableau

¹Dana Saputra Purba, ²Karyawaty Gultom

^{1,2}Akademi Manajemen Informatika dan Komputer Polibisnis

¹danapurba823@gmail.com, ²gkaryawaty@gmail.com

Submit : 09 Mei 2025 | Diterima : 18 Mei 2025 | Terbit : 20 Mei 2025

ABSTRAK

Pengiriman kontainer dari Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei ke Pelabuhan Belawan merupakan bagian penting dalam sistem logistik nasional. Pemilihan moda transportasi yang efisien berpengaruh besar terhadap biaya operasional dan dampak lingkungan, khususnya emisi karbon. Penelitian ini bertujuan membandingkan efisiensi antara moda transportasi kereta api dan truk berdasarkan konsumsi bahan bakar, biaya, dan emisi karbon. Data historis pengiriman kontainer dari PT Sei Mangkei Nusantara Tiga dianalisis menggunakan metode bahasa pemrograman R dengan bantuan pustaka tidyverse, sementara visualisasi data dilakukan melalui Tableau. Data tambahan mengenai konsumsi bahan bakar dan emisi karbon diperoleh dari berbagai sumber terpercaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengiriman kontainer menggunakan kereta api lebih hemat bahan bakar dan menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan truk. Untuk pengangkutan 24 kontainer sejauh 136–137 km, kereta api mengonsumsi 340–476 liter BBM, sedangkan truk membutuhkan 657,6–1.084,8 liter. Dari sisi biaya, kereta api memerlukan Rp2,3–3,2 juta, sementara truk mencapai Rp4,4–7,3 juta. Emisi karbon dari kereta api tercatat sebesar 476–671,2 kg CO₂, sedangkan truk menghasilkan 920,64–1.529,56 kg CO₂. Artinya, truk menghasilkan hampir dua kali lipat emisi dibandingkan kereta api. Selain itu, penggunaan kereta api juga berkontribusi dalam mengurangi kemacetan lalu lintas akibat berkurangnya jumlah kendaraan berat di jalan. Temuan ini merekomendasikan penggunaan kereta api sebagai moda transportasi logistik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Analisa dan Visualisasi; Emisi Karbon; Kereta Api dan Truk; Pengiriman Kontainer; R Programming; Tableau

PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi informasi yang pesat, pengelolaan logistik dan distribusi barang menjadi aspek krusial dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan daya saing perusahaan. Pengiriman kontainer sebagai salah satu elemen utama dalam rantai pasok nasional memerlukan efisiensi tinggi agar dapat menekan biaya operasional sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Sei Mangkei sebagai pusat industri strategis di Indonesia memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas ekspor-impor melalui Pelabuhan Belawan. Oleh karena itu, pemilihan moda transportasi yang tepat dan efisien menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kinerja logistik dan keberlanjutan lingkungan.

Penelitian ini berfokus pada analisis dan visualisasi data pengiriman kontainer dari KEK Sei Mangkei ke Pelabuhan Belawan dengan menggunakan bahasa pemrograman R dan perangkat visualisasi Tableau. Moda transportasi yang dibandingkan adalah kereta api dan truk, dua moda yang umum digunakan dalam pengiriman barang di wilayah Sumatera Utara. Kereta api dikenal memiliki keunggulan dalam hal efisiensi bahan bakar dan kapasitas angkut yang besar (Widyastuti & Ikhwan, 2024), sedangkan truk menawarkan fleksibilitas dan aksesibilitas yang lebih luas. Namun, kedua moda ini memiliki implikasi berbeda terhadap biaya operasional dan emisi karbon yang dihasilkan, yang menjadi perhatian utama dalam konteks keberlanjutan dan pengurangan jejak karbon nasional.

Menurut Christopher dalam bukunya yang berjudul “*Logistics and Supply Chain Management*” (2022), efektivitas logistik tidak hanya diukur dari kecepatan pengiriman, tetapi juga dari efisiensi biaya dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Dengan menganalisis data produksi, inventaris, dan logistik, perusahaan dapat mengidentifikasi perlambatan produksi dan limbah sumber daya. Ini memungkinkan mereka (Perusahaan) untuk mengembangkan rencana peningkatan yang

ditargetkan, meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi backlog inventaris dan biaya, dan memperpendek siklus pengiriman (Dai, 2025), termasuk pengurangan biaya bahan bakar dan pengendalian emisi karbon secara lebih presisi Kereta api sebagai moda transportasi logistik memiliki kapasitas angkut yang besar dan efisiensi tinggi dibandingkan moda transportasi jalan raya (Rifni et al., 2022). Penelitian oleh RailFreight (2020) juga menunjukkan bahwa pengangkutan barang menggunakan kereta api menghasilkan emisi karbon sekitar 18 gram per ton-kilometer, jauh lebih rendah dibandingkan truk yang mencapai 112 gram per ton-kilometer. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan moda transportasi yang tidak hanya efisien secara ekonomi tetapi juga ramah lingkungan. (Oktavianus Palmers Jurusan et al., 2021)

Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait analisis komprehensif yang menggabungkan data historis pengiriman, konsumsi bahan bakar, biaya operasional, dan emisi karbon secara simultan dengan pendekatan visualisasi data interaktif. Penelitian terdahulu cenderung fokus pada aspek teknis atau ekonomi secara terpisah tanpa mengintegrasikan visualisasi data yang dapat memudahkan pengambilan keputusan strategis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengaplikasikan bahasa pemrograman R untuk analisis data dan Tableau untuk visualisasi, sehingga memberikan gambaran yang lebih holistik dan mudah dipahami oleh pemangku kepentingan.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi pengiriman kontainer menggunakan moda kereta api dan truk dari KEK Sei Mangkei ke Pelabuhan Belawan, dengan fokus pada konsumsi bahan bakar, biaya operasional, dan emisi karbon. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan memberikan rekomendasi strategis bagi perusahaan dan pembuat kebijakan dalam memilih moda transportasi yang optimal dan berkelanjutan. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi logistik nasional, mendukung agenda pengurangan emisi gas rumah kaca sesuai komitmen Paris Agreement, serta membantu organisasi mengatasi tantangan dalam memproses data dalam jumlah besar guna membuat keputusan yang akurat. Dengan menyajikan data dalam format yang menarik secara visual dan mudah dipahami, pengambil keputusan dapat dengan cepat memperoleh wawasan dari kumpulan data yang kompleks dan membuat pilihan yang tepat yang mendorong pertumbuhan bisnis. (Siti hidayatul Khoirun Nisa' & Rusdianto, 2024)

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan secara akademis tetapi juga memiliki implikasi praktis yang signifikan dalam konteks pengelolaan logistik dan keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Pendekatan yang komprehensif dan integratif diharapkan dapat menjadi referensi bagi studi-studi selanjutnya serta menjadi dasar bagi pengembangan kebijakan transportasi yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Transportasi dan Logistik

Transportasi merupakan bagian penting dalam rantai pasok yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu titik ke titik lainnya dengan efisien. Transportasi memegang peranan vital dalam sistem logistik karena menentukan kecepatan dan keandalan distribusi barang. (Surya Permana et al., 2023). Efisiensi transportasi sangat bergantung pada berbagai faktor, seperti jenis moda transportasi, kondisi infrastruktur, dan optimalisasi rute perjalanan. Dalam konteks logistik, pemilihan moda transportasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi biaya dan mengurangi dampak lingkungan. Manajemen logistik yang baik mencakup strategi pemilihan moda transportasi yang mempertimbangkan aspek ekonomi dan keberlanjutan. (Pamnani1 & Chaurasiya2, 2024).

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi transportasi meliputi:

1. **Jenis kendaraan dan kapasitas angkut:** Dalam dokumen Rencana Strategis dan beberapa laporan terkait transportasi dan energi di Indonesia, disebutkan bahwa kendaraan dengan kapasitas angkut besar memang dapat meningkatkan efisiensi logistik karena mengurangi frekuensi perjalanan. Namun, konsumsi bahan bakar per perjalanan biasanya lebih tinggi karena bobot dan ukuran kendaraan yang besar, sehingga perlu diimbangi dengan optimalisasi rute dan teknologi yang lebih efisien. Oleh karena itu, dibutuhkan keseimbangan antara

kapasitas dan konsumsi energi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2024).

2. **Konsumsi bahan bakar:** Moda transportasi yang hemat bahan bakar dinilai lebih efisien dan ramah lingkungan. seperti yang dijelaskan oleh Intelligent Transport System (ITS Asia Pasific 2024) dalam pembahasan tentang penerapan teknologi transportasi yang efisien dan ramah lingkungan untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan keberlanjutan.

Analisis Data dan Visualisasi

Dalam era digital, analisis data menjadi elemen penting dalam meningkatkan efisiensi logistik dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat. Melalui analisis data, perusahaan dapat mengidentifikasi pola pengiriman, mengevaluasi performa operasional, mengoptimalkan rute transportasi, serta menekan biaya operasional dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Proses ini menjadi sangat krusial, terutama dalam persaingan logistik modern yang menuntut kecepatan, ketepatan, dan efisiensi berkelanjutan.

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang digunakan melibatkan dua alat utama, yaitu **bahasa pemrograman R** dan **Tableau**, yang berperan saling melengkapi:

R.

Bahasa Pemrograman R banyak digunakan oleh praktisi data karena kemampuannya dalam mengelola, memproses, dan menganalisis data dalam jumlah besar secara efisien. Bahasa ini juga memiliki berbagai pustaka (*packages*) yang mendukung analisis kuantitatif dan eksplorasi data secara mendalam. "Di era Big Data, pengguna R sering menghadapi tantangan ketika bekerja dengan set data yang besar. Pendekatan tradisional bisa lambat dan intensif memori, tetapi solusi modern memanfaatkan format file yang efisien dan teknik canggih untuk mengatasi keterbatasan ini."- Medium (2024)

Dalam konteks penelitian ini, R digunakan untuk:

1. Menggabungkan data dari berbagai sumber (data pengiriman, konsumsi BBM, jarak tempuh, dan emisi karbon),
2. Melakukan pembersihan data dari duplikasi atau inkonsistensi,
3. Menyiapkan data dalam format yang siap dianalisis dan divisualisasikan.

Dengan menggunakan R, proses analisis menjadi lebih akurat, terstruktur, dan dapat direproduksi secara ilmiah, serta mampu menangani kompleksitas data yang muncul dalam konteks logistik dan transportasi. Untuk mendukung penggunaan R, peneliti juga memanfaatkan **RStudio**, yaitu sebuah *integrated development environment (IDE)* yang dirancang khusus untuk R. RStudio menyediakan antarmuka yang ramah pengguna, fitur penulisan kode yang efisien, tampilan grafik interaktif, dan integrasi langsung dengan berbagai paket analisis dan visualisasi. Dengan bantuan RStudio, proses coding menjadi lebih terstruktur, mudah dilacak, serta mendukung replikasi dan dokumentasi hasil analisis secara ilmiah

Tableau

Tableau adalah alat yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan data dalam bentuk dasbor, sehingga data bisa lebih interaktif dan mudah dianalisis (Guy Ritchie & Hariyanto, 2023)

Dalam penelitian ini, Tableau berfungsi untuk:

1. Menyajikan hasil analisis dari R dalam bentuk visual yang mudah dipahami,
2. Membuat grafik perbandingan antara moda transportasi kereta api dan truk, baik dari sisi konsumsi bahan bakar maupun emisi karbon,
3. Memberikan gambaran yang jelas kepada pembaca atau pengambil keputusan mengenai efisiensi masing-masing moda transportasi.

Jejak Karbon dalam Transportasi

Jejak karbon (*carbon footprint*) adalah jumlah total emisi gas rumah kaca (*greenhouse gases* atau GHG), terutama karbon dioksida (CO₂), yang dilepaskan ke atmosfer akibat aktivitas manusia (Hasan et al., 2023), termasuk aktivitas transportasi. Nilai emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu organisasi, peristiwa, produk, dan aktivitas manusia disebut sebagai jejak karbon. Jejak karbon adalah suatu ukuran

dari aktivitas manusia yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Pengukuran ini penting untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dan merancang strategi pengurangan emisi guna mendukung target nasional net zero emission. Dalam sektor logistik, transportasi menjadi salah satu kontributor utama terhadap emisi karbon, terutama karena ketergantungannya pada pembakaran bahan bakar fosil seperti solar. Gas CO₂ menyumbang 94% emisi gas rumah kaca, yang berasal dari 56,6 persen dari bahan bakar fosil. (Suryandaru et al., 2024)

Dalam penelitian ini, perbandingan emisi karbon antara kereta api dan truk kontainer dilakukan berdasarkan konsumsi bahan bakar dari masing-masing moda transportasi. Beberapa aspek utama yang diperbandingkan meliputi:

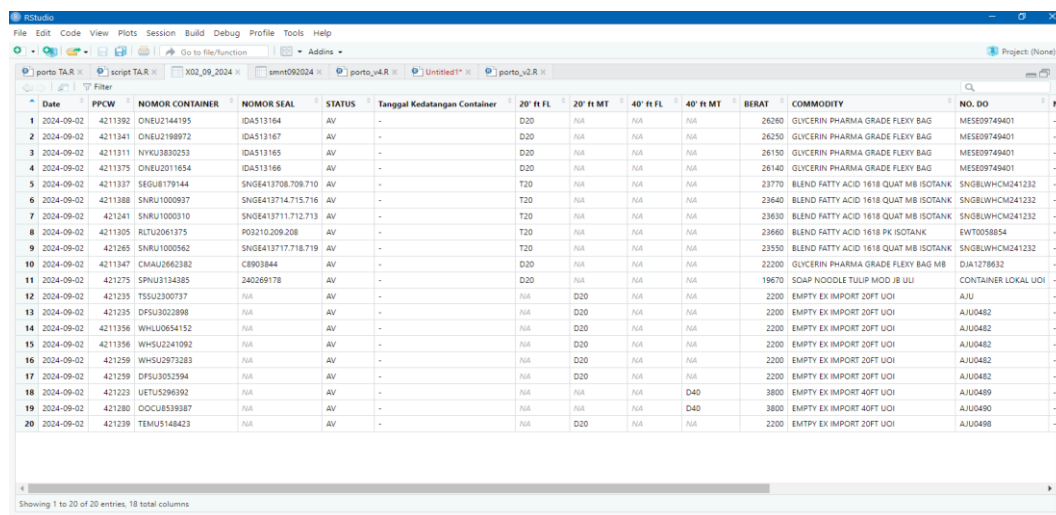
1. **Konsumsi bahan bakar (km/L):** Mengukur efisiensi penggunaan bahan bakar untuk setiap kilometer perjalanan. Moda transportasi dengan efisiensi tinggi akan menghasilkan lebih sedikit emisi per satuan jarak.
2. **Total emisi karbon (kg CO₂):** Menghitung total jejak karbon yang dihasilkan selama perjalanan berdasarkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi.
3. **Efektivitas dalam mengurangi emisi:** Menganalisis moda transportasi mana yang lebih rendah emisinya dalam konteks pengangkutan kontainer dari kawasan industri ke pelabuhan.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh [BisnisNews.id \(2024\)](#), moda kereta api memiliki keunggulan dalam efisiensi energi dan emisi per ton-kilometer dibandingkan moda truk, terutama untuk pengangkutan dalam jumlah besar dan jarak jauh. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang berbasis data dalam pemilihan moda transportasi yang tidak hanya efisien dari sisi operasional, tetapi juga berkelanjutan dari sisi lingkungan. Hal ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan strategis bagi perusahaan seperti PT Sei Mangkei Nusantara Tiga dalam memperkuat daya saingnya di tengah meningkatnya tuntutan terhadap praktik bisnis yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Analisa Data

Penelitian ini menggunakan data pengiriman kontainer dari PT Sei Mangkei Nusantara Tiga sebagai sumber utama. Data diambil mulai pada tanggal 2 September 2024 sampai 30 September 2024. Berikut Gambar 1 dibawah ini adalah Data Pengiriman Kontainer pada tanggal 2 September 2024.



Date	PFCW	NOMOR CONTAINER	NOMOR SEAL	STATUS	Tanggal Kedatangan Container	20' ft FL	20' ft MT	40' ft FL	40' ft MT	BERAT	COMMODITY	NO. DO
2024-09-02	4211392	ONEU2144195	IDA513164	AV	-	D20	NA	NA	NA	26200	GLYCERIN PHARMA GRADE FLEXY BAG	MESE09749401
2024-09-02	4211341	ONEU2198972	IDA513167	AV	-	D20	NA	NA	NA	26200	GLYCERIN PHARMA GRADE FLEXY BAG	MESE09749401
2024-09-02	4211311	NKJU3830253	IDA513165	AV	-	D20	NA	NA	NA	26150	GLYCERIN PHARMA GRADE FLEXY BAG	MESE09749401
2024-09-02	4211375	ONEU2011654	IDA513166	AV	-	D20	NA	NA	NA	26140	GLYCERIN PHARMA GRADE FLEXY BAG	MESE09749401
2024-09-02	4211337	SEGU8179144	SNGE413708.709.710	AV	-	T20	NA	NA	NA	23770	BLEND FATTY ACID 1618 QUAT MB ISOTANK	SNGBLWHCM241232
2024-09-02	4211388	SNRU1000937	SNGE413714.715.716	AV	-	T20	NA	NA	NA	23640	BLEND FATTY ACID 1618 QUAT MB ISOTANK	SNGBLWHCM241232
2024-09-02	421241	SNRU1000910	SNGE413711.712.713	AV	-	T20	NA	NA	NA	23630	BLEND FATTY ACID 1618 QUAT MB ISOTANK	SNGBLWHCM241232
2024-09-02	4211305	RLTU2061375	P03210.209.208	AV	-	T20	NA	NA	NA	23660	BLEND FATTY ACID 1618 PK ISOTANK	EW7005854
2024-09-02	421265	SNRU1000562	SNGE413717.718.719	AV	-	T20	NA	NA	NA	23550	BLEND FATTY ACID 1618 QUAT MB ISOTANK	SNGBLWHCM241232
2024-09-02	4211347	CMAU2662382	C8903844	AV	-	D20	NA	NA	NA	22200	GLYCERIN PHARMA GRADE FLEXY BAG MB	DJA1279632
2024-09-02	421275	SPNU134385	240269178	AV	-	D20	NA	NA	NA	19670	SOAP NOODLE TULIP MOD JB ULI	CONTAINER LOKAL UOI
2024-09-02	421235	TSSU2300737	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU
2024-09-02	421235	DFSU302898	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0482
2024-09-02	4211356	WHLU0654152	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0482
2024-09-02	4211356	WHSU2241092	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0482
2024-09-02	421259	WHSU2973283	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0482
2024-09-02	421259	DFSU305294	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0482
2024-09-02	421223	LIETU5296392	NA	AV	-	NA	NA	D40	NA	3800	EMPTY EX:IMPORT 40FT UOI	AJU0489
2024-09-02	421280	OOCU8539387	NA	AV	-	NA	NA	NA	D40	3800	EMPTY EX:IMPORT 40FT UOI	AJU0489
2024-09-02	421239	TEMU5148423	NA	AV	-	NA	D20	NA	NA	2200	EMPTY EX:IMPORT 20FT UOI	AJU0498

Gambar 1. Data Pengiriman Kontainer pada tanggal 2 September 2024

Data yang digunakan mencakup beberapa aspek penting dalam analisis efisiensi transportasi dan jejak karbon, antara lain:

1. Volume pengiriman: Jumlah kontainer yang dikirim dalam periode tertentu.
2. Waktu tempuh: Durasi perjalanan dari titik awal hingga tujuan.
3. Spesifikasi alat Transportasi: Spesifikasi singkat termasuk jenis bahan bakar yang digunakan.

4. Konsumsi bahan bakar: Data penggunaan solar oleh moda transportasi.
5. Faktor emisi karbon: Estimasi emisi karbon yang dihasilkan dari konsumsi bahan bakar.

Metode Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis bahasa pemrograman R dan Tableau, yang mana mencakup beberapa tahapan utama:

1. Pengolahan data menggunakan R: Data pengiriman diolah dengan bahasa pemrograman R untuk menggabungkan, membersihkan dan mengorganisasi.
2. Visualisasi menggunakan Tableau: Data yang telah dianalisis akan divisualisasikan dalam bentuk grafik dan dashboard interaktif menggunakan Tableau untuk mempermudah interpretasi hasil.
3. Perhitungan efisiensi bahan bakar: Efisiensi moda transportasi dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar dalam satuan kilometer per liter (km/L).
4. Perhitungan jejak karbon: Emisi karbon dihitung dengan menggunakan faktor emisi standar berdasarkan konsumsi bahan bakar solar

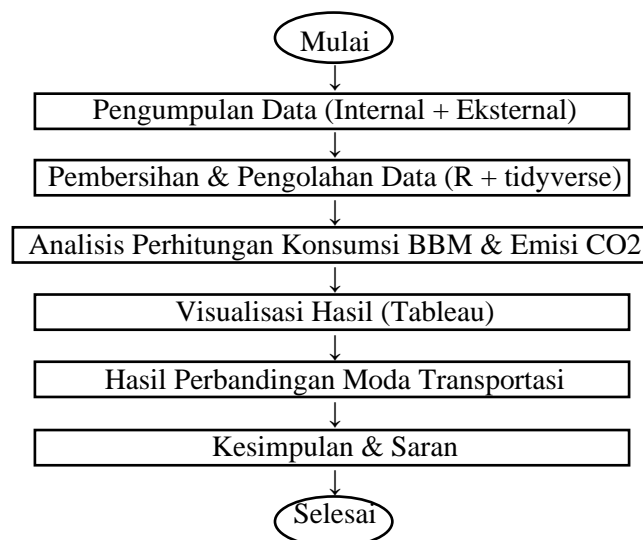
Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggambarkan alur tahapan yang dilakukan dari awal hingga akhir penelitian. Diagram alur penelitian terdiri dari:

1. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data pengiriman kontainer dari PT Sei Mangkei Nusantara Tiga dan data perbandingan dengan truk dari perusahaan lain. (Dokumen Internal Perusahaan)
2. Pengolahan Data: Membersihkan dan menyusun data dalam format yang siap untuk dianalisis.
3. Analisis Data: Menghitung efisiensi bahan bakar, perbandingan moda transportasi, dan estimasi jejak karbon menggunakan R.
4. Visualisasi Data: Menyajikan hasil analisis dalam bentuk grafik dan dashboard menggunakan Tableau.
5. Interpretasi dan Kesimpulan: Mengevaluasi hasil perbandingan dan memberikan rekomendasi berdasarkan temuan penelitian.

Dengan metode ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai efisiensi pengiriman kontainer serta dampak lingkungan dari moda transportasi yang digunakan.

Berikut dibawah ini adalah gambar tahapan alur penelitian dan alur pemrosesan data.



Gambar 2. Alur Penelitian

Penjelasan gambar 2 :

1. Mulai.
Menandai awal proses analisis data pengiriman.
2. Pengumpulan Data (Internal + Eksternal)

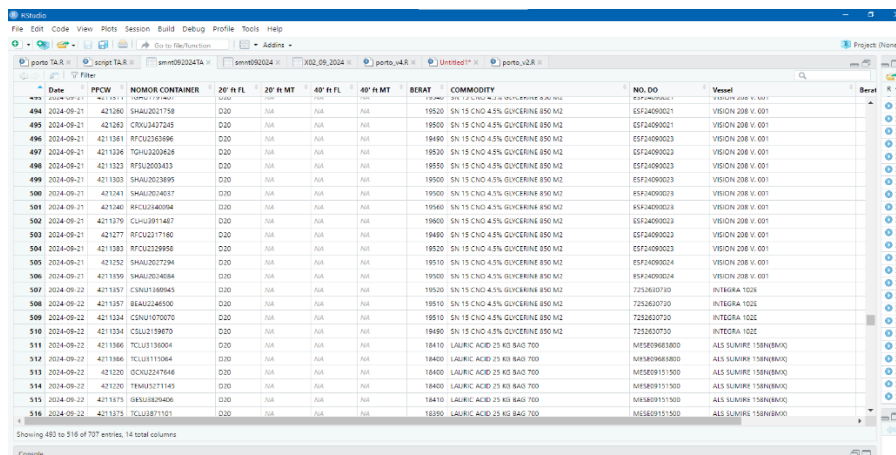
Mengumpulkan data dari sumber internal perusahaan dan sumber eksternal seperti standar emisi atau jarak tempuh.

3. Pembersihan & Pengolahan Data (R + tidyverse)
Membersihkan data dari duplikasi atau kesalahan, serta memformat data agar siap dianalisis, menggunakan bahasa R dan paket “tidyverse”.
4. Analisis Perhitungan Konsumsi BBM & Emisi CO₂
Menghitung konsumsi bahan bakar dan estimasi emisi karbon dari setiap moda transportasi yang digunakan.
5. Visualisasi Hasil (Tableau)
Menyajikan hasil analisis dalam bentuk grafik dan dashboard interaktif menggunakan Tableau.
6. Hasil Perbandingan Moda Transportasi
Menampilkan perbandingan efisiensi dan dampak lingkungan antara moda transportasi yang dianalisis.
7. Kesimpulan dan Saran
Menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi strategis berdasarkan hasil analisis.
8. Selesai
Menutup proses analisis dengan hasil yang siap digunakan untuk pengambilan keputusan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pola Pengiriman Kontainer

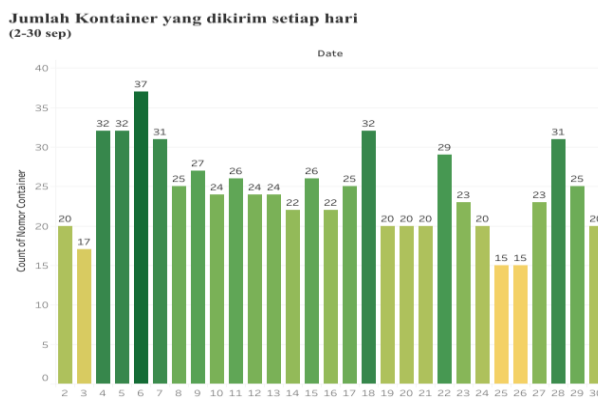
Analisis pola pengiriman kontainer bertujuan untuk memahami bagaimana distribusi pengiriman dari waktu ke waktu. Visualisasi data dilakukan untuk menampilkan tren historis pengiriman kontainer. Tampilan data yang sudah di bersihkan dan dan diformat



Date	NOMOR CONTAINER	20' ft FL	20' ft MT	40' ft FL	40' ft MT	BERAT	COMMODITY	NO. DO	Vessel
2024-09-21	4211313	NA	NA	NA	NA	19520	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090021	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4212060	NA	NA	NA	NA	19520	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090021	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4212062	NA	NA	NA	NA	19520	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090021	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211361	NA	NA	NA	NA	19490	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211336	NA	NA	NA	NA	19530	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211333	NA	NA	NA	NA	19550	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211333	NA	NA	NA	NA	19550	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211441	NA	NA	NA	NA	19460	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4213403	NA	NA	NA	NA	19460	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211379	NA	NA	NA	NA	19660	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4212777	NA	NA	NA	NA	19490	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211383	NA	NA	NA	NA	19520	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090023	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4212352	NA	NA	NA	NA	19510	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090024	VISION 208 V. 001
2024-09-21	4211399	NA	NA	NA	NA	19500	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	ESF24090024	VISION 208 V. 001
2024-09-22	4211937	NA	NA	NA	NA	19520	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	7232403070	INTEGRA 102E
2024-09-22	4213357	NA	NA	NA	NA	19510	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	7232403070	INTEGRA 102E
2024-09-22	4211334	NA	NA	NA	NA	19910	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	7232403070	INTEGRA 102E
2024-09-22	4211334	NA	NA	NA	NA	19490	SN 15 CNO 4.5% GLYCERINE 850 M2	7232403070	INTEGRA 102E
2024-09-22	4211366	NA	NA	NA	NA	18410	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0
2024-09-22	4211366	NA	NA	NA	NA	18400	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0
2024-09-22	4211320	NA	NA	NA	NA	18400	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0
2024-09-22	4212060	NA	NA	NA	NA	18400	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0
2024-09-22	4211375	NA	NA	NA	NA	18410	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0
2024-09-22	4211375	NA	NA	NA	NA	18390	LAURIC ACID 25 KG BAO 700	MSE80915100	ALS SUMIRE 158NBRM0

Gambar 3. Tampilan data yang sudah melewati proses *cleaning* dan *formatting*

Visualisasi pola pengiriman (historis)



Gambar 4 . Jumlah Kontainer yang diantarkan setiap hari

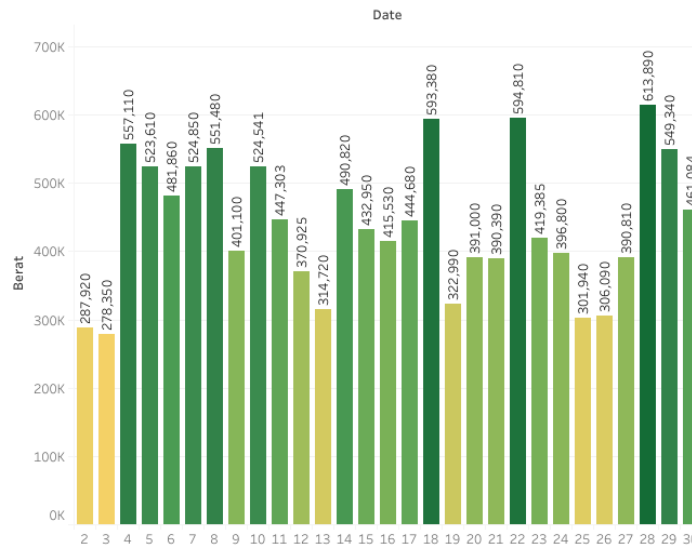
Dari grafik tersebut terlihat bahwa kontainer terbanyak yang dikirim dari PT Sei Mangkei Nusantara Tiga adalah pada tangga 6 september dengan jumlah **37 kontainer** dan yang paling sedikit terdapat pada tanggal 25 dan 26 september dengan masing masing dengan **15 kontainer**

Total untuk seluruh kontainer yang diantar mulai tanggal 2-30 september 2024 Adalah **707 kontainer**. Dan jumlah rata rata kontainer yang diantar dari PT Sei Mangkei Nusantara Tiga ke Pelabuhan tujuan adalah:

Jumlah container total / jumlah hari = hasil
707 container / 29 hari = 24,3 atau 24 kontainer/hari

Visualisasi berat Kontainer yang diantar kan setiap Hari

Total berat seluruh container + commodity (Per Hari)

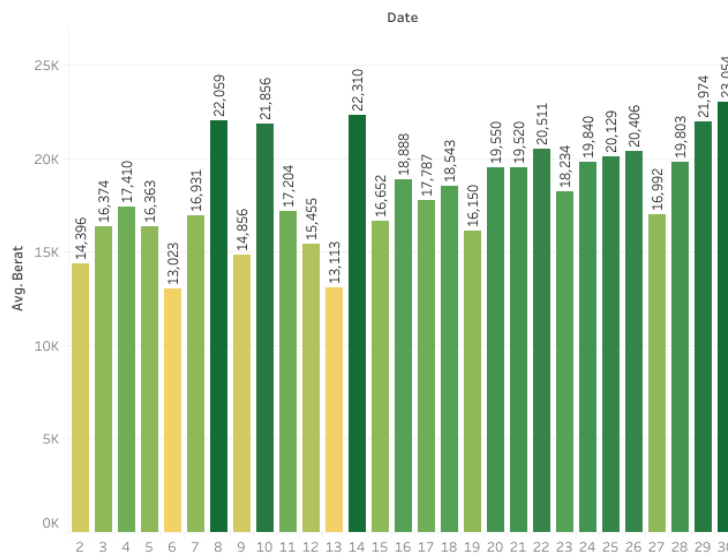


Gambar 5. Total berat kontainer yang diantar per hari

Untuk berat container yang tertinggi/terberat terdapat pada tanggal 28 september 2024 dengan 613.890 kg, sedangkan yang terendah/teringan terdapat pada tanggal 3 september 2024 dengan 278.350kg
Rata-rata berat : 12.779.658 (kg) / 29 Hari = 440.677 kg/Hari

Visualisasi Rata-rata berat Kontainer yang diantarkan

Rata rata berat Kontainer yang diantar setiap hari
(2-30 Sep 2024)



Gambar 6. Rata-rata berat kontainer yang diantar

Perhitungan Rata rata (Total) berat kontainer adalah

Berat total / Banyak nya container : hasil

12.779.658 (kg) / 707 kontainer = 18.076 (kg) per kontainer

Jadi berat rata rata kontainer yang diantar setiap hari dengan periode waktu 2 september hingga 30 september adalah **18.076 kg atau +- 18 Ton per container.**

Analisa Perbandingan

Berikut ini adalah Tabel Perbandingan dalam penggunaan BBM dari kedua transportasi:

Tabel 1. Perbandingan Konsumsi BBM

Pembanding	Lokomotif CC206 (GE CM20EMP)	Truk ISUZU GIGA EXR 6x4
Jarak KEK Sei Mankei – Pelabuhan Belawan	136 Kilometer	137 Kilometer
Kapasitas Angkut Kontainer	40 Kontainer	1 Kontainer
Konsumsi BBM (Akumulasi dari berbagai sumber)	2,5 – 3,5 liter/km	3 – 5 km/liter (0,2 – 0,33 liter/km)
Faktor Emisi CO ₂ Solar CN 48/CN 51	1,40 – 1,41 kg CO ₂ per liter BBM	1,40 – 1,41 kg CO ₂ per liter BBM
Harga Solar subsidi (per Januari 2025)	Rp 6.800/liter	Rp 6.800/liter
Konsumsi BBM Minimum	136 km x 2.5 liter per km = 340 liter	137 x 0.2 = 27.4 liter (satu truck) Karena membutuhkan 24 truk untuk 24 kontainer maka : 24 Truk x 27.4= 657.6 liter
Konsumsi BBM Maksimum	136 km x 3.5 liter per km = 476 liter	137 x 0.33 = 45.2 liter (satu truck) Karena membutuhkan 24 truk untuk 24 kontainer maka : 24 Truk x 45.2= 1.084,8 liter
Biaya BBM Minimum	340 Liter x 6.800 = Rp2.312.000	657.6 Liter x 6.800 = Rp4.470.000 (24 Truk)
Biaya BBM Maksimum	476 Liter x 6.800 = Rp3.236.800	1.084,8 Liter x 6.800 = Rp7.376.640 (24 Truk)

Perbandingan Konsumsi BBM

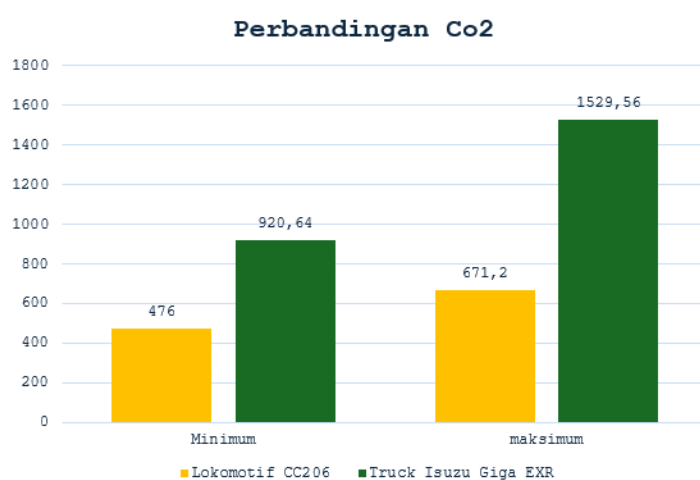


Gambar 7. Perbandingan konsumsi BBM dalam 1 kali perjalanan

Perbandingan CO₂ Yang dihasilkan

Tabel 2. Perbandingan CO₂ yang dihasilkan

Perbandingan CO ₂ yang dihasilkan	Lokomotif CC206 (GE CM20EMP)	Truk ISUZU GIGA EXR 6x4
Emisi Minimum (Konsumsi BBM Minimum dan solar CN 48)	340 (liter) x 1.41 = 476 kg CO₂	657.6 (liter) x 1.41= 920.64 kg CO₂
Emisi Maksimum (Konsumsi BBM Maksimum dan solar CN 51)	476 (liter) x 1.40= 671.2 kg CO₂	1.084.8 (liter) x 1.40= 1529.56 kg CO₂



Gambar 8. Perbandinga CO₂ yang dihasilkan dalam satu kali perjalanan

Berdasarkan analisis konsumsi bahan bakar dan emisi karbon dari moda transportasi yang digunakan, berikut adalah perbandingan antara Kereta Api CC206 dan Truk Isuzu Giga EXR 6x4 dalam melakukan pengiriman kontainer:

1. Kereta Api CC206 memiliki konsumsi bahan bakar minimum sekitar 340 liter dan maksimum 476 liter untuk perjalanan dari KEK Sei Mangkei ke Pelabuhan Belawan. Dengan harga bahan bakar solar Rp 6.800 per liter, biaya bahan bakar yang dikeluarkan berkisar antara Rp 2.312.000 hingga Rp 3.236.800. Dari segi emisi karbon, kereta api ini menghasilkan emisi CO₂ minimum sebesar 476 kg dan maksimum 671,2 kg.
2. Truk Isuzu Giga EXR 6x4, yang digunakan untuk mengangkut kontainer satu per satu, memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan kereta api. Untuk mengangkut total volume pengiriman yang sama, truk ini menghabiskan bahan bakar minimum 657,6 liter dan maksimum 1.084,8 liter. Dengan harga bahan bakar yang sama, biaya operasionalnya berkisar antara Rp 4.470.000 hingga Rp 7.376.640. Dari segi emisi karbon, truk ini menghasilkan CO₂ minimum sebesar 920,64 kg dan maksimum 1.529,56 kg.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan moda transportasi kereta api untuk pengiriman kontainer dari Kawasan Ekonomi Khusus Sei Mangkei ke Pelabuhan Belawan terbukti lebih efisien dibandingkan dengan truk, baik dari segi konsumsi bahan bakar, biaya operasional, maupun emisi karbon yang dihasilkan. Analisis data historis yang dilakukan dengan bahasa pemrograman R dan visualisasi interaktif menggunakan Tableau menunjukkan bahwa kereta api mampu menghemat bahan bakar secara signifikan dan menghasilkan emisi karbon yang jauh lebih rendah, sehingga memberikan

kontribusi positif terhadap pengurangan dampak lingkungan dan mendukung agenda keberlanjutan nasional. Selain itu, penggunaan kereta api juga berpotensi mengurangi kemacetan lalu lintas yang sering terjadi pada moda truk, sehingga meningkatkan kelancaran distribusi barang. Oleh karena itu, keputusan pemilihan moda transportasi harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi ekonomi, dampak lingkungan, dan kebutuhan operasional yang spesifik. Penelitian ini memberikan rekomendasi strategis bagi perusahaan dan pembuat kebijakan untuk mengoptimalkan penggunaan moda transportasi yang tidak hanya mengutamakan efisiensi biaya tetapi juga ramah lingkungan.

REFERENSI

- Christopher, M. (2022). *Supply chain management and logistics effectiveness*.
- Dai, H. (2025). *Application and Strategy Research of Data Analysis and Statistical Methods in Supply Chain Process and Supply Demand Optimization*. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/164/2025.20828>
- Guy Ritchie, & Hariyanto, S. (2023). Implementation of Business Intelligence In Analyzing Data Using Tableau at PT Global Bintang Permata. *Bit-Tech*, 6(1), 40–50. <https://doi.org/10.32877/bt.v6i1.875>
- Hasan, N. Y., Prijanto, T. B., & Setyoko, S. (2023). Analisis Perhitungan Carbon Footprint Dari Penggunaan Gas, Bensin, Dan Listrik Rumah Tangga Di Wilayah Kerja Puskesmas Pasirkaliki Cimahi. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(1), 172–178. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i1.2267>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024). Laporan kinerja Kementerian ESDM tahun 2024. [Kementerian ESDM](https://www.esdm.go.id/)
- Oktavianus Palmers Jurusan, A., Studi Teknik Sipil, P., Teknik, F., Palangka Raya Jln Hendrik Timang, U., Raya, P., & Jurusan, D. (2021). PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI MASA DEPAN YANG RAMAH LINGKUNGAN DI KOTA PALANGKA RAYA Sutan Parasian Silitonga. In *Oktober* (Vol. 5, Issue 1).
- Pamnani1, R., & Chaurasiya2, H. (2024). An Analysis of Factors: Transport Mode Selection & Sustainable Development. In *Library Progress International* (Vol. 44, Issue 3). www.bpasjournals.com
- RailFreight. (2020, January 8). Rail freight produces 6 times less CO2 than truck. [RailFreight](https://www.railfreight.com/)
- Rifni, M., Prasetya, O., & Trisakti, S. (2022). *KAPASITAS INFRASTRUKTUR ANGKUTAN KERETA API LOGISTIK*.
- Siti hidayatul Khoirun Nisa', & Rusdianto, R. Y. (2024). Pemanfaatan Visualisasi Data dalam Meningkatkan Pengambilan Keputusan Bisnis. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 7(2), 200–208. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v7i2.290>
- Surya Permana, D., Sopyan Febrianto, A., & Riyatna Revansa, R. (2023). *Peran Strategis Manajemen Logistik dalam Keunggulan Bersaing Perusahaan A B S T R A K*. <https://doi.org/10.17509/manajerial.v23i1>
- Suryandaru, A., Aldien Tsabit Hidayat, Muhammad Imam Apriadi, & Sahrupi. (2024). Penanganan emisi gas karbon di Kota Cilegon menggunakan pendekatan sistem dinamis. *JENIUS: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 5(1), 150–155. <https://doi.org/10.37373/jenius.v5i1.1048>
- Widyastuti, H., & Ikhwan, M. (2024). *Optimizing Railway Capacity Concerning Freight Transport Addition*. 14(3).