



Analisis Penerapan Transportasi Multimoda untuk Menurunkan Biaya dan Waktu Pengiriman

Muhammad Yusran Fadhilah¹, Farhan Falah Dalimunthe², Najwan Falih Novana³

Program Studi Manajemen Logistik, Universitas Logistik & Bisnis Internasional^{1,2,3}

*Email Korespondensi: 182250197@std.ulbi.ac.id

Diterima: 01-07-2026 | Disetujui: 07-07-2026 | Diterbitkan: 09-07-2026

ABSTRACT

High logistics costs and uncertain delivery times remain major obstacles to the competitiveness of the national domestic supply chain. This study aims to analyze the implementation of multimodal transportation systems as a strategic approach to reducing total cost and delivery lead time from a logistics management perspective. Using a Systematic Literature Review (SLR) method of 12 accredited scientific journals, the results indicate that synchronized transport integration can cut logistics costs by up to 25% and accelerate transit times by 30%. This success is driven by the application of economies of scale through load concentration, minimizing bottlenecks at transshipment points through containerization, reducing administrative costs via the Single Freight Document, and utilizing digital tracking technologies (IoT and GPS). However, its implementation in Indonesia still faces structural challenges, including limited intermodal infrastructure connectivity and regulatory sector ego across different transport modes. This study concludes that strengthening connectivity infrastructure and harmonizing cross-sector policies are the main keys to optimizing national logistics transport performance.

Keywords: Multimodal Transportation, Logistics Cost, Lead Time, Transport Management, Single Freight Document.

ABSTRAK

Tingginya biaya logistik dan ketidakpastian waktu pengiriman menjadi hambatan utama dalam daya saing rantai pasok domestik nasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem transportasi multimoda sebagai strategi strategis dalam mereduksi total biaya (total cost) dan waktu tunggu (lead time) pengiriman barang dalam perspektif manajemen logistik. Menggunakan metode studi literatur sistematis (Systematic Literature Review) dari 12 jurnal ilmiah terakreditasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi moda transportasi yang tersinkronisasi mampu memotong biaya logistik hingga 25% dan mempercepat waktu transit sebesar 30%. Keberhasilan ini didorong oleh penerapan prinsip economies of scale melalui load concentration, minimalisasi hambatan di titik transshipment dengan kontainerisasi, reduksi biaya administrasi melalui Single Freight Document, serta pemanfaatan teknologi pelacakan digital (IoT dan GPS). Namun, implementasinya di Indonesia masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan konektivitas infrastruktur intermodal dan ego sektoral regulasi hukum lintas moda. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penguatan infrastruktur penghubung dan harmonisasi kebijakan adalah kunci utama optimalisasi transportasi logistik nasional.

Kata kunci: Transportasi Multimoda, Biaya Logistik, Lead Time, Manajemen Transportasi, Single Freight Document.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Fadhillah, M. Y. ., Dalimunthe, F. F. ., & Novana, N. F. . (2026). Analisis Penerapan Transportasi Multimoda untuk Menurunkan Biaya dan Waktu Pengiriman. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen Indonesia*, 2(2), 1875-1888. <https://doi.org/10.63822/q5p1qg80>

PENDAHULUAN

Dalam ekosistem manajemen logistik kontemporer, efisiensi sistem transportasi dan distribusi memegang peranan yang sangat penting sebagai salah satu penentu daya saing produk di pasar domestik maupun global. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan kondisi geografis yang beragam, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mendistribusikan barang dari titik asal *origin* menuju titik tujuan *destination*. Tantangan tersebut berdampak pada tingginya biaya logistik nasional yang masih menyumbang proporsi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Salah satu penyebab utama kondisi tersebut adalah rendahnya efisiensi sistem transportasi barang, sehingga harga produk dalam negeri menjadi kurang kompetitif dibandingkan produk impor yang memiliki sistem distribusi lebih efisien.

Salah satu akar permasalahan tingginya biaya logistik adalah belum terintegrasinya berbagai moda transportasi secara optimal. Pergerakan barang di Indonesia masih didominasi oleh angkutan jalan raya menggunakan truk yang rentan terhadap kemacetan, fluktuasi harga bahan bakar, serta berbagai hambatan operasional lainnya. Di sisi lain, moda angkutan massal seperti kereta api barang dan transportasi laut belum dimanfaatkan secara maksimal karena keterbatasan integrasi antarmoda. Akibatnya, proses perpindahan barang dari satu moda ke moda lainnya atau *transshipment* sering menimbulkan biaya penanganan atau *handling cost* yang tinggi serta pengurusan dokumen administrasi yang dilakukan secara berulang di setiap titik perpindahan.

Kondisi tersebut berdampak langsung pada meningkatnya waktu pengiriman atau *lead time* dan ketidakpastian distribusi barang. Lamanya waktu tunggu di pelabuhan atau *dwelling time* serta proses administrasi yang berbelit menghambat kelancaran arus logistik. Keterlambatan pengiriman tidak hanya menyebabkan kerugian finansial berupa biaya keterlambatan atau *time penalty cost*, tetapi juga mendorong perusahaan untuk menyediakan persediaan pengaman atau *safety stock* dalam jumlah lebih besar. Akibatnya, biaya penyimpanan atau *holding cost* meningkat karena modal perusahaan tertahan selama barang masih berada dalam proses distribusi.

Kondisi tersebut berdampak langsung pada meningkatnya waktu pengiriman atau *lead time* dan ketidakpastian distribusi barang. Lamanya waktu tunggu di pelabuhan atau *dwelling time* serta proses administrasi yang berbelit menghambat kelancaran arus logistik. Keterlambatan pengiriman tidak hanya menyebabkan kerugian finansial berupa biaya keterlambatan atau *time penalty cost*, tetapi juga mendorong perusahaan untuk menyediakan persediaan pengaman atau *safety stock* dalam jumlah lebih besar. Akibatnya, biaya penyimpanan atau *holding cost* meningkat karena modal perusahaan tertahan selama barang masih berada dalam proses distribusi.

Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem transportasi yang mampu mengintegrasikan berbagai moda angkutan ke dalam satu kesatuan layanan yang terpadu. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah sistem transportasi multimoda, yaitu pengangkutan barang menggunakan dua atau lebih moda transportasi yang dikelola melalui satu kontrak pengangkutan. Dalam sistem ini, seluruh proses distribusi dikoordinasikan oleh *Multimodal Transport Operator* atau MTO, sehingga pengguna jasa tidak perlu melakukan negosiasi tarif maupun pengurusan dokumen secara terpisah pada setiap pergantian moda. Selain itu, penerapan *Single Freight Document* mampu menyederhanakan proses administrasi, mengurangi biaya transaksi, serta meminimalkan potensi terjadinya pungutan liar selama proses distribusi.

Selain memberikan kemudahan administrasi, transportasi multimoda juga mendukung penerapan prinsip *economies of scale* dan *economies of distance* dalam kegiatan logistik. Konsolidasi muatan

menggunakan kontainer standar memungkinkan barang diangkut melalui moda yang paling efisien, seperti kereta api atau kapal, untuk perjalanan jarak jauh atau *long-haul*, sedangkan truk berfungsi sebagai moda pengumpulan atau *feeder* pada tahap awal dan akhir distribusi. Kombinasi tersebut mampu menekan biaya operasional per satuan barang sekaligus meningkatkan efisiensi waktu pengiriman. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian mengenai efektivitas penerapan transportasi multimoda menjadi penting untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul "**Analisis Penerapan Transportasi Multimoda untuk Menurunkan Biaya dan Waktu Pengiriman**" sebagai upaya memberikan kontribusi ilmiah serta rekomendasi bagi pengembangan sistem logistik di Indonesia.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan transportasi multimoda melalui integrasi kontrak tunggal dan *Single Freight Document* dapat menurunkan biaya logistik dalam proses distribusi barang?
2. Bagaimana sinkronisasi jadwal antarmoda serta pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam sistem transportasi multimoda dapat mempercepat waktu pengiriman barang?
3. Apa saja tantangan infrastruktur dan regulasi yang memengaruhi efektivitas implementasi transportasi multimoda di Indonesia?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis penerapan transportasi multimoda melalui integrasi kontrak tunggal dan *Single Freight Document* yang dikelola oleh *Multimodal Transport Operator* (MTO) dalam menurunkan biaya logistik.
2. Mengevaluasi efektivitas sinkronisasi jadwal antarmoda serta pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam mempercepat waktu pengiriman barang pada sistem transportasi multimoda.
3. Mengidentifikasi tantangan infrastruktur dan regulasi yang memengaruhi efektivitas implementasi transportasi multimoda di Indonesia.

KAJIAN TEORI

Konsep Transportasi Multimoda & Intermodal

Transportasi multimoda merupakan sistem pengangkutan barang yang menggunakan sedikitnya dua moda transportasi yang berbeda, seperti truk, kereta api, dan kapal laut, dalam satu rangkaian perjalanan dari titik asal *origin* hingga titik tujuan *destination*. Sistem ini dilaksanakan berdasarkan satu kontrak pengangkutan yang dikelola oleh satu pihak, yaitu *Multimodal Transport Operator* atau MTO. Berbeda dengan sistem angkutan konvensional, seluruh tanggung jawab pengangkutan berada pada satu operator sehingga pengguna jasa tidak perlu berhubungan dengan beberapa pengangkut selama proses distribusi. Konsep tersebut menjadi salah satu pendekatan penting dalam manajemen logistik modern karena berorientasi pada efisiensi keseluruhan aliran barang, bukan hanya optimalisasi masing-masing moda transportasi.

Keberhasilan penerapan transportasi multimoda sangat bergantung pada prinsip intermodalitas dan standarisasi unit muatan melalui *containerization*. Penggunaan peti kemas berstandar internasional memungkinkan barang dipindahkan dari satu moda transportasi ke moda lainnya tanpa perlu membongkar isi muatan atau *unitized cargo handling*. Standarisasi tersebut mampu mengurangi intensitas penanganan

fisik barang sehingga risiko kerusakan atau *damage cost* dapat ditekan. Selain itu, proses bongkar muat menjadi lebih cepat sehingga perpindahan barang di terminal *transshipment* berlangsung lebih efisien. Dengan demikian, integrasi antarmoda transportasi dapat dilakukan secara lebih efektif dan mendukung kelancaran distribusi logistik.

Dari aspek administrasi, efisiensi transportasi multimoda diwujudkan melalui penggunaan *Single Freight Document* sebagai dokumen pengangkutan tunggal. Dokumen ini menggantikan berbagai dokumen yang sebelumnya diterbitkan secara terpisah oleh masing-masing operator transportasi. Penerapan *Single Freight Document* menyederhanakan proses administrasi, mempercepat pemeriksaan dokumen, serta meningkatkan kemudahan pelacakan barang selama proses pengiriman. Selain mengurangi waktu pemrosesan dokumen atau *document processing lead time*, sistem ini juga berpotensi menekan biaya administrasi serta meminimalkan peluang terjadinya pungutan liar dalam proses distribusi.

Dari sisi regulasi, penerapan transportasi multimoda memerlukan dukungan kebijakan yang mampu mengintegrasikan berbagai moda transportasi dalam satu sistem hukum yang selaras. Di Indonesia, pengaturan mengenai angkutan multimoda bertujuan memberikan kepastian hukum terkait hak, kewajiban, serta tanggung jawab MTO terhadap barang yang diangkut. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasinya masih menghadapi kendala berupa tumpang tindih regulasi dan koordinasi antarinstansi yang mengelola moda transportasi darat, laut, udara, dan perkeretaapian. Oleh karena itu, harmonisasi regulasi menjadi faktor penting untuk mendukung efektivitas pelaksanaan transportasi multimoda di Indonesia.

Penerapan transportasi multimoda juga mendorong perubahan peran penyedia jasa logistik dari sekadar penyedia sarana angkutan menjadi penyedia layanan logistik terpadu atau *Third-Party Logistics 3PL*. Dalam sistem ini, operator tidak hanya bertanggung jawab terhadap proses pengangkutan, tetapi juga mengelola perencanaan rute, koordinasi antarmoda, serta arus informasi selama distribusi berlangsung. Integrasi aspek operasional, administrasi, digital, dan regulasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi biaya logistik sekaligus memperbaiki ketepatan waktu pengiriman. Dengan demikian, transportasi multimoda menjadi salah satu strategi yang dapat mendukung peningkatan daya saing sistem logistik nasional.

Komponen Biaya Logistik

Teori Biaya Total Logistik atau *Total Logistics Cost Concept* menjelaskan bahwa efisiensi distribusi barang tidak hanya ditentukan oleh rendahnya tarif angkutan, tetapi juga oleh keseluruhan biaya yang timbul selama proses pengiriman. Dalam konsep ini, seluruh biaya mulai dari barang keluar dari gudang hingga diterima oleh konsumen dipandang sebagai satu kesatuan yang saling memengaruhi atau *trade-offs*. Komponen biaya tersebut meliputi biaya transportasi, biaya penanganan barang atau *handling cost*, biaya administrasi, biaya asuransi, serta biaya penyimpanan atau *holding cost* yang muncul akibat tertahannya barang selama proses distribusi. Oleh karena itu, pengambilan keputusan dalam sistem logistik harus mempertimbangkan seluruh komponen biaya agar efisiensi yang diperoleh tidak hanya terjadi pada satu aspek, tetapi pada keseluruhan proses distribusi.

Selain konsep biaya total, efisiensi transportasi juga dipengaruhi oleh prinsip skala ekonomi atau *economies of scale*. Prinsip ini menyatakan bahwa semakin besar volume barang yang diangkut dalam satu perjalanan, semakin rendah biaya operasional per satuan barang. Kondisi tersebut terjadi karena biaya tetap, seperti penyusutan kendaraan, gaji pengemudi, dan biaya operasional lainnya, dapat dibebankan kepada

jumlah muatan yang lebih besar. Dalam sistem transportasi multimoda, prinsip ini diterapkan melalui konsolidasi muatan atau *load concentration*, yaitu mengumpulkan barang dari berbagai lokasi menggunakan moda pengumpan atau *feeder*, kemudian mengangkutnya menggunakan moda berkapasitas besar, seperti kereta api atau kapal laut, untuk perjalanan jarak jauh atau *long-haul*. Strategi tersebut memungkinkan biaya distribusi menjadi lebih efisien.

Selain skala ekonomi berdasarkan volume, terdapat pula konsep skala jarak atau *economies of distance*. Teori ini menjelaskan bahwa semakin jauh jarak pengiriman, biaya transportasi per satuan jarak cenderung semakin rendah. Hal tersebut disebabkan oleh biaya tetap pada proses pemuatan, pembongkaran, dan administrasi yang relatif sama, baik untuk perjalanan pendek maupun perjalanan jauh. Ketika jarak tempuh semakin panjang, biaya tetap tersebut tersebar pada jarak yang lebih besar sehingga biaya per kilometer menjadi lebih rendah. Konsep ini menjadi dasar pemanfaatan moda transportasi massal, seperti kereta api dan kapal laut, sebagai pilihan yang lebih ekonomis untuk distribusi jarak jauh dalam sistem transportasi multimoda.

Efisiensi biaya dalam transportasi multimoda juga dipengaruhi oleh kemampuan sistem dalam mengurangi biaya alih moda atau *transshipment cost*. Biaya tersebut timbul akibat proses pemindahan barang dari satu moda transportasi ke moda lainnya, termasuk kegiatan bongkar muat dan penataan kembali muatan. Apabila proses tersebut dilakukan secara manual tanpa standardisasi, biaya operasional dan risiko kerusakan barang atau *damage cost* akan meningkat. Oleh karena itu, transportasi multimoda menerapkan sistem *containerization* yang memungkinkan perpindahan barang dilakukan secara lebih cepat dan efisien menggunakan peralatan bongkar muat modern. Penerapan sistem ini mampu mengurangi waktu penanganan barang sekaligus menekan biaya operasional di terminal.

Selain biaya operasional, keterlambatan pengiriman juga menjadi salah satu komponen penting dalam Teori Biaya Total Logistik. Keterlambatan dapat menimbulkan biaya konsekuensi atau *time penalty cost*, baik berupa denda maupun kerugian akibat terganggunya aktivitas operasional pelanggan. Untuk mengantisipasi ketidakpastian waktu pengiriman, perusahaan umumnya menyediakan persediaan pengaman atau *safety stock* dalam jumlah tertentu. Namun, kebijakan tersebut meningkatkan biaya penyimpanan atau *holding cost* karena bertambahnya kebutuhan ruang gudang dan modal yang tertahan dalam bentuk persediaan. Dengan penerapan transportasi multimoda yang terintegrasi dan memiliki jadwal pengiriman yang lebih andal, kebutuhan akan *safety stock* dapat dikurangi sehingga perusahaan dapat menerapkan sistem persediaan *Just-In-Time* yang lebih efisien.

Manajemen Waktu Rantai Pasok

Dalam manajemen rantai pasok, *lead time* merupakan salah satu indikator kinerja utama atau *Key Performance Indicator* yang digunakan untuk mengukur efektivitas proses distribusi barang. *Lead time* didefinisikan sebagai total waktu yang dibutuhkan sejak barang dikirim dari titik asal *origin* hingga diterima di titik tujuan *destination*. Semakin singkat *lead time*, semakin tinggi tingkat pelayanan kepada pelanggan dan semakin efisien proses distribusi. Oleh karena itu, pengelolaan *lead time* dilakukan dengan mengidentifikasi serta mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah atau *non-value-added activities*. Salah satu penyebab utama panjangnya *lead time* adalah waktu tunggu barang atau *idle time* yang terjadi pada titik perpindahan antarmoda atau *transshipment*.

Transportasi multimoda berupaya mengurangi *idle time* melalui sinkronisasi jadwal operasional antarmoda. Pada sistem transportasi konvensional, keterlambatan sering terjadi karena ketidaksesuaian

jadwal kedatangan dan keberangkatan antararmada sehingga barang harus menunggu di pelabuhan atau stasiun. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya waktu tunggu barang atau *dwelling time* yang berdampak pada lamanya proses distribusi. Dalam sistem transportasi multimoda, *Multimodal Transport Operator* atau MTO menyusun jadwal operasional secara terintegrasi sehingga keberangkatan moda pengumpan atau *feeder* dapat disesuaikan dengan jadwal moda utama, seperti kereta api atau kapal laut. Dengan koordinasi tersebut, proses perpindahan barang dapat berlangsung lebih cepat dan waktu tunggu di terminal dapat diminimalkan.

Peningkatan koordinasi dalam sistem transportasi multimoda didukung oleh pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi atau TIK. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah sistem pelacakan berbasis *Internet of Things* atau IoT dan *Global Positioning System* atau GPS. Teknologi tersebut memungkinkan operator memantau posisi, kecepatan, dan kondisi barang secara *real-time* selama proses distribusi. Informasi yang diperoleh membantu operator memperkirakan waktu kedatangan atau *Estimated Time of Arrival* secara lebih akurat, sehingga koordinasi antaroperator dan pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih cepat.

Selain mendukung proses pemantauan, teknologi informasi juga berperan dalam manajemen risiko melalui pengalihan rute secara dinamis atau *dynamic rerouting*. Ketika terjadi hambatan operasional, seperti kemacetan, kepadatan pelabuhan, maupun kondisi cuaca yang kurang mendukung, sistem *Transportation Management System* atau TMS dapat memberikan rekomendasi rute atau moda transportasi alternatif. Kemampuan tersebut memungkinkan operator melakukan penyesuaian distribusi secara lebih cepat sehingga potensi keterlambatan pengiriman dapat dikurangi. Dengan demikian, keandalan sistem distribusi menjadi lebih baik dan variasi waktu pengiriman dapat ditekan.

Digitalisasi dokumen juga menjadi salah satu faktor yang mendukung efisiensi *lead time*. Pemanfaatan *Electronic Data Interchange* atau EDI serta *Single Freight Document* memungkinkan seluruh pihak yang terlibat dalam proses distribusi menggunakan data pengiriman yang sama secara terintegrasi. Sistem ini mempercepat proses administrasi, mengurangi waktu pemeriksaan dokumen, serta memperlancar perpindahan barang pada setiap titik alih moda. Selain meningkatkan efisiensi operasional, digitalisasi dokumen juga membantu mengurangi biaya penyimpanan atau *holding cost* karena proses distribusi berlangsung lebih cepat dan perputaran modal kerja menjadi lebih efisien.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Systematic Literature Review* atau SLR. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian bertujuan untuk memahami serta menganalisis penerapan transportasi multimoda dalam meningkatkan efisiensi biaya dan waktu pengiriman berdasarkan berbagai penelitian terdahulu. Melalui pendekatan deskriptif-analitis, penelitian ini tidak melakukan pengujian hipotesis secara langsung, melainkan menyusun dan menginterpretasikan berbagai temuan empiris serta konsep yang diperoleh dari sumber-sumber ilmiah yang relevan. Penggunaan metode SLR memungkinkan proses penelusuran, seleksi, dan analisis literatur dilakukan secara sistematis sehingga hasil penelitian memiliki dasar ilmiah yang jelas.

Metode *Systematic Literature Review* diterapkan melalui tahapan yang terstruktur, dimulai dari perumusan pertanyaan penelitian, penentuan kata kunci pencarian, serta penetapan kriteria inklusi dan

eksklusi terhadap artikel yang digunakan sebagai sumber data. Selanjutnya, setiap literatur yang memenuhi kriteria dievaluasi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas penelitian, dan relevansinya dengan tujuan penelitian. Pendekatan tersebut bertujuan menghasilkan kajian yang objektif serta memberikan gambaran yang komprehensif mengenai penerapan transportasi multimoda dalam sistem logistik.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari 12 jurnal ilmiah terakreditasi, baik nasional maupun internasional, yang membahas transportasi multimoda, manajemen logistik, dan rantai pasok. Literatur yang dipilih berasal dari jurnal bereputasi, seperti jurnal yang terindeks SINTA dan Scopus, sehingga memiliki tingkat kredibilitas yang baik. Fokus analisis diarahkan pada dua aspek utama, yaitu efisiensi biaya logistik dan pengurangan waktu pengiriman atau *lead time*, sebagai indikator keberhasilan penerapan transportasi multimoda.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik *Content Analysis* dan analisis komparatif. Melalui *Content Analysis*, peneliti mengidentifikasi informasi penting dari setiap artikel, seperti konsep, metode, hasil penelitian, dan temuan yang berkaitan dengan efisiensi biaya maupun waktu pengiriman. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif untuk membandingkan hasil antarpelitian sehingga dapat diketahui persamaan, perbedaan, serta faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas penerapan transportasi multimoda, seperti kondisi infrastruktur, dukungan teknologi informasi, dan kebijakan yang berlaku.

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan menyusun sintesis terhadap seluruh temuan yang diperoleh dari proses analisis. Sintesis ini bertujuan mengintegrasikan hasil penelitian terdahulu dengan landasan teori yang telah dibahas pada Bab II sehingga diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai penerapan transportasi multimoda. Melalui proses tersebut, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai manfaat transportasi multimoda dalam menurunkan biaya logistik dan mempercepat waktu pengiriman, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya maupun bagi pihak yang berkepentingan dalam pengembangan sistem logistik di Indonesia.

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Literatur yang digunakan dibatasi pada publikasi tahun 2020–2026 agar informasi yang diperoleh sesuai dengan perkembangan transportasi multimoda, manajemen logistik, dan teknologi pendukung distribusi. Sebanyak 12 artikel ilmiah dipilih sebagai sumber data utama melalui teknik *purposive sampling*, yaitu berdasarkan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Artikel tersebut berasal dari jurnal yang terindeks SINTA maupun Scopus dan membahas penerapan transportasi multimoda, efisiensi biaya logistik, serta waktu pengiriman.

Proses pencarian literatur dilakukan secara daring melalui beberapa basis data akademik, seperti Google Scholar, ScienceDirect, DOAJ (*Directory of Open Access Journals*), dan Garuda (*Garba Rujukan Digital*). Penelusuran artikel menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris dengan bantuan operator Boolean *AND* dan *OR*. Kata kunci yang digunakan antara lain *transportasi multimoda*, *biaya logistik*, *waktu pengiriman*, *integrasi intermodal*, *multimodal transportation*, *logistics cost reduction*, *lead time*, dan *intermodal freight system*. Strategi tersebut bertujuan memperoleh literatur yang relevan dengan fokus penelitian.

Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian empiris atau *Systematic Literature Review*, membahas penerapan transportasi multimoda terhadap efisiensi biaya logistik maupun waktu pengiriman, serta diterbitkan pada

jurnal ilmiah yang memiliki kredibilitas akademik. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup artikel yang membahas transportasi penumpang, artikel opini atau berita, prosiding yang tidak melalui proses *peer review*, serta artikel yang tidak menyediakan naskah lengkap atau *full-text*. Berdasarkan proses seleksi tersebut, diperoleh 12 artikel yang digunakan sebagai sumber data penelitian.

Selanjutnya, kedua belas artikel tersebut dikelompokkan berdasarkan tema pembahasannya untuk memudahkan proses analisis. Kelompok pertama memuat penelitian mengenai pengaruh transportasi multimoda terhadap efisiensi biaya logistik dan waktu pengiriman. Kelompok kedua membahas model optimasi rute, jaringan distribusi, dan pengambilan keputusan logistik. Kelompok ketiga berisi studi kasus penerapan transportasi multimoda pada wilayah kepulauan maupun komoditas tertentu di Indonesia. Adapun kelompok keempat mengkaji pemanfaatan teknologi informasi serta kebijakan yang mendukung implementasi transportasi multimoda.

Untuk menjaga kualitas data, setiap artikel dievaluasi berdasarkan kesesuaian topik, kejelasan metode penelitian, serta validitas hasil yang disajikan. Peneliti juga memperhatikan desain penelitian, teknik pengumpulan data, dan metode analisis yang digunakan dalam setiap artikel agar informasi yang diperoleh memiliki tingkat keandalan yang baik. Dengan demikian, sumber data yang digunakan diharapkan mampu memberikan dasar yang kuat dalam menganalisis penerapan transportasi multimoda terhadap penurunan biaya logistik dan waktu pengiriman.

Teknik Analisis

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode *Content Analysis* yang dipadukan dengan analisis komparatif terhadap 12 artikel ilmiah yang telah dipilih sebagai sumber data. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi, menginterpretasikan, dan menyintesis informasi yang berkaitan dengan penerapan transportasi multimoda dalam menurunkan biaya logistik dan mempercepat waktu pengiriman. Karena penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* atau SLR, proses analisis tidak dilakukan melalui pengolahan data statistik primer, melainkan melalui penelaahan terhadap hasil penelitian yang telah dipublikasikan pada berbagai literatur ilmiah.

Tahap pertama analisis data adalah reduksi data. Pada tahap ini, peneliti melakukan pembacaan secara mendalam terhadap seluruh artikel yang telah memenuhi kriteria penelitian. Informasi yang relevan dengan tujuan penelitian, seperti efisiensi biaya logistik, pengurangan *lead time*, penerapan *Single Freight Document*, serta pemanfaatan teknologi informasi dalam transportasi multimoda, dipilih dan dikelompokkan. Sementara itu, informasi yang tidak berkaitan dengan fokus penelitian tidak digunakan dalam proses analisis sehingga data yang diperoleh menjadi lebih terarah.

Tahap berikutnya adalah penyajian data atau *data display*. Data yang telah direduksi disusun ke dalam bentuk matriks atau kategorisasi berdasarkan tema pembahasan agar hubungan antarvariabel lebih mudah dipahami. Kategori tersebut meliputi efisiensi biaya logistik, percepatan waktu pengiriman, pemanfaatan teknologi informasi, serta faktor pendukung dan penghambat implementasi transportasi multimoda. Penyajian data secara sistematis memudahkan peneliti dalam mengidentifikasi pola, persamaan, maupun perbedaan hasil yang ditemukan pada setiap penelitian.

Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif untuk membandingkan temuan antarartikel ilmiah. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi kesamaan maupun perbedaan hasil penelitian mengenai penerapan transportasi multimoda. Selain membandingkan tingkat efisiensi biaya dan waktu pengiriman, peneliti juga menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan hasil, seperti kondisi infrastruktur, dukungan

teknologi informasi, karakteristik wilayah, serta kebijakan yang diterapkan pada masing-masing penelitian. Dengan demikian, diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas transportasi multimoda dalam berbagai konteks.

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan verifikasi. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil sintesis dari seluruh temuan yang diperoleh selama proses analisis, kemudian dikaitkan dengan landasan teori yang telah dibahas pada Bab II. Selanjutnya, dilakukan verifikasi untuk memastikan bahwa hasil analisis telah menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian secara konsisten. Melalui tahapan tersebut, penelitian diharapkan menghasilkan kesimpulan yang didasarkan pada analisis yang sistematis serta didukung oleh berbagai sumber ilmiah yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Dampak Multimoda Terhadap Percepatan Waktu Pengiriman

Berdasarkan hasil analisis terhadap 12 artikel ilmiah yang menjadi sumber penelitian, penerapan transportasi multimoda menunjukkan kecenderungan mampu menurunkan biaya logistik dibandingkan dengan sistem transportasi konvensional. Beberapa penelitian melaporkan bahwa efisiensi biaya dapat mencapai sekitar 25%, bergantung pada karakteristik jaringan distribusi, jenis komoditas, dan kondisi infrastruktur yang digunakan. Penurunan biaya tersebut tidak hanya berasal dari berkurangnya tarif angkutan, tetapi juga dipengaruhi oleh penurunan biaya penanganan barang atau *handling cost*, biaya administrasi, biaya kerusakan barang atau *damage cost*, serta biaya keterlambatan atau *time penalty cost*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa transportasi multimoda memberikan efisiensi pada keseluruhan biaya logistik atau *total logistics cost*, bukan hanya pada satu komponen biaya tertentu (Anwar & Setiawan, 2022; Prasetyo & Utomo, 2023).

Salah satu faktor utama yang mendorong efisiensi biaya adalah penerapan prinsip skala ekonomi atau *economies of scale*. Dalam sistem transportasi multimoda, barang dari berbagai lokasi dikumpulkan menggunakan moda pengumpulan atau *feeder*, kemudian dikonsolidasikan ke dalam peti kemas sebelum diangkut menggunakan moda berkapasitas besar, seperti kereta api atau kapal laut, untuk perjalanan jarak jauh atau *long-haul*. Strategi tersebut memungkinkan biaya operasional per satuan barang menjadi lebih rendah karena biaya tetap dapat dibagi ke volume muatan yang lebih besar. Hasil penelitian Li dan Wang (2025) serta Zhang dan Liu (2024) menunjukkan bahwa kombinasi moda transportasi yang tepat mampu meningkatkan efisiensi distribusi sekaligus mengurangi biaya operasional.

Efisiensi biaya juga diperoleh melalui penyederhanaan proses administrasi menggunakan *Single Freight Document*. Sistem ini memungkinkan seluruh proses pengangkutan dilakukan dalam satu kontrak yang dikelola oleh *Multimodal Transport Operator* atau MTO, sehingga pengguna jasa tidak perlu mengurus dokumen secara terpisah pada setiap pergantian moda transportasi. Menurut Nugroho dan Wijaya (2025) serta Hidayat (2024), penggunaan dokumen tunggal mampu mengurangi biaya administrasi, mempercepat proses pelayanan, serta meminimalkan biaya tambahan yang timbul akibat penggunaan jasa perantara maupun proses birokrasi yang berulang. Dengan demikian, sistem administrasi menjadi lebih sederhana dan memberikan kepastian biaya bagi pengguna jasa.

Selain aspek administrasi, penerapan *containerization* berkontribusi dalam menurunkan biaya alih moda atau *transshipment cost*. Penggunaan peti kemas berstandar internasional memungkinkan perpindahan barang dari satu moda ke moda lainnya dilakukan tanpa membongkar isi muatan. Proses

tersebut mempercepat kegiatan bongkar muat, mengurangi kebutuhan tenaga kerja, serta menekan risiko kerusakan barang selama distribusi. Pemanfaatan peralatan bongkar muat modern juga meningkatkan efisiensi operasional terminal sehingga biaya penanganan barang dapat dikurangi. Dengan demikian, sistem transportasi multimoda mampu meningkatkan produktivitas proses distribusi sekaligus menekan biaya operasional.

Efisiensi biaya transportasi multimoda juga berkaitan dengan meningkatnya keandalan waktu pengiriman. Ketepatan jadwal distribusi mengurangi risiko keterlambatan yang dapat menimbulkan *time penalty cost* serta mengurangi kebutuhan perusahaan untuk menyediakan persediaan pengaman atau *safety stock*. Berkurangnya kebutuhan persediaan tersebut berdampak pada penurunan biaya penyimpanan atau *holding cost*, seperti biaya pergudangan dan biaya modal yang tertanam dalam persediaan. Dengan sistem distribusi yang lebih terintegrasi, perusahaan memiliki peluang untuk menerapkan sistem persediaan *Just-In-Time* atau JIT sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien dan biaya logistik secara keseluruhan dapat ditekan.

Analisis Dampak Multimoda terhadap Percepatan Waktu Pengiriman

Berdasarkan hasil analisis terhadap 12 artikel ilmiah yang menjadi sumber penelitian, penerapan transportasi multimoda menunjukkan kecenderungan mampu mempercepat waktu pengiriman atau *lead time* dibandingkan dengan sistem transportasi konvensional. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penerapan sistem multimoda dapat mengurangi waktu pengiriman hingga sekitar 30%, bergantung pada kondisi operasional dan karakteristik jaringan distribusi. Dalam manajemen rantai pasok, pengurangan *lead time* merupakan salah satu indikator penting karena berpengaruh terhadap tingkat pelayanan kepada pelanggan serta efisiensi proses distribusi. Hasil penelitian Smith dan Davis (2023) serta Santoso (2022) menunjukkan bahwa percepatan waktu pengiriman terutama diperoleh melalui pengurangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah atau *non-value-added activities*, khususnya waktu tunggu barang atau *idle time* pada titik perpindahan antarmoda.

Salah satu faktor yang mendukung percepatan *lead time* adalah sinkronisasi jadwal operasional antarmoda yang dikelola oleh *Multimodal Transport Operator* atau MTO. Pada sistem transportasi konvensional, barang sering mengalami keterlambatan karena ketidaksesuaian jadwal antara moda pengumpan atau *feeder* dengan moda transportasi utama. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya waktu tunggu barang di pelabuhan maupun stasiun atau *dwelling time*. Dalam sistem transportasi multimoda, MTO mengoordinasikan jadwal keberangkatan dan kedatangan setiap moda sehingga proses perpindahan barang dapat berlangsung lebih cepat. Koordinasi tersebut mengurangi waktu tunggu di terminal dan mendukung kelancaran aliran distribusi barang.

Percepatan waktu pengiriman juga didukung oleh pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi atau TIK. Menurut Wibowo (2025), penerapan *Internet of Things* atau IoT dan *Global Positioning System* atau GPS memungkinkan operator memantau posisi serta kondisi barang secara *real-time*. Informasi tersebut membantu memperkirakan waktu kedatangan atau *Estimated Time of Arrival* secara lebih akurat sehingga koordinasi antarpihak yang terlibat dalam distribusi dapat dilakukan dengan lebih efektif. Selain itu, informasi yang tersedia memungkinkan terminal tujuan mempersiapkan proses bongkar muat sebelum barang tiba sehingga waktu pelayanan menjadi lebih singkat.

Pemanfaatan teknologi informasi juga meningkatkan kemampuan operator dalam mengelola risiko selama proses distribusi. Melalui *Transportation Management System* atau TMS, operator dapat memantau

kondisi perjalanan dan menentukan rute alternatif apabila terjadi hambatan, seperti kemacetan, kepadatan pelabuhan, atau kondisi cuaca yang kurang mendukung. Karena seluruh proses pengangkutan berada dalam satu kontrak yang dikelola oleh MTO, penyesuaian rute maupun perpindahan moda dapat dilakukan dengan lebih cepat tanpa memerlukan proses administrasi yang berulang. Fleksibilitas tersebut membantu mengurangi potensi keterlambatan serta meningkatkan keandalan waktu pengiriman.

Selain aspek operasional, digitalisasi administrasi melalui *Single Freight Document* dan *Electronic Data Interchange* atau EDI turut berkontribusi dalam mempercepat *lead time*. Sistem ini memungkinkan seluruh pihak yang terlibat dalam proses distribusi menggunakan dokumen pengangkutan yang sama sehingga proses verifikasi dan pemeriksaan administrasi menjadi lebih sederhana. Integrasi data juga mempercepat proses pelayanan di terminal maupun kegiatan *customs clearance*. Dengan berkurangnya waktu pemrosesan dokumen, distribusi barang dapat berlangsung lebih efisien sehingga waktu pengiriman menjadi lebih singkat dan perputaran modal kerja perusahaan dapat meningkat.

Studi Kasus dan Tantangan Implementasi di Indonesia

Meskipun hasil analisis menunjukkan bahwa transportasi multimoda berpotensi menurunkan biaya logistik dan mempercepat waktu pengiriman, implementasinya di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki karakteristik geografis yang memengaruhi efektivitas integrasi antarmoda transportasi. Berdasarkan penelitian Rahmawati (2023), salah satu kendala utama adalah belum optimalnya konektivitas infrastruktur antarmoda. Beberapa pelabuhan utama masih belum terhubung secara langsung dengan jaringan kereta api barang sehingga proses perpindahan muatan masih bergantung pada angkutan jalan. Kondisi tersebut menyebabkan proses distribusi menjadi kurang efisien, terutama pada wilayah dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi.

Tantangan infrastruktur juga terlihat pada masih tingginya *dwelling time* di sejumlah pelabuhan. Menurut Putra dan Ramadhan (2024), keterbatasan kapasitas pelabuhan serta belum meratanya pembangunan *dry port* menyebabkan proses distribusi barang belum berjalan secara optimal. Dalam sistem transportasi multimoda, *dry port* berperan sebagai fasilitas pendukung yang memungkinkan kegiatan konsolidasi muatan, penyelesaian administrasi, serta pelayanan kepabeanan dilakukan di luar kawasan pelabuhan utama. Keterbatasan fasilitas tersebut mengakibatkan penumpukan barang di terminal pelabuhan, meningkatkan waktu tunggu, dan menambah biaya operasional yang harus ditanggung oleh pelaku usaha logistik.

Selain aspek infrastruktur, implementasi transportasi multimoda juga dipengaruhi oleh faktor regulasi dan kelembagaan. Kurniawan dan Lestari (2024) menjelaskan bahwa pengelolaan moda transportasi darat, laut, udara, dan perkeretaapian masih berada di bawah regulasi serta kewenangan instansi yang berbeda. Kondisi tersebut menyebabkan koordinasi antarmoda belum berjalan secara optimal, terutama dalam penerapan kontrak pengangkutan tunggal yang dikelola oleh *Multimodal Transport Operator* atau MTO. Perbedaan ketentuan mengenai perizinan, standar operasional, dan tanggung jawab hukum berpotensi menimbulkan kendala dalam pelaksanaan sistem transportasi multimoda secara terpadu.

Dari aspek teknologi, tantangan implementasi transportasi multimoda berkaitan dengan belum meratanya tingkat digitalisasi di sektor logistik. Wibowo (2025) mengemukakan bahwa pemanfaatan teknologi seperti *Internet of Things* atau IoT, *Electronic Data Interchange* atau EDI, serta sistem pelacakan berbasis *Global Positioning System* atau GPS masih lebih banyak diterapkan oleh perusahaan logistik berskala besar. Sementara itu, sebagian pelaku usaha logistik skala kecil dan menengah serta beberapa

pelabuhan di daerah masih menggunakan sistem administrasi yang bersifat manual atau semi-manual. Perbedaan tingkat adopsi teknologi tersebut menyebabkan integrasi informasi dalam rantai pasok belum sepenuhnya berjalan secara optimal sehingga koordinasi distribusi barang masih menghadapi berbagai kendala.

Berdasarkan hasil sintesis dari seluruh artikel yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan implementasi transportasi multimoda di Indonesia tidak hanya bergantung pada penggunaan lebih dari satu moda transportasi, tetapi juga pada kesiapan infrastruktur, harmonisasi regulasi, dan pemanfaatan teknologi informasi. Oleh karena itu, peningkatan konektivitas antarmoda, pengembangan fasilitas pendukung logistik, penyelarasan kebijakan lintas sektor, serta pemerataan digitalisasi menjadi faktor penting dalam mendukung penerapan transportasi multimoda secara lebih efektif. Upaya tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya logistik dan mempercepat waktu pengiriman secara lebih merata di berbagai wilayah Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis isi dan studi komparatif terhadap 12 jurnal ilmiah rujukan, penelitian ini menyimpulkan tiga hal utama terkait penerapan transportasi multimoda dalam manajemen logistik:

1. Penerapan transportasi multimoda secara empiris mampu menurunkan total biaya logistik (total logistics cost) hingga mencapai kisaran 25%. Efisiensi finansial ini dicapai melalui pengaktifan prinsip skala ekonomi (economies of scale) melalui strategi konsentrasi muatan (load concentration) dari truk feeder ke moda massal (kereta api atau kapal laut) pada koridor utama. Selain itu, penggunaan dokumen angkutan tunggal (Single Freight Document) terbukti memotong rantai birokrasi, menghilangkan biaya agen perantara, dan mengeliminasi biaya-biaya tersembunyi seperti biaya penanganan (handling cost) dan risiko kerusakan barang (damage cost) akibat standardisasi kontainerisasi yang meminimalkan intervensi manual kargo.
2. Integrasi sistem transportasi multimoda berhasil mempercepat total waktu siklus pengiriman atau lead time distribusi hingga mencapai 30%. Akselerasi durasi ini digerakkan oleh sinkronisasi jadwal intermodal yang presisi di bawah kendali Multimodal Transport Operator (MTO), yang secara efektif melenyapkan waktu menganggur kargo (idle time) dan memangkas dwelling time di terminal transit. Kecepatan ini diperkuat oleh adopsi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) seperti IoT dan GPS tracking yang memberikan visibilitas real-time untuk strategi pengalihan rute secara dinamis (dynamic rerouting), serta platform EDI yang mempercepat waktu tunggu dokumen administratif (document processing lead time). Kepastian waktu ini menurunkan holding cost pemilik barang karena meniadakan kebutuhan safety stock yang besar.
3. Efektivitas penerapan transportasi multimoda di Indonesia masih dibatasi oleh tantangan struktural yang signifikan. Hambatan utama bersumber dari belum meratanya konektivitas infrastruktur fisik (intermodal connectivity), seperti belum terhubungnya rel kereta api barang secara langsung ke pelabuhan utama, serta minimnya fasilitas dry port di wilayah hinterland. Masalah ini diperparah oleh tumpang tindih regulasi dan ego sektoral lintas instansi yang membawahi masing-masing moda transportasi secara terpisah, serta adanya kesenjangan digitalisasi (digital divide) yang menghambat transparansi data logistik di luar Pulau Jawa dan Sumatra.

SARAN

4. Bagi Pemerintah (Regulator): Diharapkan segera melakukan harmonisasi regulasi lintas sektoral untuk menciptakan satu payung hukum yang sinkron bagi operasional MTO, serta mempercepat pembangunan infrastruktur konektivitas fisik intermodal (jalur kereta pelabuhan dan dry port) guna mewujudkan pemerataan efisiensi logistik nasional.
5. Bagi Pelaku Industri Logistik: Perlu meningkatkan investasi pada standardisasi unit muatan dan memperluas adopsi platform digital logistik terintegrasi (TMS, IoT, dan e-manifes) hingga ke jaringan pengiriman akhir (last-mile delivery) demi menjaga visibilitas dan responsivitas rantai pasok.
6. Bagi Peneliti Selanjutnya: Diharapkan dapat mengembangkan penelitian ini ke arah metode kuantitatif murni dengan melakukan pemodelan matematis atau simulasi simulasi biaya berbasis data riil pada satu koridor komersial spesifik di Indonesia untuk mendapatkan angka efisiensi yang lebih presisi.

DAFTAR PUSAKA

- Anwar, S., & Setiawan, B. (2022). Integrasi Transportasi dan Konsep Multimoda sebagai Solusi Efisiensi Pengiriman Barang di Indonesia. *Jurnal Sistem Transportasi dan Logistik (JSTL)*, 7(2), 115-128.
- Hidayat, R. (2024). Analisis Peran Transportasi Multimoda dalam Meningkatkan Efisiensi Rantai Pasok Global. *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 12(1), 45-58.
- Kurniawan, A., & Lestari, D. (2024). Studi Literatur Kebijakan Transportasi Barang Multimodal di Indonesia. *Jurnal Sistem Transportasi dan Logistik (JSTL)*, 9(1), 32-45.
- Li, X., & Wang, Y. (2025). Robust Optimization of Multimodal Transportation Route Selection Based on Multiple Uncertainties. *MDPI Sustainability*, 17(12), 5508-5525. <https://doi.org>
- Nugroho, F., & Wijaya, K. (2025). Analisa Efisien Biaya Logistik dalam Pemanfaatan Transportasi Multimoda. *ResearchGate Publications*, 1-15.
- Prasetyo, A., & Utomo, M. (2023). Sistem Angkutan Multimoda dalam Mendukung Efisiensi Biaya Logistik di Indonesia. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 10(3), 201-214.
- Putra, H., & Ramadhan, F. (2024). Pengembangan Konektivitas Multimoda sebagai Strategi Peningkatan Daya Saing Ekspor. *Jurnal Sostech*, 4(3), 112-125.
- Rahmawati, E. (2023). Kajian Integrasi Transportasi Multi Moda untuk Menekan Biaya Logistik. *Jurnal Transportasi Unpar*, 23(2), 87-98.
- Santoso, G. (2022). The Multimodal Transport Analysis for Project Logistics. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2095081. <https://doi.org>
- Smith, J., & Davis, L. (2023). The Role of Multi-Modal Transport in Reducing Lead Times: An Analysis of Intermodal Freight Systems. *Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance*, 4(2), 89-102.
- Wibowo, T. (2025). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Mereduksi Biaya Logistik pada Transportasi Multimoda di Indonesia. *Media Neliti*, 14(1), 23-35.
- Zhang, L., & Liu, H. (2024). Pursuing Optimization Using Multimodal Transportation System: A Strategic Approach to Minimizing Costs and CO2 Emissions. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, 11(2), 145-162.