



PENGEMBANGAN KERANGKA KERJA PENGUKURAN KINERJA LOGISTIK TERINTEGRASI BERBASIS BIG DATA ANALYTICS DI ERA INDUSTRI 4.0. (MENGGABUNGKAN DATA BESAR DAN INDUSTRI 4.0)

Ryan Dimas Rasdiyatno¹, Muhammad Iqbal², Abdurrozzaq Hasibuan³
Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sumatera Utara
ryandimasrasdi@gmail.com¹, iqballabqi06@gmail.com², rozzaq@uisu.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan kerangka kerja pengukuran kinerja logistik yang terintegrasi dan adaptif dalam era Industri 4.0 dengan memanfaatkan teknologi big data analytics. Berdasarkan *literature review* sistematis terhadap berbagai sumber dari tahun 2010-2025, penelitian ini mengkaji model pengukuran tradisional dan implementasi teknologi Big Data, IoT, serta ERP dalam rantai pasok. Kerangka kerja yang diusulkan terdiri dari tiga lapisan utama: (1) sumber data (operasional dan administratif), (2) basis analisis (ETL, machine learning, data warehouse/data lake), dan (3) indikator kinerja yang mencakup efisiensi operasional, ketepatan pengiriman, dan pelayanan pelanggan real-time. Fase implementasi terdiri dari pilot di gudang, dilanjutkan skala penuh pada seluruh proses logistik. Hasil diharapkan dapat menghasilkan sistem pengukuran kinerja yang lebih responsif, prediktif, serta mampu mendorong pengambilan keputusan strategis dan continuous improvement.

Kata Kunci: Big Data Analytics, Kinerja Logistik, Kerangka Terintegrasi, Industri 4.0

Abstract

This study proposes a comprehensive, integrated framework for measuring logistics performance based on Big Data Analytics in the Industry 4.0 context. Through a systematic literature review of studies published between 2010 and 2025, the research analyzes conventional performance measurement models and the application of Big Data, IoT, and ERP technologies in supply chains. The proposed framework consists of three main layers: (1) data sources (operational & administrative), (2) analytical foundation (ETL, machine learning, data warehouse/data lake), and (3) performance indicators including operational efficiency, delivery timeliness, and real-time customer service monitoring. Implementation covers a pilot phase in a warehouse and a full-scale rollout across the logistics process. The framework aims to deliver a more responsive and predictive logistics performance measurement system capable of driving strategic decision-making and continuous improvement.

Keywords: Big Data Analytics, Logistics Performance, Integrated Framework, Industry 4.0

Article History

Received: Juni 2025
Reviewed: Juni 2025
Published: Juni 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Dalam dua dekade terakhir, kemajuan teknologi telah memicu perubahan mendasar dalam cara industri menjalankan operasionalnya. Salah satu pendorong utama perubahan ini adalah munculnya era Industri 4.0, yang ditandai dengan integrasi teknologi digital,



otomatisasi, dan pemanfaatan data dalam skala besar ke dalam proses produksi dan distribusi. Di tengah perubahan ini, sistem logistik turut mengalami tekanan untuk menyesuaikan diri dengan tuntutan efisiensi, kecepatan, serta kecermatan dalam pengambilan keputusan. Realitas di lapangan menunjukkan bahwa banyak sistem logistik masih berjalan dengan pendekatan konvensional yang belum sepenuhnya mampu menjawab kebutuhan dunia industri yang semakin kompleks.

Fenomena yang muncul dalam praktik logistik saat ini memperlihatkan bahwa banyak perusahaan menghadapi kesulitan dalam mengelola dan menghubungkan data dari berbagai titik proses, mulai dari pergudangan, transportasi, hingga pelayanan konsumen. Meskipun data tersedia dalam jumlah besar, pemanfaatannya masih belum optimal. Sebagian besar perusahaan hanya mengandalkan indikator tradisional yang terpisah-pisah, seperti waktu pengiriman, tingkat keterlambatan, atau biaya distribusi. Pendekatan seperti ini tidak cukup ketika sistem operasional semakin dinamis dan dipengaruhi oleh banyak variabel secara bersamaan.

Di sisi lain, teknologi big data analytics menawarkan potensi besar untuk mengolah data yang berasal dari berbagai sumber logistik secara cepat dan mendalam. Teknologi ini tidak hanya mampu menyimpan dan mengelompokkan data dalam jumlah besar, tetapi juga memungkinkan identifikasi pola dan prediksi peristiwa berdasarkan data historis. Sayangnya, potensi tersebut belum sepenuhnya dimanfaatkan dalam pengukuran kinerja logistik. Banyak perusahaan memiliki data, tetapi tidak memiliki sistem yang mampu mengubah data tersebut menjadi dasar pengambilan keputusan strategis secara sistematis.

Kesenjangan antara kenyataan yang berlangsung di lapangan dan potensi ideal yang ditawarkan teknologi menjadi alasan penting untuk mengembangkan kerangka kerja baru. Pengukuran kinerja logistik tidak cukup hanya mencatat hasil, tetapi perlu diarahkan untuk menjadi alat evaluasi dan perbaikan. Di sinilah perlunya membangun sistem yang dapat menghubungkan apa yang sedang terjadi di dunia nyata dengan apa yang seharusnya dicapai oleh sebuah organisasi dalam konteks persaingan global dan tantangan logistik modern.

Pengukuran yang efektif membutuhkan indikator yang tidak hanya menggambarkan keluaran akhir, tetapi juga memperhatikan hubungan antarproses dalam rantai logistik. Misalnya, keterlambatan pengiriman mungkin bukan disebabkan oleh transportasi semata, melainkan oleh proses pengambilan barang di gudang yang lambat atau sistem informasi yang kurang responsif. Jika setiap elemen dilihat secara terpisah, penyebab utama bisa terlewatkan. Oleh karena itu, diperlukan kerangka pengukuran yang memungkinkan keterkaitan antarproses dapat diamati secara jelas dan sistematis.

Realitas industri saat ini menuntut sistem logistik yang mampu merespons tantangan secara cepat. Namun dalam banyak kasus, proses evaluasi masih dilakukan secara manual dan terpisah dari sistem informasi utama. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan serta rendahnya akurasi dalam mengidentifikasi masalah. Padahal, dalam dunia logistik, keterlambatan satu jam saja dapat berdampak besar terhadap biaya dan kepuasan pelanggan. Maka, perlu adanya sistem pengukuran yang mampu bekerja secara cepat dan terintegrasi dengan data aktual.

Di tengah kondisi tersebut, muncul kebutuhan untuk merancang kerangka kerja pengukuran kinerja logistik yang berbasis pada pemanfaatan teknologi big data. Kerangka kerja ini tidak hanya diharapkan mampu menampung realitas empiris di lapangan, tetapi juga harus mengarahkan perusahaan pada sasaran kinerja yang diharapkan. Artinya, sistem yang dikembangkan tidak boleh berhenti pada penggambaran situasi saat ini, tetapi juga harus memberi ruang bagi penyesuaian dan perbaikan terus-menerus berdasarkan data dan analisis yang kuat.

Penelitian ini bertolak dari asumsi bahwa pengukuran kinerja logistik yang efektif tidak bisa dilepaskan dari kemajuan teknologi data dan tuntutan industri yang bergerak cepat. Berdasarkan pengamatan terhadap praktik yang berjalan saat ini, terdapat celah antara pemanfaatan data yang telah tersedia dan cara evaluasi kinerja yang diterapkan. Di sisi lain,



terdapat peluang besar untuk memanfaatkan data tersebut melalui teknologi analisis yang telah tersedia. Dengan mengembangkan kerangka kerja yang tepat, peluang ini dapat dikonversi menjadi keunggulan strategis bagi perusahaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menyusun suatu kerangka kerja pengukuran kinerja logistik yang mengintegrasikan pemanfaatan big data analytics secara fungsional dalam seluruh tahapan operasional logistik. Kerangka ini akan memuat indikator-indikator yang disusun berdasarkan relevansi terhadap proses logistik modern, keterhubungan antarunit kerja, dan kemampuan untuk mengidentifikasi permasalahan secara real-time. Selain itu, kerangka ini diharapkan dapat diadaptasikan oleh berbagai jenis industri yang memiliki struktur logistik berbeda.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode literature review sebagai pendekatan utama untuk mengkaji dan menyusun kerangka kerja pengukuran kinerja logistik berbasis big data analytics dalam konteks Industri 4.0. Pendekatan ini dipilih untuk menelusuri berbagai model, konsep, serta instrumen pengukuran kinerja logistik yang telah dikembangkan dalam penelitian sebelumnya, baik di lingkungan akademik maupun industri. Literature review memberikan landasan teoretis dan konseptual untuk memahami bagaimana integrasi big data telah diterapkan dalam sistem logistik serta tantangan yang muncul dalam praktiknya.

Sumber-sumber yang dianalisis dalam kajian ini berasal dari jurnal ilmiah internasional, prosiding konferensi, serta laporan penelitian yang relevan, khususnya yang diterbitkan dalam rentang waktu lima belas tahun terakhir (2010-2025). Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data terpercaya seperti Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, dan SpringerLink dengan menggunakan kata kunci seperti *logistics performance measurement*, *big data analytics*, *Industry 4.0*, *logistics integration*, dan *performance framework*. Kriteria inklusi mencakup artikel yang memuat pembahasan mengenai indikator kinerja logistik, penggunaan teknologi data dalam proses logistik, serta pengembangan kerangka kerja atau model evaluasi. Artikel yang bersifat opini atau tidak menyajikan pendekatan metodologis yang jelas dikecualikan dari kajian.

Setelah proses identifikasi dan seleksi literatur, dilakukan proses analisis tematik untuk mengelompokkan temuan-temuan utama ke dalam beberapa fokus, yaitu: (1) indikator kinerja logistik yang umum digunakan, (2) penerapan big data analytics dalam logistik, (3) karakteristik sistem logistik dalam era Industri 4.0, dan (4) integrasi antarproses dalam rantai pasok. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam menyusun kerangka kerja yang tidak hanya merepresentasikan praktik terbaik (*best practice*) yang telah terbukti efektif, tetapi juga memperhatikan konteks dinamika industri dan tantangan pengolahan data besar. Dengan demikian, literature review ini berperan sebagai fondasi ilmiah dalam membangun kerangka kerja pengukuran yang relevan dan adaptif terhadap kebutuhan industri modern.

PEMBAHASAN

Kebutuhan Pengukuran Kinerja Logistik di Era Industri 4.0

Era Industri 4.0 telah membawa perubahan fundamental dalam cara sistem logistik bekerja. Transformasi digital yang melibatkan otomatisasi dan integrasi teknologi informasi membuat proses logistik menjadi lebih kompleks dan dinamis. Dalam kondisi ini, sistem pengukuran kinerja logistik harus mampu menyesuaikan dengan kebutuhan yang berubah dengan cepat. Pengukuran kinerja tidak lagi hanya fokus pada parameter tradisional seperti biaya dan waktu pengiriman, tetapi harus dapat mengukur aspek-aspek lain seperti kecepatan pengambilan keputusan dan kemampuan merespons perubahan pasar secara real-time.

Aryanto dan Hura (2024) menekankan bahwa penerapan teknologi big data dalam logistik memungkinkan perusahaan untuk memonitor dan menganalisis data yang sangat besar dari berbagai sumber. Dengan demikian, kinerja operasional dapat dilihat dari banyak sisi, tidak hanya pada hasil akhir, tetapi juga proses-proses yang terjadi di sepanjang rantai pasok. Mereka



menjelaskan bahwa kemampuan pengukuran yang adaptif ini penting untuk menjaga daya saing perusahaan dalam lingkungan yang penuh ketidakpastian dan persaingan ketat.

Penelitian yang dilakukan oleh Oktavia (2023) juga menunjukkan bagaimana otomatisasi dan teknologi digital pada manajemen pergudangan dapat meningkatkan ketepatan data dan efisiensi pengelolaan persediaan. Hal ini menuntut adanya sistem pengukuran kinerja yang mampu mengintegrasikan data real-time, sehingga pengambilan keputusan bisa didasarkan pada kondisi yang sedang berlangsung, bukan data yang sudah usang. Dengan adanya data yang akurat dan terkini, potensi risiko dapat dideteksi lebih awal dan ditangani dengan cepat.

Kebutuhan terhadap sistem pengukuran kinerja yang responsif juga dipicu oleh adanya tekanan pasar yang menuntut pengiriman produk lebih cepat dan layanan pelanggan yang lebih baik. Dalam konteks ini, sistem pengukuran kinerja harus mampu memberikan indikator yang relevan dan mudah dipahami oleh berbagai pemangku kepentingan agar keputusan dapat diambil tanpa penundaan. Sistem ini juga harus bisa menangkap dinamika yang terjadi, misalnya perubahan permintaan yang tiba-tiba atau gangguan dalam rantai pasok.

Pemanfaatan Big Data Analytics dalam Sistem Logistik Terintegrasi

Big data analytics berperan sebagai tulang punggung dalam pengembangan sistem pengukuran kinerja logistik yang dapat menangani kompleksitas era Industri 4.0. Data yang diperoleh dari berbagai sumber, mulai dari data permintaan pelanggan, informasi distribusi, hingga pengelolaan inventaris, dianalisis dengan menggunakan teknologi big data untuk menemukan pola dan tren yang tidak terlihat dengan metode tradisional.

Menurut Usanto, Rahardjo, dan Nugroho (2023), penerapan big data yang didukung Internet of Things (IoT) mampu meningkatkan efisiensi operasional dengan memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu. Mereka menjelaskan bahwa kemampuan prediktif dari big data analytics sangat membantu dalam mengoptimalkan rute pengiriman, mengurangi waktu tunggu, dan meminimalkan biaya transportasi. Analisis data tersebut juga mendukung penilaian kinerja yang bersifat real-time sehingga memungkinkan manajemen mengambil langkah-langkah korektif sebelum masalah membesar.

Penelitian oleh Hindayani dkk (2022) menambahkan bahwa big data analytics bukan hanya soal pengumpulan data, tapi juga proses pengolahan yang memungkinkan perusahaan untuk memahami hubungan antarvariabel dalam rantai pasok. Dengan data besar, perusahaan dapat mengevaluasi kinerja dari berbagai aspek seperti kecepatan layanan, ketepatan pengiriman, dan pemanfaatan sumber daya. Evaluasi yang terperinci ini membantu meningkatkan efektivitas operasi dan meminimalkan pemborosan.

Meski demikian, penerapan big data dalam logistik tidak bisa dilepaskan dari tantangan. Infrastruktur teknologi yang mendukung harus mampu menangani volume data yang sangat besar dan beragam. Ketersediaan sumber daya manusia yang memiliki kemampuan analisis data dan teknologi juga menjadi faktor penting. Perusahaan perlu memastikan pelatihan dan pengembangan kompetensi agar teknologi big data dapat dimanfaatkan secara optimal. Tantangan lainnya adalah integrasi data yang berasal dari berbagai sistem yang mungkin memiliki format dan kualitas berbeda.

Integrasi Sistem Logistik di Era Industri 4.0 dengan Pendekatan Big Data

Sistem logistik modern yang terintegrasi memungkinkan koordinasi antar fungsi dalam rantai pasok menjadi lebih efisien. Dengan big data analytics, berbagai proses seperti perencanaan, pengadaan, produksi, dan distribusi dapat dikelola secara sinkron. Data yang terkumpul dari tiap proses diolah untuk menciptakan gambaran menyeluruh yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Rahayu dan Wibowo (2022) dalam penelitiannya mengenai integrasi sistem logistik digital menegaskan bahwa pemanfaatan big data dalam rantai pasok mendukung pengembangan sistem pengukuran kinerja yang bersifat dinamis dan adaptif. Data yang terus diperbarui memungkinkan identifikasi hambatan secara cepat dan memberikan peluang untuk



perbaikan berkelanjutan. Integrasi ini juga memperkuat kerja sama antara pemasok, produsen, dan distributor, sehingga mengurangi risiko kesalahan dan meningkatkan kecepatan pelayanan.

Implementasi kerangka kerja pengukuran kinerja logistik yang menggabungkan big data dan teknologi Industri 4.0 membuka peluang baru dalam pemantauan dan evaluasi kinerja. Kinerja tidak lagi diukur berdasarkan data historis semata, tetapi menggunakan data real-time dan prediktif yang memperhitungkan kondisi pasar dan operasi saat ini. Hal ini memberikan keunggulan kompetitif yang signifikan, khususnya dalam menghadapi ketidakpastian dan perubahan cepat di lingkungan bisnis.

Usulan Kerangka Kerja Pengukuran Kinerja yang Terintegrasi

Mengawali kerangka kerja ini, struktur dibangun dari tiga lapisan utama: (1) sumber data, (2) basis analisis, dan (3) indikator kinerja. Lapisan pertama terdiri dari sumber data operasional contohnya data pemesanan, pelacakan, dan inventaris yang dikumpulkan melalui IoT dan sistem ERP. Sumber data administratif seperti data pelanggan, keuangan, dan kontrol mutu juga disertakan. Data tersebut dijadikan masukan dalam lapisan basis analisis, di mana big data analytics melakukan proses ekstraksi, transformasi, dan pemodelan. Teknologi seperti data warehouse dan data lake menjadi fondasi teknis agar data dari berbagai format dapat disatukan dan disiapkan untuk dianalisis, mirip implementasi pada sistem BI di perusahaan logistik seperti diungkap Tricahyo et al. (2022).

Pada lapisan indikator kinerja, kerangka ini menggabungkan tiga dimensi utama: efisiensi operasional, ketepatan pengiriman, dan pelayanan pelanggan. Dalam dimensi efisiensi, data seperti rasio pemanfaatan kendaraan dan waktu idle gudang dianalisis. Indikator ketepatan menilai ketepatan waktu pengiriman berdasarkan data pelacakan real-time. Dimensi pelayanan meliputi data keluhan, tingkat retensi, dan kualitas layanan. Model struktur ini mengambil inspirasi dari kerangka bidang 3PL yang diusulkan Prastyabudi et al. (2020), di mana indikator dikelola melalui pemetaan fungsi dan aktor dalam organisasi. Kompleksitas data ini ditangani dengan tahapan pengolahan data secara berurutan: harmonisasi format, pembersihan outlier, dan agregasi ke tingkat KPI.

Alur integrasi data pada kerangka kerja mengalir dari pengumpulan hingga umpan balik (feedback loop). Tahap pertama adalah capture: sensor dan sistem ERP mengumpulkan data secara otomatis. Setelah itu, tahap process, di mana ETL tools dan algoritma machine learning menjalankan analisis misalnya peramalan permintaan atau deteksi anomali. Lalu tahap measure: sistem menghitung KPI berdasarkan hasil analisis tersebut. Tahap terakhir adalah report & action, di mana hasil disajikan dalam dashboard interaktif dan langsung dapat digunakan oleh tim operasional atau manajemen. Model ini sejalan dengan metodologi pada studi big data analytics terhadap sistem informasi, yang menekankan pentingnya "effective integration" antara sensor, teknologi penyimpanan, dan analisis data.

Tata kelola data menjadi pengikat bagi seluruh proses tersebut. Data governance menjamin akurasi, keamanan, dan kepatuhan GDPR atau peraturan setempat. Kejelasan peran dalam pengelolaan data siapa yang bertanggung jawab terhadap kualitas dan interpretasi data sangat penting agar KPI dapat dipercaya dan digunakan untuk pengambilan keputusan. Model Big Data Maturity, seperti yang dipaparkan dalam Wikipedia, menekankan tiga aspek utama: people, process, dan teknologi. Dari sisi SDM, dibutuhkan tim data analyst dan data engineer untuk menjalankan dan memperbarui analisis rutin.

Penerapan kerangka kerja ini dibagi menjadi dua fase: pilot dan skala penuh. Fase pilot dilakukan di salah satu divisi, misalnya gudang. Langkahnya meliputi pemetaan indikator, integrasi sensor IoT, dan instalasi sistem dashboard. Tujuan utama adalah memvalidasi proses pengukuran dan memastikan indikator sesuai konteks operasional. Setelah validasi berhasil, fase skala penuh meliputi seluruh proses logistik pengadaan, transportasi, dan distribusi.

Studi saling keterkaitan antara big data analytics dan performa rantai pasok oleh Salim & Yunus (2024) menunjukkan bahwa kemampuan analitis berpengaruh signifikan terhadap performa logistik. Kerangka ini menerapkan hasil studi tersebut, dengan menyediakan modul



analisis data khusus pada tahap process dan measure, sehingga memungkinkan identifikasi pola dan korelasi antar indikator misalnya, keterlambatan yang dipicu oleh gangguan pengadaan atau distribusi.

Manfaat utamanya adalah terwujudnya transparansi dan akuntabilitas kinerja. Dashboard terpadu menampilkan indikator real-time dan historis, memungkinkan manajemen memantau performa harian dan merespons anomali. Dengan model analisis prediktif, tim logistik mendapat peringatan sebelum terjadi penundaan atau overstocking. Outputnya bisa digunakan untuk evaluasi rutin dan perbaikan berkesinambungan.

Penerapan model ini juga memperkuat koordinasi lintas fungsi. Setiap unit gudang, transportasi, layanan pelanggan terhubung ke satu sistem KPI yang sama. Jika terjadi gangguan pada salah satu proses (misalnya kelebihan stok), maka unit lain mendapat notifikasi dan bisa merumuskan tindakan preventif bersama. Hal ini mendukung efektivitas rantai pasok, karena semua unit beroperasi berdasarkan satu pemahaman data yang sama.

Dalam kondisi pasar yang sering berubah, kerangka kerja ini menyediakan dasar pengambilan keputusan strategis. Contoh implementasi pilot dapat menghasilkan laporan agregat kuartalan yang menunjukkan peningkatan ketepatan 10 % dan penurunan biaya operasi 8 % data nyata yang bisa digunakan untuk justifikasi investasi berikutnya.

Penerapan akhirnya mencakup rencana pengembangan kompetensi dan infrastruktur. Pelatihan tim logistik untuk memahami dashboard dan menafsirkan KPI sangat penting. Infrastruktur pendukung seperti penyimpanan cloud dan koneksi bandwidth tinggi juga diperlukan. Selain itu, organisasi perlu memperbarui kebijakan agar KPI secara resmi diintegrasikan ke dalam target tahunan, insentif, dan review performa individu.

Dengan pendekatan seperti ini, kerangka pengukuran kinerja logistik terintegrasi tidak hanya menjadi alat pemantauan, tetapi juga penggerak perubahan budaya operasional. Organisasi akan terbiasa bekerja berdasarkan data dan responsif terhadap perubahan, bukan hanya mengandalkan intuisi atau kebiasaan. Ini merupakan pergeseran penting menuju logistik modern yang disebut sebagai logistik 4.0.

KESIMPULAN

Pengembangan kerangka kerja pengukuran kinerja logistik berbasis big data analytics dalam konteks Industri 4.0 merupakan langkah strategis untuk menjawab tantangan sistem logistik modern yang semakin kompleks dan dinamis. Integrasi antara teknologi big data dan prinsip-prinsip Industri 4.0 memungkinkan pengukuran kinerja tidak hanya didasarkan pada indikator tradisional, tetapi juga memperhatikan keterkaitan antarproses serta responsivitas terhadap perubahan secara real-time. Kerangka ini dirancang untuk memanfaatkan data secara holistik, memberikan informasi yang akurat, prediktif, dan relevan guna meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung pengambilan keputusan strategis yang cepat. Dengan pendekatan ini, perusahaan diharapkan mampu meminimalkan kesenjangan antara potensi data yang tersedia dan praktik logistik yang berjalan, sehingga menciptakan keunggulan kompetitif yang adaptif terhadap perkembangan industri masa kini.

REFERENSI

- Hindayani, N., Wahyuni, E. T., & Amrania, G. K. P. (2022). Peran Big Data Terhadap Kemampuan Perusahaan Melakukan Analisis Rantai Pasok: Studi Reviu Literatur Terstruktur. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 6(2), 1513-1530.
- Nur, A., & Hura, B. K. (2024). Revolusi Logistik di Era Digital: Evaluasi Penggunaan Big Data di Industri Logistik. *Journal of Informatics and Busines*, 2(3), 443-453.
- Oktavia, S. (2023). Peran Teknologi Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Perusahaan Logistik. *Central Publisher*, 1(9), 1049-1056.
- Pangestu, A. D., & Harahap, L. S. (2023). Pendekatan Big Data Analytics untuk Optimasi Kinerja Sistem Informasi. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*.



- Prastyabudi, W. A., Zunaidi, R. A., et al. (2020). Design of Conceptual Framework for Measuring Operational Performance of Third-Party Logistics. *Jurnal Teknik Industri Trisakti*.
- Salim, E., & Yunus, E. N. (2024). Pengaruh Big Data Analytics Capability Terhadap Performa Rantai Pasok dan Efek Moderasi Kemitraan. *JABM*.
- Tricahyo, V. A., Prabowo, T., Larasati, S. S. A., & Ray, D. (2022). Performance Measurement Using the Balanced Scorecard and Business Intelligence in Logistics Companies. *Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi*, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar.
- Usanto, S., Sopian, A., Sucahyo, N., Syahrial, R., & Hiswara, I. (2024). Integrasi IOT dan Big Data untuk Optimasi Logistik dan Rantai Pasokan. *JRIS: Jurnal Rekayasa Informasi Swadharma*, 4(2), 91-99.