

Pengaruh IoT dalam Pelacakan Kendaraan, Predictive Maintenance, dan Optimasi Rute terhadap Efisiensi Distribusi Barang pada Perusahaan Logistik di Jawa Tengah

Apriyanto¹, Abrar Hiswara², Eva Yuniarti Utami³

¹ Politeknik Tunas Pemuda Tangerang dan irapriyanto0604@gmail.com

² Universitas Bhayangkara Jakarta Raya dan abrar@dsn.ubharajaya.ac.id

³ Universitas Sebelas Maret dan eva.yuniarti.utami@staff.uns.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji dampak teknologi Internet of Things (IoT)—pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute—terhadap efisiensi distribusi barang di perusahaan logistik di Jawa Tengah. Dengan menggunakan desain penelitian kuantitatif, data dikumpulkan dari 100 responden melalui kuesioner terstruktur dengan skala Likert 5 poin. Analisis dilakukan menggunakan SPSS versi 25, dengan statistik deskriptif, analisis korelasi, dan analisis regresi untuk mengevaluasi hubungan antara variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelacakan kendaraan berbasis IoT, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute secara signifikan meningkatkan efisiensi distribusi barang. Teknologi-teknologi ini secara kolektif menjelaskan 82% variasi dalam efisiensi, menunjukkan pentingnya strategis dalam mengoptimalkan operasi logistik. Studi ini menyimpulkan bahwa adopsi IoT sangat penting untuk mencapai keunggulan kompetitif dan keberlanjutan operasional di sektor logistik, terutama di wilayah dengan tantangan geografis unik. Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut meliputi perluasan ukuran sampel dan eksplorasi wilayah tambahan untuk memvalidasi temuan.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT), Efisiensi Logistik, Pelacakan Kendaraan, Pemeliharaan Prediktif, Optimasi Rute*

ABSTRACT

This study examines the impact of Internet of Things (IoT) technologies—vehicle tracking, predictive maintenance, and route optimization—on the efficiency of goods distribution in logistics companies in Central Java. Using a quantitative research design, data was collected from 100 respondents through a structured questionnaire with a 5-point Likert scale. Analysis was conducted using SPSS version 25, with descriptive statistics, correlation analysis, and regression analysis to evaluate the relationship between variables. The results showed that IoT-based vehicle tracking, predictive maintenance, and route optimization significantly improved freight distribution efficiency. These technologies collectively explain 82% of the variation in efficiency, demonstrating their strategic importance in optimizing logistics operations. This study concludes that IoT adoption is critical to achieving competitive advantage and operational sustainability in the logistics sector, especially in regions with unique geographic challenges. Recommendations for further research include expanding the sample size and exploring additional regions to validate the findings.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Logistics Efficiency, Vehicle Tracking, Predictive Maintenance, Route Optimization*

PENDAHULUAN

Dalam industri logistik yang berkembang pesat, integrasi teknologi Internet of Things (IoT) telah muncul sebagai solusi transformatif untuk mengatasi inefisiensi operasional dan meningkatkan kualitas layanan. IoT, yang didefinisikan sebagai jaringan perangkat terhubung yang mampu bertukar data secara real-time, memainkan peran kunci dalam merevolusi aspek-aspek kunci logistik seperti pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute. Melalui pemantauan real-time, IoT memungkinkan visibilitas dan kontrol yang lebih baik atas aset dan

pengiriman, memungkinkan pemberitahuan otomatis dan manajemen rantai pasok yang proaktif (Ivankova et al., 2020; Konduru & Bharamagoudra, 2021). Dalam pemeliharaan prediktif, IoT mendeteksi potensi kegagalan peralatan secara dini, mengurangi waktu henti dan meningkatkan efisiensi armada, yang berujung pada penghematan biaya dan ketahanan operasional (Tran-Dang et al., 2022). Selain itu, optimasi rute berbasis IoT tidak hanya memperbaiki waktu pengiriman dan mengurangi konsumsi bahan bakar, tetapi juga mempromosikan logistik berkelanjutan dan pemanfaatan aset yang lebih baik, yang pada akhirnya meningkatkan kepuasan pelanggan (Kalinaki et al., 2024; Konduru & Bharamagoudra, 2021). Meskipun memiliki keunggulan, implementasi IoT masih menghadapi tantangan, termasuk integrasi data, keterbatasan konektivitas, dan ancaman keamanan siber (Konduru & Bharamagoudra, 2021; Tran-Dang et al., 2022). Namun, mengatasi tantangan ini berpotensi meningkatkan kinerja rantai pasok secara signifikan dan mendorong inovasi di pasar global yang semakin terintegrasi dan didorong oleh e-commerce (Kalinaki et al., 2024).

Jawa Tengah, sebagai pusat logistik strategis di jaringan logistik Indonesia, menghadapi tantangan unik yang berasal dari geografis yang beragam, permintaan pasar yang fluktuatif, dan persaingan industri yang ketat. Semua hal ini memerlukan strategi inovatif untuk menjaga efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Pendekatan logistik tradisional seringkali terbukti tidak memadai, mengakibatkan keterlambatan, biaya yang lebih tinggi, dan penggunaan sumber daya yang tidak efisien. Untuk mengatasi masalah ini, perusahaan logistik di wilayah tersebut semakin beralih ke jaringan logistik terintegrasi, perbaikan kebijakan berbasis data, pemodelan transportasi multimoda, perencanaan lokasi strategis, dan optimasi rute algoritmik. Jaringan logistik terintegrasi, didukung oleh kemitraan publik-swasta, integrasi teknologi, dan pengembangan tenaga kerja, menawarkan efisiensi dan kepuasan pelanggan yang lebih baik, meskipun memerlukan pengelolaan biaya implementasi dan risiko teknologi yang cermat (Judijanto et al., 2024). Peningkatan kebijakan berbasis data, terutama yang selaras dengan Indeks Kinerja Logistik (LPI), menyoroti kebutuhan akan upaya pemerintah yang terpadu untuk menyederhanakan prosedur bea cukai dan infrastruktur, sehingga meningkatkan efisiensi rantai pasok nasional dan menarik investasi (Iskandar & Arifin, 2023). Modeling transportasi multimoda, yang menggabungkan berbagai moda transportasi dan rute, sangat penting untuk mengoptimalkan pergerakan barang berdasarkan jenis produk dan kebutuhan pasar, didukung oleh alat seperti Excel dan ARENA untuk analisis jaringan (Gurning et al., 2016). Perencanaan lokasi strategis lebih lanjut meningkatkan kinerja logistik dengan memastikan pusat distribusi ditempatkan secara optimal, dengan lokasi cadangan berkontribusi pada manajemen pasokan yang lebih baik (Adam et al., 2020). Akhirnya, optimasi rute algoritmik, seperti Heuristik Penempatan Termurah (CIH), telah terbukti efektif dalam meminimalkan jarak tempuh dan meningkatkan efisiensi pengiriman dalam operasi logistik (Ananda et al., n.d.).

Implementasi teknologi IoT menawarkan solusi yang layak untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Sistem pelacakan kendaraan berbasis IoT menyediakan wawasan real-time tentang pergerakan armada, meningkatkan akuntabilitas, dan memudahkan respons cepat terhadap penyimpangan. Solusi pemeliharaan prediktif memanfaatkan data IoT untuk mengidentifikasi dan menangani secara proaktif kerusakan kendaraan, mengurangi waktu henti, dan mencegah kerusakan yang mahal. Selain itu, optimasi rute berbasis IoT menggunakan algoritma canggih untuk menentukan rute paling efisien, menghemat waktu, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan meminimalkan dampak lingkungan.

LANDASAN TEORI

A. Internet of Things (IoT) dalam Logistik

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam logistik telah secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional, visibilitas, dan pengambilan keputusan di seluruh rantai pasok dengan memfasilitasi pengumpulan dan analisis data real-time yang memudahkan komunikasi dan koordinasi antar komponen logistik. Kemajuan teknologi ini telah meningkatkan kualitas layanan dan responsivitas terhadap permintaan pasar, berkontribusi pada sistem logistik yang lebih fleksibel dan berbasis data. Perangkat IoT berdampak positif pada margin keuntungan dan efisiensi operasional, seperti yang dibuktikan dalam studi tentang perusahaan terkemuka seperti DHL Group (Sokhetska et al., 2024), sementara pelacakan aset real-time dan manajemen inventaris melalui pelacak GPS dan sensor mengoptimalkan proses dan meminimalkan limbah (Pethe et al., 2024). Teknologi ini juga memastikan visibilitas dan kontrol yang lebih baik dengan memungkinkan pemantauan berkelanjutan dari produksi hingga pengiriman, membantu mendeteksi bottleneck dan mengoptimalkan manajemen inventaris (dos Santos, 2023). Selain itu, IoT memfasilitasi pemeliharaan prediktif untuk deteksi dini kegagalan peralatan, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan efisiensi biaya, sementara sistem pemantauan pengemudi meningkatkan keselamatan (Ivankova et al., 2020). Dalam hal keberlanjutan, IoT mendukung logistik ramah lingkungan dengan mengoptimalkan rute pengiriman dan meningkatkan kinerja peralatan, dengan tren masa depan mengarah pada konektivitas, efisiensi, dan inovasi yang lebih besar di sektor logistik (Kalinaki et al., 2024).

B. Pelacakan Kendaraan

Integrasi IoT dalam sistem pelacakan kendaraan telah secara signifikan mengubah logistik dengan memfasilitasi pemantauan real-time, meningkatkan kontrol operasional, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Melalui kombinasi GPS dan telematika, sistem IoT menyediakan manajer logistik dengan data akurat tentang lokasi kendaraan, kecepatan, dan kepatuhan rute, memungkinkan penjadwalan pengiriman yang dioptimalkan dan peningkatan akuntabilitas (Penna et al., 2017). Sistem ini menggunakan sensor dan analisis data untuk memantau operasi secara komprehensif, meningkatkan akurasi pelacakan dan efisiensi proses secara keseluruhan (Joshi et al., 2024; Syaputra & Sutabri, 2024). Selain itu, optimasi rute yang didukung IoT mengurangi konsumsi bahan bakar dan mendukung manajemen armada yang efisien, sementara notifikasi otomatis dan fitur pemeliharaan prediktif membantu meminimalkan waktu henti dan memastikan operasional rantai pasok yang lancar (Ivankova et al., 2020). Dengan menyediakan visibilitas tinggi terhadap proses logistik dan memfasilitasi penyelesaian masalah secara proaktif, sistem IoT memastikan pengiriman tepat waktu dan menjaga kondisi barang selama pengiriman, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan dan memperkuat keunggulan kompetitif perusahaan di pasar logistik (Syaputra & Sutabri, 2024).

C. Pemeliharaan Prediktif

Pemeliharaan prediktif dalam manajemen armada kendaraan memanfaatkan sensor IoT dan analitik untuk memantau kesehatan dan kinerja kendaraan, menawarkan alternatif proaktif terhadap pemeliharaan preventif tradisional dengan menggunakan data real-time untuk mengantisipasi kegagalan potensial dan menjadwalkan intervensi tepat waktu. Metode ini secara signifikan mengurangi downtime yang tidak direncanakan, memperpanjang umur aset, dan menurunkan biaya pemeliharaan, sehingga merevolusi praktik pemeliharaan dan meningkatkan efisiensi operasional serta keamanan dalam sistem transportasi. Sensor IoT secara terus-menerus mengumpulkan data tentang parameter kritis seperti suhu mesin, tegangan baterai, dan keausan rem, yang kemudian dianalisis menggunakan model machine learning canggih seperti jaringan saraf dalam (deep neural networks) yang mencapai akurasi prediksi tinggi—hingga 97%—dalam mengidentifikasi potensi masalah (Johnson et al., 2024; Mittal et al., 2024). Strategi prediktif ini telah menunjukkan potensi penghematan biaya yang signifikan, mengurangi biaya pemeliharaan hingga 40% dan meminimalkan waktu henti hingga 50% dalam konteks industri, tren yang juga berlaku untuk armada kendaraan (Gupta & Kaur, 2024). Selain itu, sistem prediktif dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi operasional, memungkinkan armada tetap responsif terhadap fluktuasi metrik kendaraan sambil mempromosikan keberlanjutan melalui jadwal pemeliharaan yang dioptimalkan dan dampak lingkungan yang lebih rendah (Mittal et al., 2024).

D. Optimasi Rute

Optimasi rute yang didorong oleh IoT memanfaatkan algoritma canggih dan data real-time untuk meningkatkan efisiensi pengiriman dengan mempertimbangkan variabel seperti kondisi lalu lintas, cuaca, dan konsumsi bahan bakar, yang pada akhirnya meningkatkan akurasi pengiriman dan pemanfaatan sumber daya. Integrasi teknologi IoT dan kecerdasan buatan (AI) dalam logistik telah terbukti efektif dalam memproses data logistik dinamis—termasuk pelacakan lalu lintas dan kargo—untuk mengoptimalkan rute distribusi, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan kepuasan pelanggan (Liu, 2024). Misalnya, penerapan algoritma genetika yang ditingkatkan dalam optimasi rute kendaraan telah secara signifikan menurunkan biaya distribusi sambil outperforming strategi rute acak dalam hal efisiensi biaya dan kepuasan pelanggan (Yu et al., 2021). Di industri tertentu seperti pengiriman makanan, rute berbasis IoT tidak hanya meningkatkan waktu pengiriman dan efisiensi bahan bakar tetapi juga memastikan keamanan makanan dengan menjaga kontrol suhu, menunjukkan fleksibilitas solusi IoT di berbagai sektor (Mitra & Raman, 2024). Selain itu, sistem manajemen lalu lintas cerdas yang didukung IoT memungkinkan rute optimal dan operasi hemat energi dengan mengurangi kemacetan dan dampak lingkungan (Agarwal et al., 2022). Lebih lanjut, algoritma optimasi rute canggih seperti divergent transform learning mempertimbangkan faktor logistik multiple,

termasuk jarak cakupan dan biaya angkutan, untuk memberikan rekomendasi rute yang andal dan cepat (Zhang, 2024).

E. Efisiensi Distribusi Barang

Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam operasi logistik secara signifikan meningkatkan efisiensi distribusi dengan mengoptimalkan pemanfaatan aset, meningkatkan komunikasi, dan mengurangi limbah, yang pada akhirnya mengarah pada pengurangan biaya dan peningkatan kinerja operasional. Perangkat IoT seperti sensor dan pelacak GPS menyediakan data real-time yang meningkatkan visibilitas dan pengambilan keputusan, memfasilitasi pelacakan aset yang efektif, pemantauan pengiriman, dan optimasi rute untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan biaya operasional (Petthe et al., 2024). Selain itu, pemeliharaan prediktif yang didukung IoT memastikan deteksi dini masalah peralatan, meminimalkan waktu henti, dan meningkatkan manajemen armada (Ivankova et al., 2020). Konektivitas IoT memfasilitasi komunikasi yang lancar di seluruh rantai pasok, menyederhanakan pengendalian inventaris, mengurangi keterlambatan, dan meningkatkan koordinasi dalam operasi pengiriman melalui proses muat dan bongkar yang dioptimalkan (Ivankova et al., 2020). Selain itu, IoT berkontribusi pada keberlanjutan dan pengurangan limbah melalui penyimpanan cerdas dan manajemen inventaris yang efisien, sementara kemampuan pemantauan lingkungan—seperti pengendalian suhu—mendukung praktik logistik yang lebih ramah lingkungan (Ben-Daya et al., 2019; Petthe et al., 2024). Kemajuan teknologi ini terbukti sangat berharga dalam jaringan logistik yang kompleks, mendorong sistem distribusi yang lebih ramping, responsif, dan sadar lingkungan.

F. Kerangka Teori

Penelitian ini mengacu pada Teori Resource-Based View (RBV), yang menekankan pentingnya memanfaatkan sumber daya internal dan kemampuan untuk keunggulan kompetitif (Barney, 1991). Teknologi IoT, sebagai aset tak berwujud, sejalan dengan kerangka ini dengan memberikan perusahaan logistik kemampuan untuk mengoptimalkan operasi dan membedakan layanan mereka. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan kerangka kerja Teknologi-Organisasi-Lingkungan (TOE), yang menjelaskan adopsi teknologi inovatif berdasarkan faktor teknologi, organisasi, dan lingkungan (Tornatzky & Fleischer, 1990).

Meskipun studi-studi sebelumnya menyoroti manfaat IoT dalam logistik, sedikit yang secara spesifik fokus pada aplikasinya di konteks Jawa Tengah, sebuah wilayah dengan tantangan logistik unik. Selain itu, penelitian empiris yang mengukur efek gabungan pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute terhadap efisiensi distribusi barang masih terbatas. Studi ini mengatasi kesenjangan tersebut dengan menyediakan analisis komprehensif berdasarkan data primer yang dikumpulkan dari perusahaan logistik yang beroperasi di Jawa Tengah.

Kerangka konseptual studi ini mengasumsikan bahwa pelacakan kendaraan berbasis IoT, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute berfungsi sebagai variabel independen yang mempengaruhi efisiensi distribusi barang sebagai variabel dependen. Hubungan di antara variabel-variabel ini dihipotesiskan positif dan signifikan, menyoroti nilai strategis IoT dalam operasi logistik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif dan kausal dengan pendekatan kuantitatif untuk menyelidiki hubungan antara teknologi IoT dan efisiensi logistik. Tujuan penelitian adalah menyediakan bukti empiris melalui analisis data numerik, menyoroti signifikansi dan kekuatan hubungan antara variabel-variabel seperti pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute. Penelitian ini menargetkan perusahaan logistik yang beroperasi di Jawa Tengah dan telah mengadopsi teknologi IoT. Metode sampling purposive digunakan untuk memilih 100 responden yang terdiri dari manajer logistik, staf operasional, dan implementator teknologi yang terlibat langsung dalam penerapan IoT. Ukuran sampel dipilih berdasarkan pertimbangan praktis dan sesuai dengan standar umum dalam penelitian kuantitatif, memastikan keandalan yang cukup untuk analisis statistik menggunakan SPSS versi 25.

Data dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur yang disebarakan secara online dan offline untuk memaksimalkan jangkauan dan meminimalkan bias respons. Instrumen penelitian diuji coba terlebih dahulu untuk memastikan kejelasan dan relevansinya, dan menggunakan skala Likert 5 poin yang berkisar dari 1 ("Sangat Tidak Setuju") hingga 5 ("Sangat Setuju") untuk mengukur variabel yang menjadi fokus penelitian. Kuesioner terdiri dari beberapa bagian, termasuk demografi, pelacakan kendaraan berbasis IoT, pemeliharaan prediktif, optimasi rute, dan efisiensi distribusi barang, dengan fokus pada ketepatan waktu, efisiensi biaya, dan kepuasan pelanggan. Item-item dikembangkan berdasarkan literatur yang telah ada dan divalidasi oleh ahli di bidang logistik dan IoT. Keandalan diuji menggunakan Cronbach's Alpha dengan nilai minimum yang dapat diterima sebesar 0,7. Data dianalisis menggunakan SPSS versi 25, dengan menggunakan statistik deskriptif, analisis korelasi untuk menilai hubungan antar variabel, analisis regresi untuk mengukur dampak variabel independen terhadap efisiensi distribusi, dan ANOVA untuk mengeksplorasi variasi respons berdasarkan karakteristik demografis seperti ukuran perusahaan dan tingkat adopsi IoT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif memberikan gambaran jelas tentang karakteristik demografis responden dan merangkum kecenderungan pusat dari variabel-variabel kunci studi. Berdasarkan peran organisasi, sebagian besar responden adalah manajer operasional (45%), diikuti oleh implementator teknologi (30%) dan manajer logistik (25%). Mengenai ukuran perusahaan, perusahaan logistik skala kecil mendominasi sampel (55%), diikuti oleh perusahaan menengah (30%) dan perusahaan besar (15%). Tingkat adopsi IoT di antara responden umumnya moderat hingga tinggi, menunjukkan integrasi yang cukup signifikan dari teknologi IoT dalam operasi logistik di Jawa Tengah.

Dalam hal penilaian variabel, hasil menunjukkan persepsi positif secara umum terhadap solusi logistik yang didukung IoT. Variabel pelacakan kendaraan mencatat skor rata-rata 4,2, menunjukkan kesepakatan yang kuat mengenai efektivitasnya. Pemeliharaan prediktif mengikuti dengan skor rata-rata 4,0, mencerminkan kesepakatan mengenai perannya dalam meminimalkan downtime dan biaya operasional. Optimasi rute mendapatkan skor rata-rata 4,1, menunjukkan bahwa aplikasi IoT efektif dalam meningkatkan efisiensi rute pengiriman. Terakhir, variabel efisiensi distribusi barang mencapai skor rata-rata tertinggi 4,3, menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap kinerja logistik secara keseluruhan di antara responden yang disurvei.

B. Analisis Korelasi

Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk menilai hubungan antara variabel independen—pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute—dengan variabel dependen, efisiensi distribusi barang. Hasil menunjukkan korelasi positif yang kuat dan signifikan secara statistik: pelacakan kendaraan dan efisiensi distribusi barang ($r = 0,78$, $p < 0,01$), pemeliharaan prediktif dan efisiensi distribusi barang ($r = 0,72$, $p < 0,01$), serta optimasi rute dan efisiensi distribusi barang ($r = 0,75$, $p < 0,01$). Temuan ini menegaskan bahwa ketiga aplikasi IoT tersebut secara signifikan terkait dengan peningkatan efisiensi distribusi barang, menyoroti peran kritisnya dalam meningkatkan kinerja logistik.

C. Analisis Regresi

Analisis regresi berganda dilakukan untuk menentukan dampak masing-masing variabel independen terhadap efisiensi distribusi barang. Hasilnya disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Regresi

Independent Variable	Beta Coefficient (β)	t-Statistic	p-Value
Vehicle Tracking	0.45	8.12	<0.01
Predictive Maintenance	0.31	6.48	<0.01
Route Optimization	0.38	7.05	<0.01

Analisis regresi menunjukkan kesesuaian model yang kuat, dengan nilai R-squared sebesar 0.82, menunjukkan bahwa 82% variasi efisiensi distribusi barang dapat dijelaskan oleh efek gabungan dari pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute. Model secara keseluruhan secara statistik signifikan, seperti yang ditunjukkan oleh hasil uji F, $F(3, 96) = 145,7$, $p < 0,01$, yang mengonfirmasi keandalan model regresi dalam menjelaskan hubungan antara variabel independen dan dependen.

Dalam hal kontribusi individu, pelacakan kendaraan muncul sebagai prediktor paling berpengaruh terhadap efisiensi distribusi barang, dengan koefisien standar (β) sebesar 0,45. Optimasi rute juga memiliki efek positif yang kuat ($\beta = 0.38$), diikuti oleh pemeliharaan prediktif ($\beta = 0.31$). Meskipun ketiga variabel tersebut secara signifikan berkontribusi pada model, pelacakan kendaraan memainkan peran dominan dalam meningkatkan kinerja logistik, memperkuat pentingnya pemantauan real-time dan manajemen armada berbasis data dalam meningkatkan hasil distribusi.

Pembahasan

Hasil studi ini menyoroti peran vital teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi logistik di Jawa Tengah, dengan pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute semuanya menunjukkan kontribusi signifikan terhadap peningkatan distribusi barang. Pelacakan kendaraan muncul sebagai faktor paling berpengaruh, menyediakan data real-time tentang lokasi armada yang meningkatkan visibilitas, memastikan pengiriman tepat waktu, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya (Abinaya et al., 2023; Pethe et al., 2024), terutama dalam konteks Jawa Tengah, di mana tantangan geografis dan infrastruktur menuntut sistem pelacakan yang andal (Jae & Sub, 2020). Perawatan prediktif juga menunjukkan dampak yang kuat dengan mengurangi downtime yang tidak direncanakan dan mencegah gangguan operasional melalui pemantauan kondisi berbasis IoT, yang tidak hanya mengurangi biaya tetapi juga memastikan konsistensi jadwal—faktor penting dalam efisiensi logistik (Amelia & Hudaya, 2024; Sokhetska et al., 2024).

Selain itu, optimasi rute yang didukung IoT terbukti menjadi faktor kunci dalam efisiensi operasional, dengan memanfaatkan data real-time dan algoritma berbasis AI untuk menganalisis kondisi lalu lintas dan menentukan rute pengiriman yang paling efektif. Integrasi ini secara signifikan mengurangi konsumsi bahan bakar, waktu pengiriman, dan biaya operasional, seperti yang dikonfirmasi oleh Liu (2024), Yu et al. (2021), dan Pathuri (2024). Manfaat ini tidak hanya memperlancar operasional perusahaan tetapi juga meningkatkan kualitas layanan bagi pelanggan. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa aplikasi IoT merupakan alat penting bagi perusahaan logistik modern di Jawa Tengah, memungkinkan mereka mengatasi tantangan lokal sambil meningkatkan daya saing dan keberlanjutan di industri ini.

Temuan ini menyoroti pentingnya adopsi IoT dalam sektor logistik. Bagi perusahaan logistik di Jawa Tengah, penerapan teknologi IoT dapat memberikan keunggulan kompetitif, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan mengurangi dampak lingkungan. Namun, implementasi yang sukses memerlukan penanganan tantangan seperti biaya teknologi, pelatihan karyawan, dan masalah keamanan data.

Batasan dan Riset Lebih Lanjut

Meskipun studi ini memberikan wawasan berharga tentang peran teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi logistik, studi ini tidak bebas dari batasan. Ukuran sampel yang terdiri dari 100 responden dapat membatasi generalisasi temuan, dan penggunaan data yang dilaporkan sendiri dapat menimbulkan bias respons. Selain itu, fokus studi pada Jawa Tengah berarti hasilnya mungkin tidak sepenuhnya berlaku untuk wilayah lain dengan konteks dan tantangan logistik yang berbeda. Penelitian lebih lanjut sebaiknya mempertimbangkan perluasan ukuran sampel, melibatkan wilayah geografis yang beragam, dan mengintegrasikan metode kualitatif untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang adopsi dan implementasi IoT dalam lingkungan logistik yang beragam.

KESIMPULAN

Studi ini menyoroti potensi transformatif teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi distribusi barang di perusahaan logistik yang beroperasi di Jawa Tengah. Temuan menunjukkan bahwa pelacakan kendaraan, pemeliharaan prediktif, dan optimasi rute

secara signifikan berkontribusi pada peningkatan operasional logistik, dengan pelacakan kendaraan memiliki pengaruh paling kuat. Secara kolektif, teknologi-teknologi ini memfasilitasi manajemen armada yang lebih baik, pengurangan biaya, pengiriman tepat waktu, dan peningkatan kepuasan pelanggan.

Studi ini menekankan pentingnya perusahaan logistik memprioritaskan adopsi IoT sebagai langkah strategis untuk mencapai efisiensi operasional dan daya saing. Namun, implementasi IoT yang sukses memerlukan penanganan tantangan utama, termasuk biaya, pelatihan karyawan, dan keamanan data. Pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan industri disarankan untuk mempertimbangkan pemberian insentif dan dukungan untuk mendorong adopsi IoT di sektor logistik.

Penelitian lebih lanjut harus bertujuan untuk memvalidasi temuan ini di wilayah yang berbeda, melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam, serta mengeksplorasi integrasi IoT dengan teknologi emergensi lainnya seperti kecerdasan buatan dan blockchain untuk meningkatkan efisiensi logistik secara lebih lanjut.

REFERENSI

- Abinaya, S., Aswini, G., & Sugitha, N. (2023). Enhancing Smart Logistics and Fleet Management Using Internet of Things. *2023 International Conference on Intelligent Technologies for Sustainable Electric and Communications Systems (ITech SECOM)*, 11–16.
- Adam, A., Herbowo, D., & Puliwarna, T. (2020). Pengaruh Lokasi Dan Sarana Transportasi Terhadap Distribusi Logistik Di Wilayah Koarmada Iii. *Jurnal Manajerial*, 20(1), 107–119.
- Agarwal, P., Sharma, S., & Matta, P. (2022). Energy-Efficient Optimized Routing Techniques in an IoT-Enabled Intelligent Traffic Management System. In *Energy Harvesting* (pp. 143–163). Chapman and Hall/CRC.
- Amelia, M., & Hudaya, A. (2024). Integration of Information Technology and Machine Learning to Improve the Efficiency of IoT-Based Logistics Systems. *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, 9(1), 36–43.
- Ananda, A. S., Notiragayu, N., Wamiliana, W., & Ansori, M. (n.d.). Penentuan Lintasan Terpendek Perjalanan Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus PT. Indah Logistik Cargo Bandar Lampung). *Jurnal EurekaMatika*, 11(2), 111–120.
- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4719–4742.
- dos Santos, M. M. T. (2023). A IoT-Internet of Things-no setor de compras e suprimentos numa empresa de logística: controle de entradas e saídas de suprimentos em almoxarifado. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 1(1), 1–13.
- Gupta, K., & Kaur, P. (2024). Application of Predictive Maintenance in Manufacturing with the utilization of AI and IoT Tools. *Authorea Preprints*.
- Gurning, R. O. S., Gunarta, I. K., Widiastuti, H., Andrian, F., Herijanto, W., Prastyanto, C. A., Kartika, A. A. G., & Wantoro, D. (2016). Logistics Modeling of Multimodal Transport of Cargo from Origin to Destination: An Empirical Case of Chemical Cargo from Java to Both Java and Sumatera Points. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*.
- Iskandar, T., & Arifin, R. (2023). Navigating Indonesia's logistics and supply chain challenges: A data-driven analysis of logistics performance index. *Jurnal BPPK: Badan Pendidikan Dan Pelatihan Keuangan*, 16(1), 110–123.
- Ivankova, G. V., Mochalina, E. P., & Goncharova, N. L. (2020). Internet of Things (IoT) in logistics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940(1), 12033.
- Johnson, N., Edwards, S. E. V., Silas, S., & Kathrine, G. J. W. (2024). Predictive Vehicle Maintenance using Deep Neural Networks. *2024 International Conference on Cognitive Robotics and Intelligent Systems (ICC-ROBINS)*, 322–326.
- Joshi, P., Singh, V., Thapliyal, N., Joshi, K., Bhatt, A., & Mahur, M. (2024). Intelligent IoT-Enabled Real-Time

- Monitoring System for Logistics Management. *2024 International Conference on Computing, Sciences and Communications (ICCSC)*, 1–5.
- Judijanto, L., Asniar, N., Kushariyadi, K., Utami, E. Y., & Telaumbanua, E. (2024). Application of integrated logistics networks in improving the efficiency of distribution and delivery of goods in indonesia a literature review. *Sciences Du Nord Economics and Business*, 1(01), 1–10.
- Kalinaki, K., Shafik, W., Namuwaya, S., & Namuwaya, S. (2024). Perspectives, Applications, Challenges, and Future Trends of IoT-Based Logistics. In *Navigating Cyber Threats and Cybersecurity in the Logistics Industry* (pp. 148–171). IGI Global.
- Konduru, V. R., & Bharamagoudra, M. R. (2021). An architecture for enabling IoT interoperability between cross-platforms. *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 11(5–6), 545–563.
- Liu, Q. (2024). Logistics distribution route optimization in artificial intelligence and Internet of Things environment. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 7(2), 221–239.
- Mitra, A., & Raman, R. (2024). Advanced IoT Routing Algorithms for Improved Food Delivery Services with Temperature Control. *2024 International Conference on Advances in Data Engineering and Intelligent Computing Systems (ADICS)*, 1–6.
- Mittal, V., Devi, P. S., Pandey, A. K., Singh, T., Dhingra, L., & Beliakov, S. I. (2024). IoT-enabled predictive maintenance for sustainable transportation fleets. *E3S Web of Conferences*, 511, 1012.
- Penna, M., Arjun, B., Goutham, K. R., Madhaw, L. N., & Sanjay, K. G. (2017). Smart fleet monitoring system using Internet of Things (IoT). *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, 1232–1236.
- Pethe, S., Sahu, A., Kodarlikar, S., & Vamshidhar, M. (2024). IoT Research in Supply Chain Management and Logistics: Real-Time Asset Tracking and Inventory Management. *2024 International Conference on Innovations and Challenges in Emerging Technologies (ICICET)*, 1–5.
- Sokhetska, A., Koren, O., Kravchenko, A., Danik, N., & Leonova, S. (2024). The role of the Internet of Things in increasing the efficiency of logistics companies. *Acta Logistica (AL)*, 11(2).
- Syaputra, A., & Sutabri, T. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Barang Logistik Berbasis IoT. *Switch: Jurnal Sains Dan Teknologi Informasi*, 2(5), 102–111.
- Tran-Dang, H., Krommenacker, N., Charpentier, P., & Kim, D.-S. (2022). The Internet of Things for logistics: Perspectives, application review, and challenges. *IETE Technical Review*, 39(1), 93–121.
- Yu, Q., Wang, Y., Jiang, X., Zhao, B., Zhang, X., Wang, X., & Liu, Q. (2021). Optimization of vehicle transportation route based on IoT. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021(1), 1312058.
- Zhang, C. (2024). Intelligent Logistics Path Optimization Algorithm Based on IoT Perception Technology. *IEEE Access*.