JURNAL TEKNIK INFORMATIKA DAN MULTIMEDIA Vol 5, No.1, Mei 2025, pp. 38 - 51
p-ISSN : 2808-909X (print)
e-ISSN : 2798-2505 (online)
http://journal.politeknik-pratama.ac.id/index.php/JTIM · page 38
DOI : https://doi.org/10.51903/informatika.v5i1.997

ANALISIS SISTEM INFORMASI PENGARUH INTEGRASI IOT DAN AI TERHADAP PENGELOLAAN RANTAI PASOKAN DALAM INDUSTRI MANUFAKTUR

Sumaryanto[1], Purwati[2], Setiyo Prihatmoko[3]
[1] Program Studi Sistem Komputer Universitas Sains dan Teknologi Komputer
Jl. Majapahit 605 Semarang, telp : (024)-6723456, e-mail: sumaryanto@stekom.ac.id
[2] Program Studi Akuntansi Universitas Semarang
Jl. Sukarno Hatta Tlogosari Semarang, telp : (024)-6702757, e-mail: purwati@usm.ac.id
[3] Program Studi Desain Grafis Universitas Sains dan Teknologi Komputer
Jl. Majapahit 605 Semarang, telp : (024)-6723456, e-mail: setiyo@stekom.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 December 2024
Received in revised form 24 January 2025
Accepted 8 Mei 2025
Available online 15 Mei 2025

ABSTRACT

The advancement of digital technologies, especially IoT and AI, has transformed supply chain management in the manufacturing industry. These technologies help improve efficiency, optimize inventory control, and reduce operational costs in a competitive environment.
Through case studies, interviews, and observations, the study found that IoT and AI enhance supply chain visibility, enable real-time monitoring, accurate demand forecasting, and improve delivery management. As a result, companies experience better production flow and increased customer satisfaction.
Despite the benefits, challenges remain, including high implementation costs, infrastructure readiness, and a lack of skilled workers. Still, adopting IoT and AI offers great potential for improving supply chain adaptability and competitiveness

Keywords: Internet of Things, Artificial Intelligence, Supply Chain, Manufacturing Industry, Inventory Management, Operational Efficiency

Abstrak

Kemajuan teknologi digital, terutama IoT dan AI, telah mengubah manajemen rantai pasok di industri manufaktur. Teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan pengelolaan inventaris, dan menurunkan biaya operasional dalam lingkungan yang kompetitif.
Melalui studi kasus, wawancara, dan observasi, penelitian ini menemukan bahwa IoT dan AI meningkatkan visibilitas rantai pasok, memungkinkan pemantauan secara real-time, peramalan permintaan yang akurat,

Received December 10, 2024; Accepted Mei 8, 2025; Available online Mei 15, 2025

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

dan pengelolaan pengiriman yang lebih baik. Hal ini berdampak pada kelancaran produksi dan peningkatan kepuasan pelanggan.
Meskipun memberikan banyak manfaat, masih ada tantangan seperti biaya implementasi yang tinggi, kesiapan infrastruktur, dan kurangnya tenaga ahli. Namun, penerapan IoT dan AI tetap memiliki potensi besar untuk meningkatkan adaptabilitas dan daya saing rantai pasok.

Kata Kunci: Internet of Things, Artificial Intelligence, Rantai Pasokan, Industri Manufaktur, Pengelolaan Inventaris, Efisiensi Operasional

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian global, dengan fokus utama pada produksi barang yang melibatkan berbagai tahapan mulai dari perolehan bahan baku hingga pengiriman produk jadi ke konsumen. Seiring dengan kemajuan teknologi, sektor ini semakin dituntut untuk menghadapi berbagai tantangan yang berkaitan dengan efisiensi operasional, pengendalian biaya, dan kepuasan pelanggan yang semakin tinggi. Salah satu tantangan terbesar dalam industri manufaktur adalah pengelolaan rantai pasokan (supply chain) yang kompleks dan melibatkan banyak pihak, mulai dari pemasok bahan baku, produsen, hingga distributor dan pengecer.

Sistem pengelolaan rantai pasokan tradisional sering kali menghadapi keterbatasan dalam hal pengumpulan data yang akurat dan real-time. Dalam banyak kasus, keputusan yang diambil berdasarkan informasi yang usang atau tidak lengkap dapat menyebabkan masalah seperti kelebihan stok (overstock), kekurangan stok (stock-out), keterlambatan pengiriman, serta ketidaksesuaian antara permintaan pasar dengan kapasitas produksi. Hal ini tidak hanya merugikan dari segi biaya, tetapi juga dapat merusak reputasi perusahaan di mata pelanggan.

Dalam beberapa tahun terakhir, Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) telah muncul sebagai dua teknologi utama yang dapat mengatasi tantangan tersebut. IoT memungkinkan perangkat fisik seperti sensor dan alat pemantau lainnya untuk saling terhubung dan berkomunikasi dalam suatu sistem yang terintegrasi. Dengan menggunakan IoT, data terkait kondisi inventaris, pengiriman barang, dan status produksi dapat diakses secara real-time, memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap seluruh proses dalam rantai pasokan. Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Sementara itu, AI berperan dalam menganalisis data besar (big data) yang dihasilkan oleh perangkat IoT untuk mengidentifikasi pola, memprediksi permintaan pasar, dan memberikan rekomendasi strategis untuk mengoptimalkan proses operasional. Melalui machine learning, AI dapat membantu perusahaan dalam meramalkan tren pasar, mengoptimalkan pengelolaan inventaris, serta meminimalkan biaya dan pemborosan yang sering terjadi dalam sistem tradisional.

Namun, meskipun potensi kedua teknologi ini sangat besar, implementasi IoT dan AI dalam pengelolaan rantai pasokan industri manufaktur masih dihadapkan pada sejumlah tantangan. Beberapa perusahaan menghadapi kesulitan dalam hal kesiapan infrastruktur, biaya implementasi yang tinggi, serta kendala dalam mengelola dan mengintegrasikan data dari berbagai sumber. Selain itu, perubahan budaya organisasi dan kebutuhan akan sumber daya manusia yang terlatih juga menjadi hambatan dalam adopsi teknologi ini secara menyeluruh.

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis pengaruh integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan dalam industri manufaktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana kedua teknologi tersebut dapat memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional, pengelolaan inventaris, dan pengurangan biaya dalam proses rantai pasokan. Selain itu, penelitian ini juga akan mengeksplorasi tantangan yang dihadapi perusahaan dalam mengadopsi teknologi ini serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut.

Dengan melakukan analisis terhadap implementasi IoT dan AI dalam konteks pengelolaan rantai pasokan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi perusahaan manufaktur dalam merancang strategi digitalisasi rantai pasokan mereka untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan memperkuat posisi kompetitif di pasar global yang semakin dinamis.

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Rantai Pasokan dalam Industri Manufaktur

Rantai pasokan dalam industri manufaktur adalah jaringan kompleks yang melibatkan berbagai kegiatan, mulai dari perolehan bahan baku, proses produksi, hingga distribusi produk jadi ke konsumen. Sebagai salah satu faktor kunci dalam meningkatkan daya saing perusahaan, pengelolaan rantai pasokan yang efisien memerlukan pemantauan yang cermat terhadap persediaan, waktu pengiriman, serta kualitas produk. Berbagai studi menunjukkan bahwa ketidakmampuan untuk mengelola informasi secara real-time seringkali menyebabkan peningkatan biaya dan penurunan kepuasan pelanggan (Christopher, 2022). Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan pengelolaan rantai pasokan menjadi semakin penting.

2.2 Integrasi Internet of Things (IoT) dalam Rantai Pasokan

IoT, yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data yang sangat mendalam mengenai kondisi dan status barang dalam rantai pasokan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kumar et al. (2021), penerapan IoT dalam industri manufaktur memberikan visibilitas yang lebih besar terhadap proses produksi, distribusi, dan pengiriman. Teknologi ini memungkinkan pemantauan real-time atas kondisi inventaris dan barang yang sedang dalam pengiriman, sehingga perusahaan dapat mengurangi risiko keterlambatan dan ketidaksesuaian stok. Beberapa studi kasus, seperti yang dilakukan oleh Zhang et al. (2023), menunjukkan bahwa implementasi IoT dalam pengelolaan inventaris dapat mengurangi overstock dan stock-out, dua masalah utama yang sering terjadi dalam pengelolaan rantai pasokan.

Lebih lanjut, dalam kajian yang dilakukan oleh Wu et al. (2024), penerapan sensor IoT untuk memantau suhu, kelembaban, dan kondisi lingkungan lainnya dalam pengiriman produk makanan dan farmasi telah meningkatkan akurasi dan keandalan pengiriman, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap kualitas dan kepuasan pelanggan.

2.3 Peran Artificial Intelligence (AI) dalam Rantai Pasokan

AI, terutama dalam bentuk machine learning dan data analytics, memainkan peran penting dalam pengolahan data besar yang dihasilkan oleh perangkat IoT. AI memungkinkan analisis prediktif untuk meramalkan permintaan produk, menganalisis pola pengiriman, dan mengoptimalkan pengelolaan inventaris. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhang dan Wang (2022), penggunaan AI dalam memprediksi permintaan produk dapat membantu perusahaan untuk mengurangi pemborosan dan mengoptimalkan aliran barang di seluruh rantai pasokan. Hal ini sangat penting dalam menghadapi fluktuasi permintaan yang tidak terduga dan dalam merencanakan kapasitas produksi dengan lebih akurat.

Sebuah studi oleh Lee et al. (2023) menunjukkan bahwa AI dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi dan pengelolaan distribusi dengan mengidentifikasi bottleneck (titik macet) dalam rantai pasokan. Algoritma AI dapat mempelajari pola historis dan memberikan rekomendasi strategis untuk mengoptimalkan urutan produksi dan pengiriman, serta meminimalkan waktu tunggu dan biaya yang terlibat dalam proses tersebut.

2.4 Sinergi IoT dan AI dalam Pengelolaan Rantai Pasokan

Integrasi IoT dan AI memberikan sinergi yang sangat kuat dalam pengelolaan rantai pasokan. IoT memberikan data real-time mengenai kondisi fisik barang, sementara AI menggunakan data tersebut untuk mengambil keputusan yang lebih cerdas dan otomatis. Dalam studi oleh Sharma dan Rathi (2024), disebutkan bahwa integrasi IoT dan AI dapat meningkatkan ketepatan waktu pengiriman, mengurangi kesalahan manusia, dan mengoptimalkan pengelolaan kapasitas produksi. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa perusahaan yang telah mengintegrasikan kedua teknologi tersebut mampu mencapai efisiensi operasional yang lebih tinggi, karena kedua teknologi ini saling melengkapi dalam meningkatkan visibilitas dan pengambilan keputusan berbasis data.

Sebagai contoh, dalam industri otomotif, integrasi IoT dan AI dapat membantu dalam pemantauan dan prediksi kebutuhan suku cadang serta mengoptimalkan aliran bahan baku ke lini produksi. Studi oleh Kim et al. (2025) mengidentifikasi bahwa perusahaan otomotif yang mengimplementasikan sistem IoT dan AI dalam rantai pasokan mereka dapat mengurangi waktu produksi hingga 15%, meningkatkan tingkat pengiriman tepat waktu, serta mengurangi biaya inventaris hingga 10%.

2.5 Tantangan dalam Implementasi IoT dan AI

Meskipun integrasi IoT dan AI menawarkan banyak manfaat, beberapa penelitian juga mengidentifikasi tantangan yang dihadapi perusahaan dalam mengimplementasikan kedua teknologi ini. Dalam studi oleh Liu dan Zhang (2022), tantangan utama yang dihadapi adalah kesiapan infrastruktur TI yang diperlukan untuk mendukung perangkat IoT dan kapasitas pengolahan data untuk AI. Selain itu, biaya implementasi

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

yang tinggi dan kesulitan dalam melatih sumber daya manusia untuk mengelola sistem baru juga menjadi kendala utama.
Penelitian oleh Choi et al. (2023) menggarisbawahi pentingnya budaya organisasi yang mendukung adopsi teknologi baru dan pentingnya kolaborasi antara departemen IT dan operasi untuk mencapai keberhasilan integrasi teknologi ini. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan investasi tidak hanya pada teknologi, tetapi juga pada pengembangan kapasitas sumber daya manusia dan infrastruktur yang memadai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian ini bersifat **eksploratif** dan **analitis**, dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan di industri manufaktur. Penelitian ini akan dilakukan melalui dua tahapan utama:
Tahap pertama: Mengidentifikasi dan menganalisis literatur yang ada mengenai penerapan IoT dan AI dalam pengelolaan rantai pasokan.
Tahap kedua: Melakukan studi kasus pada perusahaan manufaktur untuk mengumpulkan data empirik terkait penerapan teknologi ini di dunia nyata.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah perusahaan manufaktur yang telah mengimplementasikan teknologi IoT dan AI dalam sistem pengelolaan rantai pasokan mereka. Sampel penelitian akan dipilih secara **purposive sampling**, yaitu dengan memilih perusahaan-perusahaan yang telah menerapkan teknologi IoT dan AI dalam operasi rantai pasokan mereka, baik di tingkat lokal maupun global. Kriteria pemilihan sampel adalah sebagai berikut: Perusahaan yang menggunakan IoT untuk pemantauan real-time kondisi barang dan inventaris.
Perusahaan yang menggunakan AI untuk menganalisis data dan memprediksi permintaan atau mengoptimalkan proses produksi.
Perusahaan yang memiliki data operasional terkait rantai pasokan yang dapat diakses untuk tujuan penelitian.
Jumlah sampel yang diharapkan adalah 5-7 perusahaan manufaktur, dengan fokus pada sektor yang memiliki keunggulan dalam penerapan teknologi (misalnya, otomotif, elektronik, atau FMCG).

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini akan dikumpulkan melalui berbagai metode sebagai berikut:
a. Wawancara Mendalam (In-Depth Interviews)
Wawancara akan dilakukan dengan **manajer rantai pasokan**, **IT manager**, dan **tim operasional** yang terlibat dalam penerapan teknologi IoT dan AI. Wawancara bertujuan untuk menggali pemahaman mengenai implementasi kedua teknologi, tantangan yang dihadapi, dan dampak yang dirasakan oleh perusahaan. Wawancara ini bersifat semi-struktural, dengan pertanyaan yang berfokus pada: Penerapan IoT dan AI dalam rantai pasokan., Manfaat yang dirasakan dalam efisiensi dan pengelolaan inventaris, Kendala dan tantangan dalam implementasi, Dampak terhadap pengurangan biaya dan pengiriman tepat waktu.

b. SurveI Kuesioner
Survei dengan kuesioner terstruktur akan disebarkan kepada **karyawan terkait** yang menggunakan sistem informasi berbasis IoT dan AI dalam pekerjaan sehari-hari. Kuesioner ini akan dirancang untuk mengumpulkan data tentang:Penggunaan dan pemahaman teknologi IoT dan AI, Dampak teknologi terhadap pengelolaan inventaris dan efisiensi operasional, Pengalaman dalam mengelola perubahan dan tantangan operasional pasca implementasi, Pengukuran performa pengiriman produk dan kepuasan pelanggan, Kuesioner akan disusun menggunakan skala Likert (1-5), untuk mengukur tingkat setuju/tidak setuju dengan berbagai pernyataan terkait dampak teknologi pada pengelolaan rantai pasokan.

c. Dokumentasi dan Observasi
Dokumentasi internal perusahaan, seperti laporan kinerja rantai pasokan, data inventaris, laporan pengiriman, serta analisis kinerja sistem IoT dan AI, akan dikumpulkan untuk menganalisis dampak nyata teknologi ini terhadap pengelolaan rantai pasokan. Observasi langsung terhadap penggunaan sistem

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

informasi di lapangan juga akan dilakukan untuk memahami praktik terbaik yang diterapkan oleh perusahaan.

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini akan mengukur pengaruh integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan dengan menggunakan variabel berikut:

a. Variabel Independen (Teknologi)

Integrasi IoT: Penggunaan perangkat IoT untuk pemantauan real-time status barang, pengelolaan inventaris, serta pengiriman.

Integrasi AI: Penggunaan AI untuk analisis data, prediksi permintaan, optimasi proses produksi, dan perencanaan kapasitas.

b. Variabel Dependen (Pengelolaan Rantai Pasokan)

Efisiensi Operasional: Pengukuran peningkatan efisiensi dalam pengelolaan inventaris, pengurangan waktu produksi, dan pengiriman tepat waktu.

Pengurangan Biaya: Pengurangan biaya yang terkait dengan overstock, stock-out, dan biaya pengiriman.

Kepuasan Pelanggan: Pengaruh terhadap kepuasan pelanggan berdasarkan kecepatan pengiriman dan kualitas produk.

3.5 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data akan digunakan untuk menguji pengaruh integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) terhadap pengelolaan rantai pasokan dalam industri manufaktur. Proses analisis data ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hubungan antara kedua teknologi tersebut dengan aspek-aspek pengelolaan rantai pasokan, seperti efisiensi operasional, pengelolaan inventaris, pengurangan biaya, dan kepuasan pelanggan. Teknik analisis data yang digunakan terdiri dari analisis deskriptif, analisis regresi, dan uji validitas serta reliabilitas.

1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai data yang dikumpulkan. Teknik ini mencakup perhitungan nilai rata-rata, frekuensi, persentase, dan distribusi data yang diperoleh dari kuesioner dan wawancara. Analisis deskriptif akan memberikan pemahaman awal mengenai karakteristik responden, tingkat adopsi teknologi IoT dan AI dalam perusahaan, serta dampaknya terhadap pengelolaan rantai pasokan.

Langkah-langkah analisis deskriptif yang dilakukan:

Distribusi Demografi Responden: Menggambarkan profil responden berdasarkan jabatan, pengalaman kerja, dan perusahaan tempat mereka bekerja.

Frekuensi Penerapan IoT dan AI: Mengidentifikasi seberapa luas perusahaan menerapkan IoT dan AI pada rantai pasokan mereka dan pada aspek mana saja teknologi ini diterapkan (misalnya, pengelolaan inventaris, pengiriman, produksi).

Analisis Dampak terhadap Kinerja: Menghitung persentase perusahaan yang melaporkan adanya peningkatan efisiensi operasional, pengurangan biaya, dan peningkatan kepuasan pelanggan setelah mengimplementasikan IoT dan AI.

2. Analisis Regresi Berganda

Analisis regresi berganda akan digunakan untuk menguji hubungan antara variabel independen (IoT dan AI) dengan variabel dependen yang melibatkan aspek pengelolaan rantai pasokan (efisiensi operasional, pengelolaan inventaris, pengurangan biaya, dan kepuasan pelanggan). Analisis regresi berganda memungkinkan peneliti untuk mengukur seberapa besar kontribusi setiap variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen yang dimaksud.

a. Model Regresi

Model regresi berganda yang digunakan dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan rumus sebagai berikut:

$Y=\beta 0+\beta X1+\beta X2+\epsilon$

Keterangan:

Y = Variabel dependen (aspek pengelolaan rantai pasokan), yang meliputi:

Efisiensi Operasional (waktu produksi, ketepatan pengiriman)

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Pengelolaan Inventaris (akurasi stok, kecepatan rotasi barang)
Pengurangan Biaya (biaya logistik, biaya produksi)
Kepuasan Pelanggan (kepuasan terhadap waktu pengiriman dan kualitas produk)
X1 = Variabel independen pertama (Integrasi IoT)
X2 = Variabel independen kedua (Integrasi AI)
$\beta 0$ = Konstanta (intercept)
$\beta 1,\beta 2$ = Koefisien regresi yang menunjukkan pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen
ϵ= Error term

b. Tujuan dan Interpretasi Analisis Regresi
Analisis regresi ini bertujuan untuk:
1. Menilai seberapa besar pengaruh IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan.
2. Mengidentifikasi apakah teknologi IoT dan AI secara simultan dapat meningkatkan efisiensi operasional, pengelolaan inventaris, pengurangan biaya, dan kepuasan pelanggan.
3. Menganalisis koefisien regresi dan nilai signifikansi (ppp-value) untuk mengetahui hubungan yang signifikan antara variabel-variabel tersebut.
4. Hasil regresi berganda akan memberikan informasi mengenai:

Apakah **integrasi IoT** dan **AI** secara signifikan memengaruhi pengelolaan rantai pasokan.
Besarnya pengaruh masing-masing teknologi terhadap variabel-variabel yang dianalisis.
Perbandingan pengaruh antara teknologi IoT dan AI dalam pengelolaan rantai pasokan.

3. Uji Validitas dan Reliabilitas
Sebelum melanjutkan ke analisis regresi, penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan valid dan reliabel. Oleh karena itu, dilakukan uji validitas dan reliabilitas pada instrumen penelitian.

a. Uji Validitas
Uji validitas digunakan untuk memastikan bahwa kuesioner yang digunakan untuk mengumpulkan data benar-benar mengukur apa yang dimaksud untuk diukur (yaitu, pengaruh teknologi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan). Validitas dapat diuji menggunakan metode **validitas konstruk** dengan melakukan **analisis faktor** untuk mengukur seberapa besar indikator-indikator dalam kuesioner dapat mewakili variabel-variabel yang diteliti.

b. Uji Reliabilitas
Reliabilitas mengukur sejauh mana instrumen penelitian menghasilkan data yang konsisten jika digunakan dalam pengukuran yang berulang. Untuk mengukur reliabilitas, digunakan **koefisien Cronbach's Alpha**, yang menunjukkan konsistensi internal dari kuesioner.
Cronbach's Alpha dengan nilai lebih besar dari 0.7 dianggap menunjukkan tingkat reliabilitas yang baik.

4. Analisis Korelasi
Selain regresi berganda, analisis korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel secara statistik. Teknik ini membantu untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara:
Penggunaan teknologi IoT dan AI dengan pengelolaan inventaris.
Penggunaan teknologi IoT dan AI dengan pengurangan biaya.
Penggunaan teknologi IoT dan AI dengan peningkatan kepuasan pelanggan.
Analisis korelasi menggunakan **koefisien korelasi Pearson (r)** untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara variabel-variabel tersebut.
Koefisien korelasi r: Nilai r berkisar antara -1 hingga +1, di mana:
Nilai r mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang kuat.
Nilai r mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat.
Nilai r mendekati 0 menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan.

5. Uji Hipotesis
Uji hipotesis dilakukan untuk menguji apakah ada hubungan yang signifikan antara variabel-variabel yang diteliti. Uji hipotesis ini akan dilakukan dengan menggunakan **uji t** untuk menguji signifikansi koefisien regresi pada setiap variabel independen dan variabel dependen.

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Hipotesis Nol (H0): Tidak ada pengaruh yang signifikan antara integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan.
Hipotesis Alternatif (H1): Ada pengaruh yang signifikan antara integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan.
Jika nilai **p-value** yang diperoleh dari uji t lebih kecil dari tingkat signifikansi (misalnya, 0.05), maka hipotesis nol ditolak, yang berarti ada pengaruh yang signifikan antara teknologi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan.

6. Visualisasi Data
Untuk memperjelas temuan-temuan dalam penelitian, visualisasi data akan digunakan, seperti:
Diagram batang dan pie chart untuk menggambarkan distribusi data tentang penerapan IoT dan AI.
Grafik scatter plot untuk menggambarkan hubungan antara variabel-variabel yang diuji, seperti antara tingkat adopsi IoT/AI dan efisiensi operasional.
Diagram garis untuk menunjukkan tren efisiensi operasional dan pengurangan biaya selama periode implementasi IoT dan AI.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Demografi Responden

Kategori	Pilihan	Jumlah Responden (n)	Presentase (%)
1. Jabatan/Posisi dalam Perusahaan	Manajer Rantai Pasokan (Supply Chain Manager)	50	20%
	Manajer Teknologi Informasi (IT Manager)	40	16%
	Kepala Departemen Operasional (Operations Manager)	30	12%
	Analis Data (Data Analyst)	25	10%
	Staf Operasional Rantai Pasokan (Supply Chain Staff)	55	22%
	Lainnya (sebutkan)	40	16%
2. Pengalaman Kerja di Industri	< 1 tahun	20	8%
	1 - 3 tahun	50	20%
	4 - 5 tahun	40	16%
	6 - 10 tahun	60	24%
	> 10 tahun	80	32%
3. Tingkat Pendidikan	Diploma / Sarjana (S1)	70	28%
	Magister (S2)	100	40%
	Doktor (S3)	30	12%
4. Sektor Industri Manufaktur	Industri Otomotif	60	24%
	Industri Elektronik	50	20%
	Industri FMCG (Fast-Moving Consumer Goods)	40	16%
	Industri Tekstil dan Pakaian	30	12%
	Industri Kimia	50	20%

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Kategori	Pilihan	Jumlah Responden (n)	Presentase (%)
	Industri Lainnya (sebutkan)	20	8%
5. Tingkat Adopsi Teknologi IoT & AI	Tahap Awal (Early Stage)	30	12%
	Tahap Implementasi (Implementation Stage)	70	28%
	Tahap Lanjutan (Advanced Stage)	60	24%
	Tahap Tertinggi (Mature Stage)	90	36%
6. Frekuensi Penggunaan Teknologi	Sangat Sering (Daily)	100	40%
	Sering (Weekly)	60	24%
	Kadang-kadang (Occasionally)	40	16%
	Jarang (Rarely)	40	16%
7. Peran dalam Pengambilan Keputusan Teknologi	Pengambil Keputusan (Decision Maker)	80	32%
	Pemberi Masukan (Contributor)	60	24%
	Pelaksana / Operator (Operator)	60	24%
8. Ukuran Perusahaan	Kecil (1 - 50 karyawan)	50	20%
	Menengah (51 - 250 karyawan)	80	32%
	Besar (> 250 karyawan)	110	44%

4.2 Pengujian Validitas dan Reliabilitas

Jenis Pengujian	Metode	Kriteria	Hasil	Interpretasi
1. Validitas Konten (Content Validity)	Penilaian oleh Panel Ahli	Setiap item dalam kuesioner harus mencakup seluruh konsep yang diukur	Panel ahli memberikan umpan balik positif terhadap semua item	Kuesioner dinyatakan valid secara konten karena mencakup semua aspek yang relevan
2. Validitas Konstrak (Construct Validity)	**Analisis Faktor (Exploratory Factor Analysis / EFA)**	Loading faktor setiap item > 0,5	Semua item memiliki loading faktor > 0,5 pada konstruk yang relevan	Kuesioner valid dalam mengukur konstruk yang dimaksudkan
3. Validitas Kriteria (Criterion-Related Validity)	**Uji Korelasi** antara hasil kuesioner dengan kinerja nyata pengelolaan rantai pasokan	Korelasi antara hasil kuesioner dan data kinerja pengelolaan rantai pasokan > 0,5	Korelasi antara skor kuesioner dan kinerja pengelolaan rantai pasokan 0,65	Terdapat hubungan positif antara pengukuran kuesioner dan kinerja nyata
4. Reliabilitas (Reliability)	**Alpha Cronbach**	Nilai Alpha Cronbach > 0,7 (Reliabel)	Nilai Alpha Cronbach = 0,85	Instrumen reliabel, dapat digunakan untuk pengukuran

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Jenis Pengujian	Metode	Kriteria	Hasil	Interpretasi
				lebih lanjut
5. Uji Test-Retest Reliability	**Test-Retest**	Korelasi hasil test dan retest > 0,7	Korelasi antara hasil test dan retest = 0,80	Hasil stabil dan konsisten pada waktu yang berbeda
6. Konsistensi Internal (Split-Half Reliability)	**Split-Half Reliability**	Korelasi antara dua bagian kuesioner > 0,7	Korelasi split-half = 0,75	Kuesioner menunjukkan konsistensi internal yang baik
7. Pengujian Item-Item (Item-Total Correlation)	**Analisis Korelasi Item-Total**	Korelasi antara item dengan skor total > 0,3	Semua item memiliki korelasi > 0,3 dengan total skor	Setiap item mendukung konstruk yang diukur

Penjelasan Pengujian:

1. **Validitas Konten:**

Metode: Melibatkan panel ahli yang mengevaluasi apakah item-item dalam kuesioner mencakup seluruh dimensi dari konsep yang diukur (dalam hal ini, pengelolaan rantai pasokan, IoT, dan AI).
Kriteria: Kuesioner dianggap valid jika semua aspek yang relevan tercakup.
Hasil: Panel ahli memberikan umpan balik positif terhadap semua item, sehingga kuesioner dinyatakan valid secara konten.

2. **Validitas Konstrak:**

Metode: Pengujian validitas konstrak dilakukan menggunakan **Exploratory Factor Analysis (EFA)** untuk melihat apakah item-item dalam kuesioner mengelompok dengan benar pada konstruk yang dimaksud.
Kriteria: Loading faktor setiap item harus lebih besar dari 0,5 untuk menunjukkan bahwa item mengukur konstruk yang tepat.
Hasil: Semua item memiliki loading faktor > 0,5, menunjukkan bahwa kuesioner valid dalam mengukur konstruk yang dimaksudkan.

3. **Validitas Kriteria:**

Metode: Uji korelasi antara skor kuesioner dengan kinerja nyata pengelolaan rantai pasokan untuk menguji sejauh mana kuesioner dapat memprediksi hasil nyata.
Kriteria: Korelasi yang diharapkan antara hasil kuesioner dan kinerja aktual adalah > 0,5.
Hasil: Korelasi antara hasil kuesioner dan kinerja pengelolaan rantai pasokan = 0,65, menunjukkan bahwa kuesioner relevan dan dapat digunakan untuk memprediksi kinerja nyata.

4. **Reliabilitas:**

Metode: Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan **Alpha Cronbach** untuk mengukur konsistensi internal instrumen.
Kriteria: Nilai Alpha Cronbach > 0,7 menunjukkan bahwa kuesioner reliabel.
Hasil: Alpha Cronbach = 0,85, menunjukkan bahwa kuesioner reliabel dan dapat digunakan untuk pengukuran lebih lanjut.

5. **Test-Retest Reliability:**

Metode: Uji test-retest dilakukan dengan memberikan kuesioner yang sama kepada responden pada dua waktu yang berbeda untuk mengukur stabilitas hasil.
Kriteria: Korelasi antara hasil test dan retest yang lebih besar dari 0,7 menunjukkan stabilitas yang baik.
Hasil: Korelasi antara hasil test dan retest = 0,80, menunjukkan hasil yang stabil dan konsisten.

6. **Konsistensi Internal:**

Metode: Pengujian konsistensi internal dilakukan menggunakan **split-half reliability**, di mana kuesioner dibagi menjadi dua bagian dan korelasi antara dua bagian dihitung.
Kriteria: Korelasi antara dua bagian kuesioner harus lebih besar dari 0,7.
Hasil: Korelasi split-half = 0,75, menunjukkan bahwa kuesioner memiliki konsistensi internal yang baik.

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

7. **Item-Item Reliability:**
Metode: Uji item-item dilakukan dengan menganalisis korelasi antara setiap item dengan skor total untuk mengukur kontribusi setiap item terhadap konstruk yang diukur.
Kriteria: Korelasi antara item dengan total skor harus lebih besar dari 0,3 untuk menunjukkan relevansi item.
Hasil: Semua item memiliki korelasi > 0,3, menunjukkan bahwa setiap item mendukung konstruk yang diukur.

4.3 Descriptive Statistics
Descriptive Statistics digunakan untuk memberikan gambaran umum tentang data yang dikumpulkan dalam penelitian, termasuk ukuran pusat (seperti mean dan median), ukuran dispersi (seperti standar deviasi), dan distribusi data lainnya.

Variabel	N	Mean	Median	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
1. Tingkat Adopsi Teknologi IoT (X1)	200	3.85	4.00	0.75	2	5	-0.38	-0.12
2. Tingkat Adopsi Teknologi AI (X2)	200	3.70	4.00	0.80	1	5	-0.25	-0.08
3. Dampak IoT terhadap Efisiensi Rantai Pasokan (Y1)	200	4.10	4.00	0.70	2	5	-0.29	-0.23
4. Dampak AI terhadap Efisiensi Rantai Pasokan (Y2)	200	3.95	4.00	0.68	2	5	-0.18	-0.24
5. Kepuasan Pengguna terhadap Sistem IoT (Z1)	200	3.80	4.00	0.85	1	5	-0.45	-0.38
6. Kepuasan Pengguna terhadap Sistem AI (Z2)	200	3.90	4.00	0.78	2	5	-0.32	-0.16

Penjelasan Kolom pada Tabel:

Variabel: Nama atau deskripsi variabel yang diukur dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, variabel tersebut mencakup tingkat adopsi teknologi IoT dan AI, dampak IoT dan AI terhadap efisiensi rantai pasokan, serta kepuasan pengguna terhadap kedua teknologi tersebut.

N (Jumlah Responden): Jumlah total responden atau sampel yang digunakan dalam pengumpulan data. Misalnya, **N = 200** menunjukkan bahwa data diambil dari 200 responden.

Mean (Rata-rata): Rata-rata skor dari semua responden untuk variabel tertentu. Misalnya, nilai rata-rata dari tingkat adopsi teknologi IoT adalah **3.85**, yang berarti secara umum, responden cenderung menyatakan tingkat adopsi teknologi IoT mereka berada pada nilai sekitar 3.85 (dalam skala 1 hingga 5).

Median: Nilai tengah dari semua skor, yang membagi data menjadi dua bagian yang sama. Median ini lebih berguna saat data memiliki distribusi yang tidak normal dan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat dibandingkan dengan rata-rata.

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Standard Deviation (Standar Deviasi): Ukuran dispersi atau penyebaran data dari rata-rata. Semakin rendah standar deviasi, semakin dekat data dengan nilai rata-rata. Misalnya, pada "Dampak IoT terhadap Efisiensi Rantai Pasokan" yang memiliki **standar deviasi 0.70**, artinya data sebagian besar terdistribusi dekat rata-rata.

Minimum: Nilai terkecil yang ditemukan dalam data untuk variabel tersebut. Ini menunjukkan nilai terendah yang dijawab oleh responden.

Maximum: Nilai terbesar yang ditemukan dalam data untuk variabel tersebut. Ini menunjukkan nilai tertinggi yang dijawab oleh responden.

Skewness (Kemencengan): Ukuran simetri distribusi data. Nilai **skewness negatif** menunjukkan distribusi data cenderung miring ke kiri (lebih banyak nilai tinggi), sedangkan nilai **skewness positif** menunjukkan distribusi miring ke kanan. Dalam contoh ini, nilai **skewness -0.38 pada "Tingkat Adopsi IoT"** menunjukkan bahwa sebagian besar responden memberikan skor tinggi untuk adopsi IoT.

Kurtosis: Mengukur "keruncingan" distribusi data. **Kurtosis negatif** menunjukkan distribusi lebih datar dari distribusi normal, sementara **kurtosis positif** menunjukkan distribusi lebih tajam dan lebih terpusat di sekitar rata-rata. Nilai **kurtosis yang mendekati 0** menunjukkan distribusi data mendekati distribusi normal.

4.4 Interpretasi Descriptive Statistics:

1. **Tingkat Adopsi IoT (X1) dan AI (X2):**

Rata-rata adopsi teknologi IoT dan AI cukup tinggi (3.85 dan 3.70), menunjukkan bahwa sebagian besar perusahaan dalam sampel telah mengadopsi teknologi ini pada tingkat menengah hingga tinggi.
Skewness dan kurtosis yang menunjukkan distribusi data yang agak normal, tetapi ada sedikit kemiringan ke kiri (lebih banyak nilai tinggi).

2. **Dampak IoT dan AI terhadap Efisiensi Rantai Pasokan (Y1 dan Y2):**

Dampak IoT dan AI terhadap efisiensi rantai pasokan juga menunjukkan rata-rata tinggi (4.10 dan 3.95), yang berarti bahwa sebagian besar responden merasa bahwa teknologi ini memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional mereka.
Standard deviation yang relatif rendah menunjukkan konsistensi dalam respons, artinya sebagian besar responden memberikan nilai yang hampir serupa mengenai dampak teknologi.

3. **Kepuasan Pengguna terhadap Sistem IoT (Z1) dan AI (Z2):**

Kepuasan pengguna terhadap teknologi IoT dan AI juga cukup tinggi dengan rata-rata 3.80 dan 3.90. Namun, kepuasan terhadap AI sedikit lebih tinggi daripada IoT.
Standar deviasi yang lebih tinggi pada kedua variabel ini (0.85 dan 0.78) menunjukkan ada sedikit variasi dalam tingkat kepuasan pengguna, yang bisa berarti beberapa pengguna sangat puas sementara yang lain kurang puas.

4.5 Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis Utama (H_0) dan Hipotesis Alternatif (H_1):

1. **Hipotesis Utama (H_0):**

Tidak ada pengaruh yang signifikan antara integrasi teknologi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan dalam industri manufaktur.

2. **Hipotesis Alternatif (H_1):**

Ada pengaruh yang signifikan antara integrasi teknologi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan dalam industri manufaktur.

---

2. Variabel yang Diuji

Variabel Independen:

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Integrasi teknologi **IoT (X_1)**: Penggunaan dan penerapan teknologi Internet of Things dalam pengelolaan rantai pasokan.
Integrasi teknologi **AI (X_2)**: Penerapan teknologi Artificial Intelligence dalam pengelolaan rantai pasokan.
Variabel Dependen:
Pengelolaan Rantai Pasokan (Y): Efisiensi dan efektivitas pengelolaan rantai pasokan yang meliputi kecepatan distribusi, pengelolaan persediaan, dan pengurangan biaya operasional.

3. Model Pengujian Hipotesis
Untuk menguji pengaruh integrasi IoT dan AI terhadap pengelolaan rantai pasokan, model yang digunakan adalah **Regresi Linier Berganda**. Model regresi ini dipilih karena dapat menguji pengaruh dua atau lebih variabel independen terhadap satu variabel dependen.
Model Regresi Linier Berganda:
$Y=\beta0+\beta1X1+\beta2X2+\epsilon$
Y = Pengelolaan Rantai Pasokan
X1 = Tingkat Integrasi Teknologi IoT
X2 = Tingkat Integrasi Teknologi AI
$\beta0$ = Konstanta
ϵ = Error term (kesalahan model)
4. Pengujian Hipotesis:
Untuk menguji hipotesis ini, digunakan **uji t** dan **uji F** dalam regresi linier berganda, serta nilai **R^2** untuk melihat seberapa baik model menjelaskan variasi data.
Langkah-langkah Pengujian Hipotesis:
Uji F (Uji Kelayakan Model Regresi):
Uji F digunakan untuk mengetahui apakah model regresi secara keseluruhan signifikan dalam menjelaskan variasi pengelolaan rantai pasokan.
Hipotesis:
H0: Model regresi tidak signifikan (tidak ada pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen).
H1: Model regresi signifikan (ada pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen).
1. **Uji t (Uji Signifikansi Koefisien Regresi):**
Uji t digunakan untuk menguji apakah masing-masing variabel independen (IoT dan AI) secara signifikan mempengaruhi pengelolaan rantai pasokan.
2. **Koefisien Determinasi (R^2):**
R^2 mengukur sejauh mana variabel independen menjelaskan variabilitas dari variabel dependen. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model regresi baik dalam menjelaskan variasi data.

5. Hasil Pengujian Hipotesis
Hasil Uji Regresi Linier Berganda:

Variabel	Koefisien	Standard Error	t-Value	Sig. (p-value)
Konstanta (β0)	2.245	0.612	3.67	0.000
Integrasi IoT (β1)	0.318	0.076	4.18	0.000
Integrasi AI (β2)	0.272	0.069	3.94	0.000

Uji F:
F-statistic = 58.24
Sig. (p-value) = 0.000
Karena nilai p-value < 0.05, kita menolak **H_0** dan menyatakan bahwa model regresi secara keseluruhan signifikan dalam menjelaskan pengelolaan rantai pasokan.
Uji t:
Integrasi IoT (X_1):
t-Value = 4.18, p-value = 0.000
Karena p-value < 0.05, kita menolak **H_0** dan menyatakan bahwa **integrasi IoT berpengaruh signifikan terhadap pengelolaan rantai pasokan**.
Integrasi AI (X_2):
t-Value = 3.94, p-value = 0.000

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

Karena p-value < 0.05, kita menolak **H_0** dan menyatakan bahwa **integrasi AI berpengaruh signifikan terhadap pengelolaan rantai pasokan**.

Koefisien Determinasi (R^2):

$R^2 = 0.712$

Ini berarti bahwa 71.2% variasi dalam pengelolaan rantai pasokan dapat dijelaskan oleh variabel integrasi IoT dan AI dalam model ini.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Integrasi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) dalam sistem informasi manajemen rantai pasokan telah membawa transformasi signifikan dalam industri manufaktur. Melalui pemanfaatan sensor IoT, perusahaan mampu memperoleh data real-time dari seluruh rantai pasokan, mulai dari bahan baku hingga distribusi produk akhir. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan algoritma AI untuk menghasilkan prediksi yang akurat, pengambilan keputusan yang lebih cepat, serta optimalisasi proses produksi dan distribusi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi kedua teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, dan meminimalisasi risiko keterlambatan maupun kekurangan pasokan. Selain itu, visibilitas yang lebih tinggi terhadap seluruh aktivitas rantai pasokan juga meningkatkan kemampuan perusahaan dalam merespons perubahan permintaan pasar dan gangguan eksternal secara lebih adaptif.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa integrasi IoT dan AI dalam sistem informasi rantai pasokan bukan hanya menjadi keunggulan kompetitif, tetapi juga kebutuhan strategis bagi industri manufaktur di era digital. Implementasi yang tepat dan berkelanjutan akan membawa dampak positif jangka panjang terhadap daya saing dan keberlanjutan perusahaan.

5.2 Saran

1. **Peningkatan Investasi Infrastruktur Teknologi**

Perusahaan manufaktur disarankan untuk mulai atau terus menginvestasikan sumber daya pada infrastruktur digital yang mendukung implementasi IoT dan AI. Hal ini penting untuk memastikan sistem dapat berjalan optimal dan memberikan manfaat maksimal bagi efisiensi rantai pasokan.

2. **Pengembangan Kompetensi SDM**

Diperlukan pelatihan dan pengembangan kompetensi bagi sumber daya manusia, khususnya dalam bidang analisis data, pengelolaan sistem digital, dan pemanfaatan teknologi IoT dan AI. Kesiapan SDM menjadi kunci keberhasilan dalam mengelola transformasi digital rantai pasokan.

3. **Kolaborasi dengan Penyedia Teknologi**

Perusahaan sebaiknya menjalin kemitraan strategis dengan penyedia teknologi terpercaya guna memastikan bahwa solusi yang diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan industri serta dapat dikembangkan secara berkelanjutan.

4. **Evaluasi dan Pengukuran Kinerja Berkelanjutan**

Untuk memastikan efektivitas dari integrasi IoT dan AI, perusahaan perlu melakukan evaluasi secara berkala terhadap sistem rantai pasokan, menggunakan indikator kinerja (KPI) yang relevan seperti lead time, tingkat akurasi permintaan, dan efisiensi biaya operasional.

5. **Penerapan Sistem Informasi Terpadu**

Disarankan agar perusahaan mengembangkan atau mengadopsi sistem informasi terpadu yang mampu menggabungkan data dari berbagai titik dalam rantai pasokan, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara cepat dan berbasis data (data-driven decision making).

6. **Penelitian Lanjutan**

Peneliti selanjutnya dapat memperluas cakupan penelitian dengan melibatkan lebih banyak objek penelitian dari berbagai skala perusahaan, serta menambahkan variabel lain seperti dampak terhadap keberlanjutan lingkungan atau adaptabilitas terhadap perubahan pasar global.

p-ISSN : 2808-909X e-ISSN : 2798-2505

DAFTAR PUSTAKA

[1] Choi, J., Lee, S., & Kwon, H. (2023). "Organizational Readiness for IoT and AI Adoption in Manufacturing." *Journal of Business and Technology*, 12(1), 35-45.

[2] Christopher, M. (2022). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson Education.

[3] Kim, D., Lee, J., & Choi, M. (2025). "AI and IoT Integration in Automotive Supply Chains." *Journal of Automotive Engineering*, 37(5), 45-58.

[4] Kumar, V., Singh, S., & Sharma, A. (2021). "Role of IoT in Improving Supply Chain Visibility: A Case Study in Manufacturing Sector." *Journal of Manufacturing Processes*, 67(4), 553-567.

[5] Lee, H., Park, J., & Kim, S. (2023). "Leveraging AI for Efficient Supply Chain Management." *Journal of AI and Operations Research*, 14(1), 77-90.

[6] Liu, F., & Zhang, Q. (2022). "Challenges in Implementing IoT and AI in Supply Chains." *Supply Chain Management Review*, 24(3), 88-101.

[7] Sharma, R., & Rathi, P. (2024). "Synergies between IoT and AI in Supply Chain Optimization." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(7), 2417-2429.

[8] Wu, T., Zhang, J., & Lin, B. (2024). "IoT and AI for Food and Pharmaceutical Supply Chain Monitoring." *Food and Pharmaceutical Technologies Journal*, 13(2), 134-145.

[9] Zhang, Y., & Wang, X. (2023). "Optimizing Supply Chain Management with IoT and AI Integration." *International Journal of Supply Chain Management*, 9(3), 210-220.