Jurnal Bhara Petro Energi
ISSN 2828-5530 (Media Cetak)
ISSN 2828-3457 (Media Online)
Volume 4 Nomor 1 (Mei 2025), Halaman: 33 – 37

Optimasi Real-Time Sistem Pengendalian Informasi Berbasis IoT dan Barcode: Simulasi AnyLogic untuk Manajemen Pasar dan *Sustainability*

Ira Febrina Soeharjo [1,*], Valent Theresya S Br Pardede [2], Dinda Fadillah [3], Tia Novira Sucipto [4]

[1] Fakultas Sosial Sains; Universitas Pembangunan Pancabudi; Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Medan, Tlp.061-8455571; e-mail: irasoehardjo@icloud.com
[2] Fakultas Sosial Sains; Universitas Pembangunan Pancabudi; Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Medan, Tlp.061-8455571; e-mail: valenpardede20@gmail.com
[3] Fakultas Sosial Sains; Universitas Pembangunan Pancabudi; Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Medan, Tlp.061-8455571; e-mail: dindafadillah625@gmail.com
[4] Fakultas Sosial Sains; Universitas Pembangunan Pancabudi; Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Medan, Tlp.061-8455571; e-mail: tianovirasucipto@dosen.pancabudi.ac.id

* Korespondensi: e-mail: irasoehardjo@icloud.com

Submitted: **25/03/2025**; Revised: **/2304/2025**; Accepted: **09/05/2025**; Published: **31/05/2025**

Abstract

This study designs a real-time simulation model using AnyLogic to evaluate the impact of IoT and barcode systems on inventory efficiency and sustainability in Indonesian retail (case study: Indomaret). Data were collected from 15 outlets in West Java over 12 months (2023), including IoT sensor readings (temperature, humidity) and 15,000 barcode transactions. Simulation results indicate IoT integration reduces stock loss by 40% and logistics carbon emissions by 18% via route optimization. The barcode system improves inventory accuracy to 98% and cuts stocktake time from 8 hours to 3 hours per outlet. These findings provide a technical framework for data-driven market management and support SDGs' sustainability goals.

***Keywords**: IoT, barcode, AnyLogic, sustainability, manajemen pasar*

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan model simulasi real-time menggunakan software AnyLogic untuk menganalisis dampak teknologi Internet of Things (IoT) dan sistem barcode terhadap efisiensi persediaan dan sustainability di ritel Indonesia (studi kasus: Indomaret). Data diambil dari 15 gerai di Jawa Barat selama 12 bulan (2023) dengan pembacaan sensor IoT (suhu, kelembaban) dan 15.000 transaksi barcode. Hasil simulasi menunjukkan bahwa integrasi IoT mengurangi stock loss hingga 40% dan emisi karbon dari logistik sebesar 18% melalui optimalisasi rute distribusi. Sistem barcode meningkatkan akurasi inventaris menjadi 98% dan mengurangi waktu stock opname dari 8 jam menjadi 3 jam per gerai. Temuan ini memberikan kerangka teknis untuk market management berbasis data real time serta kontribusi pada tujuan sustainability SDGs.

Kata kunci: IoT, barcode, AnyLogic, sustainability, manajemen pasar

1. Pendahuluan

Industri ritel global menghasilkan 1.3 miliar ton emisi karbon per tahun (World Economic Forum, 2023), dengan 30% berasal dari inefisiensi rantai pasok. Di Indonesia, minimarket seperti Indomaret menghadapi tantangan ganda: stock loss (Rp5.2 miliar/bulan, APRINDO 2023) dan tekanan regulasi sustainability (Perpres No. 98/2021). Teknologi IoT dan barcode menawarkan solusi, tetapi implementasinya sering terhambat oleh:

1. Keterbatasan model prediktif *real-time* untuk manajemen pasar.
2. Minimnya studi tentang dampak *green logistics* di ritel skala menengah.

Green logistics, atau logistik hijau, merujuk pada praktik logistik yang bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan logistik. Hal ini mencakup pengelolaan yang berkelanjutan di seluruh rantai pasok, dari pengangkutan hingga pengemasan dan pembuangan limbah. Tujuannya adalah untuk meminimalkan emisi karbon, limbah, serta dampak negatif lainnya terhadap lingkungan sambil tetap mempertahankan efisiensi operasional (Liu et al., 2023). Dalam konteks ini, praktik logistik hijau sangat penting mengingat meningkatnya kesadaran masyarakat dan bisnis mengenai isu-isu lingkungan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Guo dan Xiang (Liu et al., 2023), terlihat bahwa pengimplementasian logistik hijau tidak hanya membantu dalam pelestarian lingkungan, tetapi juga mendukung perkembangan ekonomi hijau melalui konservasi energi dan pengurangan emisi di semua aspek logistik. Ini menunjukkan bahwa integrasi prinsip-prinsip keberlanjutan dalam logistik dapat menguntungkan baik bagi perusahaan maupun untuk lingkungan. Digitalisasi juga memainkan peranan penting dalam memperkuat praktik logistik hijau. Ismayil dan Karagulle Firdausiyah et al. (2024) menemukan bahwa peningkatan tingkat digitalisasi dalam perusahaan logistik di Azerbaijan berkontribusi positif terhadap performa logistik, terutama ketika digabungkan dengan aplikasi logistik hijau. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi informasi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan jejak karbon dari kegiatan logistik. Selanjutnya, Yi dan Fan Karia (2022) menekankan pentingnya pembangunan strategi logistik hijau dari perspektif logistik cerdas untuk mendorong pembangunan berkelanjutan. Menggunakan teknologi canggih dalam mengatur rute kendaraan, misalnya, merupakan salah satu cara efektif untuk meminimalkan dampak lingkungan, yang merupakan komponen penting dalam pergeseran menuju ekonomi yang lebih ramah lingkungan.

Berkaitan dengan itu, Zhang et al. Jayarathna et al. (2022) menjelaskan bahwa keputusan pengembangan logistik hijau dapat dilakukan dengan mengidentifikasi faktor-faktor penting dan membangun kerangka hirarkis yang mempertimbangkan pengurangan polusi dan pemanfaatan sumber daya secara optimal. Penelitian ini menekankan perlunya pendekatan sistematis dalam mengintegrasikan praktik-praktik berkelanjutan ke dalam operasi logistik.Selain itu, penelitian oleh Kim dan Choi Popescu et al. (2024) menunjukkan bahwa persepsi terhadap logistik hijau di kalangan perusahaan di Tiongkok semakin meningkat, yang mengindikasikan bahwa kesadaran dan komitmen terhadap praktik ramah lingkungan sudah mulai terintegrasi dalam budaya bisnis mereka. Dengan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya logistik hijau, perusahaan dapat menciptakan keunggulan kompetitif di pasar yang semakin berorientasi pada keberlanjutan. Secara keseluruhan, green logistics merupakan langkah penting bagi keseimbangan antara kebutuhan operasional dan keberlanjutan lingkungan. Praktik ini bukan hanya tentang pengurangan limbah, tetapi juga tentang menciptakan nilai tambah bagi perusahaan, masyarakat, dan lingkungan (Yu et al., 2021).

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menggambarkan jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet, yang memungkinkan perangkat tersebut untuk mengumpulkan, mengirim, dan menerima data. IoT dapat diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk logistik, di mana data dari berbagai sumber dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan. Dalam manajemen logistik, IoT dapat memantau jalur pengiriman secara real-time, menganalisis data untuk optimasi, dan menangani layanan pelanggan yang lebih terpersonal (Karia, 2022). AnyLogic adalah perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan simulasi sistem dan analisis. Dalam konteks manajemen logistik, AnyLogic memungkinkan pengguna untuk membuat model simulasi kompleks yang mencakup semua aspek dari proses logistik, mulai dari pengadaan hingga distribusi (Ilhamsyah et al., 2024). Dengan metode simulasi, perusahaan dapat menguji berbagai skenario dan strategi tanpa harus melakukan perubahan langsung pada operasi nyata. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih terinformasi.

Dalam penerapan AnyLogic, pengguna dapat menciptakan model logistik yang mempertimbangkan berbagai variabel, seperti volume barang, waktu pengiriman, dan biaya. Menurut penelitian oleh Aditsan et al. (Aditsan et al., 2024), simulasi ini bisa memperlihatkan bagaimana penerapan IoT dalam kegiatan logistik dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem. Sebagai contoh, AnyLogic dapat digunakan untuk memodelkan distribusi barang dengan mempertimbangkan data real-time yang dihasilkan dari sensor IoT, seperti posisi kendaraan atau kondisi lalu lintas.

Penerapan IoT dalam manajemen logistik menyediakan daya dorong yang kuat untuk inovasi dan peningkatan. Menurut Ismayil dan Karagulle (Jayarathna et al., 2022), penggunaan sensor dan perangkat yang terhubung memungkinkan pengumpulan data secara otomatis, yang membantu dalam perencanaan dan koordinasi rantai pasok. Ini menghasilkan pengoptimalan rute pengiriman, meminimalkan waktu tayang, serta mengurangi biaya operasional. Dalam hal ini, keputusan yang didasarkan pada data real-time menjadikan logistik lebih responsif terhadap perubahan permintaan pasar.

Dengan penggabungan teknologi IoT dan alat simulasi seperti AnyLogic, manajemen logistik pasar dapat menjadi lebih efisien dan responsif terhadap perubahan. Implementasi IoT di logistik tidak hanya meningkatkan visibilitas dan kontrol, tetapi juga membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data, sementara AnyLogic sebagai alat simulasi menyediakan ruang bagi perusahaan untuk menganalisis skenario dan menyempurnakan strategi operasional.

Penelitian ini bertujuan membangun model simulasi AnyLogic untuk analisis real-time pola permintaan dan alokasi stok, kemudian melakukan pengukuran dampak teknologi terhadap sustainability (emisi karbon, waste reduction).

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian dilakukan simulasi menggunakan AnyLogic dalam konteks manajemen pasar yang sistematis dan terstruktur. Beberapa tahap dalam proses ini meliputi perumusan masalah, pengumpulan dan analisis data, pemodelan dan simulasi, serta evaluasi hasil. Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang dilakukan:

Perumusan Masalah: Tahap pertama adalah merumuskan masalah yang ingin dipecahkan melalui simulasi. Dalam konteks manajemen pasar, masalah ini bisa berkisar pada pengelolaan rantai pasok, optimasi distribusi, atau peningkatan layanan pelanggan. Menentukan tujuan penelitian dengan jelas membantu dalam menetapkan arah bagi simulation model.

- Pengumpulan Data: Pengumpulan data yang relevan merupakan langkah penting dalam membangun model simulasi yang akurat. Data ini dapat meliputi data operasional, data pelanggan, dan data pasar. Menurut Kurniawan (Firdausiyah et al., 2024), pengumpulan data yang sistematis dan berdasarkan metode kuantitatif, seperti survei dan analisis data historis, dapat memberikan informasi yang dibutuhkan untuk pengembangan model.
- Modeling dan Simulasi: Dengan menggunakan AnyLogic, penelitian ini kemudian dapat memulai fase pemodelan. Pemodelan dilakukan dengan merancang elemen-elemen sistem yang relevan (seperti pengirim, penerima, dan faktor logistik lainnya) dan mendefinisikan interaksi antar elemen tersebut. Namun, Sukarno et al. Liu et al. (2023) lebih fokus pada analisis kekuatan dan tidak menyediakan konteks spesifik untuk evaluasi kinerja sistem dalam manajemen pasar, sehingga konsistensi referensi ini perlu dipertimbangkan.
- Evaluasi Hasil: Setelah simulasi dijalankan, hasil yang didapat perlu dievaluasi untuk mengidentifikasi efektivitas manajemen pasar yang diusulkan. Ini termasuk analisis statistik untuk menentukan performa sistem dalam berbagai skenario. Hasil simulasi dapat dibandingkan dengan metrik kinerja yang sudah ditetapkan sebelumnya; meskipun Ferianto dan Hidayati Karia (2022) membahas efektivitas pelatihan kesiapsiagaan bencana, hal ini kurang relevan untuk analisis sistem manajemen pasar.
- Validasi Model: Validasi penting untuk memastikan bahwa model simulasi mencerminkan fenomena nyata yang sedang diteliti. Teknik validasi dapat mencakup perbandingan hasil simulasi dengan data historis atau eksperimental. Proses ini membantu untuk mengkonfirmasi bahwa model yang dibangun dapat digunakan untuk prediksi di masa depan.

Dalam penelitian ini pendekatan modeling yang digunakan adalah Agent-based modeling dengan 3 entitas: pemasok, gudang pusat, gerai ritel. Input data real-time: fluktuasi permintaan harian, lead time pemasok, kapasitas gudang.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam lingkungan bisnis yang semakin kompetitif, perusahaan perlu mengadopsi pendekatan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi mereka. Dua aspek penting dalam manajemen logistik adalah prediksi permintaan dan optimasi rute. Penggunaan simulasi AnyLogic menjadi alat yang efektif dalam melakukan kedua hal ini. Prediksi permintaan berfungsi untuk memperkirakan pelanggan akan membeli produk atau layanan

tertentu dalam periode waktu mendatang. Metode yang sering digunakan dalam prediksi permintaan, seperti Exponential Smoothing atau model berbasis kecerdasan buatan, memiliki keunggulan masing-masing. Inovasi yang diterapkan oleh Saputra Karia (2022) menggunakan metode Gated Recurrent Unit (GRU) untuk memprediksi permintaan kargo pada Cargo Service Center di Tangerang menunjukkan tingkat akurasi tinggi dan efisiensi yang dihasilkan dari pemanfaatan data historis.

Penggunaan AnyLogic dalam konteks ini dapat mencakup pembuatan model yang mengintegrasikan data permintaan dan berbagai variabel eksternal yang mempengaruhi tren pasar. Aspek ini sejalan dengan penelitian oleh Darwati dan Marita (Liu et al., 2023), yang menunjukkan bahwa aplikasi perangkat lunak untuk prediksi persediaan dapat dioptimalkan melalui metode pemodelan. AnyLogic dapat disimulasikan dengan menggunakan data permintaan ini untuk memperkirakan kebutuhan menjelang periode tertentu, sehingga memungkinkan perencanaan dan pengadaan yang lebih baik.

Setelah menetapkan prediksi permintaan yang akurat, langkah selanjutnya adalah mengoptimalkan rute pengiriman. Pengoptimalan rute bertujuan untuk meminimalkan biaya transportasi dan waktu pengiriman sambil tetap memenuhi permintaan pelanggan tepat waktu. Dalam konteks ini, metode seperti Vehicle Routing Problem (VRP) dapat diimplementasikan dalam simulasi AnyLogic untuk menemukan solusi rute terbaik yang efisien (Yu et al., 2021).

Hasil pemodelan menunjukan bahwa simulasi skenario yang digunakan dapat mengurangi *overstocking* hingga 27% dengan algoritma *moving average*. Hal ini juga sekaligus dapat menghemat biaya transportasi melalui *dynamic roting*. Hasil ini didukung oleh Teori Digital Twin (Tao et al. 2021), yang menekankan pada pentingnya integrasi sistem digital untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional dalam berbagai industri. Dalam konteks logistis, pendekatan ini memberikan solusi untuk menangani tantangan seperti overstacking, dan memungkinkan organisasi untuk merencanakan dan mengelola inventaris mereka dengan cara yang lebih terstruktur dan berbasis data.

Dalam kaitannya dengan issu sustainability, hasil simulasi dalam hal ini, dapat dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Emisi Karbon: IoT mengurangi 156 kg CO_2/bulan per gerai melalui: route optimization (65%) serta pengurangan spoilage bahan pangan (35%).
- Energy Efficiency: Barcode menurunkan konsumsi listrik 8% (pengurangan waktu operasional).
- Temuan mendukung konsep green retailing (Grewal et al., 2021), tetapi tantangan utama adalah biaya awal implementasi IoT (Rp120 juta/gerai).
- Perbedaan signifikan ($p < 0.01$) pada semua parameter (uji paired t-test).

Secara lebih jelas, hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel.1 berikut:

Tabel.1 Hasil Penelitian Setelah Implementasi IoT

Parameter	Sebelum IoT/Barcode	Setelah Implementasi
Akurasi Stok	82%	98%
Waktu Stock Opname	8 jam	3 jam
Emisi CO_2	200 kg/bulan	44 kg/bulan

4. Kesimpulan

Dalam penelitian dapat ditunjukan bahwa simulasi AnyLogic terbukti efektif untuk manajemen pasar (demand forecasting, alokasi stok), serta bisa digunakan dalam pengukuran parameter sustainability (CO_2, waste). Penelitian ini merekomendasiikan secara teknis implementasi dari *Hybrid IoT-barcode* untuk daerah dengan infrastruktur terbatas. Dari sisi kebijakan disarankan perlu adanya Insentif pajak untuk adopsi teknologi *green retail*. Namun demikian, dalam penelitian ini masih belum belum mencakup faktor makro (inflasi, perubahan regulasi).

Daftar Pustaka

Alhafizh, & Istiningrum. (2023). Ketahanan Stok Tangki Timbun LPG: Studi Kasus pada Perusahaan Z. Indonesian Journal of Energy and Mineral, doi:10.53026/ijoem/2023/3.1/1036.

Darwati, & Marita. (2022). Rancang Bangun Program Prediksi Persediaan Barang Menggunakan Metode Exponential Smoothing. Simpatik Jurnal Sistem Informasi dan Informatika, doi:10.31294/simpatik.v2i2.1666.

Ferianto, R., & Hidayati, U. (2019). Efektivitas Pelatihan Penanggulangan Bencana dengan Metode Simulasi Terhadap Perilaku Kesiapsiagaan Bencana Banjir pada Siswa SMAN 2 Tuban. Jurnal Kesehatan Mesencephalon, doi:10.36053/mesencephalon.v5i2.110.

Guo, Y., & Xiang, S. (2023). Research on the Development Strategy of E-Business Green Logistics Based on AHP. E3S Web of Conferences, doi:10.1051/e3sconf/202337202003.

Ismayil, A., & Karagulle, A. (2023). The Effect of Digitalization Process and Green Logistics Applications on Logistics Performance: Measuring Azerbaijan Logistics Companies. Preprints, doi:10.20944/preprints202301.0189.v1.

Kim, Y., & Choi, T. M. (2013). Third-party enterprises' perceptions of green logistics in China. Journal of International Logistics and Trade, doi:10.24006/jilt.2013.11.1.27.

Kurnia, & Ernawati. (2021). Perencanaan Rute Distribusi yang Optimal Dengan Metode Algoritma Differential Evolution PT. XYZ. Juminten, doi:10.33005/juminten.v2i4.244.

Kurniawan, A. (2020). Analisis Laju Perpindahan Panas pada Baterai Ion Lithium 18650 terhadap Beban Keluarannya dengan Metode Numerik. Journal of Mechanical Design and Testing, doi:10.22146/jmdt.53752.

Rahmad et al. (2018). Penerapan Simulasi dan Reliabilitas pada Model Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Permintaan Probabilistik. Simetris Jurnal Teknik Mesin Elektro dan Ilmu Komputer, doi:10.24176/simet.v9i1.1583.

Saputra, A. (2020). Prediksi Permintaan Kargo pada Cargo Service Center Tangerang City Menggunakan Metode Gated Recurrent Unit. Jurnal Repositor, doi:10.22219/repositor.v2i8.972.

Rosadi, R., & Purnomo, W. (2020). Pengaruh Sistem Informasi Sumber Daya Manusia Terhadap Kinerja Pada Pegawai PT Raudah Utama Cianjur. Jurnal Sains Sosio Humaniora, doi:10.22437/jssh.v4i2.10865.

Sukarno, H., Sari, P., & Yulianto, E. (2022). The ANALISIS KEKUATAN POROS DAN RODA BERSIRIP PADA ALAT PENANAM PADI PORTABEL MELALUI PENDEKATAN SIMULASI. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur, doi:10.21009/jkem.7.2.8.

Ya, J., Li, W., Zeng, X., & Chen, Z. (2023). Green Logistics, Green Human Capital, and Circular Economy: The Mediating Role of Sustainable Production. Sustainability, doi:10.3390/su15021045.

Yi, A., & Fan, X. (2020). The Green Vehicle Routing Problem From a Smart Logistics Perspective. IEEE Access, doi:10.1109/access.2019.2961701.

Zhang, L., Zheng, B., Liu, Y., & Hu, S. (2020). Green Logistics Development Decision-Making: Factor Identification and Hierarchical Framework Construction. IEEE Access, doi:10.1109/access.2020.3008443.