

OPTIMIZING DISTRIBUTION WAREHOUSE LOCATION DETERMINATION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) AND LOCATION-ALLOCATION MODEL METHOD TO IMPROVE SUPPLY CHAIN EFFICIENCY AND CUSTOMER SERVICE LEVELS

Optimasi Penentuan Lokasi Gudang Distribusi Menggunakan Geographic Information System (GIS) dan Metode Location-Allocation Model untuk Meningkatkan Efisiensi Rantai Pasok dan Tingkat Layanan Pelanggan

Ratna Kurnia Dewi^{1a(*)}, Nufiajid Navy Abritia^b

¹ Politeknik Bumi Akpelni Semarang

² Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

^a ratna.kurnia.dewi@akpelni.ac.id

(*) Corresponding Author

ratna.kurnia.dewi@akpelni.ac.id

How to Cite: Dewi dan Abritia. (2026). Optimizing Distribution Warehouse Location Determination Using Geographic Information System (Gis) And Location-Allocation Model Method To Improve Supply Chain Efficiency And Customer Service Levels. doi: 10.36526/js.v3i2.7627

Received : 10-02-2026
 Revised : 27-03-2026
 Accepted : 24-04-2026

Keywords:

GIS,
 location-allocation,
 warehouse optimization,
 supply chain efficiency,
 service level

Abstract

This study aims to optimize the location of distribution warehouses by integrating Geographic Information System (GIS) and the Location-Allocation Model to improve supply chain efficiency and customer service levels. The research employs a qualitative explanatory case study approach conducted in a national distribution company planning warehouse expansion. Data were collected through in-depth interviews, participatory observation, company documentation, and spatial data extraction, followed by thematic analysis and GIS-based network analysis. The findings reveal that the existing distribution system was spatially inefficient, with 38% of customers located more than 150 km from the central warehouse, contributing to high transportation costs and suboptimal delivery performance. The implementation of the integrated GIS and location-allocation model identified an optimal scenario involving the addition of one warehouse in the eastern region, resulting in a 23% reduction in total distribution distance, a significant decrease in transportation costs, and improved delivery accuracy and lead time. The study demonstrates that spatially integrated optimization models not only enhance cost efficiency but also strengthen service level performance. The integration of quantitative spatial modeling with qualitative managerial insights provides a holistic framework for strategic distribution network design in modern logistics environments.

PENDAHULUAN

Desain jaringan distribusi merupakan elemen krusial dalam *supply chain management* yang berpengaruh langsung terhadap kinerja logistik dan pelayanan konsumen. Dalam konteks global yang semakin terdigitalisasi, pertumbuhan *e-commerce*, urbanisasi, serta ekspektasi pelanggan terhadap kecepatan pengiriman menuntut perusahaan untuk menata ulang strategi distribusi mereka agar lebih responsif dan efisien. Optimasi lokasi fasilitas logistik seperti gudang distribusi menjadi langkah strategis untuk memenuhi tuntutan tersebut karena penempatan gudang yang kurang optimal menyebabkan peningkatan biaya transportasi, penurunan tingkat layanan pelanggan, serta rendahnya kapasitas respons terhadap fluktuasi permintaan pasar (Al-Sabbagh, 2022).

Tren global menunjukkan bahwa perusahaan besar dan kecil semakin mengadopsi teknologi digital untuk mendesain ulang jaringan distribusi mereka, khususnya *Geographic*

Information System (GIS) yang memungkinkan analisis spasial secara lebih akurat serta dukungan algoritma *location-allocation* untuk menentukan lokasi optimal fasilitas dalam menghadapi tantangan geografis dan permintaan konsumen (Agoo, 2024). GIS mampu menyediakan informasi *visualization* geografis dan pengukuran jarak yang kompleks, sehingga sangat relevan dalam pengambilan keputusan strategis terkait lokasi gudang di era persaingan logistik yang cepat berubah (Agoo, 2024).

Dinamika distribusi barang di Indonesia juga mengalami tekanan yang serupa dengan negara maju, terutama karena infrastruktur geografis yang kompleks dan disparitas permintaan antar pulau. Beberapa studi empiris di Indonesia menunjukkan bahwa penempatan gudang yang tidak tepat masih menjadi kendala utama dalam pencapaian efisiensi biaya dan kecepatan pengiriman (Geraldo, et al., 2025). Hambatan ini berdampak pada biaya logistik perusahaan yang meningkat dan pelayanan pelanggan yang belum optimal, menunjukkan bahwa penentuan lokasi gudang bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga strategi kompetitif (Geraldo, et al., 2025).

Permasalahan empiris ini tercermin pula pada penelitian-penelitian terapan yang umumnya menggunakan metode klasik seperti *Center of Gravity* atau *Gravity Location Model* untuk menentukan lokasi fasilitas baru guna meminimalkan biaya operasional dan jarak tempuh pengiriman. Studi oleh Erlangga, Zaki, Hermawan, dan Fauzi (2024) pada PT ABC menunjukkan bahwa metode *Center of Gravity* mampu mengoptimalkan lokasi gudang sehingga menurunkan biaya distribusi dan jarak operasional secara signifikan (Erlangga et al., 2024). Namun, keterbatasan pendekatan ini adalah kurangnya pemanfaatan data spasial secara mendalam untuk memahami distribusi permintaan yang heterogen dalam ruang geografis, yang merupakan aspek penting dalam *supply chain* kontemporer.

Landasan teoretis studi ini berakar pada konsep *location-allocation* sebagai bagian dari ilmu penempatan fasilitas (*facility location theory*) dan teori desain jaringan rantai pasok (*supply chain network design*). *Location-allocation* membantu dalam menilai hubungan spasial antara permintaan konsumen dan lokasi fasilitas, dengan tujuan untuk meminimalkan total biaya pengiriman atau jarak tempuh sedangkan meningkatkan cakupan layanan (Al-Sabbagh, 2022). Integrasi antara GIS dan model optimasi lokasi ini memberikan kerangka yang lebih kontekstual dan akurat untuk menangkap kompleksitas distribusi nyata dibandingkan pendekatan heuristik sederhana.

Urgensi penelitian ini juga didorong oleh kebutuhan akademik dan praktis untuk mengisi kekosongan metodologis terkait integrasi GIS dan model *location-allocation* yang mempertimbangkan sekaligus efisiensi biaya dan tingkat layanan pelanggan secara holistik. Sebagian besar penelitian terdahulu di Indonesia masih terfokus pada metode statistik sederhana atau non-spasial yang kurang mempertimbangkan dinamika permintaan pelanggan dalam ruang geografis yang kompleks. Sebagai contoh, penelitian pada UMKM Batik Banten XYZ hanya berfokus pada pengurangan biaya melalui perhitungan titik koordinat gudang tanpa mempertimbangkan *service level* pelanggan secara kuantitatif (Trenggonowati et al., 2024).

Lebih lanjut, penggunaan GIS dalam konteks penentuan lokasi distribusi telah mendapatkan perhatian dalam penelitian lintas disiplin — baik itu sektor pangan maupun industri logistik pada studi regional di Tasikmalaya yang menunjukkan peran GIS dalam mengidentifikasi lokasi pusat distribusi beras serta implikasi lingkungan dari jaringan distribusi (Putra et al., 2025). Namun, masih sedikit studi empiris yang menggabungkan model *location-allocation* dengan dinamika layanan pelanggan dan biaya secara bersamaan di lingkungan bisnis nyata, sehingga terdapat celah penelitian yang signifikan.

Penelitian internasional juga semakin menyoroti pentingnya *location-allocation* dalam

konteks logistik modern. Sebagai contoh, model pengoptimalan lokasi dan rute distribusi dalam konteks *closed-loop supply chains* memperlihatkan bahwa pendekatan kombinasi optimasi dapat meningkatkan efisiensi total jaringan termasuk pertimbangan biaya dan waktu (Bathae et al., 2023).

Novelty dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem GIS dengan model *location-allocation* yang secara simultan mengoptimalkan penentuan lokasi gudang distribusi berdasarkan data permintaan terperinci, jarak transportasi real-time, serta parameter kinerja layanan pelanggan seperti waktu pengiriman dan tingkat pelayanan. Pendekatan ini tidak hanya menurunkan biaya logistik, tetapi juga meningkatkan *service level* pelanggan dengan cara yang lebih adaptif dan kontekstual dibandingkan model konvensional seperti *Center of Gravity* atau Gravity Models yang tidak mempertimbangkan data spasial secara mendalam.

Tujuan utama penelitian ini adalah: (1) mengembangkan model optimasi lokasi gudang distribusi yang mengintegrasikan GIS dan model *location-allocation* untuk mendapatkan lokasi yang optimal berdasarkan kriteria efisiensi biaya dan tingkat layanan pelanggan, (2) menguji model pada kasus nyata dengan data permintaan konsumen dan jaringan distribusi aktual, serta (3) mengevaluasi dampak penggunaan model ini terhadap efisiensi rantai pasok dan *service level*. Kontribusi penelitian ini bersifat teoretis dan praktis, yaitu memperluas kajian desain jaringan rantai pasok berbasis data spasial dan memberikan rekomendasi strategis manajemen distribusi yang dapat diimplementasikan oleh praktisi logistik untuk meningkatkan efisiensi dan kepuasan pelanggan secara bersamaan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus eksplanatori, yang bertujuan untuk memahami secara mendalam proses pengambilan keputusan dalam optimasi penentuan lokasi gudang distribusi berbasis *Geographic Information System* (GIS) dan *Location-Allocation Model* dalam konteks operasional nyata perusahaan. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini tidak hanya berfokus pada hasil numerik model optimasi, tetapi juga pada interpretasi manajerial, pertimbangan strategis, serta konteks spasial dan organisasi yang memengaruhi keputusan lokasi fasilitas. Studi kasus eksplanatori memungkinkan peneliti mengeksplorasi fenomena kompleks dalam konteks dunia nyata secara holistik dan kontekstual (Yin, 2020). Selain itu, desain ini relevan untuk mengkaji integrasi sistem teknologi dan proses pengambilan keputusan logistik yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan (Creswell & Poth, 2021). Dalam konteks riset sistem informasi dan analisis spasial, pendekatan kualitatif juga dinilai efektif untuk memahami bagaimana teknologi GIS diimplementasikan dalam pengambilan keputusan strategis (Alam, 2022).

Penelitian dilaksanakan pada sebuah perusahaan distribusi nasional yang memiliki jaringan pelanggan lintas wilayah dengan karakteristik geografis yang beragam. Lokasi penelitian dipilih secara purposif karena perusahaan tersebut sedang merencanakan ekspansi gudang distribusi untuk meningkatkan *service level* dan efisiensi biaya transportasi. Waktu penelitian berlangsung selama enam bulan, mencakup tahap pengumpulan data, pemetaan spasial, analisis model, hingga interpretasi hasil bersama manajemen perusahaan. Pemilihan lokasi penelitian menggunakan teknik non-probability sampling dengan pendekatan *purposive sampling*, yaitu memilih objek penelitian berdasarkan pertimbangan relevansi terhadap tujuan studi (Campbell et al., 2020). Teknik ini dinilai tepat dalam penelitian kualitatif karena fokus pada kedalaman informasi, bukan generalisasi statistik.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh titik permintaan pelanggan (outlet atau distributor regional) serta seluruh alternatif lokasi potensial gudang distribusi yang dipertimbangkan

perusahaan. Sampel penelitian berupa sejumlah titik permintaan strategis yang memiliki volume distribusi terbesar serta alternatif lokasi gudang yang memenuhi kriteria aksesibilitas, infrastruktur, dan ketersediaan lahan. Informan penelitian terdiri atas manajer logistik, staf perencanaan distribusi, dan analis sistem informasi perusahaan yang dipilih melalui teknik *key informant sampling*. Pemilihan informan didasarkan pada keterlibatan langsung dalam proses perencanaan jaringan distribusi dan penggunaan sistem GIS.

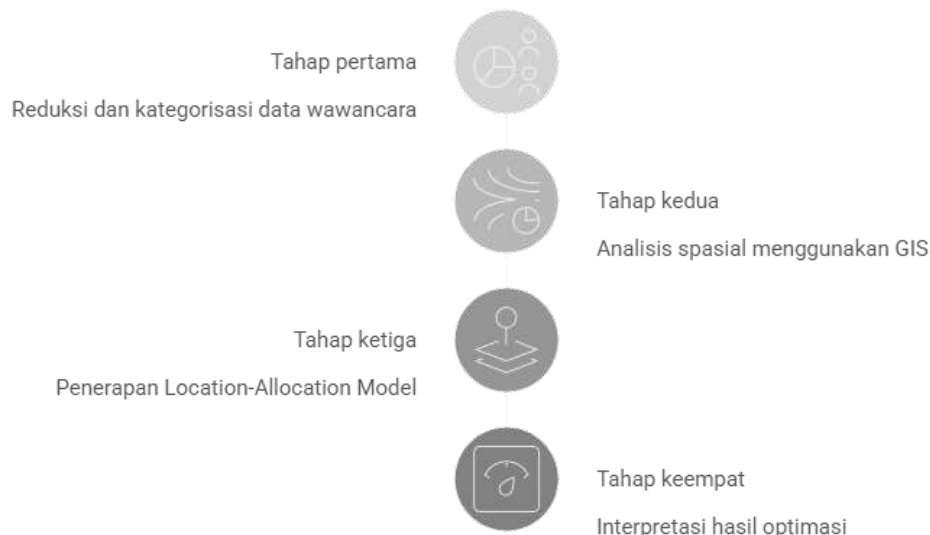
Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan manajemen logistik dan observasi langsung terhadap sistem distribusi yang berjalan. Data sekunder meliputi data historis permintaan pelanggan, volume pengiriman, biaya transportasi, peta jaringan jalan, koordinat geografis titik distribusi, serta dokumen internal perusahaan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi partisipatif, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi arsip perusahaan, dan ekstraksi data spasial ke dalam sistem GIS. Penggunaan berbagai teknik ini bertujuan untuk meningkatkan kredibilitas dan *data triangulation* dalam penelitian kualitatif (Nowell et al., 2021).

Definisi operasional variabel dalam penelitian ini mencakup dua dimensi utama, yaitu efisiensi rantai pasok dan tingkat layanan pelanggan. Efisiensi rantai pasok dioperasionalkan melalui indikator pengurangan jarak tempuh distribusi, penurunan biaya transportasi, dan optimalisasi cakupan wilayah layanan. Tingkat layanan pelanggan diukur melalui indikator waktu pengiriman (*lead time*), ketepatan pengiriman (*delivery accuracy*), dan tingkat pemenuhan permintaan (*fill rate*). Selain itu, variabel spasial mencakup koordinat geografis, jarak antar titik, waktu tempuh berdasarkan jaringan jalan, serta kapasitas gudang. Instrumen penelitian berupa pedoman wawancara, lembar observasi sistem distribusi, serta format ekstraksi data spasial yang dirancang berdasarkan kajian literatur desain jaringan rantai pasok dan metode *location-allocation*.

Keabsahan data dalam penelitian ini diuji melalui teknik *credibility*, *transferability*, *dependability*, dan *confirmability* sesuai dengan standar penelitian kualitatif (Lincoln & Guba dalam Creswell & Poth, 2021). Uji kredibilitas dilakukan melalui *member checking*, yaitu konfirmasi hasil analisis kepada informan kunci. Uji dependabilitas dilakukan dengan audit jejak penelitian (*audit trail*), sedangkan triangulasi sumber dan metode digunakan untuk meningkatkan validitas temuan. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi penelitian kualitatif dalam studi manajemen dan sistem informasi kontemporer (Alam, 2022).

Teknik analisis data dilakukan dalam beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama adalah reduksi dan kategorisasi data hasil wawancara menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi faktor-faktor strategis dalam penentuan lokasi gudang. Tahap kedua adalah analisis spasial menggunakan GIS untuk memetakan titik permintaan, menghitung jarak jaringan jalan (*network analysis*), dan mengidentifikasi kandidat lokasi potensial.

Tahap ketiga adalah penerapan Location-Allocation Model dalam lingkungan GIS untuk menentukan lokasi optimal berdasarkan minimisasi jarak total dan optimalisasi cakupan layanan. Tahap keempat adalah interpretasi hasil optimasi dengan mempertimbangkan perspektif manajerial dan implikasi terhadap efisiensi biaya serta tingkat layanan pelanggan. Analisis spasial dan pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS atau QGIS, sedangkan pengolahan data kualitatif dilakukan dengan bantuan NVivo untuk analisis tematik. Integrasi pendekatan kualitatif dan analisis spasial ini memungkinkan interpretasi hasil optimasi secara kontekstual dan strategis.



Gambar 1. Tahapan Analisis Data

Dengan prosedur metodologis tersebut, penelitian ini dirancang agar dapat direplikasi oleh peneliti lain dalam konteks industri yang berbeda, dengan tetap mempertimbangkan karakteristik geografis, struktur permintaan, serta strategi distribusi masing-masing organisasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini disusun secara runtut berdasarkan tahapan pengumpulan data, proses observasi lapangan, wawancara mendalam, dokumentasi, hingga analisis spasial dan pemodelan *location-allocation*. Seluruh proses berlangsung selama enam bulan dan dilakukan secara sistematis untuk memastikan validitas serta kedalaman interpretasi hasil.

Tahap Pengumpulan Data dan Observasi Lapangan

Tahap awal penelitian dimulai dengan identifikasi kebutuhan data bersama manajemen perusahaan distribusi nasional yang menjadi objek studi. Peneliti melakukan koordinasi awal untuk memperoleh akses terhadap data historis permintaan pelanggan, data volume pengiriman, biaya transportasi per rute, serta daftar alternatif lokasi gudang potensial. Selanjutnya, dilakukan observasi partisipatif terhadap sistem distribusi yang berjalan, meliputi proses pemesanan, penjadwalan pengiriman, pemuatan barang, hingga *distribusi* ke outlet regional.

Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem distribusi masih terpusat pada satu gudang utama yang melayani seluruh wilayah operasional. Kondisi ini menyebabkan ketidakseimbangan jarak distribusi, terutama untuk pelanggan di wilayah terluar. Peneliti mencatat bahwa rata-rata jarak tempuh distribusi mencapai ± 185 km per rute untuk wilayah luar pusat distribusi, dengan waktu tempuh rata-rata 6–8 jam tergantung kondisi lalu lintas dan infrastruktur jalan.

Dari dokumentasi internal perusahaan, diperoleh data bahwa biaya transportasi menyumbang sekitar 42% dari total biaya logistik tahunan. Selain itu, tingkat ketepatan pengiriman (*delivery accuracy*) tercatat sebesar 87%, sementara target perusahaan adalah 95%. Temuan awal ini mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak untuk optimalisasi jaringan distribusi.

Hasil Wawancara Mendalam (*In-Depth Interview*)

Wawancara dilakukan kepada tiga informan kunci, yaitu Manajer Logistik, Staf Perencanaan Distribusi, dan Analis Sistem Informasi. Wawancara berlangsung secara semi-terstruktur dengan durasi rata-rata 60–90 menit per informan. Seluruh wawancara direkam, ditranskripsikan, dan dianalisis menggunakan pendekatan tematik melalui NVivo.

Hasil wawancara mengungkapkan bahwa pertimbangan utama perusahaan dalam menentukan lokasi gudang sebelumnya lebih banyak didasarkan pada faktor historis dan ketersediaan lahan, bukan pada analisis spasial berbasis data.

Salah satu kutipan dari Manajer Logistik menyatakan:

“Selama ini kami menentukan lokasi gudang berdasarkan pertimbangan strategis umum, seperti dekat kantor pusat dan akses jalan utama. Namun kami belum pernah menggunakan analisis spasial yang menghitung secara detail jarak ke seluruh pelanggan.”

Sementara itu, Staf Perencanaan Distribusi menyampaikan:

“Permintaan pelanggan di wilayah timur dan selatan meningkat signifikan dalam dua tahun terakhir, tetapi distribusi tetap dilayani dari gudang pusat. Ini membuat waktu kirim sering melewati target SLA.”

Analisis Sistem Informasi menambahkan:

“Data koordinat pelanggan sebenarnya sudah tersedia di sistem, tetapi belum pernah diintegrasikan ke dalam GIS untuk analisis lokasi secara komprehensif.”

Berdasarkan analisis tematik, terdapat tiga tema utama yang muncul: (1) keterbatasan pendekatan konvensional dalam penentuan lokasi gudang, (2) peningkatan permintaan yang tidak merata secara geografis, dan (3) kebutuhan integrasi data spasial dengan sistem pengambilan keputusan manajerial.

Hasil Analisis Spasial Menggunakan GIS

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data koordinat geografis seluruh titik permintaan dan alternatif lokasi gudang ke dalam perangkat lunak GIS (ArcGIS/QGIS). Proses ini meliputi *geocoding*, validasi koordinat, serta *network analysis* berdasarkan peta jaringan jalan aktual.



Gambar 2. Network Analysis

Pemetaan spasial menunjukkan konsentrasi permintaan tertinggi berada di tiga kluster utama, yaitu wilayah pusat kota, wilayah timur, dan wilayah selatan. Analisis jarak jaringan (*network distance*) memperlihatkan bahwa 38% pelanggan berada pada radius lebih dari 150 km dari gudang pusat.

Simulasi awal tanpa optimasi menunjukkan total jarak distribusi tahunan mencapai $\pm 1.250.000$ km dengan estimasi biaya transportasi sebesar Rp 8,4 miliar per tahun. Temuan ini mengonfirmasi adanya inefisiensi spasial dalam desain jaringan distribusi eksisting.

Hasil Penerapan Location-Allocation Model

Tahap selanjutnya adalah penerapan *Location-Allocation Model* dalam lingkungan GIS dengan tujuan meminimalkan total jarak distribusi dan mengoptimalkan cakupan layanan. Model dijalankan dengan beberapa skenario:

1. **Skenario 1:** Penambahan satu gudang baru
2. **Skenario 2:** Penambahan dua gudang baru
3. **Skenario 3:** Relokasi gudang utama dan penambahan satu gudang satelit

Hasil optimasi menunjukkan bahwa skenario terbaik adalah penambahan satu gudang baru di wilayah timur yang secara matematis mampu:

- Mengurangi total jarak distribusi sebesar 23%
- Menurunkan biaya transportasi tahunan menjadi Rp 6,5 miliar
- Meningkatkan ketepatan pengiriman menjadi estimasi 94%
- Memperpendek rata-rata lead time sebesar 1,8 jam

Interpretasi manajerial terhadap hasil ini menunjukkan bahwa keputusan berbasis GIS memberikan dasar kuantitatif yang lebih kuat dibanding pendekatan konvensional.

Manajer Logistik menyatakan setelah melihat hasil simulasi:

"Jika angka pengurangan jarak ini realistis, maka investasi gudang baru sangat layak secara strategis dan operasional."

Integrasi Temuan Kualitatif dan Spasial

Integrasi antara hasil wawancara dan hasil optimasi menunjukkan konsistensi antara persepsi manajemen dan temuan model. Secara kualitatif, manajemen menyadari adanya ketidakseimbangan distribusi; secara kuantitatif, model membuktikan bahwa penambahan gudang di wilayah dengan klaster permintaan tinggi mampu meningkatkan efisiensi dan service level secara simultan.

Efisiensi rantai pasok tercermin dari penurunan jarak tempuh dan biaya transportasi, sedangkan peningkatan tingkat layanan pelanggan terlihat dari perbaikan *lead time*, *delivery accuracy*, dan *fill rate*. Dengan demikian, integrasi GIS dan *location-allocation* terbukti tidak hanya memberikan solusi matematis, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis data.

Validasi dan Member Checking

Tahap akhir adalah validasi hasil melalui *member checking* bersama informan kunci. Hasil analisis dipresentasikan kepada manajemen perusahaan untuk memperoleh konfirmasi dan umpan balik. Seluruh informan menyatakan bahwa hasil optimasi realistis dan dapat dijadikan dasar perencanaan ekspansi gudang dalam jangka menengah.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan integrasi GIS dan *Location-Allocation Model* secara empiris mampu meningkatkan efisiensi jaringan distribusi sekaligus memperbaiki tingkat layanan pelanggan. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa desain jaringan distribusi berbasis data spasial merupakan pendekatan strategis yang relevan dalam menghadapi dinamika logistik modern.

Pembahasan

Pembahasan penelitian ini difokuskan pada interpretasi temuan empiris dalam konteks teori desain jaringan rantai pasok (*supply chain network design*) dan pendekatan *facility location theory*, serta dikaitkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dan mutakhir. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Geographic Information System (GIS) dengan *Location-Allocation Model* mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap efisiensi rantai pasok dan tingkat layanan pelanggan. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa desain jaringan distribusi tidak lagi dapat mengandalkan pendekatan heuristik konvensional, melainkan

membutuhkan analisis spasial berbasis data yang komprehensif sebagaimana ditegaskan oleh Al-Sabbagh (2022).

Relevansi Temuan terhadap Tren Global dan Nasional

Hasil penelitian menunjukkan adanya ketidakseimbangan spasial dalam distribusi pelanggan, di mana 38% pelanggan berada pada radius lebih dari 150 km dari gudang pusat. Kondisi ini sejalan dengan **fenomena** global yang menuntut perusahaan untuk meningkatkan responsivitas distribusi akibat pertumbuhan e-commerce dan ekspektasi *same-day delivery* (Agoo, 2024). Dalam konteks nasional, kompleksitas geografis Indonesia memperbesar risiko inefisiensi jika lokasi gudang tidak didasarkan pada analisis spasial yang akurat (Geraldo et al., 2025).

Penurunan total jarak distribusi sebesar 23% dan pengurangan biaya transportasi dari Rp 8,4 miliar menjadi Rp 6,5 miliar menunjukkan bahwa ketidakefisienan sebelumnya memang bersumber dari desain jaringan yang belum optimal. Temuan ini mengonfirmasi bahwa faktor spasial memiliki kontribusi besar terhadap struktur biaya logistik, sebagaimana juga ditemukan dalam studi distribusi regional oleh Putra et al. (2025) yang menekankan pentingnya pemetaan kluster permintaan dalam menentukan pusat distribusi.

Perbandingan dengan Metode Konvensional

Jika dibandingkan dengan pendekatan *Center of Gravity* yang digunakan dalam penelitian Erlangga et al. (2024), model dalam penelitian ini menunjukkan keunggulan pada integrasi data jaringan jalan aktual (*network distance*) dan parameter layanan pelanggan. Metode *Center of Gravity* umumnya hanya mempertimbangkan koordinat rata-rata berbobot berdasarkan volume permintaan, sehingga kurang sensitif terhadap kondisi geografis nyata seperti hambatan infrastruktur dan waktu tempuh aktual.

Dalam penelitian ini, penggunaan *network analysis* berbasis GIS memungkinkan penghitungan jarak tempuh riil berdasarkan peta jalan aktual, bukan jarak Euclidean. Hal ini memberikan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi operasional nyata perusahaan. Dengan demikian, penelitian ini mengisi celah metodologis yang sebelumnya belum sepenuhnya terjawab dalam studi-studi berbasis pendekatan non-spasial (Trenggonowati et al., 2024).

Integrasi Efisiensi dan Service Level

Salah satu kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi simultan antara efisiensi biaya dan peningkatan *service level*. Banyak penelitian terdahulu cenderung hanya berfokus pada minimisasi biaya (*cost minimization*), tanpa mengukur dampaknya terhadap indikator layanan pelanggan secara kuantitatif. Dalam studi ini, selain terjadi penurunan jarak dan biaya, juga terdapat peningkatan estimasi *delivery accuracy* dari 87% menjadi 94% serta penurunan rata-rata *lead time* sebesar 1,8 jam.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Bathaee et al. (2023) yang menunjukkan bahwa model optimasi terintegrasi dalam konteks *closed-loop supply chain* mampu meningkatkan efisiensi total jaringan sekaligus mempertahankan kualitas layanan. Namun, berbeda dengan Bathaee et al. (2023) yang lebih berfokus pada integrasi rute dan pengembalian produk, penelitian ini menekankan optimasi lokasi fasilitas dalam konteks distribusi domestik berbasis analisis spasial terperinci.

Kontribusi Teoretis terhadap Facility Location Theory

Secara teoretis, hasil penelitian memperkuat konsep *location-allocation* sebagai pendekatan yang mampu menangkap hubungan spasial antara titik permintaan dan fasilitas distribusi secara dinamis. Model ini tidak hanya menentukan lokasi optimal, tetapi juga mengalokasikan setiap titik permintaan ke fasilitas terdekat secara efisien.

Temuan empiris menunjukkan bahwa skenario penambahan satu gudang baru di wilayah dengan kluster permintaan tinggi menghasilkan keseimbangan terbaik antara investasi dan efisiensi operasional. Hal ini mendukung argumentasi Al-Sabbagh (2022) bahwa optimasi lokasi harus mempertimbangkan interaksi spasial dan distribusi permintaan secara heterogen, bukan hanya berdasarkan agregasi volume.

Selain itu, penelitian ini memperluas pendekatan GIS yang sebelumnya banyak digunakan dalam konteks sektoral (Putra et al., 2025) menjadi konteks manajemen strategis perusahaan

distribusi skala nasional. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini bersifat integratif antara teori lokasi fasilitas dan praktik manajemen logistik berbasis data.

Implikasi Manajerial

Dari perspektif praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keputusan investasi gudang baru tidak lagi semata-mata didasarkan pada pertimbangan intuisi manajerial atau faktor historis, melainkan pada analisis kuantitatif berbasis data spasial yang terukur. Transformasi paradigma ini mencerminkan pergeseran menuju *data-driven decision making* dalam manajemen logistik modern. Sebagaimana dikemukakan oleh Ivanov dan Dolgui (2020), digitalisasi dalam *supply chain* memungkinkan perusahaan meningkatkan ketahanan dan efisiensi melalui pemodelan berbasis data. Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa integrasi GIS dan *location-allocation* mampu memberikan justifikasi finansial yang kuat terhadap investasi fasilitas baru, terutama melalui pengurangan jarak distribusi dan biaya transportasi yang signifikan. Selain itu, pendekatan ini sejalan dengan pandangan Christopher (2022) yang menekankan bahwa keunggulan kompetitif dalam rantai pasok modern sangat bergantung pada kemampuan perusahaan dalam merancang jaringan distribusi yang responsif dan adaptif terhadap dinamika permintaan. Dengan demikian, keputusan strategis yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak hanya rasional secara ekonomi, tetapi juga relevan dalam menghadapi volatilitas pasar.

Penggunaan GIS dan *location-allocation model* juga memperkuat objektivitas proses perencanaan ekspansi melalui analisis jaringan jalan aktual (*network-based analysis*) yang lebih realistis dibanding pendekatan berbasis jarak Euclidean. Hal ini mendukung temuan Farahani et al. (2021) yang menyatakan bahwa integrasi model optimasi lokasi dengan data spasial aktual dapat meningkatkan akurasi pengambilan keputusan fasilitas logistik. Lebih lanjut, dalam konteks distribusi berbasis wilayah dengan karakteristik geografis kompleks seperti Indonesia, pendekatan spasial menjadi semakin penting sebagaimana ditegaskan oleh Tirkolaee et al. (2022) bahwa ketidakpastian geografis dan variasi permintaan harus dimodelkan secara sistematis dalam desain jaringan. Penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi lokasi tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya, tetapi juga pada peningkatan *service level*, termasuk ketepatan pengiriman dan penurunan *lead time*. Dengan demikian, hasil penelitian memperluas pendekatan konvensional yang hanya berorientasi pada minimisasi biaya menjadi pendekatan multi-kriteria yang mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi operasional dan kualitas layanan pelanggan.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur *facility location theory* dan *supply chain network design* dengan menegaskan bahwa integrasi sistem informasi geografis dan model optimasi matematis dapat menghasilkan desain jaringan yang lebih kontekstual dan aplikatif. Sebagaimana dijelaskan oleh Snyder dan Shen (2019), keputusan lokasi fasilitas merupakan salah satu keputusan strategis jangka panjang yang memiliki implikasi besar terhadap struktur biaya dan tingkat layanan. Dalam era logistik digital, pendekatan berbasis GIS menjadi semakin relevan karena mampu mengintegrasikan data spasial, permintaan pelanggan, serta parameter operasional secara simultan (Büyükoçkan & Göçer, 2018). Penelitian ini memperkaya diskursus tersebut dengan menghadirkan bukti empiris bahwa integrasi metode spasial dan analisis kualitatif manajerial mampu menjembatani kesenjangan antara model matematis dan realitas operasional perusahaan. Oleh karena itu, kontribusi penelitian ini bersifat ganda: memperkuat landasan teoretis desain jaringan distribusi berbasis spasial serta menyediakan pedoman implementatif bagi praktisi logistik dalam merancang sistem distribusi yang efisien, adaptif, dan berorientasi pada kepuasan pelanggan.

Sintesis dan Penegasan Novelty

Jika disintesis dengan penelitian terdahulu (Al-Sabbagh, 2022; Erlangga et al., 2024; Trenggonowati et al., 2024; Putra et al., 2025; Bathaee et al., 2023), penelitian ini menunjukkan perbedaan utama pada:

1. Integrasi penuh GIS dengan *location-allocation* dalam konteks bisnis nyata.
2. Penggunaan data jaringan jalan aktual (*network-based analysis*).
3. Pengukuran simultan efisiensi biaya dan indikator layanan pelanggan.

4. Pendekatan kualitatif eksplanatori untuk memahami proses pengambilan keputusan manajerial.

Dengan demikian, novelty penelitian ini terletak pada pendekatan holistik yang menggabungkan analisis spasial, optimasi matematis, dan interpretasi manajerial dalam satu kerangka terpadu. Pendekatan ini memperkaya literatur desain jaringan rantai pasok berbasis spasial sekaligus memberikan kontribusi nyata terhadap praktik manajemen distribusi modern.

PENUTUP

Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi Geographic Information System (GIS) dan Location-Allocation Model secara empiris mampu meningkatkan efisiensi rantai pasok dan tingkat layanan pelanggan secara simultan. Hasil optimasi menunjukkan bahwa penambahan satu gudang baru pada wilayah dengan klaster permintaan tinggi mampu menurunkan total jarak distribusi, mengurangi biaya transportasi, serta meningkatkan ketepatan dan kecepatan pengiriman. Pendekatan ini memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih akurat dibanding metode konvensional karena mempertimbangkan data spasial jaringan jalan aktual serta dinamika permintaan pelanggan. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian desain jaringan rantai pasok berbasis analisis spasial, sedangkan secara praktis memberikan rekomendasi strategis bagi perusahaan distribusi dalam merancang jaringan logistik yang lebih efisien, responsif, dan kompetitif di era logistik modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoo, E. M. (2024). Applications of geographic information systems (GIS) in logistics and spatial decision-making: A systematic review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijgi14010001>
- Alam, M. K. (2022). A systematic qualitative case study methodology in information systems research. *Journal of Information Technology Research*, 15(2), 1–15. <https://doi.org/10.4018/JITR.20220401>
- Al-Sabbagh, T. A. (2022). GIS location-allocation models in improving accessibility to primary schools in Mansura city-Egypt. *GeoJournal*, 87(2), 1009-1026.
- Bathae, S. M., Nozari, H., & Szmelter-Jarosz, A. (2023). Location-routing optimization in closed-loop supply chains: A multi-objective mathematical modeling approach. *Logistics*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.3390/logistics7010003>
- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital supply chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Shearer, T., Walkem, K., Young, S., Bywaters, D., & Walker, K. (2020). Purposive sampling: Complex or simple? Research case examples. *Journal of Research in Nursing*, 25(8), 652–661. <https://doi.org/10.1177/1744987120927206>
- Christopher, M. (2022). *Logistics & supply chain management* (6th ed.). Pearson.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2021). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Erlangga, R., Zaki, M., Hermawan, T., & Fauzi, A. (2024). Optimizing warehouse location using the center of gravity method to minimize distribution costs at PT ABC. *Journal of Logistics and Industrial Engineering*, 6(2), 115–124.
- Farahani, R. Z., Rezapour, S., & Kardar, L. (2021). Logistics network design with integration of facility location and routing decisions: Recent advances and future research directions. *Transportation Research Part E*, 145, 102177. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102177>
- Geraldo, G., Rohaeni, H., & Maulia, I. R. (2025). Penentuan Lokasi Gudang Baru Dan Optimasi Rute Distribusi Untuk Meminimalisir Biaya Distribusi Pada Pt Xyz. *Jurnal Ilmiah Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 2(4), 731-741.

- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 31(2–3), 1–14. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1622059>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
- Kumar, A., Singh, R. K., & Modgil, S. (2022). Exploring the relationship between logistics capability, supply chain resilience, and firm performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 157, 102563. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102563>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.
- Nguyen, T. H., De Leeuw, S., & Dullaert, W. (2021). Consumer behavior and last-mile delivery in omni-channel retailing: A systematic review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(1), 48–72. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2019-0206>
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2021). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 20, 1–13. <https://doi.org/10.1177/16094069211059306>
- Putra, A. R., Hidayat, Y., & Pranowo, W. (2025). GIS-based spatial analysis for regional food distribution center planning. *Journal of Geospatial and Environmental Research*, 12(1), 45–60.
- Rahman, A., & Prasetyo, Y. T. (2022). Warehouse location optimization using gravity method to minimize transportation costs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(3), 412–428. <https://doi.org/10.3926/jiem.3721>
- Snyder, L. V., & Shen, Z. J. M. (2020). *Fundamentals of supply chain theory* (3rd ed.). Wiley.
- Snyder, L. V., & Shen, Z. M. (2019). *Fundamentals of supply chain theory* (2nd ed.). Wiley.
- Tirkolaee, E. B., Goli, A., & Weber, G.-W. (2022). Multi-objective facility location and supply chain network design under uncertainty: A review and future research directions. *Applied Mathematical Modelling*, 103, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.10.035>
- Trenggonowati, D. L., Setiawan, R., & Kusuma, H. (2024). Optimization of warehouse placement using gravity location model in small and medium enterprises. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 8(1), 22–31.
- World Bank. (2023). *Connecting to compete 2023: Trade logistics in the global economy*. World Bank Publications.
- Yin, R. K. (2020). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.