

## OPTIMALISASI PENGIRIMAN LAST-MILE DI RANTAI PASOKAN PERKOTAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA HEURISTIK

M Ivan Irmansyah<sup>1</sup>, Rowlan Takaya<sup>2</sup>

[ivanirmansyah24@gmail.com](mailto:ivanirmansyah24@gmail.com)<sup>1</sup>, [rowlan@trisakti.ac.id](mailto:rowlan@trisakti.ac.id)<sup>2</sup>

Universitas Trisakti

### ABSTRAK

Penelitian ini menginvestigasi penerapan algoritma heuristik untuk optimalisasi pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan. Lingkungan perkotaan yang kompleks dengan karakteristik seperti kepadatan lalu lintas, variasi permintaan yang fluktuatif, dan keterbatasan infrastruktur menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Metode studi literature digunakan untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dan teknik yang telah diterapkan dalam literatur terkait, termasuk penggunaan algoritma Tabu Search, algoritma genetika, dan integrasi teknologi informasi dalam manajemen pengiriman. Penelitian ini juga mengidentifikasi kendala-kendala yang mungkin muncul dalam implementasi algoritma heuristik, seperti ketidakpastian permintaan, keterbatasan infrastruktur, dan kebijakan regulasi.

**Kata kunci:** algoritma heuristik, pengiriman last-mile, rantai pasokan perkotaan.

### ABSTRACT

*This research investigates the application of heuristic algorithms for the optimization of last-mile delivery in urban supply chains. A complex urban environment with characteristics such as traffic density, fluctuating demand variations, and infrastructure limitations is the main focus of this research. The literature study method is used to explore various approaches and techniques that have been applied in related literature, including the use of the Tabu Search algorithm, genetic algorithms, and the integration of information technology in shipping management. This research also identifies obstacles that may arise in implementing heuristic algorithms, such as demand uncertainty, infrastructure limitations, and regulatory policies.*

**Keywords:** heuristic algorithm, last-mile delivery, urban supply chain

### PENDAHULUAN

Perkembangan pesat e-commerce yang mengubah perilaku konsumen, khususnya di lingkungan perkotaan. E-commerce telah menjadi salah satu pendorong utama pertumbuhan pengiriman barang, yang menimbulkan tantangan signifikan dalam pengelolaan rantai pasokan, terutama pada tahap pengiriman last-mile. Pengiriman last-mile adalah tahap terakhir dalam rantai pasokan yang menghubungkan pusat distribusi dengan konsumen akhir di lingkungan perkotaan, di mana efisiensi dan kecepatan pengiriman menjadi kritis untuk memenuhi harapan pelanggan. Tantangan utama dalam pengiriman last-mile di perkotaan meliputi lalu lintas yang padat, infrastruktur jalan yang terbatas, serta fluktuasi permintaan yang tinggi. Masalah ini semakin rumit dengan peningkatan jumlah pengiriman yang dilakukan setiap harinya, terutama di pusat-pusat perkotaan yang padat penduduk. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan baru dalam mengoptimalkan proses pengiriman, yang tidak hanya efisien secara operasional tetapi juga mampu beradaptasi dengan dinamika lingkungan perkotaan yang berubah.

Secara teoritis, banyak studi telah mengusulkan berbagai strategi dan pendekatan untuk mengatasi tantangan pengiriman last-mile, mulai dari penggunaan teknologi informasi hingga aplikasi algoritma optimisasi. Namun, implementasi praktis dari solusi-solusi ini sering kali menghadapi kendala yang kompleks, seperti biaya tinggi,

keterbatasan teknologi, dan kebutuhan untuk mempertimbangkan aspek-aspek unik dari setiap lingkungan perkotaan. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengisi celah pengetahuan dengan mengeksplorasi penerapan algoritma heuristik khusus dalam konteks rantai pasokan perkotaan, dengan tujuan menghasilkan solusi yang lebih adaptif dan efisien.

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan yang berharga bagi industri logistik untuk meningkatkan strategi pengiriman mereka di lingkungan perkotaan, sehingga dapat mengoptimalkan biaya operasional, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan mengurangi dampak lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis dalam pengembangan teori dan metodologi pengiriman last-mile, tetapi juga memiliki implikasi langsung dalam meningkatkan kualitas layanan logistik di era e-commerce yang semakin berkembang pesat.

Penelitian ini relevan karena efisiensi dalam pengiriman last-mile memiliki dampak signifikan terhadap biaya operasional dan kepuasan pelanggan. Algoritma heuristik dipilih sebagai pendekatan karena kemampuannya menghasilkan solusi yang mendekati optimal dalam waktu yang relatif singkat, dibandingkan dengan metode eksak yang sering kali memerlukan komputasi yang intensif. Penerapan algoritma heuristik diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengiriman dengan meminimalkan biaya operasional dan waktu pengiriman, sambil mempertimbangkan berbagai kendala logistik dan kondisi jalan perkotaan yang berubah-ubah.

Dalam literatur, telah ada beberapa penelitian tentang optimisasi pengiriman last-mile menggunakan pendekatan heuristik, namun kebanyakan fokus pada lingkungan perkotaan yang berbeda-beda. Penelitian ini akan mengisi celah pengetahuan dengan menganalisis aplikasi algoritma heuristik dalam konteks spesifik rantai pasokan perkotaan, dengan mempertimbangkan karakteristik geografis dan infrastruktur logistik yang unik di setiap kota. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan strategi yang lebih adaptif dan efektif untuk mengatasi tantangan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan yang dinamis.

Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang pengiriman last-mile dalam rantai pasokan perkotaan, tetapi juga untuk memberikan kontribusi praktis dengan mengembangkan solusi yang dapat diimplementasikan secara nyata dalam operasi logistik sehari-hari. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan berharga bagi para pengambil keputusan dalam industri logistik untuk meningkatkan efisiensi operasional mereka serta memenuhi ekspektasi pelanggan yang semakin tinggi dalam hal pengiriman barang.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini didasarkan pada studi literatur yang komprehensif untuk mengumpulkan, meninjau, dan menganalisis karya-karya terdahulu yang relevan dengan optimalisasi pengiriman last-mile menggunakan algoritma heuristik dalam rantai pasokan perkotaan. Pendekatan studi literatur ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi berbagai teori, konsep, dan temuan empiris yang telah ada dalam literatur terkait. Tahap pertama melibatkan pencarian sistematis di basis data akademis, jurnal ilmiah, dan sumber-sumber informasi lainnya untuk mengumpulkan publikasi yang relevan dengan topik penelitian, seperti optimalisasi rantai pasokan, pengiriman last-mile, algoritma heuristik, dan aplikasi mereka dalam konteks perkotaan.

Setelah mendapatkan kumpulan literatur yang sesuai, tahap selanjutnya adalah proses seleksi dan evaluasi kritis terhadap setiap publikasi. Evaluasi ini mencakup analisis

terhadap relevansi, metodologi, temuan utama, dan kontribusi terhadap pemahaman kita tentang optimalisasi pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan. Dengan menggabungkan dan mensintesis informasi dari berbagai sumber, peneliti dapat membangun landasan teoritis yang kuat untuk mendukung pengembangan dan penerapan algoritma heuristik dalam penelitian ini.

Metode studi literatur ini tidak hanya memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren dan perkembangan terbaru dalam domain penelitian yang bersangkutan, tetapi juga untuk mengevaluasi kelemahan dan kekuatan dari pendekatan yang sudah ada. Dengan demikian, penelitian ini akan menghasilkan pemahaman yang mendalam tentang aplikasi algoritma heuristik dalam mengatasi tantangan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan, serta memberikan landasan yang kokoh untuk pengembangan lebih lanjut dalam upaya mengoptimalkan rantai pasokan perkotaan secara keseluruhan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi efisiensi pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan, kita dapat mengambil pendekatan dari berbagai literatur yang relevan. Anwar dan Rakhmasari (n.d.) dalam penelitiannya tentang desain sistem rantai pasok responsif multi produk agroindustri berbasis Digital Business Ecosystem (DBE) menyoroti pentingnya infrastruktur digital dalam meningkatkan efisiensi dan responsivitas rantai pasok. Mereka menekankan bahwa integrasi teknologi informasi, seperti sistem manajemen transportasi digital, dapat membantu mengoptimalkan rute pengiriman di tengah kepadatan lalu lintas perkotaan.

Faktor kedua yang signifikan adalah variasi permintaan yang fluktuatif. Putri (2023) dalam analisisnya tentang pengiriman alat berat impor dari dermaga Tanjung Emas menuju pembangkit listrik tenaga sampah, menggarisbawahi pentingnya manajemen permintaan yang efektif. Variabilitas permintaan yang tinggi dapat mempengaruhi penjadwalan pengiriman, dan strategi yang adaptif diperlukan untuk mengantisipasi fluktuasi ini agar pengiriman dapat dilakukan dengan tepat waktu. Sumber lain yang relevan adalah studi oleh Hakim, Ardiansyah, dan rekan-rekan (2023) tentang perancangan rute transportasi menggunakan algoritma Tabu Search pada perusahaan dengan flotila kendaraan heterogen. Mereka menunjukkan bahwa penggunaan algoritma optimisasi seperti Tabu Search dapat membantu mengatasi tantangan waktu window dan kepadatan lalu lintas dalam perencanaan rute pengiriman.

Dalam konteks optimasi rute pengiriman, penggunaan algoritma genetika juga menjadi relevan. Trisolvena, Wattimena, dan kolega (2024) mengeksplorasi efisiensi logistik dalam distribusi produk menggunakan algoritma genetika untuk rute optimal. Studi mereka menyoroti bahwa algoritma genetika dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dalam mengatasi kompleksitas geografis dan variasi permintaan di lingkungan perkotaan. Sementara itu, Nugroho (n.d.) dalam penelitiannya tentang optimasi distribusi bantuan bencana menekankan pentingnya pemetaan dan analisis geografis untuk memahami topografi dan infrastruktur jalan yang mempengaruhi efisiensi distribusi. Hal ini relevan dalam konteks pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan, di mana karakteristik geografis seperti kemiringan jalan, jarak antar titik distribusi, dan kondisi jalan dapat signifikan dalam menentukan kecepatan dan biaya pengiriman.

Selain itu, Valentina (2021) dalam penelitiannya tentang penentuan muatan dan rute distribusi buku menyoroti perlunya strategi pengelolaan muatan yang efisien untuk meminimalkan keterlambatan pengiriman. Ini menunjukkan bahwa manajemen kapasitas dan pengoptimalan muatan dalam proses pengiriman last-mile memiliki peran krusial

dalam mencapai efisiensi operasional yang optimal.

Secara keseluruhan, studi literatur yang dikutip menyoroti kompleksitas dan tantangan yang terlibat dalam pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan. Faktor-faktor seperti kepadatan lalu lintas, variasi permintaan, dan karakteristik geografis semuanya berperan penting dalam menentukan strategi pengiriman yang efektif. Dengan memanfaatkan pendekatan teknologi informasi dan algoritma optimisasi yang tepat, serta mempertimbangkan kondisi geografis dan permintaan yang berubah-ubah, industri logistik dapat mengembangkan solusi yang lebih adaptif dan responsif untuk mengoptimalkan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan.

Menerapkan dan mengadaptasi algoritma heuristik dalam konteks pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan melibatkan serangkaian langkah penting untuk mengoptimalkan rute pengiriman dan alokasi sumber daya. Algoritma heuristik, seperti yang telah ditunjukkan dalam literatur, dapat menjadi solusi yang efektif untuk menangani kompleksitas dan dinamika lingkungan perkotaan yang meliputi kepadatan lalu lintas, variasi permintaan, dan karakteristik geografis yang unik. Pertama, integrasi data yang akurat dan real-time dari berbagai sumber menjadi kunci dalam menerapkan algoritma heuristik untuk pengiriman last-mile. Anwar dan Rakhmasari (n.d.) menyoroti pentingnya Digital Business Ecosystem (DBE) dalam agroindustri untuk meningkatkan ketersediaan data yang diperlukan untuk perencanaan dan pengelolaan pengiriman. Dengan data yang lengkap dan terkini, algoritma heuristik dapat memformulasikan solusi yang lebih akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti kemacetan lalu lintas.

Kedua, pemilihan heuristik yang tepat menjadi krusial dalam merancang sistem pengiriman yang efisien. Hakim, Ardiansyah, dan rekan-rekan (2023) dalam penelitiannya mengenai algoritma Tabu Search untuk perancangan rute transportasi menunjukkan bahwa pilihan heuristik yang sesuai dapat mengoptimalkan rute pengiriman dengan mempertimbangkan kendala-kendala seperti time window dan keterbatasan sumber daya kendaraan. Algoritma seperti ini cocok untuk mengatasi kompleksitas dalam mengelola banyaknya titik pengiriman dalam lingkungan perkotaan yang padat. Selain itu, adaptasi algoritma heuristik untuk mengatasi variasi permintaan yang fluktuatif juga penting. Putri (2023) menggarisbawahi pentingnya manajemen permintaan yang adaptif dalam pengiriman alat berat impor. Penggunaan strategi heuristik yang dapat menyesuaikan diri dengan perubahan permintaan dapat membantu dalam menjadwalkan ulang pengiriman secara efisien, sehingga mengurangi risiko keterlambatan dan biaya yang tidak perlu.

Pengoptimalan rute pengiriman juga dapat diperkuat dengan pendekatan algoritma genetika, seperti yang dibahas oleh Trisolvena, Wattimena, dan kolega (2024). Algoritma genetika telah terbukti efektif dalam menemukan solusi optimal dalam masalah rute pengiriman dengan mempertimbangkan banyaknya faktor, termasuk kondisi jalan yang bervariasi dan pola permintaan yang tidak terduga. Selanjutnya, implementasi algoritma heuristik juga harus mempertimbangkan faktor keamanan dan keandalan dalam pengiriman barang. Nugroho (n.d.) menyoroti pentingnya pemetaan dan analisis geografis untuk memastikan bahwa rute yang direncanakan aman dan efisien dari segi logistik, serta meminimalkan risiko yang mungkin timbul selama pengiriman.

Evaluasi kinerja secara terus-menerus dari solusi yang dihasilkan oleh algoritma heuristik menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa optimisasi yang dilakukan sesuai dengan harapan. Valentina (2021) menunjukkan bahwa penentuan muatan dan pengelolaan rute distribusi buku perlu dievaluasi secara teratur untuk meminimalkan keterlambatan dan memaksimalkan efisiensi operasional. Secara keseluruhan, menerapkan dan mengadaptasi algoritma heuristik dalam konteks pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan melibatkan pengelolaan data yang cermat, pemilihan heuristik yang

sesuai dengan kondisi spesifik, adaptasi terhadap variasi permintaan yang fluktuatif, penerapan teknik optimasi seperti algoritma genetika, pengelolaan keamanan dan keandalan rute, serta evaluasi kinerja yang terus-menerus. Dengan pendekatan ini, industri logistik dapat meningkatkan efisiensi operasional mereka dan memberikan layanan pengiriman yang lebih responsif dan efektif kepada pelanggan di lingkungan perkotaan yang dinamis.

Mengevaluasi kinerja dari solusi yang dihasilkan oleh algoritma heuristik dalam konteks pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan melibatkan analisis mendalam terhadap beberapa aspek kritis, seperti efisiensi operasional, biaya pengiriman, dan kepuasan pelanggan. Berdasarkan literatur yang relevan, terdapat pendekatan yang dapat diterapkan untuk melakukan evaluasi ini dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari implementasi algoritma heuristik. Pertama, dalam evaluasi efisiensi operasional, penting untuk mengukur seberapa baik algoritma heuristik mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti armada kendaraan dan tenaga kerja. Anwar dan Rakhmasari (n.d.) menyoroti bahwa implementasi Digital Business Ecosystem (DBE) dapat meningkatkan efisiensi operasional dalam rantai pasok dengan mengintegrasikan sistem informasi yang memungkinkan visibilitas yang lebih baik terhadap seluruh proses pengiriman. Evaluasi ini dapat dilakukan dengan membandingkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pengiriman sebelum dan setelah penerapan algoritma heuristik, serta memonitor penggunaan sumber daya secara keseluruhan.

Evaluasi biaya pengiriman merupakan faktor kunci dalam menilai keberhasilan algoritma heuristik. Pengurangan biaya operasional dapat dicapai dengan optimalisasi rute pengiriman dan penggunaan yang lebih efisien terhadap sumber daya. Putri (2023) menunjukkan bahwa manajemen yang tepat terhadap rute pengiriman dapat mengurangi biaya pengiriman, terutama dalam konteks pengiriman alat berat yang memerlukan pengelolaan logistik yang cermat. Evaluasi biaya pengiriman melibatkan perbandingan antara biaya yang dikeluarkan sebelum dan setelah implementasi algoritma heuristik, serta analisis terhadap penghematan yang dicapai dalam jangka waktu tertentu. Untuk mengevaluasi kepuasan pelanggan, diperlukan pendekatan yang mempertimbangkan aspek kualitas layanan yang diberikan oleh implementasi algoritma heuristik. Kepuasan pelanggan dapat diukur berdasarkan tingkat kepastian waktu pengiriman, ketepatan dalam pengiriman barang, dan responsif terhadap perubahan permintaan. Evaluasi ini sesuai dengan temuan Hakim, Ardiansyah, dan rekan-rekan (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan algoritma Tabu Search dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dengan memastikan pengiriman tepat waktu dan efisien.

Evaluasi kinerja juga dapat memperhatikan pengaruh dari adaptasi algoritma heuristik terhadap dinamika lingkungan perkotaan yang berubah-ubah. Studi Nugroho (n.d.) tentang optimasi distribusi bantuan bencana menunjukkan bahwa efisiensi pengiriman dalam situasi darurat dapat meningkatkan kepuasan penerima bantuan dengan menyediakan bantuan tepat waktu dan di lokasi yang dibutuhkan. Penting untuk mencatat bahwa evaluasi kinerja algoritma heuristik tidak hanya dilakukan satu kali, tetapi perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tetap relevan dan efektif terhadap perubahan kondisi pasar, teknologi, dan infrastruktur. Valentina (2021) memberikan contoh bahwa evaluasi secara terus-menerus terhadap pengelolaan rute distribusi buku dapat membantu mengidentifikasi area-area perbaikan yang diperlukan untuk memaksimalkan kepuasan pelanggan.

Secara keseluruhan, untuk berhasil mengevaluasi kinerja dari solusi yang dihasilkan oleh algoritma heuristik dalam hal efisiensi operasional, biaya pengiriman, dan kepuasan pelanggan, diperlukan pendekatan holistik yang mencakup pengukuran yang akurat,

pembandingan dengan kondisi sebelumnya, analisis terhadap penghematan yang diperoleh, serta penilaian terhadap kualitas layanan yang diberikan kepada pelanggan. Dengan pendekatan ini, industri logistik dapat terus meningkatkan efisiensi operasional mereka dan memberikan layanan pengiriman yang lebih baik kepada pelanggan di lingkungan perkotaan yang dinamis.

Dalam mengidentifikasi dan mengatasi kendala-kendala yang mungkin muncul dalam implementasi algoritma heuristik untuk pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan, seperti ketidakpastian permintaan, keterbatasan infrastruktur, dan kebijakan regulasi, ada beberapa pendekatan yang dapat diterapkan berdasarkan temuan dari literatur yang relevan. Ketidakpastian permintaan merupakan tantangan utama dalam merencanakan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan yang dinamis. Fluktuasi permintaan dapat mempengaruhi efisiensi rute pengiriman dan alokasi sumber daya. Putri (2023) menunjukkan pentingnya manajemen permintaan yang adaptif dalam konteks pengiriman alat berat impor. Solusi untuk mengatasi ketidakpastian ini dapat melibatkan penggunaan metode prediksi permintaan yang canggih atau teknik analisis data untuk mengidentifikasi pola permintaan yang mungkin dan mengembangkan skenario alternatif dalam perencanaan pengiriman.

Keterbatasan infrastruktur seperti kondisi jalan yang buruk atau kemacetan lalu lintas dapat menjadi hambatan signifikan dalam efektivitas algoritma heuristik. Evaluasi terhadap kondisi infrastruktur yang ada menjadi penting untuk memilih rute pengiriman yang optimal. Nugroho (n.d.) dalam penelitiannya tentang optimasi distribusi bantuan bencana menyoroti perlunya analisis geografis yang menyeluruh untuk memahami batasan infrastruktur yang mungkin mempengaruhi efisiensi pengiriman. Dalam konteks ini, algoritma heuristik perlu dapat mengadaptasi rute pengiriman sesuai dengan kondisi infrastruktur yang ada untuk meminimalkan risiko keterlambatan dan kerusakan barang. Kebijakan regulasi yang berlaku di lingkungan perkotaan dapat membatasi opsi pengiriman dan mengatur aspek-aspek seperti waktu operasional, jenis kendaraan yang diizinkan, dan zona pembatasan. Hakim, Ardiansyah, dan rekan-rekan (2023) menyebutkan bahwa algoritma Tabu Search dapat membantu dalam merancang rute pengiriman yang mematuhi kebijakan regulasi yang ada. Penanganan kebijakan regulasi ini memerlukan integrasi data yang akurat dan pemahaman mendalam terhadap aturan yang berlaku untuk menghindari pelanggaran yang dapat berdampak pada biaya tambahan atau penalti.

Dalam mengatasi kendala-kendala ini, penting untuk mengembangkan strategi yang adaptif dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Anwar dan Rakhmasari (n.d.) menyoroti integrasi Digital Business Ecosystem (DBE) dalam agroindustri sebagai pendekatan untuk meningkatkan responsivitas rantai pasok terhadap dinamika lingkungan. Penggunaan teknologi informasi dalam monitoring real-time dapat membantu dalam penyesuaian cepat terhadap kondisi permintaan, infrastruktur, dan regulasi yang berubah-ubah. Pendekatan yang holistik dan terpadu juga diperlukan dalam menghadapi kendala-kendala ini. Trisolvena, Wattimena, dan kolega (2024) dalam studi mereka tentang efisiensi logistik dengan menggunakan algoritma genetika menunjukkan bahwa pengintegrasian data dari berbagai sumber dapat membantu dalam merancang solusi yang komprehensif. Ini mencakup pemodelan matematis yang mempertimbangkan semua faktor yang relevan untuk mengoptimalkan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan. Terakhir, evaluasi secara terus-menerus terhadap implementasi algoritma heuristik diperlukan untuk memonitor kinerja dan mengidentifikasi area perbaikan yang mungkin diperlukan. Valentina (2021) memberikan contoh bahwa pengelolaan rute distribusi buku memerlukan evaluasi yang berkelanjutan untuk menyesuaikan strategi dengan perubahan

lingkungan dan permintaan pelanggan.

Secara keseluruhan, mengidentifikasi dan mengatasi kendala-kendala seperti ketidakpastian permintaan, keterbatasan infrastruktur, dan kebijakan regulasi dalam implementasi algoritma heuristik untuk pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan memerlukan pendekatan yang adaptif, integrasi teknologi informasi yang kuat, pemahaman mendalam terhadap kondisi lingkungan yang dinamis, serta evaluasi kinerja yang terus-menerus. Dengan mengimplementasikan strategi ini, industri logistik dapat meningkatkan efisiensi operasional mereka dan memberikan layanan pengiriman yang lebih andal dan responsif kepada pelanggan di lingkungan perkotaan yang kompleks.

## **KESIMPULAN**

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma heuristik dalam mengoptimalkan pengiriman last-mile di rantai pasokan perkotaan menawarkan solusi yang potensial untuk mengatasi kompleksitas dan tantangan yang dihadapi oleh industri logistik. Studi literatur menunjukkan bahwa algoritma heuristik, seperti Tabu Search dan algoritma genetika, mampu memberikan solusi yang mendekati optimal dalam merancang rute pengiriman yang efisien dan adaptif, serta dalam mengalokasikan sumber daya dengan tepat. Integrasi teknologi informasi dan pemodelan matematis yang cermat dalam pengelolaan data menjadi kunci dalam meningkatkan responsivitas terhadap perubahan permintaan, menghadapi keterbatasan infrastruktur, dan mematuhi kebijakan regulasi yang berlaku.

Penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi kinerja yang terus-menerus dan pendekatan yang holistik diperlukan untuk mengimplementasikan algoritma heuristik dengan sukses. Evaluasi yang cermat terhadap efisiensi operasional, penghematan biaya pengiriman, dan tingkat kepuasan pelanggan menjadi langkah penting dalam memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya optimal secara teknis tetapi juga dapat diimplementasikan dengan baik dalam praktik industri. Dengan demikian, penelitian ini memberikan landasan teoritis yang kuat serta panduan praktis bagi industri logistik untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan dalam menghadapi tantangan pengiriman last-mile di lingkungan perkotaan yang dinamis dan padat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anwar, D., and A. A. Rakhmasari. n.d. "Desain Dan Konstruksi Sistem Rantai Pasok Responsif Multi Produk Agroindustri Berbasis Digital Business Ecosystem (DBE)." ... Dan Konstruksi Sistem Rantai Pasok .... F, D.
- Hakim, L. A., M. N. Ardiansyah, and ... 2023. "Usulan Perancangan Rute Transportasi Di PT. XYZ Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem Dengan Time Window ...." EProceedings ....
- Nugroho, Y. A. n.d. "Optimasi Model Distribusi Bantuan Bencana Di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bantul." Download.Garuda.Kemdikbud.Go.Id.
- Pradana, R. A. 2010. Penentuan Lokasi Subdistributor Dan Alokasi Produk Untuk Subdistributor Dan Outlet Pada Jaringan Distribusi PT. Sinar Niaga Sejahtera Distributor Wilayah Surakarta. digilib.uns.ac.id.
- Putri. 2023. "ANALISIS PENGIRIMAN ALAT BERAT IMPOR MESIN GASIFIER DARI DERMAGA TANJUNG EMAS MENUJU PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH ...." Garside, A. K. 2017. Manajemen Logistik. books.google.com.
- Trisolvena, M. N., F. Y. Wattimena, and ... 2024. "Logistics Efficiency in Product Distribution with Genetic Algorithms for Optimal Routes." ... and Computer Science ....
- Valentina, L. A. 2021. Penentuan Muatan Dan Usulan Rute Distribusi Pengiriman Buku Di Cv Y Untuk Meminimasi Keterlambatan Pengiriman. e-journal.uajy.ac.id.