

Perencanaan Distribusi Muatan Kargo Pada PT XYZ Menggunakan Metode VRPSPD-CL dengan Pendekatan Algoritma Genetika untuk Maksimasi Kapasitas Kendaraan dan Minimasi Jarak Tempuh

1st Krisna Carviani Sjarifuddin Akasah
Digital Supply Chain
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
krishnacsjaa@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Erlangga Bayu Setyawan
Digital Supply Chain
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
erlanggabs@telkomuniversity.ac.id

3rd Prafajar Suksessanno Muttaqin
Digital Supply Chain
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
prafajars@telkomuniversity.ac.id

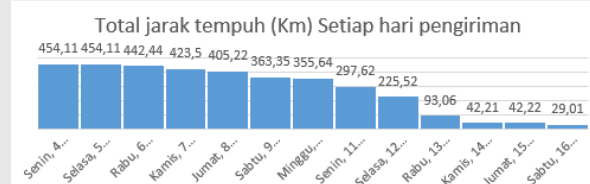
Distribusi barang merupakan aktivitas penting dalam sistem logistik yang menuntut efisiensi tinggi, terutama dari sisi jarak tempuh dan pemanfaatan kapasitas kendaraan. Dalam praktiknya, tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana merancang rute distribusi yang optimal untuk meminimalkan total jarak perjalanan sambil memaksimalkan utilisasi kapasitas muatan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model rute distribusi optimal dengan studi kasus pada PT XYZ, menggunakan pendekatan Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading (VRPSPD-CL) yang dikombinasikan dengan metode Genetic Algorithm (GA). Model mempertimbangkan beberapa batasan penting, seperti kapasitas maksimum kendaraan dalam hal berat dan volume, serta skenario pickup dan delivery yang terjadi secara bersamaan dalam satu rute. Data pengiriman harian periode 4–16 November 2024 digunakan sebagai dasar simulasi. Proses optimasi melibatkan tahapan GA, yaitu inisialisasi populasi, evaluasi fungsi fitness, seleksi, crossover, dan mutasi hingga diperoleh solusi terbaik. Hasil menunjukkan penurunan signifikan dalam total jarak tempuh dan peningkatan rata-rata utilisasi kendaraan. Evaluasi model dilakukan melalui perbandingan kondisi aktual, simulasi usulan model, serta uji sensitivitas terhadap jumlah kendaraan.

Kata kunci— Distribusi Logistik, VRPSPD-CL, Algoritma Genetika, Kapasitas Muatan.

I. PENDAHULUAN

Distribusi logistik menuntut efisiensi tinggi, terutama dalam pengiriman dan pengambilan barang (*pickup and delivery*) secara simultan. Banyak perusahaan belum mengoptimalkan hal ini, sehingga kendaraan sering kembali kosong (*empty run*) dan kapasitas muatan tidak terisi penuh, menyebabkan pemborosan dan peningkatan biaya operasional. PT XYZ mengalami masalah serupa, di mana kendaraan kerap tidak termanfaatkan secara optimal dari sisi berat maupun *volume*. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan perencanaan rute dan pemuatan yang terintegrasi. Penelitian

ini menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRPSPD-CL) dengan tujuan memaksimalkan kapasitas kendaraan dan meminimalkan jarak tempuh. Model ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi distribusi dan memastikan seluruh pelanggan terlayani tanpa overload. Pendekatan ini dapat menjadi solusi yang tepat karena menggabungkan elemen penjadwalan rute kendaraan dengan pengelolaan kapasitas muatan secara simultan. Dalam pendekatan VRPSPD-CL, kendaraan tidak hanya mengantar barang, tetapi juga mengambil barang dalam satu rute yang sama, serta memastikan tidak ada ruang kosong yang terbuang sia-sia di dalam kendaraan. Dengan menerapkan model ini, perusahaan dapat mengurangi jumlah keberangkatan kendaraan, menekan jarak tempuh, memaksimalkan penggunaan ruang muat, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi distribusi secara signifikan.

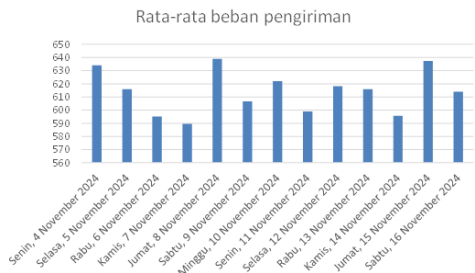


GAMBAR 1

Gambar di atas menunjukkan total jarak tempuh kendaraan distribusi per hari selama periode pengiriman. Terlihat bahwa pada beberapa hari, seperti 4 dan 5 November, jarak tempuh melebihi 450 km, menandakan adanya ketidakefisienan dalam perencanaan rute. Jarak tempuh yang tinggi menunjukkan potensi pemborosan. Meski terdapat variasi antar hari, beberapa tanggal lainnya seperti 6 hingga 11 November juga menunjukkan jarak yang cukup tinggi, menandakan bahwa pengelompokan pelanggan dalam satu rute masih belum optimal.

Data ini mengindikasikan perlunya perbaikan sistem distribusi, khususnya dalam perencanaan rute dan

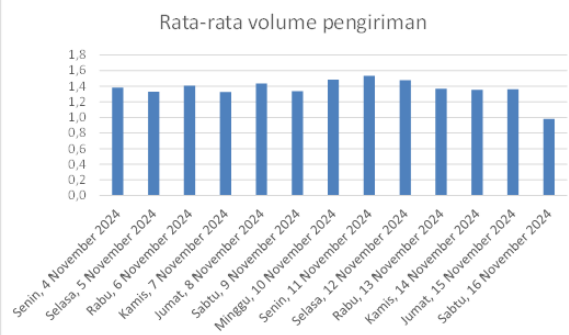
pemanfaatan kendaraan. Optimalisasi rute dengan menggabungkan pelanggan berdasarkan lokasi dan *volume* pengiriman menjadi langkah penting untuk menekan jarak tempuh dan meningkatkan efisiensi pengiriman.



GAMBAR 2

Gambar di atas menunjukkan rata-rata beban pengiriman harian selama 4–16 November 2024. Meskipun ada hari-hari dengan lonjakan beban, seperti 4, 10, dan 15 November, rata-rata muatan kendaraan masih jauh dari kapasitas maksimal 1700 kg. Artinya, pemanfaatan kapasitas kendaraan masih rendah, dan ruang muat belum digunakan secara optimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa strategi penggabungan pelanggan dalam satu kendaraan dan perencanaan rute belum efisien. Terutama pada tanggal 8 dan 9 November, beban pengiriman tergolong rendah, menandakan masih besarnya peluang untuk optimasi.

Dengan menerapkan pendekatan VRPSPD-CL, sistem distribusi dapat ditata ulang agar kapasitas kendaraan digunakan semaksimal mungkin. Hal ini akan membantu menekan pemborosan sumber daya, waktu, dan biaya pengiriman.



GAMBAR 3

Gambar di atas menunjukkan rata-rata *volume* pengiriman harian selama periode 4–16 November 2024. Secara umum, *volume* pengiriman tergolong stabil dengan sedikit variasi antar tanggal. Namun, rata-rata *volume* yang tercatat masih jauh dari kapasitas maksimum kendaraan, yaitu 5,1 m³, menandakan bahwa ruang muat belum dimanfaatkan secara optimal. *Volume* tertinggi terjadi pada 12 November, sedangkan *volume* terendah tercatat pada 16 November, menunjukkan adanya ketimpangan pemanfaatan kendaraan. Bahkan di hari terbaik sekalipun, kendaraan belum mengangkut muatan mendekati kapasitas maksimalnya.

Kondisi ini menunjukkan bahwa strategi penggabungan pelanggan dalam satu rute berdasarkan *volume* belum berjalan efektif. Banyak kendaraan masih mengangkut muatan dalam jumlah kecil, sehingga jumlah armada yang diperlukan menjadi lebih banyak. Melalui pendekatan *Vehicle Routing Problem Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRPSPD-CL), penggabungan muatan

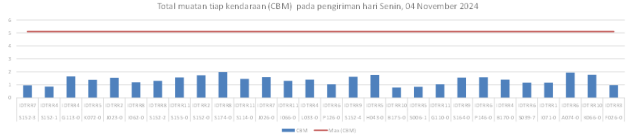
dapat dioptimalkan agar kendaraan membawa lebih banyak pelanggan dalam satu rute. Dengan demikian, pemanfaatan *volume* kendaraan dapat ditingkatkan dan efisiensi distribusi pun tercapai.



GAMBAR 4

Gambar di atas menunjukkan total muatan setiap kendaraan pada Senin, 04 November 2024, terdiri dari beban *delivery* (merah) dan *pickup* (biru), dibandingkan dengan batas kapasitas maksimal 1.700 kg (garis hijau). Terlihat bahwa seluruh kendaraan beroperasi dalam kondisi underload, jauh di bawah kapasitas maksimalnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan kendaraan belum optimal, dan belum ada upaya konsolidasi muatan yang efektif. Padahal, dengan penggabungan beberapa pelanggan dalam satu rute, kendaraan bisa dimanfaatkan lebih maksimal, baik dari sisi berat maupun *volume*. Ketika kendaraan diberangkatkan dengan muatan rendah, kebutuhan armada pun meningkat, menyebabkan pemborosan waktu, biaya, dan sumber daya. Grafik ini menegaskan pentingnya perencanaan distribusi yang lebih efisien, termasuk strategi penggabungan rute berbasis jarak dan *volume*.

Penerapan model *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRPSPD-CL) menjadi solusi tepat untuk memaksimalkan muatan kendaraan tanpa melebihi kapasitas, serta mengurangi jumlah kendaraan yang dibutuhkan. Oleh karena itu, grafik ini menjadi dasar penting untuk menunjukkan perlunya pendekatan optimasi rute dalam sistem distribusi logistik PT XYZ.

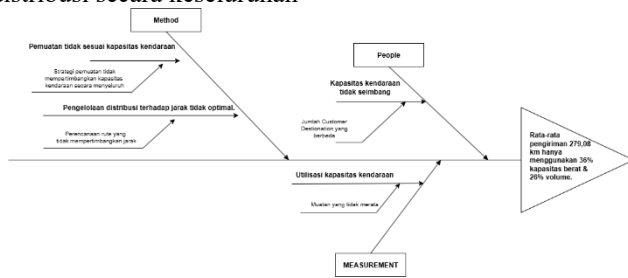


GAMBAR 5

Gambar di atas menunjukkan total *volume* muatan (dalam m³/CBM) per kendaraan pada Senin, 04 November 2024. Setiap batang mewakili *volume* barang yang dibawa satu kendaraan, sementara garis horizontal merah menandai batas kapasitas maksimal, yaitu 5,1 CBM. Hasil grafik menunjukkan bahwa seluruh kendaraan masih beroperasi jauh di bawah kapasitas tersebut. Kondisi ini menandakan rendahnya pemanfaatan *volume* kendaraan, dengan banyak armada yang mengangkut barang dalam jumlah kecil. Akibatnya, kendaraan beroperasi dalam kondisi underutilized, yang berpotensi menyebabkan pemborosan waktu, biaya, dan sumber daya logistik.

Rendahnya *volume* muatan ini juga menunjukkan bahwa strategi penggabungan pelanggan ke dalam satu kendaraan belum diterapkan secara optimal. Padahal, dengan menggabungkan pengiriman berdasarkan lokasi dan *volume*, kendaraan bisa diisi lebih penuh dan efisiensi pengiriman meningkat. Dalam konteks penelitian ini, hal tersebut memperkuat urgensi penerapan model *Vehicle Routing Problem Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRPSPD-CL), yang memungkinkan pengelolaan rute dan muatan secara simultan agar kendaraan mendekati

kapasitas maksimal. Model ini menjadi solusi strategis untuk meningkatkan utilisasi *volume* kendaraan dan efisiensi sistem distribusi secara keseluruhan



GAMBAR 6

Gambar di atas merupakan diagram *fishbone* yang mengidentifikasi akar penyebab rendahnya utilisasi kapasitas kendaraan dalam proses distribusi. Masalah utama yang diangkat adalah kendaraan menempuh rata-rata 279,08 km per hari, namun hanya membawa 36% dari kapasitas berat dan 26% dari kapasitas *volume*, yang menunjukkan distribusi belum efisien. Diagram ini mengelompokkan penyebab ke dalam tiga kategori: People, Method, dan Measurement. Dari sisi People, perencana distribusi belum mampu mengelompokkan pelanggan secara efisien berdasarkan lokasi dan muatan, akibat minimnya pelatihan atau dukungan teknologi. Pada aspek Method, tidak ada pendekatan sistematis dalam pemuatan muatan dan rute, sehingga kendaraan berangkat dengan ruang kosong yang besar. Sedangkan pada Measurement, tidak tersedia indikator kinerja untuk mengukur efisiensi penggunaan kapasitas, sehingga perbaikan strategi sulit diarahkan.

Ketiga aspek ini saling berkaitan dan berkontribusi terhadap ketidakefisienan distribusi. Oleh karena itu, *fishbone* diagram ini menjadi alat penting untuk mengidentifikasi titik lemah sistem dan mengarahkan perbaikan strategi agar utilisasi kendaraan dapat ditingkatkan secara menyeluruh.

II. KAJIAN TEORI

A. Transportasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), transportasi diartikan sebagai proses pengangkutan barang maupun manusia dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan berbagai jenis kendaraan. Transportasi berperan penting sebagai aktivitas yang mendukung perpindahan muatan, baik berupa barang maupun penumpang, dari satu lokasi ke lokasi lainnya untuk memenuhi kebutuhan distribusi dan mobilitas (Saputra, 2023). Sedangkan menurut (Ferdila dkk., 2021), Transportasi merupakan proses memindahkan penumpang atau barang dari suatu tempat ke tujuan tertentu. Dan menurut (Zulkarnain dkk., 2023) pada penelitiannya menyebutkan bahwa transportasi merupakan suatu aktivitas yang berkaitan dengan perpindahan orang maupun barang dari lokasi asal menuju lokasi tujuan. Transportasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk memindahkan, mengangkut, atau memindahkan orang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. (Nur, 2021). Seiring perkembangan zaman, berbagai jenis moda transportasi pun terus bermunculan dan mengalami inovasi untuk memenuhi kebutuhan mobilitas yang semakin kompleks (Aulia dkk., 2021). Tak kalah penting, karakteristik fasilitas dari masing-masing moda transportasi, seperti kenyamanan, kapasitas, kecepatan, dan

ketersediaan, turut memengaruhi keputusan dalam memilih moda transportasi yang paling sesuai. (Purwanti dkk., 2018)

B. Distribusi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), distribusi diartikan sebagai proses penyaluran atau pengiriman barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Menurut (Dewi dkk., 2020) distribusi merupakan serangkaian kegiatan yang melibatkan penyaluran barang atau jasa dari produsen hingga sampai ke tangan konsumen akhir. Dalam pengertian lain, saluran distribusi merujuk pada rangkaian organisasi yang saling terhubung dan berperan dalam proses penyampaian barang maupun jasa dari produsen hingga konsumen, guna memenuhi kebutuhan dan permintaan pelanggan secara tepat dan efisien (Nasution., 2022). Masih menurut (Nasution dkk., 2022) Distribusi adalah kegiatan penyaluran hasil produksi berupa barang dan jasa dari produsen ke konsumen guna memenuhi kebutuhan manusia. Menurut (Arianto & Rustam, 2021) Distribusi merupakan kegiatan pengiriman barang melalui berbagai jalur atau akses yang digunakan oleh perusahaan untuk memastikan produk yang dihasilkan dapat sampai dan diterima dengan baik oleh konsumen. Menurut (Zulkarnaen dkk., 2020) distribusi merujuk pada kegiatan pemindahan produk dari sumbernya menuju konsumen akhir melalui saluran distribusi yang tepat, dengan tujuan agar produk sampai pada waktu yang sesuai. Menurut (Kushariyadi & Sugito, 2022) Distribusi dapat diartikan sebagai bagian dari kegiatan pemasaran yang bertujuan untuk memperlancar dan mempermudah proses penyaluran barang maupun jasa dari produsen kepada konsumen, agar dapat digunakan sesuai kebutuhan.

C. Kargo

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kargo diartikan sebagai “muatan barang yang diangkut dengan kapal laut, pesawat udara, atau pengangkut lain.” Menurut (Prasetyo, 2020) kargo secara sederhana didefinisikan sebagai segala jenis barang yang dikirim menggunakan moda transportasi tertentu, baik itu melalui jalur laut, udara, maupun darat. Definisi ini menekankan bahwa istilah "kargo" mencakup berbagai bentuk muatan atau barang yang dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain dengan bantuan sarana transportasi, tanpa terbatas pada jenis atau bentuk barang tertentu. Kargo secara sederhana dapat diartikan sebagai segala jenis barang atau muatan yang dikirim melalui jalur udara (menggunakan pesawat), laut (menggunakan kapal), maupun darat (menggunakan truk kontainer), yang umumnya bertujuan untuk kegiatan perdagangan atau distribusi komersial (Fitri et al., 2022). Kargo adalah barang bawaan yang diangkut menggunakan moda transportasi seperti kapal laut, pesawat terbang, atau kendaraan angkutan lainnya, baik untuk keperluan perdagangan, distribusi, maupun logistik antardaerah atau antarnegara (Suyatmo et al., 2020). Kargo merupakan barang yang dikirim melalui moda transportasi laut, udara, atau darat untuk keperluan perdagangan dan logistik, baik dalam skala kecil maupun besar, antarwilayah maupun lintas negara (Hasanah, 2020).

D. Aktivitas PT XYZ

Aktivitas pengiriman darat di PT XYZ merupakan bagian penting dari operasional logistik yang terdiri dari beberapa tahapan utama:

a) Keberangkatan Kendaraan

Kendaraan berangkat dari depot menuju pelanggan setelah proses pemuatan selesai. Setiap kendaraan membawa muatan yang telah direncanakan sesuai rute agar pengiriman berjalan efisien.

b) Proses *Pickup* and *Delivery*

Dalam satu perjalanan, kendaraan melakukan pengiriman (*delivery*) sekaligus pengambilan barang (*pickup*). Pendekatan simultan ini bertujuan memaksimalkan kapasitas kendaraan dan mengurangi perjalanan kosong serta jarak tempuh.

c) Kendaraan Kembali ke Depot

Setelah menyelesaikan pengiriman dan pengambilan, kendaraan kembali ke depot. Barang hasil *pickup* dibawa untuk diproses lebih lanjut.

d) Proses Bongkar

Setibanya di depot, kendaraan menjalani proses pembongkaran barang *pickup* dari pelanggan, sesuai prosedur yang telah ditentukan.

E. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika dikembangkan pertama kali oleh John Holland dari New York, Amerika Serikat yang dipublikasikan dalam bukunya yang berjudul “Adaption in Natural and Artificial Systems” tahun 1975. Menurut (Firdaus, 2023) Algoritma Genetika adalah sebuah metode yang digunakan untuk mencari solusi optimal dari permasalahan yang memiliki banyak kemungkinan penyelesaian. Algoritma genetika dirancang untuk mencari solusi terbaik bagi suatu masalah tertentu. (Wirsansky, 2020). Algoritma ini bekerja dengan mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi untuk menemukan hasil yang paling optimal (Tohari & Astuti, 2023). Cara kerjanya didasarkan pada prinsip seleksi alam dan konsep-konsep dalam ilmu genetika, di mana solusi terbaik dipilih dan dikembangkan melalui proses evolusi secara bertahap (Cia, 2024).

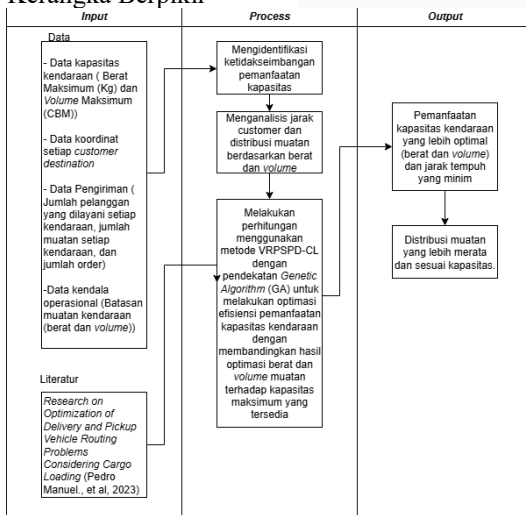
Diagram ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu *input*, *process*, dan *output*. Pada bagian *input*, digunakan berbagai data penting yang mendukung proses optimasi, seperti data kapasitas kendaraan (berat maksimum dan *volume* maksimum), koordinat tujuan pelanggan, data pengiriman (jumlah pelanggan, jumlah muatan, dan jumlah *order* per kendaraan), serta kendala operasional yang berkaitan dengan batasan muatan. Selain itu, proses ini juga didukung oleh literatur relevan, seperti penelitian oleh (Pedro Manuel, 2023), yang menjadi acuan teoritis dalam merancang model optimasi.

Tahapan proses dimulai dengan mengidentifikasi ketidakseimbangan dalam pemanfaatan kapasitas kendaraan. Setelah itu dilakukan analisis terhadap jarak pelanggan dan pola distribusi muatan berdasarkan berat dan *volume*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan optimasi menggunakan metode VRPSPD-CL yang dipadukan dengan algoritma genetika untuk menghasilkan solusi rute distribusi yang efisien. Proses ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemanfaatan kapasitas kendaraan (baik berat maupun *volume*) terhadap kapasitas maksimum yang tersedia, sehingga diperoleh solusi yang paling optimal.

Hasil dari proses ini menghasilkan dua *output* utama, yaitu meningkatnya pemanfaatan kapasitas kendaraan—baik dalam aspek berat maupun *volume*—dengan jarak tempuh yang lebih minim, serta terciptanya distribusi muatan yang lebih merata dan sesuai dengan kapasitas kendaraan. Dengan demikian, model ini mampu mendukung sistem distribusi logistik yang lebih efisien dan terstruktur.

III. METODE

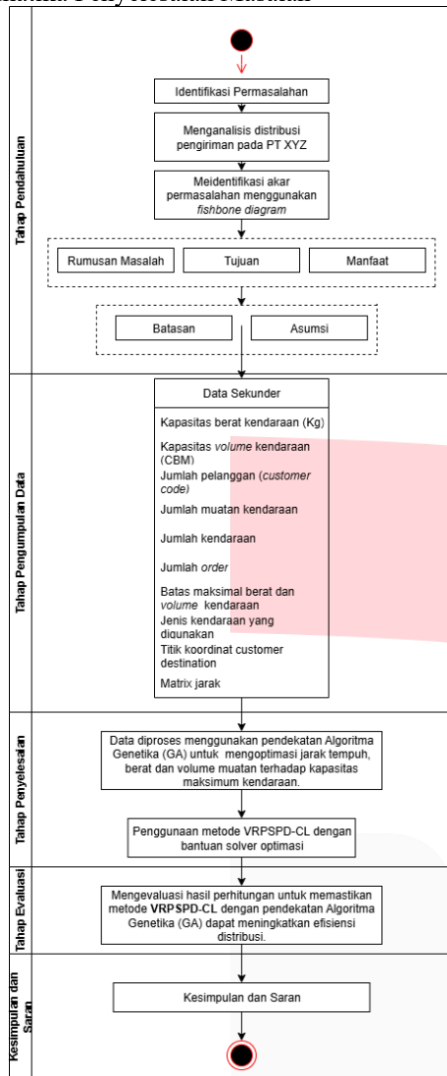
A. Kerangka Berpikir



GAMBAR 7

Gambar di atas menunjukkan alur proses optimasi distribusi muatan kendaraan pada PT XYZ dengan menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRPSPD-CL) berbasis metode *Genetic Algorithm* (GA).

B. Sistematika Penyelesaian Masalah



GAMBAR 8

Gambar di atas menjelaskan alur penelitian yang dibagi menjadi lima tahapan utama, yaitu: Pendahuluan, Pengumpulan Data, Penyelesaian Masalah, Evaluasi, serta Kesimpulan dan Saran. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan distribusi muatan kendaraan di PT XYZ menggunakan pendekatan *Genetic Algorithm* (GA) dan metode VRSPD-CL untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan kapasitas kendaraan dan mengurangi jarak tempuh.

Pada tahap pendahuluan, dilakukan identifikasi masalah melalui observasi sistem distribusi yang belum efisien, ditandai dengan rendahnya utilisasi kendaraan. Analisis lebih lanjut dilakukan terhadap rute, jumlah pelanggan, dan pola muatan, disertai pemetaan akar masalah dengan *fishbone diagram*. Dari sini dirumuskan fokus penelitian, tujuan, manfaat, serta batasan dan asumsi.

Tahap pengumpulan data menggunakan data sekunder dari perusahaan, seperti histori pengiriman, kapasitas kendaraan, dan lokasi pelanggan. Data divalidasi dan diproses untuk mendukung tahapan simulasi.

Tahap penyelesaian masalah merupakan inti penelitian. Permasalahan distribusi diselesaikan dengan metode VRSPD-CL, dibantu algoritma genetika untuk mencari solusi rute dan pemuatan yang optimal secara iteratif, dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan (berat dan *volume*) serta efisiensi jarak.

Hasil optimasi kemudian dievaluasi pada tahap keempat dengan membandingkan efisiensi kendaraan sebelum dan sesudah optimasi, baik dari sisi pemanfaatan kapasitas, pengurangan jarak tempuh, maupun pemenuhan layanan ke pelanggan.

Terakhir, pada tahap kesimpulan dan saran, disusun ringkasan hasil temuan, yang menunjukkan bahwa pendekatan GA dan VRSPD-CL efektif meningkatkan efisiensi distribusi. Saran diberikan agar perusahaan menerapkan hasil ini sebagai bagian dari strategi distribusi logistik yang lebih adaptif.

TABEL 1

Data	Tujuan Data	Jenis Data	Sumber Data
Kapasitas berat kendaraan	Mengidentifikasi kapasitas pada setiap kendaraan	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Kapasitas volume kendaraan	Mengidentifikasi kapasitas pada setiap kendaraan	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Jumlah <i>customer destination/customer code</i>	Menghitung pelanggan yang dilayani oleh setiap kendaraan	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Jumlah muatan kendaraan	Mengidentifikasi kapasitas pada setiap kendaraan	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Jumlah kendaraan (<i>Truck ID</i>)	Mengetahui jumlah kendaraan yang digunakan PT XYZ	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Jumlah <i>order</i>	Menghitung jumlah kendaraan yang berangkat untuk melayani <i>customer destination</i>	Sekunder	Dokumen pengiriman PT XYZ
Batas maksimal muat kendaraan (Kg & CBM)	Mengetahui KPI untuk penelitian ini	Sekunder	Studi Literatur
Ukuran kargo kendaraan	Menghitung batas maksimal muat kendaraan	Sekunder	Studi Literatur
Jenis kendaraan yang digunakan	Mengetahui ukuran kargo	Sekunder	Dokumen pengiriman

			an PT XYZ
Koordinat customer destination	Mengetahui titik customer destination	Sekunder	Dokumen pengiriman an PT XYZ
Data matrix jarak	Mengetahui jarak antar titik customer destination dan jarak dari depot	Sekunder	Dokumen PT XYZ

Tabel ini menyajikan daftar data yang digunakan dalam penelitian, lengkap dengan tujuan dan sumbernya. Seluruh data merupakan data sekunder yang diperoleh dari dokumen internal PT XYZ dan literatur ilmiah. Data ini menjadi fondasi dalam membangun model optimasi distribusi berbasis VRSPD-CL dengan pendekatan *Genetic Algorithm* (GA). Jenis data yang digunakan meliputi kapasitas teknis kendaraan (berat dan *volume* maksimum), data operasional seperti jumlah pelanggan, jumlah *order*, Truck ID, serta muatan per pengiriman. Informasi ini penting untuk memahami kondisi aktual distribusi dan menjadi dasar perbandingan dengan hasil optimasi. Selain itu, penelitian juga menggunakan data batas maksimal muatan dari referensi literatur untuk menjaga relevansi dan generalisasi model.

Data spasial berupa koordinat pelanggan dan matriks jarak antar titik menjadi komponen kunci dalam perhitungan rute. Keakuratan data ini mempengaruhi efektivitas algoritma dalam menemukan kombinasi rute yang efisien. Secara keseluruhan, data-data tersebut membentuk fondasi kuat bagi pengembangan model optimasi dan mendukung validitas hasil simulasi dalam upaya meningkatkan efisiensi distribusi logistik di PT XYZ.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, *Genetic Algorithm* digunakan sebagai metode optimasi untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute kendaraan dan pemanfaatan kapasitas muatan secara efisien. Permasalahan ini melibatkan banyak variabel dan batasan, seperti jumlah pelanggan, urutan kunjungan, serta kapasitas berat dan *volume* kendaraan, sehingga tidak dapat diselesaikan secara optimal dengan metode konvensional dalam waktu singkat. GA dipilih karena mampu melakukan pencarian solusi secara global dengan meniru mekanisme evolusi alam melalui proses seleksi, crossover, dan mutasi. Pendekatan ini memungkinkan eksplorasi berbagai kombinasi rute dan alokasi muatan yang beragam, dengan tetap mempertimbangkan batasan yang ada.

Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan jarak tempuh kendaraan sekaligus memaksimalkan pemanfaatan kapasitas muatan, baik dari sisi berat maupun *volume*. Flowchart berikut menggambarkan alur kerja algoritma genetika yang diterapkan dalam penelitian ini.

TABEL 2

Date	TruckID	Route	AvgWeight(kg)	AvgVolume(m3)	Distance(km)
Senin, 04 November 2024	IDTRR1	Depot → S006-1 → L033-0 → H043-0 → S152-0 → Depot	1272,8	2,99	20,74
Senin, 04 November 2024	IDTRR2	Depot → I066-0 → G110-0 → S164-0 → B175-0 → Depot	1390	2,19	30,01
Senin, 04 November 2024	IDTRR3	Depot → S155-0 → F026-0 → S039-7 → Depot	1135,7	1,83	15,93
Senin, 04 November 2024	IDTRR4	Depot → S152-1 → S114-0 → S152-4 → S152-3 → Depot	1389,2	2,69	23,08
Senin, 04 November 2024	IDTRR5	Depot → I071-0 → G113-0 → K066-0 → Depot	1112,7	2,13	27,15
Senin, 04 November 2024	IDTRR6	Depot → S174-0 → A074-0 → P146-0 → Depot	1089	2,51	15,55
Senin, 04 November 2024	IDTRR7	Depot → K072-0 → B170-0 → S152-2 → P136-0 → Depot	1376,8	2,83	30,26
Senin, 04 November 2024	IDTRR8	Depot → J023-0 → I062-0 → J026-0 → Depot	1030,3	1,84	19,94

Tabel di atas menunjukkan hasil pengiriman pada hari Senin, 4 November 2024, yang telah dioptimasi

menggunakan metode VRSPD-CL berbasis algoritma genetika. Setiap baris mewakili satu kendaraan, lengkap dengan rute, total jarak tempuh, serta detail *pickup* dan *delivery* yang dilakukan. Informasi seperti average weight, average volume, dan sisa kapasitas membantu mengevaluasi tingkat pemanfaatan kendaraan. Secara keseluruhan, tabel ini menggambarkan efisiensi rute dan pemuatan kendaraan yang lebih optimal dibanding kondisi aktual.

TABEL 3

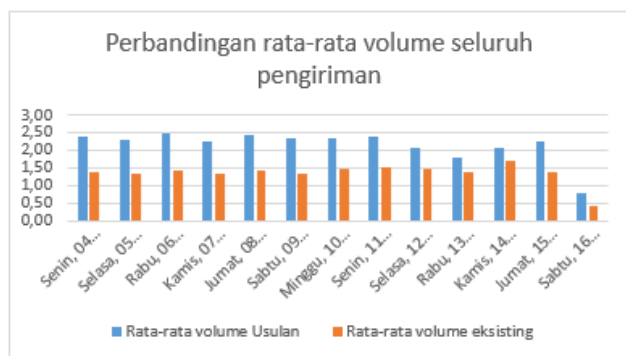
Date	TruckID	CustDes	Delivery(kg)	Pickup(kg)	RemainingWeight(kg)	DeliveryVol(m3)	PickupVol(m3)	RemainingVol(m3)
Senin, 04 November 2024	IDTRR1	S006-1	291	349	912	0,3384	0,5076	3,411
Senin, 04 November 2024	IDTRR1	L033-0	159	430	1183	0,9849	0,4221	2,848
Senin, 04 November 2024	IDTRR1	H043-0	232	460	1411	0,7052	1,0578	3,201
Senin, 04 November 2024	IDTRR1	S152-0	172	346	1585	1,2131	0,5199	2,507
Senin, 04 November 2024	IDTRR2	I066-0	186	482	1082	0,7836	0,5224	2,786
Senin, 04 November 2024	IDTRR2	G110-0	238	436	1280	0,8368	0,2092	2,158
Senin, 04 November 2024	IDTRR2	S164-0	185	421	1516	0,781	0,781	2,158
Senin, 04 November 2024	IDTRR2	B175-0	177	343	1682	0,6456	0,1614	1,674
Senin, 04 November 2024	IDTRR3	S155-0	190	492	891	0,7875	0,7875	1,961
Senin, 04 November 2024	IDTRR3	F026-0	221	422	1092	0,5862	0,3998	1,766
Senin, 04 November 2024	IDTRR3	S039-7	178	510	1424	0,5875	0,5875	1,766
Senin, 04 November 2024	IDTRR4	S152-1	227	365	1034	0,3472	0,5208	2,998
Senin, 04 November 2024	IDTRR4	S114-0	239	458	1253	0,7295	0,7295	2,998
Senin, 04 November 2024	IDTRR4	S152-4	198	520	1575	0,9786	0,6524	2,672
Senin, 04 November 2024	IDTRR4	S152-3	232	352	1695	0,7095	0,1924	2,095
Senin, 04 November 2024	IDTRR5	I071-0	133	550	874	0,705	0,47	2,351
Senin, 04 November 2024	IDTRR5	G113-0	210	373	1037	0,9906	0,6604	2,021
Senin, 04 November 2024	IDTRR5	K066-0	114	504	1427	0,8905	0,8905	2,021
Senin, 04 November 2024	IDTRR6	S174-0	116	455	749	1,1904	0,7936	2,405
Senin, 04 November 2024	IDTRR6	A074-0	155	476	1072	0,916	0,916	2,405
Senin, 04 November 2024	IDTRR6	P146-0	139	513	1446	0,6372	0,9598	2,723
Senin, 04 November 2024	IDTRR7	K072-0	252	416	1003	0,554	0,831	2,936
Senin, 04 November 2024	IDTRR7	B170-0	199	486	1290	0,5588	0,8362	3,215
Senin, 04 November 2024	IDTRR7	S152-2	143	380	1527	0,9163	0,3927	2,691
Senin, 04 November 2024	IDTRR7	P126-0	245	405	1687	0,6294	0,4196	2,482
Senin, 04 November 2024	IDTRR8	J023-0	244	399	842	1,0815	0,4435	2,365
Senin, 04 November 2024	IDTRR8	I062-0	283	405	962	0,8414	0,3606	1,784
Senin, 04 November 2024	IDTRR8	J026-0	158	485	1289	0,96	0,64	1,464

Tabel pengiriman hari Senin, 4 November 2024 menampilkan hasil optimasi rute kendaraan menggunakan metode VRSPD-CL berbasis algoritma genetika. Setiap kendaraan ditampilkan lengkap dengan rute pengiriman, total jarak tempuh, serta pemanfaatan kapasitas berdasarkan berat dan *volume*. Format rute mengikuti pola Depot → Pelanggan → Depot, dengan tujuan meminimalkan jarak dan memaksimalkan muatan. Persentase utilisasi kapasitas menunjukkan efisiensi penggunaan kendaraan. Selain itu, rincian aktivitas *pickup* dan *delivery* per pelanggan juga dicantumkan, termasuk berat, *volume*, dan persentase pemenuhan. Secara keseluruhan, tabel ini mencerminkan efektivitas strategi penggabungan pelanggan dan optimasi pemuatan kendaraan, serta menjadi dasar evaluasi performa distribusi harian.



GAMBAR 9

Gambar tersebut memperlihatkan perbandingan total jarak tempuh harian antara kondisi eksisting dan hasil usulan berbasis algoritma. Terlihat bahwa pada seluruh hari, solusi usulan secara konsisten menghasilkan jarak tempuh yang lebih rendah. Penghematan tertinggi terjadi pada 4–6 November, dengan selisih lebih dari 200 km per hari. Menjelang akhir periode, jarak tempuh menurun karena *volume* pengiriman berkurang, namun solusi usulan tetap lebih efisien. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan algoritma mampu mengoptimalkan rute secara signifikan.



GAMBAR 10

Gambar tersebut menunjukkan perbandingan rata-rata *volume* pengiriman harian antara kondisi eksisting dan hasil usulan selama 4–16 November 2024. *Volume* pada skema usulan (batang biru) secara konsisten lebih tinggi dibanding kondisi eksisting (batang oranye), menandakan pemanfaatan ruang kendaraan yang lebih optimal. Rata-rata *volume* usulan berkisar antara 2,0–2,7 m³, sedangkan eksisting di bawah 1,5 m³. Ini menunjukkan bahwa pengelompokan pengiriman pada skema usulan lebih efisien dalam memanfaatkan kapasitas kendaraan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai optimasi rute kendaraan menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem Simultaneous Pickup and Delivery with Cargo Loading* (VRSPD-CL) berbasis algoritma genetika, dapat disimpulkan bahwa model ini mampu memberikan perbaikan signifikan terhadap efisiensi sistem distribusi logistik. Penerapan algoritma genetika berhasil membentuk rute yang lebih pendek dan efisien, yang ditunjukkan melalui penurunan total jarak tempuh dari kondisi aktual. Selain itu, proses optimasi juga meningkatkan pemanfaatan kapasitas kendaraan, baik dari sisi berat maupun *volume*, yang berarti kendaraan dapat dimanfaatkan lebih optimal dengan muatan yang lebih penuh.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan rata-rata jarak tempuh dari 279,08 km menjadi 110,99 km, serta kenaikan rata-rata muatan berat dari 613,97 kg menjadi 1142,65 kg, dan rata-rata muatan *volume* dari 1,35 m³ menjadi 2,14 m³. Selain itu, analisis sensitivitas terhadap jumlah maksimal kendaraan yang digunakan menunjukkan bahwa pembatasan jumlah kendaraan hingga titik tertentu tetap dapat melayani seluruh pelanggan tanpa penurunan layanan. Namun, ketika jumlah truk dikurangi secara berlebihan, mulai muncul pelanggan yang tidak terlayani. Hal ini menegaskan bahwa terdapat batas optimal jumlah kendaraan yang perlu digunakan untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi operasional dan kualitas layanan.

Secara keseluruhan, penerapan metode VRSPD-CL berbasis algoritma genetika terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan distribusi dengan karakteristik pengiriman dan pengambilan secara simultan, serta berbagai keterbatasan kapasitas kendaraan. Model ini dapat dijadikan alternatif solusi yang adaptif dan aplikatif untuk sistem distribusi logistik dalam skala nyata.

REFERENSI

- Arianto, D., & Rustam, T. A. (2021). *PENGARUH KUALITAS PELAYANAN DAN DISTRIBUSI TERHADAP KEPUTUSAN PEMBELIAN DI PT. EKADHARMA INTERNATIONAL TBK CABANG BATAM*.
Aulia, P., Lefrandt, L., & Pandey, S. (2021). *Analisa Pemilihan Moda Transportasi di Tondano*.
Cia, N. A. (2024). IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DALAM REKOMENDASI MAKANAN UNTUK PENDERITA OBESITAS. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.3993>
Dewi, N. K., Siswanto, B. N., & Hiber, K. A. (2020). *MODEL DISTRIBUSI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KAPASITAS ANGKUT* (Vol. 6, Issue 2).
Firdaus. (2023). *Aplikasi Sistem Penjadwalan Seminar dan Sidang Skripsi Menggunakan Metode Algoritma Genetika*.
Fitri, D., Sekolah, Y., Teknologi, T., & Yogyakarta, K. (2022). Analysis of Miscellaneous Dangerous Goods Kargo Handling at PT. Angkasa Pura Kargo Pontianak. *Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA)*, 2(4), 2043–2052. <https://journal.ypp3a.org/index.php/mudima/index>
Hasanah, A. (2020). *Penanganan Kargo Udara (Studi Deskriptif Upaya Penanganan Kargo Miscellaneous Dangerous Goods Pada PT. Jasa Angkasa Semesta Di Bandara Internasional Juanda Surabaya)*.
Kushariyadi, & Sugito, B. (2022). *OPTIMASI DISTRIBUSI TRANSPORTASI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) JENIS BIO SOLAR DI WILAYAH JAWA TENGAH*. <https://doi.org/10.31604/jips.v9i1.2022.162-169>
Nasution, M. I., Fachrezi, H. A., Darma, S., Rahman, D., & Suhairi. (2022). *Distribusi Pasar Luar Negeri*.
Pedro Manuel, J. (2023). *Research on Optimization of Delivery and Pickup Vehicle Routing Problems Considering Cargo Loading*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21920283.v1>
Prasetyo. (2020). 4. *BAB I PENDAHULUAN*. 11–12.
Purwanti, O., Maulana, A., Ulfi, D., & Kurniautami, N. (2018). *Analisis Pemilihan Moda Transportasi di Kampus Itenas*.
Suyatmo, S., Cahyadi, C. I., Syafril, S., Khair, R., & Idris, I. (2020). Rancang Bangun Prototype Robot Pengantar Barang Cargo Berbasis Arduino Mega Dengan IOT. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON)*, 1(3), 215. <https://doi.org/10.30865/json.v1i3.2186>
Tohari, A., & Astuti, Y. P. (2023). PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PT. POS CABANG LAMONGAN. In *Jurnal Ilmiah Matematika* (Vol. 11).
Wirsansky, Eyal. (2020). *Hands-on genetic algorithms with Python : applying genetic algorithms to solve real-world deep learning and artificial intelligence problems*. Packt Publishing Ltd.
Zulkarnaen, W., Dewi Fitriani, I., Yuningsih, N., Muhammadiyah Bandung, S., & Tasikmalaya, S.

(2020). *PENGEMBANGAN SUPPLY CHAIN
MANAGEMENT DALAM PENGELOLAAN
DISTRIBUSI LOGISTIK PEMILU YANG LEBIH
TEPAT JENIS, TEPAT JUMLAH DAN TEPAT
WAKTU BERBASIS HUMAN RESOURCES*

*COMPETENCY DEVELOPMENT DI KPU JAWA
BARAT. 4(2).*

