

Usulan Perancangan Rute Distribusi Menggunakan *Vehicle Routing Problem Pickup And Delivery* Dengan Metode *Mixed Integer Linear Programming* Untuk Meminimasi Biaya Distribusi (Studi Kasus: Pt Xyz)

1st Muhamad Arvien Nugraha
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

tsunagarinear@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Femi Yulianti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

femiyulianti@telkomuniversity.ac.id

3rd Gisti Ayu Pratiwi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

gistiyupratiwi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — PT XYZ merupakan perusahaan otomotif yang bergerak dalam produksi, perakitan, dan distribusi sepeda motor, menghadapi permasalahan inefisiensi distribusi komponen produksi. Rata-rata pemanfaatan kapasitas armada hanya mencapai 62%, di bawah standar minimum perusahaan sebesar 70%, dengan zona Jakarta menjadi yang terendah sebesar 53%. Selain itu, total biaya distribusi sebesar Rp705.731.040 melebihi target perusahaan sebesar Rp521.600.000. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) pada permasalahan *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPPD), guna merancang rute distribusi yang efisien dengan meminimalkan biaya distribusi dan meningkatkan pemanfaatan kapasitas armada. Model mempertimbangkan karakteristik utama VRPPD seperti urutan *pickup* sebelum *delivery* serta pelayanan pasangan permintaan oleh kendaraan yang sama. Hasil simulasi menunjukkan pengurangan jumlah armada dari lima menjadi tiga unit, peningkatan rata-rata utilisasi kapasitas dari 58,6% menjadi 97,93%, dan penurunan total biaya distribusi menjadi Rp441.764.352. Solusi ini tidak hanya memenuhi target biaya distribusi perusahaan, tetapi juga meningkatkan efisiensi distribusi secara keseluruhan.

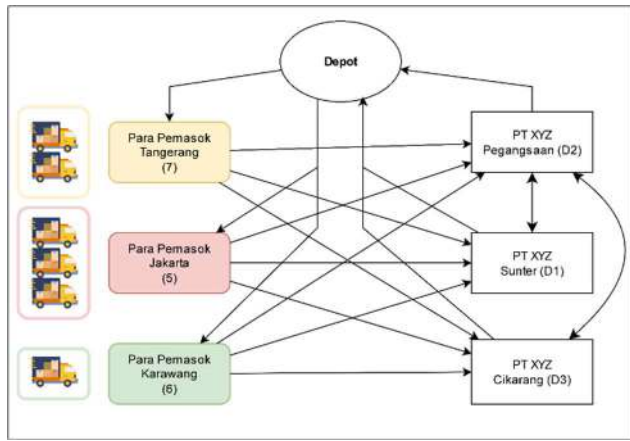
Kata kunci — Utilitas kapasitas armada, MILP, VRPPD, optimasi rute, distribusi.

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan otomotif yang bergerak dalam bidang produksi, perakitan, dan distribusi sepeda motor di Indonesia. Sebagai salah satu produsen terbesar di industri ini, PT XYZ menghadirkan berbagai jenis dan model sepeda motor yang menjadi pilihan utama konsumen nasional. Untuk mendukung operasional produksinya, perusahaan ini mengandalkan sistem logistik distribusi dalam mengatur pengiriman komponen dari pemasok ke fasilitas produksi, serta mendistribusikan produk jadi ke berbagai titik permintaan.

Dalam konteks rantai pasok, proses pengiriman dan penyimpanan barang mulai dari pemasok hingga pelanggan dikenal sebagai distribusi. Distribusi mencakup pengiriman komponen dari pemasok ke produsen, serta pengiriman produk jadi dari produsen ke pelanggan akhir [1]. Logistik distribusi dan transportasi merupakan elemen penting dalam perencanaan strategi perusahaan dan menjadi bagian integral dari kesuksesan organisasi [2]. Transportasi memiliki peranan signifikan dalam dunia industri, mulai dari proses pengadaan komponen hingga distribusi produk kepada konsumen [3]. Berdasarkan kedua pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa salah satu elemen kunci dalam proses distribusi adalah transportasi.

Pada aktivitas *distribution control*, PT XYZ mengelompokkan pemasok ke dalam tiga zona utama, yaitu Jakarta, Karawang, dan Tangerang. Setiap zona dilayani oleh jumlah armada yang berbeda, yakni tiga armada di Jakarta, satu armada di Karawang, dan dua armada di Tangerang. Armada-armada ini bertugas menjemput komponen dari delapan belas pemasok untuk dikirimkan ke tiga cabang perusahaan yang berlokasi di Sunter (D1), Pegangsaan (D2), dan Cikarang (D3) guna mendukung kebutuhan produksi..



GAMBAR 1
Ilustrasi Distribusi dari Pemasok ke PT XYZ

Sistem distribusi komponen yang diterapkan oleh PT XYZ saat ini didasarkan pada produksi harian hasil. Namun, sebagaimana dinyatakan oleh [4] dalam sistem distribusi berbasis kebutuhan produksi harian, kapasitas armada sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa optimalisasi penggunaan kapasitas armada belum sepenuhnya diterapkan, sehingga peluang efisiensi masih dapat ditingkatkan [5]. Dengan kata lain, sistem distribusi PT XYZ saat ini belum mencapai tingkat optimal dalam memanfaatkan kapasitas armada.

Distribusi komponen dilakukan berdasarkan kebutuhan produksi yang bervariasi di setiap cabang perusahaan, sesuai hasil pengendalian oleh *inventory control*. Karena sistem distribusi menggunakan armada sewa, variasi kebutuhan tersebut sangat mempengaruhi tingkat utilisasi kapasitas armada, yang diukur dari jumlah pallet yang terpakai dibandingkan dengan kapasitas maksimum (32 pallet per armada). Menurut Galkin et al. (2021) armada sewa yang tidak dimanfaatkan secara optimal cenderung menyebabkan pemborosan biaya akibat kapasitas armada yang tidak digunakan secara produktif [6]. Selain itu, Favier et al. (2024) menegaskan bahwa tingkat pemanfaatan armada sewa yang rendah, disertai dengan strategi relokasi armada yang tidak efisien, dapat berdampak negatif terhadap operasional perusahaan. Berdasarkan kedua pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa utilisasi armada yang rendah berisiko tinggi menyebabkan pemborosan biaya distribusi [7]. Berikut disajikan data perbandingan antara target penggunaan kapasitas armada yang ditetapkan perusahaan dengan rata-rata kapasitas armada yang terpakai berdasarkan hasil *review* RKPS periode Oktober-Desember tahun 2024.



GAMBAR 2
Perbandingan Kapasitas Armada terhadap Target Perusahaan

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa dalam operasionalnya, kapasitas armada di seluruh zona tidak mencapai target yang ditetapkan oleh perusahaan. Zona Jakarta memiliki tingkat penggunaan kapasitas terendah, yaitu sebesar 53%. Armada di Karawang memanfaatkan 63% dari kapasitas yang tersedia, sementara Tangerang mencatatkan tingkat penggunaan tertinggi sebesar 69%. Secara keseluruhan, rata-rata penggunaan kapasitas armada di ketiga zona tersebut adalah sebesar 62%. Kesenjangan ini menunjukkan adanya permasalahan dalam aktivitas distribusi PT XYZ, yaitu adanya gap antara kondisi kondisi saat ini dengan target penggunaan kapasitas armada. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan guna meningkatkan efisiensi distribusi.

Untuk menentukan fokus perbaikan, dapat diterapkan konsep Pareto, yang menyatakan bahwa sekitar 80% dari hasil atau konsekuensi berasal dari 20% penyebab atau faktor [8]. Prinsip ini berguna sebagai dasar dalam menetapkan prioritas perbaikan dan optimalisasi.



GAMBAR 3
Pareto Chart

Melalui analisis *Pareto* zona yang perlu diprioritaskan untuk perbaikan dapat ditentukan berdasarkan kontribusinya terhadap total masalah kapasitas armada yang tidak digunakan. Mengacu pada prinsip *Pareto* (80/20), Jakarta dan Tangerang menyumbang 86% dari total kontribusi masalah, sehingga keduanya menjadi prioritas utama dalam perbaikan. Sementara itu, Karawang hanya menyumbang 14% dan termasuk dalam kelompok dengan dampak yang lebih kecil. Untuk memahami lebih lanjut sebaran lokasi yang berkontribusi terhadap permasalahan distribusi, dilakukan pemetaan lokasi kedua zona tersebut kondisi saat ini pemasok, pelanggan, dan depot.

TABEL 1
Rute Aktual Armada Tangerang dan Jakarta

Zona	Armada	Rute Saat ini	Jarak Tempuh (Km)	Kapasitas Armada Digunakan
Tangerang	Armada 1	0-P7-P2-P5-P4-P3-P1-D1-D2-0	180,72	59%
	Armada 2	0-P7-P3-P4-P5-P1-P6-P2-D3-0	225,52	75%
Jakarta	Armada 3	0-P9-P8-P12-P11-P10-D1-0	125,5	47%
	Armada 4	0-P9-P8-P12-P11-P10-D2-0	130,2	53%
	Armada 5	0-P10-P9-P8-P11-P12-D3-0	217,9	59%

Berdasarkan Tabel 1, setiap armada melakukan kunjungan ke beberapa pemasok untuk mengambil komponen sesuai dengan kebutuhan produksi.

TABEL 2
Detail Rute Tangerang dan Jakarta

Zona	Armada	Fixed Cost	Variable Cost	Total Biaya Distribusi
		Tarif Sewa Armada	Biaya BBM	
Tangerang	Armada 1	Rp87.300.000	Rp44.240.256	Rp142.600.320
	Armada 2	Rp87.300.000	Rp55.207.296	Rp156.309.120
Jakarta	Armada 3	Rp87.300.000	Rp30.722.400	Rp125.703.000
	Armada 4	Rp87.300.000	Rp31.872.960	Rp127.141.200
	Armada 5	Rp87.300.000	Rp53.341.920	Rp153.977.400
Total		Rp436.500.000	Rp215.384.832	Rp705.731.040

Masing-masing armada memiliki rute pengiriman, jarak tempuh, serta tingkat pemanfaatan kapasitas yang berbeda-beda, dengan total biaya distribusi sebesar Rp705.731.040. Berikut ini disajikan perbandingan antara total biaya distribusi eksisting dan total biaya distribusi yang menjadi target perusahaan.

TABEL 3
Perbandingan Total Biaya Distribusi

Perbandingan Total Biaya Distribusi		GAP
Kondisi saat ini	Target Perusahaan	
Rp705.731.040	Rp521.600.000	▲ 25%

Pada Tabel 3, terlihat bahwa total biaya distribusi eksisting melebihi target biaya distribusi perusahaan sebesar 25%. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakefisienan dalam sistem distribusi yang sedang berjalan, sehingga diperlukan perbaikan dan optimalisasi untuk menekan total biaya distribusi agar mencapai target yang telah ditetapkan Perusahaan. Berikut ini merupakan analisis Diagram Fishbone yang menggambarkan gejala serta akar penyebab permasalahan yang terjadi pada kondisi kondisi saat ini di PT XYZ.



GAMBAR 4
Fishbone Diagram

Dari faktor-faktor yang menyebabkan nilai gap melebihi target, penyebab utamanya berasal dari aspek metode (method) yang digunakan.

II. KAJIAN TEORI

A. Supply Chain Management

Supply chain management mengelola berbagai aktivitas yang mencakup perolehan bahan baku, pengolahan menjadi produk, hingga distribusi kepada pelanggan melalui sistem distribusi yang terintegrasi [9].

B. Distribusi dan Transportasi

Distribusi merujuk pada serangkaian langkah untuk memindahkan dan menyimpan produk dari pemasok hingga mencapai pelanggan dalam rantai pasok [9]. Distribusi produk merupakan bagian integral dari manajemen rantai pasok yang bertanggung jawab untuk merencanakan, mengimplementasikan, dan mengendalikan aliran barang secara efisien dan efektif, dengan menjaga hubungan antara titik asal dan titik pengiriman.

C. Vehicle Routing Problem

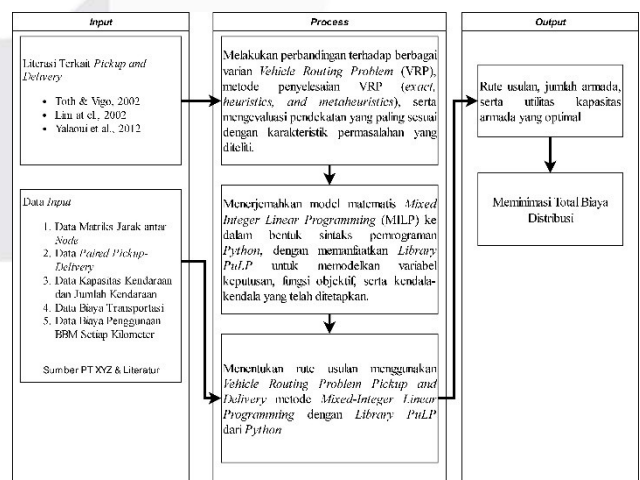
Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan salah satu permasalahan optimasi dalam bidang logistik yang berfokus pada penentuan rute paling efisien bagi sejumlah kendaraan untuk melayani sekumpulan pelanggan, dengan mempertimbangkan berbagai kendala dan tujuan tertentu. Secara umum, tujuan utama dari VRP adalah meminimalkan total biaya perjalanan, yang dapat berupa jarak tempuh, durasi perjalanan, maupun biaya operasional kendaraan [10].

D. Vehicle Routing Problem Pickup and Delivery

Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (VRPPD) yang mengharuskan setiap kendaraan tidak hanya mengantarkan barang ke pelanggan, tetapi juga mengambil barang dari titik tertentu untuk dikirim ke lokasi tujuan lainnya. Menurut Toth dan Vigo (2002), permasalahan ini melibatkan pasangan permintaan berupa titik pengambilan (pickup) dan titik pengantaran (delivery) yang harus dilayani oleh kendaraan yang sama dalam satu rute, dengan ketentuan bahwa proses pickup harus dilakukan sebelum delivery. Selain mempertimbangkan kapasitas kendaraan, VRPPD juga memperhatikan urutan pelayanan, sehingga menambah kompleksitas dalam pencarian solusi optimal dibandingkan VRP klasik.

III. METODE

Kerangka berpikir merupakan susunan pemikiran sistematis yang menjadi acuan peneliti dalam memahami masalah, mengenali faktor-faktor penting, dan merumuskan langkah untuk mencapai tujuan penelitian.

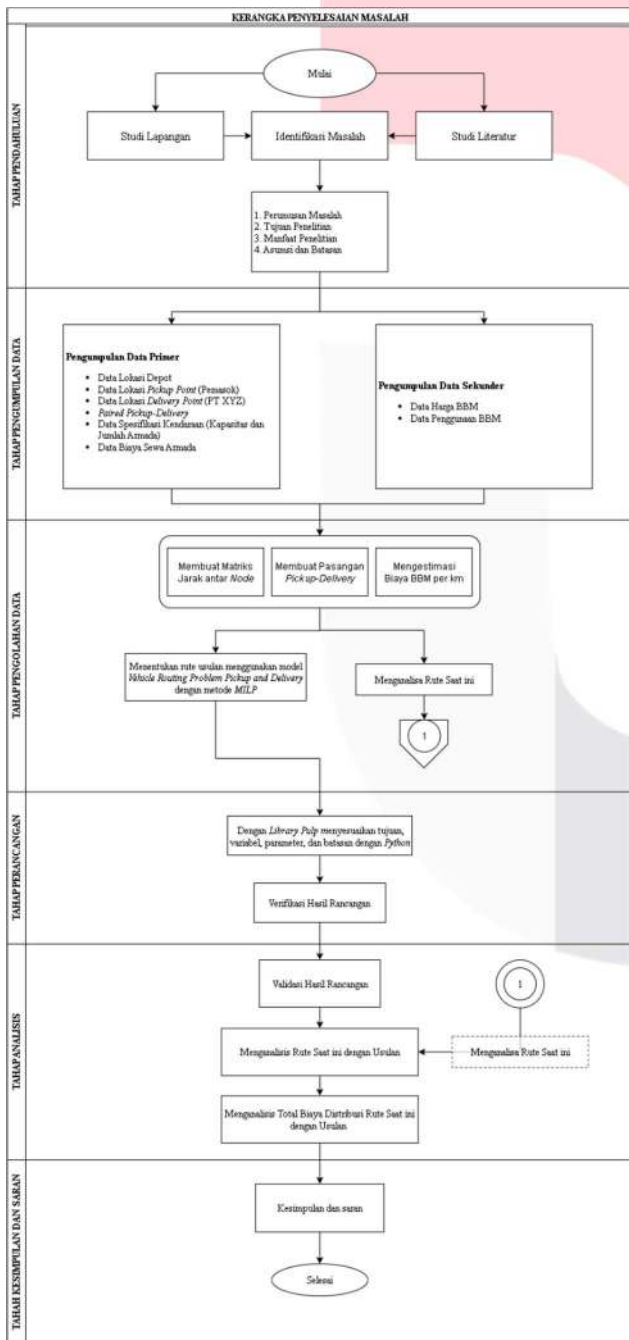


GAMBAR 6
Kerangka Berpikir

Penelitian ini diawali dengan tahap input, yaitu pengumpulan data yang mencakup matriks jarak antar lokasi, informasi paired pickup-delivery, spesifikasi kendaraan, serta

komponen biaya distribusi. Data tersebut menjadi dasar dalam merancang solusi optimasi rute pengambilan komponen. Tahap proses meliputi pembuatan model matematis *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), pemilihan pendekatan VRP yang tepat, serta implementasi model ke dalam bahasa pemrograman *Python* menggunakan pustaka *PuLP*. Hasil dari proses ini menghasilkan *output* berupa rute distribusi optimal yang mampu meningkatkan utilitas kapasitas armada dan menurunkan total biaya distribusi di PT XYZ.

Penyelesaian masalah dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, analisis, dan optimasi rute untuk menghasilkan solusi efisien dalam perencanaan pengiriman, dengan mempertimbangkan kapasitas armada, pasangan *pickup-delivery*, dan biaya distribusi.



GAMBAR 5
Diagram Alir Sistematika

Penelitian ini diawali dengan tahap pendahuluan, yang mencakup observasi langsung ke PT XYZ dan wawancara dengan pihak logistik, serta studi literatur untuk merumuskan masalah dan menentukan pendekatan solusi menggunakan VRPPD dan metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Dilanjutkan dengan pengumpulan data, yang mencakup informasi lokasi, permintaan, spesifikasi armada, matriks jarak, serta komponen biaya operasional. Pada tahap pengolahan data, dilakukan perhitungan jarak dan analisis rute eksisting untuk kemudian dirancang model matematis MILP. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, di mana data diintegrasikan ke dalam model dan dikonversi ke dalam kode program untuk memperoleh rute distribusi optimal. Selanjutnya, dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan bahwa rute yang dihasilkan mampu meminimalkan biaya distribusi dan sesuai dengan tujuan penelitian. Terakhir, kesimpulan dan saran disusun berdasarkan seluruh hasil dan proses penelitian yang telah dilaksanakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan transportasi yang dimiliki oleh PT XYZ dapat dirumuskan menggunakan model matematis yang memiliki fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya transportasi. Berikut merupakan permodelan matematis:

Keterangan indeks adalah bagian dari dokumentasi model matematika yang menjelaskan arti dari simbol indeks yang digunakan dalam notasi fungsi tujuan, kendala, dan variabel keputusan.

TABEL 3
Keterangan Indeks

Simbol	Deskripsi
i	Node asal (bisa depot, <i>supplier</i> , atau <i>customer</i>), $i \in NV$
j	Node tujuan (bisa depot, <i>supplier</i> , atau <i>customer</i>), $j \in V$
k	Indeks kendaraan, $k \in K$

Himpunan adalah kumpulan objek atau elemen yang memiliki sifat atau karakteristik tertentu dan didefinisikan secara jelas. Objek-objek dalam himpunan disebut anggota atau elemen himpunan.

TABEL 4
Keterangan Himpunan

Simbol	Keterangan
N	Himpunan semua <i>node pickup</i> dan <i>node delivery</i> , $n \in N$
K	Himpunan semua kendaraan yang tersedia
P	Dimana setiap pasangan $p \in P$ didefinisikan sebagai (<i>pickup_p</i> , <i>delivery_p</i>)
D_p	Permintaan untuk pasangan p

Keterangan parameter adalah penjelasan mengenai nilai-nilai tetap dalam model matematika yang digunakan untuk membentuk fungsi tujuan dan kendala

TABEL 5
Keterangan Parameter

Simbol	Keterangan
q_j	Permintaan barang dilokasi <i>delivery</i> $i \in N_d$
Q^k	Kapasitas maksimum kendaraan k
k	Jumlah kendaraan yang tersedia
c_{ij}	Biaya atau Jarak lokasi antara i dan lokasi j

f_k	Biaya tetap sewa kendaraan k
M	Bilangan besar (<i>big-M</i>), untuk <i>constraint</i> logika

Keterangan parameter adalah penjelasan mengenai nilai-nilai tetap dalam model matematika yang digunakan untuk membentuk fungsi tujuan dan kendala

TABEL 6
Keterangan Variabel Keputusan

Simbol	Tipe	Keterangan
x_{ij}^k	Biner	Bernilai 1 jika kendaraan k melalui jalur (i, j) , dan 0 jika tidak
u^k	Biner	Bernilai 1 jika kendaraan k digunakan dalam rute, 0 jika tidak
$y_{p,k}$	Biner	Bernilai 1 jika pasangan p dilayani oleh kendaraan k , 0 jika tidak

Keterangan variabel keputusan adalah penjelasan mengenai simbol-simbol variabel dalam model matematika yang nilainya akan ditentukan melalui proses optimasi. Variabel ini merepresentasikan keputusan yang harus dibuat, seperti apakah suatu kendaraan digunakan, berapa jumlah produk yang dikirim, atau rute mana yang diambil. Nilai dari variabel keputusan dicari sedemikian rupa agar fungsi tujuan optimal (maksimum atau minimum) dan seluruh kendala model terpenuhi [11].

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A^k} c_{ij} v^k x_{ij}^k + \sum_{k \in K} u^k f^k \quad (1)$$

Batasan:

$$\sum_{k \in K} y_{p,k} = 1, \quad \forall p \in P \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P} y_{p,k} \leq M \cdot u_k, \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N, i \neq \text{pickup}_p} x_{i, \text{pickup}_p, k} \geq y_{p,k}, \quad \forall p \in P, \quad k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N, i \neq \text{delivery}_p} x_{i, \text{delivery}_p, k} \geq y_{p,k}, \quad \forall p \in P, \quad k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N, j \neq i} x_{j,i,k} = \sum_{j \in N, j \neq i} x_{i,j,k}, \quad \forall i \in N, \quad k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{p \in P} d_p \cdot y_{p,k} \leq Q, \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N, j \neq 0} x_{0,j,k} = u_k, \quad \forall k \in K \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N, i \neq 0} x_{i,0,k} = u_k, \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$x_{i,j,k} + x_{j,i,k} \leq 1, \quad \forall i, j \in N \setminus \{0\}, i \neq j, k \in K \quad (10)$$

Model perancangan rute distribusi pada penelitian ini diformulasikan dengan mempertimbangkan serangkaian fungsi tujuan dan kendala. Fungsi tujuan yang dioptimalkan adalah meminimasi total biaya distribusi, yang terdiri atas biaya bahan bakar serta tarif sewa armada (1). Pertama, setiap pasangan permintaan p (yang terdiri dari titik *pickup* dan *delivery*) harus dilayani tepat satu kali oleh salah satu kendaraan k (2). Ini memastikan tidak ada permintaan yang terabaikan atau dilayani ganda. Namun, untuk mencegah kendaraan melayani permintaan tanpa digunakan secara resmi, pembatasan tambahan diberlakukan (3), di mana kendaraan hanya diperbolehkan melayani jika status penggunaannya aktif ($u_k=1$).

Selanjutnya, agar pengangkutan dilakukan secara terpadu, setiap kendaraan yang melayani suatu permintaan harus benar-benar mengunjungi lokasi *pickup* maupun lokasi *delivery* (4 dan 5). Hal ini menjamin bahwa proses *pickup* dan *delivery* dilakukan oleh kendaraan yang sama sesuai prinsip VRPPD. Keseimbangan aliran kendaraan di setiap node juga menjadi perhatian penting. Jumlah kendaraan yang masuk ke suatu node harus sama dengan jumlah yang keluar dari node tersebut (6). Ini menghindari adanya kendaraan yang “hilang” di tengah rute dan menjamin kontinuitas perjalanan. Dari sisi kapasitas, jumlah total muatan yang diangkut oleh kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang ditetapkan (7). Ini mencegah terjadinya *overloading* dan menjaga kelayakan operasional armada.

Terkait pengelolaan rute, setiap kendaraan yang digunakan harus memulai dan mengakhiri rute di depot (8 dan 9). Ini menjadi syarat operasional dasar yang menandakan bahwa kendaraan kembali ke titik awal setelah menyelesaikan rute pengantaran. Terakhir, untuk mencegah terbentuknya *subtour* (rute siklik tertutup yang tidak menyertakan depot), diberlakukan pembatasan bahwa kendaraan tidak boleh berpindah langsung bolak-balik antar dua *node* tanpa melibatkan *node* lain atau depot (10). Kendala ini menjaga agar struktur rute tetap valid dan efisien dalam cakupan satu rute utuh yang dimulai dan diakhiri di depot.

Pada latar belakang telah dipaparkan bahwa rute aktual yang dilakukan untuk proses distribusi komponen. Berikut merupakan tabel perbandingan rute aktual dan rute usulan yang diperoleh dengan menggunakan metode MILP

TABEL 7
Perbandingan Rute Aktual dan Rute Usulan

Armada	Rute Aktual	Jarak Tempuh (km)	Rute Usulan	Jarak Tempuh (km)
Armada 1	Depot-P7-P2-P5-P4-P3-P1-D1-D2- Depot	180,72	Depot -P2 -P3 - P4 -P7 -P8 -P11 -P12 -D1 -D2 - D3 -Depot	281,8
Armada 2	Depot -P7- P3-P4-P5- P1-P6-P2- D3- Depot	225,52	Depot -P1 -P5 - P6 -P9 -P10 -D1 -D2 -D3 -Depot	279,2
Armada 3	Depot -P9- P8-P12-P11- P10-D1- Depot	125,50	Depot -P3 -P4 - P5 -P8 -P11 -D1 -D2 -Depot	173,7
Armada 4	Depot -P9- P8-P12-P11- P10-D2- Depot	130,2	-	-

Armada 5	Depot -P10- P9-P8-P11- P12-D3- Depot	217,90	-	-
----------	---	--------	---	---

Setelah dilakukan analisis terhadap rute usulan, maka selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap total jarak tempuh yang dilalui selama proses pengambilan komponen berlangsung. Berikut adalah perbandingan total jarak tempuh rute aktual dan rute usulan:

TABEL 8
Perbandingan Hasil dan Aktual

	Jumlah Armada	Rata- Rata Utilitas Kapasitas	Total Jarak Tempuh (km)	Total Biaya Distribusi (Rp)
Aktual	5	58,6%	879,84	651.884.832
Usulan	3	97,9%	734,70	441.764.352
Standar Deviasi	▼ 2	▲ 39,3%	▼ 145,14	▼ 210.120.480

Tabel V.2 menunjukkan perbandingan antara kinerja aktual dan usulan dalam hal distribusi logistik. Berdasarkan data tersebut, implementasi usulan memberikan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi operasional. Dari segi jumlah kendaraan, usulan berhasil mengurangi kebutuhan dari 5 menjadi 3 kendaraan, sekaligus meningkatkan utilitas kapasitas rata-rata dari 58,6% menjadi 97,9%. Hal ini menunjukkan bahwa usulan berhasil mengoptimalkan penggunaan kapasitas kendaraan yang tersedia. Dari aspek jarak tempuh, usulan juga memberikan penghematandari total 879,84 km menjadi 734,70 km. Efisiensi ini berdampak langsung pada biaya distribusi yang turun dari Rp651.884.832 menjadi Rp441.764.352, menghasilkan penghematan sebesar Rp210.120.480.

TABEL 9
Perbandingan Total Biaya Distribusi

Perbandingan Total Biaya Distribusi		
Aktual	Usulan	Target Perusahaan
Rp651.884.832	Rp441.764.352	Rp521.600.000

Secara keseluruhan, rute usulan tidak hanya lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, seperti jumlah kendaraan dan kapasitas muat, tetapi juga lebih efektif dalam menurunkan jarak tempuh dan biaya operasional. Hasilnya, total biaya distribusi dapat ditekan hingga Rp441.764.352, lebih rendah dari batas maksimal yang ditetapkan perusahaan sebesar Rp521.600.000.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan yang sudah dilakukan. Penggunaan metode *mixed integer linear programming* dalam menentukan diperoleh hasil yang menunjukkan peningkatan efisiensi operasional secara signifikan. Total jarak tempuh rute distribusi berhasil ditekan dari 879,84 km menjadi 734,70 km. Selain itu, jumlah armada yang

digunakan dapat dikurangi dari lima kendaraan menjadi hanya tiga kendaraan, tanpa mengurangi kemampuan dalam memenuhi seluruh permintaan distribusi. Pemanfaatan kapasitas armada juga mengalami peningkatan dari rata-rata 59% menjadi 97,9%, yang mencerminkan optimalisasi penggunaan sumber daya secara menyeluruh. Dari sisi biaya, total biaya distribusi dapat ditekan menjadi Rp441.764.352, yang berarti berada di bawah target perusahaan sebesar Rp521.600.000. Dengan demikian, rute usulan yang dihasilkan melalui pendekatan MILP tidak hanya efektif dalam mengurangi biaya, tetapi juga mampu mencapai efisiensi operasional yang sejalan dengan target perusahaan.

REFERENCES

- [1] S. R. Tulong, A. L. Tumbel and I. D. Palandeng, "Identifikasi Saluran Distribusi Dalam Rantai Pasokan Kentang Di Kecamatan Modinding (Studi Di Desa Linelean)," *Junal Ekonomi Manajemen Bisnis dan Akuntansi*, vol. 4, no. 1, pp. 1562-1569, 2016.
- [2] N. Burganova, P. Grznár, M. Gregor dan Š. Mozol, "Optimalisation of Internal Logistics Transport Time Through Warehouse Management: Case Study," *Transportation Research Procedia*, p. 553-560, 2021.
- [3] N. P. D. Arwini dan I. M. Juniastra, "Peran Transportasi Dalam Dunia Industri," *Jurnal Ilmiah Wastuwidya*, vol. 6, no. 1, pp. 70-77, 2023.
- [4] R. R. Cahyadi, "Analisis Pemanfaatan Kapasitas Armada Angkutan Barang di Indonesia," *Jurnal Transportasi*, vol. 9, no. 2, pp. 123-132, 2009.
- [5] I. A. Mardiko and Sulistyowati, "Optimasi Kapasitas Armada Dengan Menggunakan Metode Linear Programming," *INTEGER: Journal of Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 49-56, 2020.
- [6] A. Galkin, M. Olkhova, S. Iwan, K. Kijewska, S. Ostashevskyi and O. Lobashov, "Planning the Rational Freight Vehicle Fleet Utilization," *Sustainability 2021*, vol. 13, no. 7, 2021.
- [7] J.-C. Favier, S. Ganguly and T. Shalpegin, "Optimal Fleet Policy of Rental Vehicles with Relocation: A Simulation Study," *Journal of Advanced Transportation*, 2024.
- [8] J. M. Juran, *Quality-Control Handbook*, mcgraw-hill book company, inc, 1951.
- [9] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Pearson Prentice Hall, 2007.
- [10] P. Toth and D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 2002.
- [11] H. Lim, A. Lim and B. Rodrigues, "Solving The Pickup And Delivery Problem With Time Windows Using Iisqueaky Wheelie Optimazition With Local Search," *AMCIS 2002 Proceedings*, pp. 2335-2344, 2002.

