

Usulan Perancangan Rute Distribusi Baterai Menggunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* Dengan Metode *Saving Matrix* Guna Meminimasi Biaya Bakar Minyak (BBM) (Studi Kasus: PT. XYZ)

1st Alifa Khoirunnisa

Digital Supply Chain

Fakultas Rekayasa Industri

Bandung, Indonesia

alifakhairunnisa@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Femi Yulianti

Digital Supply Chain

Fakultas Rekayasa Industri

Bandung, Indonesia

femiyulianti@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Gisti Ayu Pratiwi

Digital Supply Chain

Fakultas Rekayasa Industri

Bandung, Indonesia

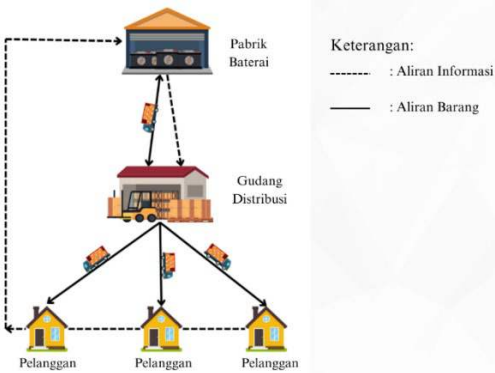
gistiayupratiwi@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak — PT. XYZ adalah perusahaan logistik yang menangani distribusi produk baterai. Masalah utama yang dihadapi adalah perencanaan rute pengiriman yang belum tepat, menyebabkan tingginya biaya bahan bakar (BBM). Pengiriman dilakukan ke 10 pelanggan di Jabodetabek menggunakan tiga kendaraan bersifat *homogen* dengan kapasitas 5 ton. Pada periode 4–8 November 2024, total biaya BBM tercatat Rp5.249.600, melebihi anggaran Rp4.500.000 dengan *GAP* sebesar 16,66%. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* yang dipadukan dengan metode *Saving Matrix*. *CVRP* memperhitungkan kapasitas kendaraan, sedangkan *Saving Matrix* membantu menggabungkan rute berdasarkan penghematan jarak. Hasil perhitungan menunjukkan minimasi biaya BBM menjadi Rp3.950.800. Nilai ini lebih rendah dari anggaran, dengan *GAP* baru sebesar 12,2%, dan penghematan sebesar Rp1.298.800 atau 24,74%. Metode ini terbukti membantu perusahaan merancang rute yang lebih hemat dan menurunkan penggunaan bahan bakar.

Kata kunci— *Optimasi Rute Pengiriman, VRP, CVRP, Saving Matrix, Minimasi Biaya, Minimasi Jarak.*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan yang menyediakan solusi rantai pasok untuk memenuhi kebutuhan pelanggan menawarkan berbagai produk dan layanan dalam sektor logistik yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan. Pada penelitian kali ini berfokus pada pergudangan seksi distribusi dan transportasi dengan fokus produk baterai.



GAMBAR 1
Alur Pengiriman Barang Baterai

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa *customer* mengirimkan aliran informasi berupa pemesanan ke *battery factory* untuk memberitahukan jumlah barang yang dipesan. *Battery factory* kemudian mengirimkan aliran barang berupa *stock* baterai beserta informasi jumlah pesanan ke *distribution warehouse*. Selanjutnya, *distribution warehouse* mengirimkan baterai kepada *customer* sesuai dengan jumlah pesanan yang telah diterima. Pada pendistribusian pengiriman barang baterai PT. XYZ memiliki 10 titik distribusi pengiriman baterai di Jabodetabek.

TABEL 1
Lokasi Pengambilan, Jarak, Ratio BBM

No	Nama Lokasi Pengiriman (LP)	Kode Lokasi Pengiriman (LP)	Jarak dari Lokasi ke Tempat Pengiriman (Km)	Ratio BBM (L/Km)
1	Pasar Minggu	LP 1	36	1:5
2	Cempaka Putih	LP 2	20	
3	Kemayoran	LP 3	22	
4	Pasar Baru	LP 4	23	
5	Mangga Dua	LP 5	20	
6	Cikupa	LP 6	71	
7	Cilandak	LP 7	37	
8	Balaraja Barat	LP 8	78	
9	Balaraja Timur	LP 9	73	
10	Bumi Serpong Damai (BSD)	LP 10	62	

(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi *Fleet* PT. XYZ)

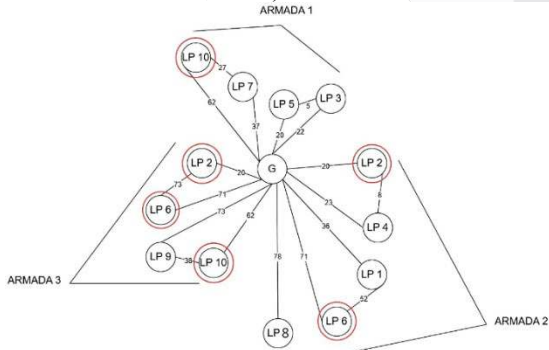
Tabel diatas menjelaskan bahwa keseluruhan LP tersebar. Sehingga hal ini perlu diperhatikan agar ketika proses pengiriman baterai setiap kendaraan tidak terjadi kelebihan muatan (*overload*). Pengambilan dan pengangkutan baterai di PT. XYZ dilakukan menggunakan tiga unit kendaraan serupa, yaitu *colt diesel double* (*CDD*), dengan kapasitas maksimal 5.000 kg (5 ton). Aktivitas ini dimulai pada pukul 08.00 WIB sesuai jam operasional umum. Sopir terlebih dahulu mengambil surat jalan dari koordinator logistik, yang mencantumkan lokasi pegiriman baterai yang harus diantarkan. Sopir bertanggung jawab atas proses pengiriman baterai hingga sampai kepada *customer*. Pengiriman dilakukan secara berurutan berdasarkan lokasi yang telah ditentukan oleh koordinator logistik. *CDD* berangkat dari gudang PT. XYZ menuju LP, di mana box baterai dimuat hingga kapasitas maksimal 5 ton. Setelah itu truk akan kembali ke gudang. Berikut pembagian rute dan muatan yang diambil pada 4 November 2024:

TABEL 2
Rute Aktual pada 4 November 2024

Jenis Kendaraan	Rute (Kondisi Aktual)	Jarak Tempuh Pengiriman (Km)	Permintaan Muatan (Ton)	Kapasitas Muatan (Ton)
CDD 1 (<i>Colt Diesel Double</i>)	G - LP 3 - LP 5 - G	47	2,5	5
	G - LP 7 - LP 10 - G	126	3	
CDD 2 (<i>Colt Diesel Double</i>)	G - LP 2 - LP 4 - G	50	4,5	
	G - LP 1 - LP 6 - G	159	2,3	
CDD 3 (<i>Colt Diesel Double</i>)	G - LP 8 - G	78	3,5	
	G - LP 2 - LP 6 - G	141	2,8	
	G - LP 9 - LP 10 - G	170	3,5	

(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi *Fleet* PT. XYZ)

Berdasarkan data yang dirilis oleh Asosiasi Logistik Indonesia (ALI) pada tahun 2023, tercatat bahwa sekitar 36% pengiriman barang di wilayah Indonesia mengalami keterlambatan. Masalah ini disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berkaitan, antara lain kurangnya efisiensi dalam penentuan rute pengiriman, buruknya kondisi infrastruktur jalan di beberapa wilayah, serta tingginya tingkat kemacetan lalu lintas yang sering terjadi di kota-kota besar maupun jalur utama pengiriman. Banyak perusahaan masih kesulitan mengatur rute pengiriman barang dengan baik. Mereka seringkali membuat rute tanpa memikirkan kondisi jalan yang sebenarnya, berapa banyak barang yang bisa dibawa, atau ke mana saja barang-barang itu harus dikirim (Asosiasi Logistik Indonesia ALI, 2023).



GAMBAR 2

Rute pada Matriks Armada 1, 2, 3 dengan *Highlight* Titik Kunjungan Ganda pada LP

Dilihat dari gambar diatas bahwa hal ini terlihat dalam dari PT. XYZ wilayah distribusi tersebut belum memiliki dasar yang jelas. Namun, PT. XYZ menetapkan dengan mempertimbangkan masukan dari supir. Proses pengiriman dimulai dari gudang, menuju lokasi penerima tertentu hingga kapasitas maksimum 5 ton terpenuhi, kemudian kendaraan kembali ke gudang dan mengulangi proses tersebut. Setiap kendaraan harus menyelesaikan seluruh proses pengambilan dalam satu hari, yang memungkinkan kendaraan melakukan beberapa perjalanan (*multiple trip*). Selanjutnya, akan dijelaskan total jarak tempuh masing-masing kendaraan dan total biaya yang dikeluarkan oleh PT. XYZ selama pengiriman baterai pada periode 4-8 November 2024.

TABEL 3
Data Kendaraan, Kode Lokasi Pengiriman, dan Total Jarak Tempuh

Kendaraan	Kode Lokasi Pengiriman (LP)	Total Jarak / hari (Km)					Total Jarak Tempuh (Km)
		4-Nov-24	5-Nov-24	6-Nov-24	7-Nov-24	8-Nov-24	
CDD 1	LP 3	174	174	174	174	174	870
	LP 5						
	LP 7						
	LP 10						
CDD 2	LP 2	287	287	287	287	287	1.435
	LP 4						
	LP 1						
	LP 6						
CDD 3	LP 8	311	311	311	311	311	1.555
	LP 2						
	LP 6						
	LP 9						
	LP 10						

(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi *Fleet* PT. XYZ)

TABEL 4
Data Total Biaya BBM

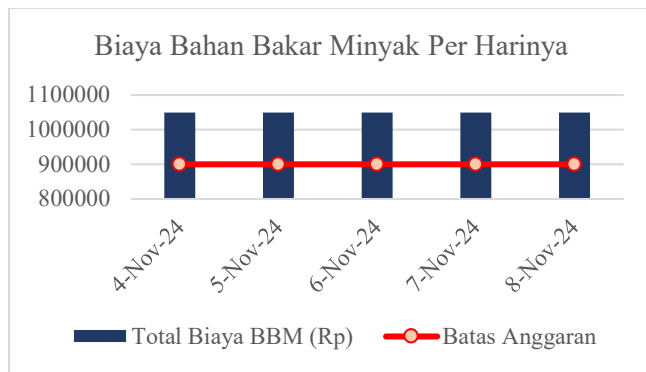
Kendaraan	Biaya BBM (Rp)					Total Biaya BBM /mobil (Rp)
	4-Nov-24	5-Nov-24	6-Nov-24	7-Nov-24	8-Nov-24	
CDD 1	Rp236.640	Rp236.640	Rp236.640	Rp236.640	Rp236.640	Rp1.183.200
CDD 2	Rp390.320	Rp390.320	Rp390.320	Rp390.320	Rp390.320	Rp1.951.600
CDD 3	Rp422.960	Rp422.960	Rp422.960	Rp422.960	Rp422.960	Rp2.114.800
Total Biaya BBM /hari (Rp)	Rp1.049.920	Rp1.049.920	Rp1.049.920	Rp1.049.920	Rp1.049.920	Rp5.249.600

(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi *Fleet* PT. XYZ)

Dari Tabel biaya BBM di atas untuk perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Biaya BBM} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Konsumsi BBM/Liter}} \times \text{BBM/Liter}$$

Selama periode 4 - 8 November 2024, Total biaya bahan bakar minyak dari ketiga kendaraan tersebut adalah mencapai Rp5.249.600, dimana armada ini mempunyai *target cost* sebesar Rp4.500.000. Dalam hal pembagian wilayah, rute pengiriman baterai yang digunakan hanya mengandalkan pengalaman sopir tanpa mempertimbangkan kapasitas muatan *CDD* atau pengelompokan rute berdasarkan tujuan LP. Pendekatan ini menyebabkan tingginya penggunaan bahan bakar selama proses pengiriman baterai. Karena pemilihan rute belum dilakukan secara optimal, total jarak tempuh tidak dapat diminimalkan, sehingga anggaran untuk bahan bakar meningkat. Berikut adalah rincian total biaya BBM selama periode 4 – 8 November 2024.



GAMBAR 3

Diagram Biaya BBM Setiap Kendaraan Per Harinya
(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi Fleet PT. XYZ)

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa total kendaraan melebihi batas anggaran harian yang telah ditetapkan, yaitu Rp900.000. Sebagian besar kendaraan menunjukkan lonjakan biaya BBM, yang berpotensi berdampak negatif pada profitabilitas PT. XYZ. Untuk menemukan solusi atas masalah ini, diperlukan evaluasi menyeluruh terhadap faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan pengeluaran BBM.

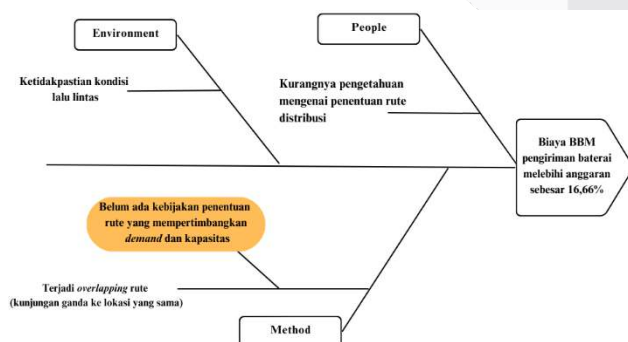
TABEL 5

Target Cost, Current Cost, GAP

Target Cost	Current Cost	GAP
Rp4.500.000	Rp5.249.600	16,66%

(Sumber: Laporan Biaya Operasional 2024 Divisi Fleet PT. XYZ)

Pada tabel diatas terlihat bahwa selama periode pengiriman baterai dimulai dari tanggal 4 hingga 8 November 2024, terdapat penggunaan biaya BBM. Mengacu pada rata-rata penggunaan biaya BBM tahun 2024, PT. XYZ telah mengalokasikan anggaran harian untuk biaya BBM proses pengiriman baterai Rp900.000 untuk total 3 kendaraan, dengan mempertimbangkan wilayah masing-masing. Dengan kata lain, total pencapaian BBM untuk total kendaraan dalam lima hari adalah Rp4.500.000. Namun, pada rute pengiriman saat ini, melampaui batas dengan rata-rata sebesar 16,66%. Untuk tergambar lebih jelas permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan dapat dilihat pada *fishbone* diagram.



GAMBAR 4

Fishbone Diagram

Dari faktor yang menyebabkan nilai gap yang melebihi target, faktor yang dipilih itu belum adanya kebijakan penentuan rute yang mempertimbangkan *demand* dan kapasitas.

II. KAJIAN TEORI

II.1 Distribusi dan Transportasi

Menurut Pujawan dan Mahendrawati (2010), transportasi dan distribusi adalah suatu produk yang berpindah dari lokasi dimana mereka diproduksi ke lokasi konsumen atau pemakai yang sering kali dibatasi oleh jarak yang sangat jauh. Kemampuan untuk mengirimkan produk ke pelanggan secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai dan dalam kondisi yang baik sangat menentukan apakah produk tersebut pada akhirnya akan kompetitif dipasar. Oleh karena itu, kemampuan untuk mengelola jaringan distribusi dewasa ini merupakan salah satu komponen keunggulan kompetitif yang sangat penting bagi kebanyakan industri. Untuk menciptakan keunggulan berkompetisi, perusahaan tidak lagi bisa mengandalkan cara-cara tradisional dalam mendistribusikan produk-produk mereka. Perkembangan teknologi dan inovasi dalam manajemen distribusi memungkinkan perusahaan untuk menciptakan kecepatan waktu kirim serta efisiensi yang tinggi dalam jaringan distribusi mereka, sesuatu yang sangat dipentingkan oleh pelanggan dewasa ini (Pujawan dan Mahendrawati, 2010)

II.2 Supply Chain Management

Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*) menurut Chopra dan Meindl (2016) adalah proses pengelolaan aliran barang, informasi, serta dana dari dan antar setiap tahap dalam rantai pasok, dengan tujuan utama memaksimalkan keuntungan secara keseluruhan. Menurut pendapat mereka, SCM tidak hanya mencakup aktivitas produksi atau distribusi saja, tetapi mencakup seluruh proses yang terlibat dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Proses ini melibatkan berbagai pihak, mulai dari pemasok bahan baku, produsen, distributor, hingga pengecer dan konsumen akhir. Chopra menekankan bahwa keberhasilan dalam mengelola rantai pasok ditentukan oleh sejauh mana integrasi dan koordinasi antar pelaku dalam rantai pasok dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Dengan manajemen yang tepat, SCM bisa menciptakan nilai tambah bagi semua pihak yang terlibat sekaligus meningkatkan daya saing perusahaan di pasar yang terus berubah.

II.3 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Menurut (Cordeau dkk, 2002) Dalam *CVRP*, beberapa kendaraan harus mengunjungi berbagai titik pelanggan yang tersebar, dengan memperhitungkan kapasitas angkut masing-masing kendaraan. Tujuannya adalah untuk mengurangi total jarak tempuh atau biaya perjalanan, sambil memastikan bahwa kapasitas kendaraan tidak terlampaui selama rute yang ditempuh.

Berikut merupakan formulasi *CVRP* yang ditunjukkan (Pichibul & Kawtummachai, 2012):

$$\text{Minimize} = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{v \in V} C_{ij} X_{ij}^v$$

Ditunjukkan pada

$$\sum_{v \in V} y_i^v = 1 \text{ for } i \in N$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij}^v = y_j^v \text{ for } j \in N \text{ and } v \in V,$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij}^v = y_i^v \text{ for } i \in N \text{ and } v \in V,$$

$$\sum_{i \in N} d_i y_i^v \leq Q \text{ for } v \in V,$$

$$\sum_{i \in N} x_{i1}^v \leq 1 \text{ for } v \in V,$$

$$\sum_{j \in N} x_{1j}^v \leq 1 \text{ for } v \in V,$$

II.4 Saving Matrix

Metode Saving Matrix digunakan untuk mengatasi *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan cara menggabungkan dua atau lebih perjalanan agar jarak tempuh dan biaya dapat ditekan. Diperkenalkan oleh Clarke dan Wright (1964), metode ini menggunakan prinsip penghematan (saving), yaitu menghubungkan dua titik layanan dalam satu rute jika menghasilkan pengurangan jarak. Saving Matrix menyusun rute berdasarkan nilai penghematan terbesar, dengan tetap mempertimbangkan batasan seperti kapasitas kendaraan dan waktu. Tujuannya adalah membentuk rute dengan biaya dan jarak terendah, di mana titik 0 mewakili lokasi depot sebagai awal dan akhir perjalanan. Berikut merupakan rumus perhitungan *saving matrix*:

Menggabungkan kedua rute memperoleh penghematan S_{ij} :

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$$

Keterangan:

C_{i0} = Jarak dari depot menuju agen i

C_{0j} = Jarak dari depot menuju agen j

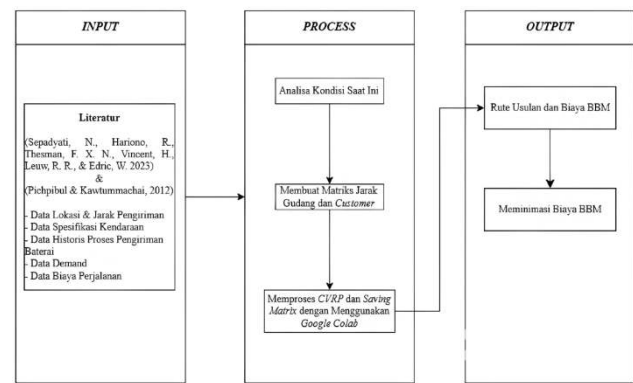
C_{ij} = Jarak antara agen i dan agen j

S_{ij} = Penghematan jarak antara agen i dan agen j

III. METODE

III.1 Kerangka Berpikir

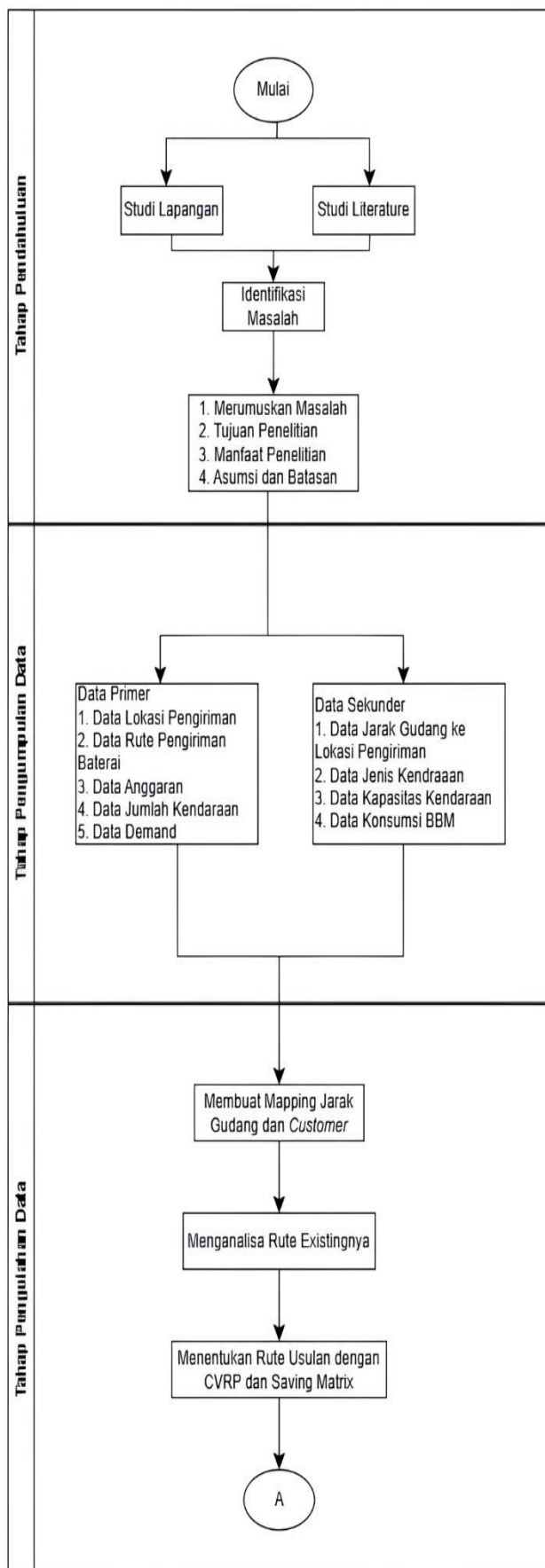
Kerangka berpikir adalah suatu rangkaian pemikiran yang terorganisir dengan baik, berfungsi sebagai pedoman bagi peneliti dalam memahami masalah, mengidentifikasi faktor-faktor yang relevan, serta merumuskan langkah-langkah yang harus diambil untuk mencapai tujuan penelitian.



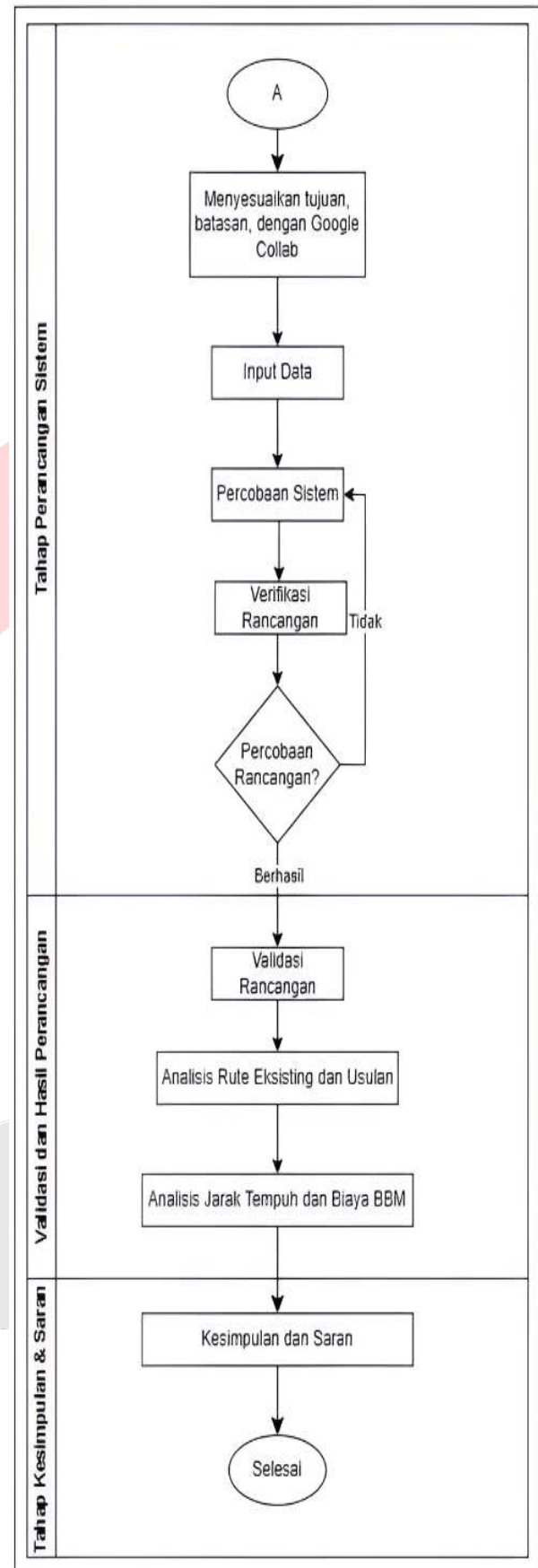
GAMBAR 5
Kerangka Berpikir

III.2 Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penyelesaian masalah adalah suatu pendekatan terstruktur yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Adapun sistematika yang digunakan akan disajikan pada Gambar 6.



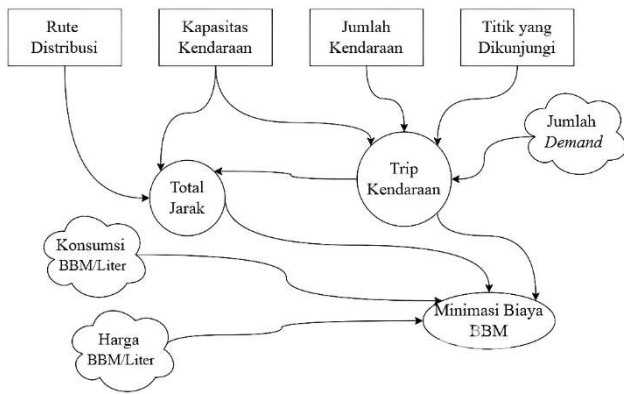
GAMBAR 6
Sistematika Penyelesaian Masalah



GAMBAR 7
Sistematika Penyelesaian (Lanjutan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Influence Diagram



GAMBAR 8
Influence Diagram

Distribusi barang dimulai dengan perencanaan rute berdasarkan jumlah kendaraan dan kapasitas muat masing-masing. Titik pelanggan ditentukan sesuai batas muatan, lalu dihitung total jarak tempuh seluruh kendaraan. Jarak ini menjadi dasar perhitungan kebutuhan dan biaya bahan bakar. Namun, biaya akhir juga dipengaruhi oleh konsumsi BBM per kilometer dan harga BBM yang tidak dapat dikendalikan. Karena itu, pengaturan rute dan kendaraan harus mempertimbangkan faktor internal dan eksternal secara seimbang.

IV.2 Model Matematis

Permasalahan yang dihadapi oleh PT. XYZ kemudian dianalisis dan dituangkan ke dalam sebuah model matematis. Model ini memiliki fungsi tujuan untuk mengurangi jarak distribusi, yang pada akhirnya berkontribusi pada efisiensi penggunaan bahan bakar (BBM). Model matematis tersebut dirancang dengan batasan yang selaras dengan karakteristik permasalahan yang terjadi di PT. XYZ. Fungsi utama dari model ini adalah buat meminimasi total biaya. Kalau Z jadi fungsi tujuan, maka:

1. Mengurangi total biaya BBM untuk semua kendaraan dengan melihat jarak antara setiap pasangan lokasi yang dikunjungi.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R_i^k} \sum_{i=0}^L \sum_{j=0}^L F \cdot \alpha \cdot C_{ij} \cdot x_{ij,r}^k$$

Keterangan:

K = Kendaraan yang digunakan.

R_i^k = Jumlah maksimum kunjungan yang mungkin dilakukan kendaraan k ke titik i .

L = Jumlah titik lokasi pengambilan termasuk depot.

F = Harga BBM 6.800 rupiah/liter.

C_{ij} = Jarak antara titik i dan j .

$x_{ij,r}^k$ = Kunjungan ke r oleh kendaraan k yang bergerak dari i ke j .

α = Konsumsi BBM liter per Km

Batasan:

1. Kapasitas Kendaraan.

$$\sum_{i=0}^L \sum_{r=1}^{R_i^k} q_{ij,r}^k \leq Q, \forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\}$$

2. Kendaraan berangkat dan kembali ke Depot

$$\sum_{j=1}^L x_{0j,r}^k = 1, \quad \sum_{i=1}^L x_{i0,r}^k = 1,$$

$$\forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\}$$

3. Jumlah barang yang diambil tidak melebihi stok

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R_i^k} q_{i,r}^k \leq D_i, \quad \forall i \in \{1,2, \dots, L\}$$

4. Kendaraan dapat mengunjungi titik lebih dari sekali

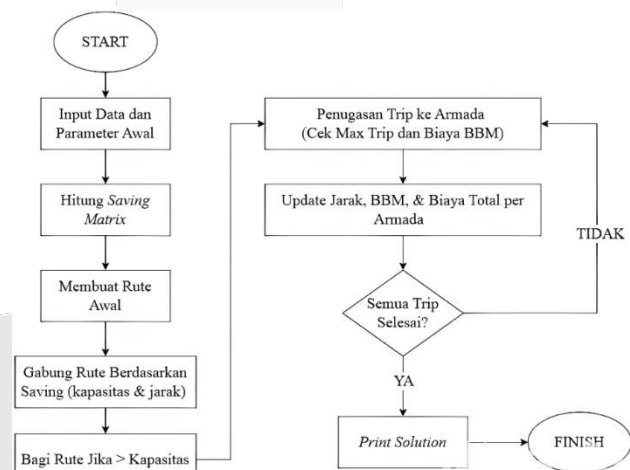
$$x_{ij,r}^k \leq y_{i,r}^k, \quad \forall i, j \in \{1,2, \dots, L\}, i \neq j, \quad \forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\}$$

Algoritma *Saving Matrix*

1. Rumus *Saving Matrix*

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$$

IV.3 Perancangan Rute Pengiriman Baterai dengan *Saving Matrix*



GAMBAR 9
Flowchart Diagram

Pada bagian ini akan dijelaskan secara detail bagaimana model matematika yang sebelumnya sudah dipaparkan diterapkan untuk mendapatkan rekomendasi rute yang sesuai dengan tujuan penelitian. Rute pengiriman pada PT. XYZ dirancang menggunakan metode *Clarke and Wright Savings (Saving Matrix)*, dengan implementasi menggunakan bahasa pemrograman Python di *Google Colab*.

IV.4 Rute Usulan Pengiriman Baterai

TABEL 6
Rute Usulan Pengiriman Baterai

Jenis Kendaraan	Lokasi Pengiriman (LP)	Permintaan Muatan (Ton)	Kapasitas Muatan (Ton)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	G - LP 2 - G	3	5
	G - LP 7 - LP 10 - G	4,5	
CDD 2 (Colt Diesel Double)	G - LP 5 - G	3	
	G - LP 1 - LP 8 - G	4,5	
CDD 3 (Colt Diesel Double)	G - LP 6 - LP 9 - G	4,6	
	G - LP 3 - LP 4 - G	4	

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa rute usulan untuk setiap kendaraan pada proses pengiriman baterai di PT. XYZ. Rute usulan pengiriman baterai yang dihasilkan berdasarkan metode *saving matrix*.

IV.5 Jarak Tempuh dengan Rute Usulan

TABEL 7
Penggunaan Biaya BBM Rute Usulan

Jenis Kendaraan	Total Jarak Tempuh (Km)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	166
CDD 2 (Colt Diesel Double)	207
CDD 3 (Colt Diesel Double)	208

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa hasil total jarak tempuh yang diperoleh dari rute usulan hasil perancangan dengan metode *saving matrix*.

IV.6 Penggunaan Biaya BBM dengan Rute Usulan

TABEL 8
Penggunaan Biaya BBM Rute Usulan

Jenis Kendaraan	Biaya BBM (Rp/L)	Jumlah Konsumsi BBM (Km/L)
CDD (Colt Diesel Double)	Rp6.800	5

Berdasarkan tabel diatas keterangan konsumsi BBM di atas, selanjutnya nilai konsumsi tersebut dikalikan dengan total jarak tempuh dari rute usulan yang telah diperoleh. Dengan demikian, dapat dihitung total biaya penggunaan BBM pada masing-masing rute usulan.

TABEL 9
Total Biaya BBM Rute Usulan

Jenis Kendaraan	Biaya BBM (Rp)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	Rp225.760
CDD (Colt Diesel Double)	Rp281.520
CDD 3 (Colt Diesel Double)	Rp282.880

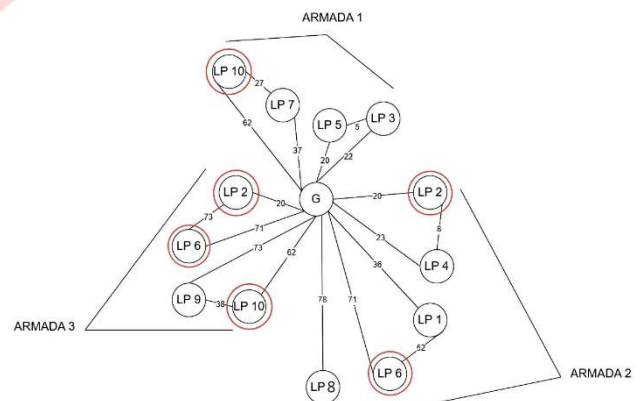
Data pada tabel diatas menunjukkan pengeluaran bahan bakar minyak (BBM) untuk tiga kendaraan jenis *Colt Diesel Double* (CDD). Adapun rincian biaya BBM untuk rute usulan disajikan pada lampiran, beserta sintaks program yang digunakan dalam penelitian ini.

IV.7 Analisis Rute Aktual dan Rute Usulan

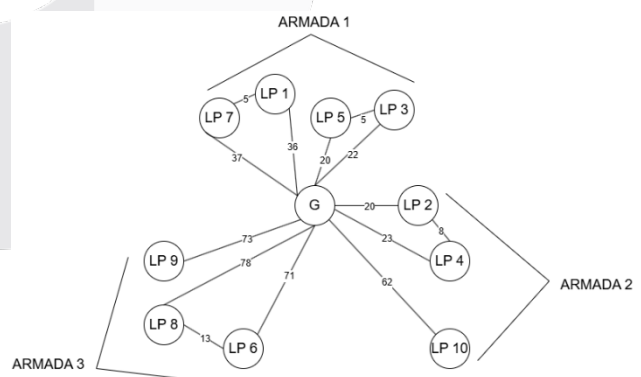
Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian latar belakang, rute aktual dalam proses pengiriman baterai dilakukan dengan membagi lokasi pengiriman (LP). Berikut disajikan tabel perbandingan antara rute aktual dan rute usulan yang dihasilkan melalui penerapan metode *Saving Matrix*.

TABEL 10
Perbandingan Rute Aktual dan Rute Usulan

Jenis Kendaraan	Rute Aktual	Jarak Tempuh Pengiriman (Km)	Rute Usulan	Jarak Tempuh Pengiriman (Km)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	G - LP 3 - LP 5 - G	47	G - LP 2 - G	40
	G - LP 7 - LP 10 - G	126	G - LP 7 - LP 10 - G	126
CDD 2 (Colt Diesel Double)	G - LP 2 - LP 4 - G	50	G - LP 5 - G	40
	G - LP 1 - LP 6 - G	159	G - LP 1 - LP 8 - G	167
	G - LP 8 - G	78		
CDD 3 (Colt Diesel Double)	G - LP 2 - LP 6 - G	141	G - LP 6 - LP 9 - G	159
	G - LP 9 - LP 10 - G	170	G - LP 3 - LP 4 - G	49



GAMBAR 10
Matriks Sebelum Usulan



GAMBAR 11
Matriks Sesudah Usulan

IV.8 Analisis Total Jarak Tempuh Aktual dan Usulan

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

TABEL 11
Perbandingan Total Jarak Tempuh Selama 5 Hari

Jenis Kendaraan	Total Rute Aktual (Km)	Total Rute Usulan (Km)	Selisih Jarak Tempuh (Km)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	870	830	40
CDD 2 (Colt Diesel Double)	1.435	1.035	400
CDD 3 (Colt Diesel Double)	1.555	1.040	515
TOTAL	3.860	2.905	955

IV.9 Analisis Biaya Bahan Bakar Minyak (BBM)

Setelah menganalisis total jarak tempuh pada rute usulan, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya bahan bakar (BBM). Biaya dihitung dari hasil perkalian antara total jarak, konsumsi BBM per kilometer, dan harga BBM per liter. Hasilnya menunjukkan nilai dalam rupiah yang merepresentasikan total biaya BBM. Seperti dijelaskan sebelumnya, pemangkasan jarak tempuh pada setiap armada berdampak langsung pada penurunan biaya BBM. Berikut disajikan perbandingan biaya bahan bakar antara kondisi aktual dan rute usulan.

TABEL 12
Perbandingan Penggunaan Biaya BBM 3 Armada Selama 5 Hari

Jenis Kendaraan	Biaya BBM Aktual (Rp)	Biaya BBM Usulan (Rp)	Selisih Biaya BBM (Rp)
CDD 1 (Colt Diesel Double)	Rp1.183.200	Rp1.128.800	Rp54.400
CDD 2 (Colt Diesel Double)	Rp1.951.600	Rp1.407.600	Rp544.000
CDD 3 (Colt Diesel Double)	Rp2.114.800	Rp1.414.400	Rp700.400
TOTAL	Rp5.249.600	Rp3.950.800	Rp1.298.800

IV.10 Analisis Sensitivitas

TABEL 13
Analisis Sensitivitas Jarak Tempuh Terhadap Biaya Konsumsi BBM

Skenario	Peningkatan	Jarak Tempuh (Km)	Biaya BBM (Rp)	Target Cost (Rp)	Biaya Usulan (Rp)
1	0%	2.905	Rp6.800	Rp4.500.000	Rp3.950.800
2	5%	2.905	Rp7.140	Rp4.500.000	Rp4.147.340
3	10%	2.905	Rp7.480	Rp4.500.000	Rp4.346.680
4	13%	2.905	Rp7.684	Rp4.500.000	Rp4.464.404
5	14%	2.905	Rp7.752	Rp4.500.000	Rp4.503.912

Berdasarkan tabel, terlihat adanya perbedaan biaya BBM pada tiap skenario, yang menunjukkan bahwa BBM berpengaruh langsung terhadap total biaya distribusi. Dari analisis, diketahui bahwa kenaikan harga BBM masih dapat ditoleransi hingga 13%, dengan total biaya Rp4.464.404—masih di bawah batas maksimum Rp4.500.000. Dengan demikian, batas toleransi kenaikan harga BBM berada dalam rentang 0% hingga 13%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan yang dilakukan, penerapan metode *saving matrix* terbukti mampu mengurangi jarak tempuh armada, yang secara langsung berdampak pada penurunan biaya bahan bakar.

1. Rute usulan yang dihasilkan menunjukkan adanya minimasi total jarak tempuh, dimana total jarak aktual yang semula 3.860 km dan setelah hasil usulan menjadi 2.905 km, sehingga adanya selisih sebesar 955 km.

2. Sebagai perbandingan, rute sebelumnya memiliki *GAP* sebesar 16,66% terhadap *target cost* Rp4.500.000 dan biaya rute aktual Rp5.249.600. Usulan rute pengiriman baterai dalam menurunkan biaya bahan bakar minyak (BBM) menjadi Rp3.950.800. Biaya ini berada di bawah *target cost* Rp4.500.000, dengan *GAP* sebesar 12,2%. Jika dibandingkan kondisi biaya rute awal Rp5.249.600, dan biaya rute usulan Rp3.950.800 terdapat minimasi biaya dari kondisi rute usulan sebesar Rp1.298.800 dengan *GAP* 24,74%.

Dengan demikian, meminimasi jarak tempuh dan biaya telah berhasil dicapai, karena total biaya yang dihasilkan sudah lebih rendah dibandingkan dengan kondisi sebelumnya dan juga berada di bawah batas anggaran yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

REFERENSI

- [1] Arifudin, A. W. (2017). Optimalisasi *Vehicle Routing Problem* dengan Pendekatan Metode *Saving Matrix* dan *Clarke dan Wright Saving Heuristic*. *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Industri (REKAVASI)* 5(1), 1-9.
- [2] Azizah, N. O. (2015). Optimalisasi Biaya Distribusi Produk PT. Madubaru dengan Optimalisasi Biaya Distribusi Produk PT. Madubaru dengan. *Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik Industri (REKAVASI)* 3(2), 102-107.
- [3] Chopra, S. ; M. P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. Pearson Education.
- [4] Christopher, M. (2011). *Logistics and supply chain management*. Financial Times/Prentice Hall.
- [5] Desaulniers, G. D. (2002). *VRP with Pickup and Delivery. The vehicle routing problem*. 225-242.
- [6] Hudori, M. M. (2017). Penentuan Angkutan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit yang Optimal dengan Metode *Saving Matrix*. *Jurnal Citra Widya Edukasi IX(1)*, 25-39.
- [7] Hutabarat, J. (2008). Penentuan Jalur distribusi pada Rantai *Supply* dengan Metode *Saving Matrix*. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VIII, Surabaya, A.1.1-A.1.7*.
- [8] Indrawati, E. N. (2016). Penentuan Rute Optimal pada Pengangkutan Sampah. *Jurnal Penelitian Sains*, 18(3), 105-110.
- [9] Ikfan, N. M. (2013). Penentuan Rute Transportasi Terpendek untuk Meminimalkan Biaya Menggunakan Metode *Saving Matriks*. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 12(1), 165-178.
- [10] Irman, A. E. (2017). Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle Dengan *Algoritma Clarke & Wright Saving* Dan Model *Vehicle Routing Problem*. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 1-7.

- [11] Lukmandono, M. B. (2019). "Application of Saving Matrix Methods and Cross Entropy for Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Resolving," . *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 462, no. 1.
- [12] Monczka, R. M. ; H. R. B. ; G. L. C. ; P. J. L. (2016). *Purchasing and supply chain management*. Cengage Learning.
- [13] Pamosoaji, A. K., Dewa, P. K., & Krisnanta, J. V. (2019). Proposed modified *Clarke-Wright saving algorithm for capacitated vehicle routing problem*. *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 1(1).
- [14] Paolo Toth, D. V. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [15] Pichpibul, T., & Kawtummachai, R. (2012). An improved *Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem*. *ScienceAsia*, 38, 307–318.
- [16] Philip Kotler, K. L. K. (2016). *Marketing Management* (Pearson Education, Ed.; 15th ed.).
- [17] Seuring, S. ; M. M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable *supply chain management*. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710.
- [18] Stevenson, W. J. (2018). *Operations management*. McGraw-Hill Education.
- [19] Sari, M. D. (2016). Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan *Saving Matriks, Sequential Insertion dan Nearest Neighbour* di Victoria RO. *Jurnal Matematika-SI*, 5(3), 1-11

