

Usulan Perancangan Rute Distribusi Gas Lpg 3 Kg Menggunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem Heterogeneous Fleet* Dengan Metode *Mixed Integer Linear Programming* Guna Meminimasi Biaya Transportasi (Studi Kasus Pada Pt Xyz)

Najwa Taqiya Kamal
Telkom University
Bandung, Indonesia

njwqiaaa@student.telkomuniversity.ac.id

Nia Novitasari
Telkom University
Bandung, Indonesia

novitasarinia@telkomuniversity.ac.id

Gisti Ayu Pratiwi
Telkom University
Bandung, Indonesia

gistiayupratiwi@telkomuniversity.ac.id

Biaya transportasi merupakan komponen signifikan dalam operasional logistik dan menjadi perhatian utama PT XYZ, perusahaan distribusi gas LPG 3 kg di Jakarta Selatan. Selama periode Juni–November 2024, terjadi peningkatan biaya pengiriman, terutama saat permintaan tinggi. Analisis menunjukkan ketidakseimbangan pemanfaatan armada serta pola rute yang belum efisien. PT XYZ memiliki dua jenis kendaraan dengan kapasitas berbeda, namun perencanaannya belum mempertimbangkan efisiensi secara menyeluruh.

Penelitian ini merancang rute distribusi optimal dengan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* menggunakan metode *Mixed Integer Linear Programming (MILP)*. Data meliputi permintaan pelanggan, jarak antar titik, serta biaya operasional kendaraan. Model diimplementasikan menggunakan Python dan solver CBC.

Hasil menunjukkan penurunan biaya transportasi dari Rp 25.861.018 menjadi Rp 25.505.830 (efisiensi 2%), serta pengurangan jarak tempuh sebesar 15%. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi logistik tanpa penambahan armada. Rancangan ini diharapkan menjadi dasar pengambilan keputusan distribusi yang lebih optimal dan adaptif.

Kata kunci: Rute Distribusi, Optimasi Transportasi, MILP, CVRP, Heterogeneous Fleet

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan yang sudah berdiri sejak tahun 2007 sejak program konversi minyak tanah ke LPG dilaksanakan. Saat ini PT XYZ diberi tanggung jawab untuk mengirimkan tabung gas LPG 3 Kg ke 23 titik pangkalan di Jakarta Selatan, tepatnya di kecamatan Jagakarsa, Pasar Minggu, dan Pancoran. Selain mengirim gas LPG 3 Kg pada 23 pangkalan, selaku bagian dari rutinitasnya, PT XYZ mengisi ulang tabung-tabung kosong yang akan dikirim ke 23 stasiun distribusi dengan langsung menuju ke Stasiun Pengisian dan Pengangkutan LPG dalam Jumlah Besar (SPPBE).

Dalam kegiatan distribusi, jumlah demand dari pelanggan setiap bulannya tidak selalu sama. Ada kalanya demand naik, dan ada kalanya demand turun. Fluktuasi demand merupakan fenomena yang umum terjadi dan menjadi tantangan sendiri bagi perusahaan. Berikut

merupakan data demand PT XYZ pada bulan Juni – November 2024 yang bisa ditampakan di Tabel 1 (A).

TABEL 1
(A)

Bulan	Demand yang didistribusikan (tabung)
Juni	50.195
Juli	53.948
Agustus	50.859
September	49.660
Oktober	53.760
November	52.790

TABEL 2
(B)

	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
Biaya Bahan Bakar	Rp 1.944.000,00	Rp 2.300.000,00	Rp 1.906.000,00	Rp 1.920.000,00	Rp 2.280.000,00	Rp 2.380.000,00
Biaya Tetap	Rp 23.500.000,00	Rp 23.500.000,00	Rp 23.500.000,00	Rp 23.500.000,00	Rp 23.500.000,00	Rp 23.500.000,00
Total	Rp 25.444.000,00	Rp 25.800.000,00	Rp 25.406.000,00	Rp 25.420.000,00	Rp 25.780.000,00	Rp 25.880.000,00
Standar Biaya Transportasi	Rp 25.600.000,00	Rp 25.600.000,00	Rp 25.600.000,00	Rp 25.600.000,00	Rp 25.600.000,00	Rp 25.600.000,00

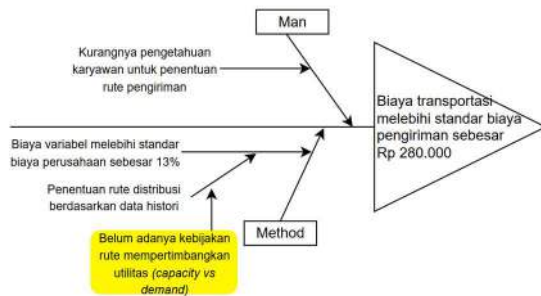
Dari tabel diatas, dapat dilihat demand dan juga pengeluaran biaya bahan bakar yang mengalami kenaikan. Terdapat indikasi bahwa ketika demand mengalami peningkatan, total biaya bahan bakar untuk pengiriman juga ikut meningkat. Hal ini dapat terjadi karena tidak tepatnya aliran pengiriman yang mengakibatkan biaya bahan bakar dan biaya operasional lainnya ikut bertambah. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pengelolaan distribusi yang efisien agar perusahaan bisa tetap mengendalikan biaya terutama saat demand sedang tinggi.

PT XYZ memberikan anggaran sebesar Rp 25.600.000 untuk biaya pengiriman, namun pada bulan November, terjadi kelebihan anggaran sebesar 2%. Hal ini menunjukkan bahwa pengeluaran aktual untuk kegiatan distribusi melebihi rencana awal perusahaan. Pada Tabel B menunjukkan bahwa biaya transportasi pada PT XYZ melebihi standar biaya pengiriman yang telah ditetapkan. Terdapat indikasi tingginya biaya transportasi berkaitan dengan tingginya demand pada bulan tersebut serta ketidakefisienan dalam alokasi kendaraan dan rute pengiriman.

Dalam kegiatan operasionalnya, PT XYZ mengirimkan gas LPG 3 Kg ke 23 titik pangkalan dengan menggunakan 6 armada yang terdiri dari 3 Suzuki *Carry Pick up* dengan kapasitas 200 tabung dan 3 Mitsubishi FE dengan kapasitas 560 tabung. Masing-masing armada menangani beberapa

titik distribusi yang berbeda, menyesuaikan dengan kapasitas kendaraan. Pada bulan November 2024 yang merupakan periode dengan demand tertinggi dengan 25 hari kerja, ditemukan bahwa tingkat utilitas kendaraan tidak merata di antara armada yang digunakan. Analisis ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam utilisasi antar armada 1 dan armada 6.

Berikut merupakan *fishbone diagram* dari permasalahan diatas :



GAMBAR 1
(A)

Fishbone diagram pada Gambar I mengidentifikasi dua faktor utama penyebab tingginya biaya transportasi di PT XYZ, yaitu aspek Man dan Method. Pada aspek Man, kurangnya pemahaman pengemudi terkait rute efisien menyebabkan pemilihan jalur yang suboptimal, berdampak pada peningkatan jarak tempuh, waktu pengiriman, dan konsumsi bahan bakar.

Sementara itu, pada aspek Method, proses penentuan rute masih bersifat reaktif, hanya mengacu pada data historis tanpa mempertimbangkan kapasitas armada dan kondisi aktual. Tidak adanya sistem perencanaan rute yang mempertimbangkan utilisasi armada menyebabkan ketidakseimbangan beban kerja antar kendaraan, sehingga menimbulkan inefisiensi biaya dan penurunan kualitas layanan (Toth & Vigo, 2002).

Dengan demikian, tingginya biaya transportasi disebabkan oleh ketiadaan sistem perencanaan rute yang mempertimbangkan efisiensi dan utilisasi armada secara menyeluruh.

II. KAJIAN TEORI

A. Supply Chain Management

Sering dikenal sebagai manajemen rantai pasok ialah sebuah konsep yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan secara keseluruhan dalam rantai pasokan melalui jumlah optimasi, waktu, jarak spasial, dan logistik. (Anwar. S. N., 2013). *Supply Chain Management* juga dapat diartikan sebagai integrasi berbagai aktivitas yang berkaitan dengan pengadaan bahan baku, pengolahan bahan menjadi produk setengah jadi, dan kelanjutan proses pasokan ke pengguna akhir (Heizer & Render., 2010). Dapat disimpulkan bahwa supply chain management menintegrasikan banyak aktivitas yang berkaitan langsung dengan proses transformasi produk, mulai dari pemilihan

bahan baku dari pemasok hingga proses pengolahan dan distribusi produk hingga ke pengguna akhir.

B. Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) ialah jenis permasalahan yang membutuhkan armada kendaraan dengan kapasitas yang sama atau berbeda di depot pusat untuk melayani sekelompok pelanggan dengan lokasi dan kebutuhan yang berbeda. Pendekatan ini bertujuan untuk menentukan rute yang paling sesuai ditinjau dari total jarak tempuh, waktu, dan biaya (Laporte, 2013).

Vehicle Routing Problem merupakan proses perancangan sejumlah rute perjalanan, di mana satu kendaraan beroperasi di setiap rute, berangkat dari depot, melayani sejumlah pelanggan, lalu kemudian kembali ke depot. Tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tanpa melanggar batasan yang ada serta mengurangi biaya transportasi seminimal mungkin (Baldacci & Vigo, 2010).

C. Linear Programming

Model *linear programming* (LP) digunakan dalam menentukan penyelesaian masalah yang memiliki beberapa tujuan dan memiliki beberapa batasan seperti sumber daya yang terbatas, dan lain-lain (Taylor, 2013).

Dalam dunia bisnis, *linear programming* digunakan untuk mengoptimalkan keuntungan atau mengurangi biaya dengan mempertimbangkan berbagai kendala, seperti ketersediaan bahan baku, tenaga kerja, dan kapasitas produksi. Metode ini berperan penting dalam perencanaan dan pengambilan keputusan di berbagai bidang, termasuk manajemen operasi, ekonomi, rekayasa industri, dan logistik.

Model *linear programming* dalam penelitian operasional memiliki tiga komponen utama, yaitu:

1. Variabel Keputusan (*Decision Variable*)

Komponen ini mencerminkan elemen dalam sistem yang perlu ditentukan guna menentukan jumlah atau nilai optimal yang harus digunakan dalam suatu permasalahan. Variable ini bersifat fleksibel dan dapat diubah, serta memiliki pengaruh terhadap nilai fungsi tujuan.

2. Fungsi Pembatas (*Constraints*)

Fungsi ini berperan sebagai batasan yang harus dipatuhi dalam upaya menemukan solusi optimal. Nilai dalam fungsi pembatas menetapkan parameter yang tidak boleh dilanggar dalam perhitungan.

3. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Komponen ini merupakan model matematis yang menentukan tujuan optimalisasi, baik dalam bentuk meminimalkan biaya maupun memaksimalkan keuntungan.

D. Mixed Integer Linear Programming

Programming linier telah berkembang menjadi Program *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) yang memungkinkan beberapa atau seluruh variabel keputusan memiliki nilai dalam bentuk bilangan bulat (integer). Masalah MILP memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Fungsi tujuan liniernya dilambangkan dengan fx , di mana x adalah vektor kolom dari variabel yang tidak diketahui dan f ialah vektor kolom dari konstanta.

2. Terdapat batasan dan kendala yang bersifat linier tanpa adanya batasan nonlinier.

3. Sebagian variabel keputusan dalam x harus bernilai bilangan bulat.

Dalam konteks ini, para ahli mendefinisikan MILP sebagai metode optimasi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana beberapa atau semua variabel keputusan harus berupa bilangan bulat. Metode ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti perencanaan produksi, perancangan rute kendaraan, dan penjadwalan, di mana keputusan tidak dapat berbentuk nilai kontinu.

Oleh karena itu, MILP menjadi alat yang sangat efektif dalam menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi yang memerlukan keputusan dalam bentuk bilangan bulat. Teknik ini banyak digunakan di berbagai sektor, termasuk manajemen operasi, rekayasa industri, dan logistik. Dengan menerapkan MILP, keputusan yang diambil oleh perusahaan dan organisasi dapat lebih praktis dan efektif. dengan mempertimbangkan berbagai kendala diskrit yang ada.

E. Branch and Bound

Algoritma *Branch and Bound* ialah skema algoritma eksak yang paling banyak digunakan untuk menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), metode ini secara sistematis mengeksplorasi bagian-bagian dari ruang solusi dan menggunakan batas bawah untuk mengeliminasi wilayah yang tidak mungkin mengandung solusi optimal (Toth & Vigo, 2002). Metode ini menggabungkan teknik pencarian sistematis dengan strategi pemangkasan untuk mengurangi jumlah solusi yang perlu dieksplorasi. Pada tahun 1960, Land dan Doig menciptakan metode *Branch and Bound*, yang membagi masalah menjadi sub-masalah yang lebih kecil (branching) dan menggunakan batasan (bounding) untuk menilai apakah sub-masalah tersebut memberikan solusi yang lebih baik daripada solusi yang sebelumnya.

F. Cutting Plane

Metode *Cutting Plane* adalah teknik yang dipakai dalam pemrograman *integer* dan pemrograman linier untuk menemukan solusi optimal dengan cara memperbaiki ruang solusi. Metode *Cutting Plane* salah satu pendekatan yang paling umum dipakai (Heir & Wolsey, 1988).

Langkah-langkah metode *cutting plane* pada penyelesaian *Integer Linear Programming* adalah sebagai berikut:

1. Pertama, abaikan persyaratan bahwa variabel harus berupa bilangan bulat dan gunakan pendekatan simpleks untuk menyelesaikan masalah *integer linear programming*.
2. Jika solusi optimal dari langkah (1) mengandung variabel dengan nilai pecahan, maka lakukan tahapan berikut:
 - a. Pilih sebuah baris dari tabel simpleks optimal yang memiliki nilai pecahan pada konstanta (b), bila terdapat lebih dari satu baris yang memuat nilai pecahan, pilih baris dengan nilai

pecahan terbesar untuk mempercepat proses iterasi berikutnya.

- b. Mengasumsikan bahwa baris ke- i adalah baris yang dipilih, persamaan berikut dibuat di baris ke- i :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i$$

Dengan batasan

$$S_{gi} \sum_{j=1}^n f_{ij}x_j = -f_i$$

Keterangan :

- S_{gi} : kendala tambahan ke- i
 f_{ij} : bagian pemecahan dalam a_{ij}
 f_i : bagian pecahan dalam b_i

3. Langkah selanjutnya adalah menyelesaikan model menggunakan metode dual simpleks, dengan menempatkan persamaan terpilih pada baris terakhir tabel.

Apabila solusi yang diperoleh setelah proses ini bernilai integer, maka penyelesaian dapat dinyatakan selesai. Namun, jika masih terdapat variabel dengan nilai pecahan, maka dilakukan pemotongan Gomory berdasarkan tabel terakhir dan metode dual simpleks diterapkan kembali untuk mengatasi ketidaklayakan. Proses ini diulangi hingga diperoleh solusi integer yang layak. Di sisi lain, masalah ini tidak didapatkan solusi integer yang dapat diterima, jika tidak ditemukan solusi yang dapat diterapkan selama proses iterasi teknik dual simpleks.

G. Formulasi VRP

Berbagai model dari *integer programming* telah dikembangkan untuk menyelesaikan masalah dari segala permasalahan VRP. Secara umum, perbedaan model tersebut terletak pada pemilihan variabel keputusannya. Misalkan terdapat sebuah digraf lengkap $G = (V, A)$, dimana V merupakan himpunan simpul yang terdiri dari pelanggan dan agen, dan himpunan busur yang menghubungkan setiap pasangan simpul dilambangkan dengan A .

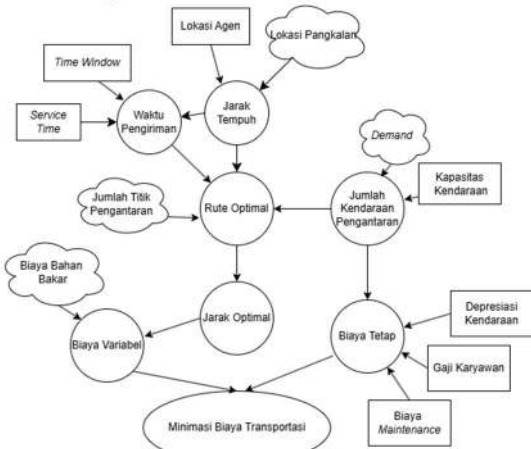
Berikut merupakan 4 teknik dari pemodelan:

1. *Two-index Vehicle-flow Formulation*
Menunjukkan apakah sebuah busur dalam digraf G dipilih untuk rute menggunakan variabel biner.
2. *Three-index Vehicle-flow Formulation*
Memperluas formulasi dua-index dengan memasukan identitas kendaraan. Setiap variabel biner menunjukkan apakah kendaraan tertentu melalui suatu busur.
3. *Commodity-flow Formulation*
Menambahkan variabel kontinu yang menggambarkan besarnya permintaan yang mengalir melalui setiap busur. Variabel ini melengkapi variabel aliran kendaraan pada formulasi dua atau tiga indeks.
4. *Et-partitioning Formulation*

Variabel biner dipakai guna setiap rute kendaraan yang mungkin, di mana tiap variabel menunjukkan apakah rute tersebut dipilih dalam solusi akhir.

III. METODE

A. Influence Diagram



GAMBAR 2

Influence diagram pada penelitian ini menggambarkan keterkaitan antar komponen yang memengaruhi proses pengambilan keputusan dalam penentuan rute pengiriman yang optimal. Mengurangi biaya transportasi, yang mencakup biaya tetap dan biaya variabel, ialah tujuan utamanya. Rute optimal menjadi pusat dari diagram karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti demand pelanggan, kapasitas kendaraan, jumlah titik pengantaran, lokasi agen dan pangkalan, serta jarak antar lokasi. Selain itu, aspek waktu seperti *service time* dan *time window* juga berkontribusi dalam pembentukan rute.

Rute yang dihasilkan akan menentukan jarak tempuh serta jumlah kendaraan yang digunakan, yang kemudian berdampak pada total biaya. Biaya variabel berkaitan dengan konsumsi bahan bakar berdasarkan jarak tempuh, sedangkan biaya tetap dipengaruhi oleh gaji karyawan, biaya perawatan kendaraan, dan depresiasi aset kendaraan. Dengan diagram ini, keterkaitan antar variabel dapat dianalisis untuk membantu proses optimasi rute secara efisien dan terstruktur.

B. Metode Penyelesaian Masalah

Masalah yang dihadapi oleh PT XYZ telah diformulasikan ke dalam model matematis yang mencerminkan masalah tersebut. Model matematis yang dibuat terdiri dari sekumpulan parameter, variabel keputusan, dan variabel yang sesuai dengan karakteristik masalah. Sekumpulan parameter, variabel, dan variabel keputusan dalam model matematis yang akan dipakai ialah sebagai berikut.

Set

- n : Pelanggan yang dikunjungi
- m : Kendaraan yang digunakan

Parameter

- D_{ij} : Jarak dari *node i* ke *j*
- Cv_v : Biaya Variabel
- Cf_v : Biaya Tetap
- G : Jumlah permintaan masing-masing pelanggan
- Q_v : Kapasitas pada kendaraan *v*

- T_{ij} : Waktu tempuh dari *node i* ke *node j*
- St : Waktu pelayanan pelanggan
- T_{i0} : Waktu tempuh dari *node i* ke agen
- L : Jam tutup PT XYZ
- Et_i : Jam buka pelanggan di *node i*
- Lt_i : Jam tutup pelanggan di *node j*

Variabel Keputusan

- x_{ijv} : {0,1} variabel menunjukkan apakah node {i,j} dilintasi (1) atau tidak (0) oleh kendaraan *v*
- x_{0j} : {0,1} variabel menunjukkan apakah node {0,j} dilintasi (1) atau tidak (0) oleh kendaraan *v*
- x_{ikv} : {0,1} variabel menunjukkan apakah node {i,k} dilintasi (1) atau tidak (0) oleh kendaraan *v*
- x_{k_jv} : {0,1} variabel menunjukkan apakah node {k,j} dilintasi (1) atau tidak (0) oleh kendaraan *v*
- x_{0iv} : {0,1} variabel menunjukkan apakah node {0,i} dilintasi (1) atau tidak (0) oleh kendaraan *v*
- g_{jv} : Jumlah permintaan di *node j* pada kendaraan *v*
- g_{iv} : Jumlah permintaan di *node i* pada kendaraan *v*
- a_{jv} : Jumlah waktu tempuh di *node j* pada kendaraan *v*
- a_{iv} : Jumlah waktu tempuh di *node i* pada kendaraan *v*
- d_{jv} : Jumlah jarak tempuh di *node j* pada kendaraan *v*
- d_{iv} : Jumlah jarak tempuh di *node i* pada kendaraan *v*

Variabel

- i* : Node awal
- j* : Node tujuan
- v* : Kendaraan
- 0* : Agen
- K* : Node

Fungsi Tujuan

$$\text{minimize } \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{v=0}^m x_{ijv} D_{ij} C_{v_v} + \sum_{j=0}^n \sum_{v=1}^m x_{0jv} C_{f_v}$$

Pembatas

$$\sum_{j=0}^n \sum_{v=1}^m x_{ijv} = 1, \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{v=1}^m x_{ijv} = 1, \quad \forall j \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ikv} - \sum_{j=0}^n x_{k_jv} = 0, \quad \forall k \{0, \dots, n\} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{0iv} \leq 1, \quad \forall k \{0, \dots, n\} \quad (5)$$

$$g_{jv} \geq g_{iv} + G_j + ((x_{ijv} - 1) \times Z), \quad \forall i \{0, \dots, n\}, j \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (6)$$

$$g_{iv} \leq Q_v, \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (7)$$

$$a_{jv} \geq a_{iv} + T_{ij} + St + ((x_{ijv} - 1) \times Z), \quad \forall i \{0, \dots, n\}, j \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (8)$$

$$a_{iv} + T_{i0} \leq L, \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (9)$$

$$a_{iv} \geq Et_i, \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (10)$$

$$a_{iv} \leq Lt_i, \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (11)$$

$$d_{jv} \geq d_{iv} + D_{ij} + ((x_{ijv} - 1) \times Z), \quad \forall i \{0, \dots, n\}, v \{0, \dots, m\} \quad (12)$$

$$L = 540$$

Fungsi Tujuan

Model ini dirancang untuk meminimalkan total biaya transportasi yang timbul dari seluruh kendaraan yang digunakan dalam proses distribusi.

Pembatas-Pembatas Model

1. Setiap pelanggan hanya dilayani oleh satu kendaraan yang berangkat dari depot.
2. Setelah melayani satu pelanggan, kendaraan hanya dapat melanjutkan perjalanan ke satu pelanggan lainnya.
3. Jumlah kendaraan yang tiba di suatu simpul harus sama dengan jumlah kendaraan yang berangkat dari simpul tersebut, guna menjaga kontinuitas rute.
4. Setiap pelanggan hanya berhak menerima satu kunjungan, satu kunjungan mobil, atau tidak ada kunjungan sama sekali.
5. Aliran permintaan antar node harus mencerminkan bahwa total permintaan yang diterima di suatu simpul sebanding dengan permintaan dari simpul sebelumnya.
6. Beban yang dibawa oleh setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas maksimal kendaraan tersebut.
7. Waktu kedatangan di setiap simpul harus sesuai dengan waktu keberangkatan dari simpul sebelumnya, ditambah waktu perjalanan dan waktu pelayanan.
8. Kendaraan harus kembali ke depot sebelum batas waktu operasional depot berakhir.
9. Waktu kedatangan di setiap pelanggan tidak boleh lebih awal dari waktu layanan dibuka.
10. Waktu kedatangan juga tidak boleh melebihi waktu tutup layanan pelanggan.
11. Jarak tempuh kumulatif kendaraan dihitung berdasarkan jarak dari simpul sebelumnya dan simpul-simpul yang akan dikunjungi selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Biaya Transportasi

Biaya transportasi merupakan biaya yang didapatkan setelah melakukan kegiatan transportasi. Pada PT XYZ dilakukan transportasi saat pengantaran gas LPG 3 Kg kepada masing-masing pangkalan sesuai dengan permintaan. Biaya transportasi disini meliputi biaya tetap dan biaya variabel atau biaya bahan bakar

TABEL 3

Tanggal	Perbandingan Biaya		
	Eksisting (Rp)	Usulan (Rp)	
1 November	25.861.018	1.015.523	
2 November		1.029.833	
4 November		1.031.467	
5 November		1.015.523	
6 November		1.029.833	
7 November		1.015.523	
8 November		1.015.523	
9 November		1.015.523	
...	
...	
Total Biaya	25.861.018	25.505.830	

Transportasi	
Total Penurunan	2%

Tabel 2 menampilkan perbandingan biaya transportasi antara kondisi aktual dan hasil optimasi rute menggunakan metode MILP. Pada kondisi aktual, total pengeluaran bahan bakar selama satu bulan mencapai Rp 25.861.018. Setelah dilakukan optimasi, biaya tersebut turun menjadi Rp 25.505.830, menunjukkan efisiensi sebesar Rp 355.188 atau sekitar 2%. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya jarak tempuh kendaraan dalam rute usulan, yang secara langsung berdampak pada penghematan konsumsi bahan bakar. Adapun total biaya bahan bakar pada skenario usulan tercatat sebesar Rp 2.005.830, lebih rendah dibandingkan dengan batas biaya yang ditetapkan oleh pihak perusahaan.

B. Analisis Jarak Tempuh

Jarak tempuh merujuk pada total panjang lintasan yang dilalui kendaraan dalam proses distribusi permintaan ke setiap titik pangkalan. Perhitungan ini mencakup seluruh rute mulai dari keberangkatan kendaraan dari agen hingga kembali ke titik awal. Perbandingan antara jarak tempuh pada kondisi aktual dan kondisi hasil optimasi dapat dilihat pada Tabel D.

TABEL 4

Tanggal	Perbandingan Jarak (km)		Penurunan Jarak Tempuh (%)
	Eksisting	Usulan	
1 November	108,7	89,1	18%
2 November	108,7	106,2	2%
4 November	108,7	108,3	0%
5 November	110,7	89,1	20%
6 November	106,8	106,2	1%
7 November	103,6	89,1	14%
8 November	105,5	89,1	16%
9 November	144,7	89,1	38%
...
...
Total Jarak Tempuh	2.789,8	2.368,5	15%

Tabel B menyajikan perbandingan total jarak tempuh antara kondisi aktual dan kondisi hasil usulan optimasi. Pada kondisi eksisting, total jarak tempuh kendaraan dalam memenuhi permintaan pangkalan selama satu bulan mencapai 2.789,8 km. Sementara itu, pada kondisi usulan, jarak tempuh berkurang menjadi 2.368,5 km. Dengan demikian, terjadi pengurangan jarak tempuh sebesar 421,3 km atau setara dengan penurunan sekitar 15%.

C. Analisis Sensitivitas

Pada analisis sensitivitas ini dilakukan analisis terhadap kenaikan biaya bahan bakar pada kenaikan 0%, 3% dan 5% pada setiap kendaraan. Hasil analisis sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 3

TABEL 5

Skenario	Peningkatan	Pick up			Truck			Total Biaya BBM (Rp)
		Jarak Tempuh Pick up	Ratio BBM	Biaya BBM (Rp)	Jarak Tempuh Truck	Ratio BBM	Biaya BBM (Rp)	
1	0%	443,7	1/12	10.000	1.924,80	1/8	6.800	2.005.830
2	3%	443,7	1/12	10.300				2.016.922
	0%				1.924,80	1/8	6.800	
3	3%				1.924,80	1/8	7.004	2.054.912
	0%	443,7	1/12	10.000				
4	3%	443,7	1/12	10.300	1.924,80	1/8	7.004	2.066.004
5	5%	443,7	1/12	10.500				2.024.317
	0%				1.924,80	1/8	6.800	
6	5%				1.924,80	1/8	7.140	2.087.634
	0%	443,7	1/12	10.000				
7	5%	443,7	1/12	10.500	1.924,80	1/8	7.140	2.106.121

Dapat dilihat pada Tabel 3, analisis sensitivitas yang sudah dilakukan melalui analisis dengan 0%, 3%, dan 5% kenaikan biaya bahan bakar. Pada skenario pertama, kenaikan BBM 0% tidak berpengaruh terhadap standar biaya perusahaan, karena BBM masih dibawah batas standar perusahaan. Selanjutnya pada kenaikan 3%, skenario 2 hanya BBM pada *pick up* yang naik 3%, pada skenario ini kenaikan BBM tidak berpengaruh terhadap standar biaya perusahaan, karena BBM masih dibawah batas standar perusahaan. Skenario 3 hanya BBM pada *truck* yang mengalami kenaikan sebesar 3%, pada skenario ini kenaikan BBM juga tidak berpengaruh terhadap standar biaya perusahaan, karena BBM masih dibawah batas standar perusahaan. Skenario 4 kedua BBM mengalami kenaikan sebesar 3% dan biaya bahan bakar masih dibawah standar perusahaan.

Selanjutnya pada kenaikan 5% juga dilakukan 3 skenario, skenario 5 hanya *pick up* yang mengalami kenaikan 5% dan total biaya masih dibawah standar perusahaan. Pada skenario 6, hanya *truck* yang mengalami kenaikan 5% dan total biaya juga masih dibawah standar perusahaan. Pada skenario 7, dimana kedua kendaraan mengalami kenaikan BBM sebesar 5%, biaya BBM menjadi Rp 2.106.121 yang dimana melebihi standar perusahaan. Akan tetapi biaya tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap perusahaan karena harga BBM selama 3 tahun terakhir yang relatif sama.

V. KESIMPULAN

Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang rute distribusi barang pada PT XYZ dengan menerapkan metode Mixed Integer Linear Programming (MILP) pada skenario usulan. Biaya transportasi pada kondisi eksisting tercatat sebesar Rp 25.861.018, sedangkan pada rute hasil optimasi

menurun menjadi Rp 25.505.830, menunjukkan efisiensi sebesar 2%. Biaya tersebut juga berada di bawah batas anggaran transportasi yang ditetapkan perusahaan, yaitu sebesar Rp 25.600.000.

Selain itu, pada kondisi eksisting, total jarak tempuh kendaraan mencapai 2.789,8 km. Setelah dilakukan optimasi rute, jarak tempuh berkurang menjadi 2.368,5 km, atau mengalami penurunan sebesar 15%. Penurunan ini mencerminkan peningkatan efisiensi dalam perencanaan rute distribusi.

REFERENSI

- [1] R. Baldacci, P. Toth, and D. Vigo, "Exact algorithms for routing problems with capacity constraints," in *The Vehicle Routing Problem*, P. Toth and D. Vigo, Eds. Philadelphia: SIAM, 2002, pp. 87–116.
- [2] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 6th ed., Global Edition. Harlow: Pearson Education Limited, 2016.
- [3] G. A. Mafaza and E. Muslim, "Perancangan Rute Distribusi Air Minum Dalam Kemasan dengan Capacitated Vehicle Routing Problem," *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, vol. 23, no. 2, pp. 121–130, 2023.
- [4] J. N. Natalin, M. N. Ardiansyah, and P. G. A. Kusuma, "Perancangan rute distribusi pengiriman barang menggunakan model mixed integer linear programming untuk meminimasi biaya transportasi pada PT XYZ," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 8032–8045, 2021.
- [5] H. L. Sapitri, "Metode cutting plane dalam optimasi jumlah produksi pada perusahaan manufaktur elektronik The Flash," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 5, no. 3, pp. 114570–114575, 2021.
- [6] D. W. Saputra, "Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (Studi Kasus: JNE Balige)," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 159–165, 2022.
- [7] G. M. Sari, R. M. Heryanto, and Santoso, "Penentuan rute distribusi menggunakan model integer linear programming dengan metode Branch and Bound," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 69–79, 2020, doi: 10.35261/gijtsi.v1i01.4265.
- [8] P. Toth and D. Vigo, Eds., *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: SIAM – Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002, pp. 89–91.