

Perancangan Rute Pengambilan Garam Dengan Metode *Saving Matrix* Untuk Meminimasi Biaya BBM Pada Koperasi ABC

1st Ami Ayu Masturo
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

amoiayu@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Erlangga Bayu Setyawan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
erlanggabs@telkomuniversity.ac.id

3rd Femi Yulianti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
femiyulianti@telkomuniversity.ac.id

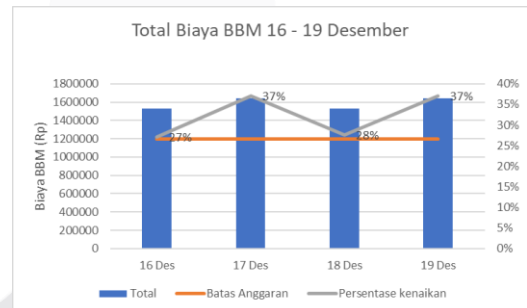
Abstrak — Koperasi ABC adalah produsen garam yang bekerjasama dengan beberapa petani garam yang berlokasi di wilayah kabupaten Indramayu. Koperasi ABC akan memasok hasil panen dari petani dan melakukan pengambilan garam dari 12 lokasi pengumpulan yang sudah ditetapkan. Saat proses pengambilan, kendaraan yang digunakan ada 3 unit dengan kapasitas yang sama (*homogeneous fleet*). Rute pengambilan saat ini, pihak koperasi hanya membagi lokasi pengambilan menjadi 3 wilayah bagian sehingga 1 kendaraan dapat menjangkau 4 lokasi tanpa mempertimbangkan jarak terdekat atau lainnya. Hal tersebut ternyata berpengaruh pada penggunaan biaya BBM. Terjadi peningkatan biaya BBM untuk proses pengambilan garam dengan peningkatan rata-rata 32% dari batas anggaran yang ditetapkan. Diperlukan solusi atas permasalahan tersebut yaitu berupa perancangan rute pengambilan garam yang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi total jarak tempuh selama proses pengambilan garam dengan metode *saving matrix* yang hasilnya akan mempengaruhi penggunaan biaya BBM. *Saving matrix* adalah salah satu metode heuristik yang dapat menyelesaikan permasalahan CVRP dengan hasil solusi yang mendekati optimal. Hasil yang diperoleh adalah rute usulan memiliki penurunan jarak tempuh sebesar 28,01% dan penurunan biaya BBM 96,4% dari rute aktualnya.

Kata Kunci — *Minimasi, Pengambilan, Optimasi Rute, CVRP, Saving Matrix*

I. PENDAHULUAN

Koperasi ABC merupakan organisasi ekonomi yang berasaskan kekeluargaan dan gotong royong, bergerak dibidang produksi garam setengah jadi yang terletak di kabupaten Indramayu. Koperasi ABC melakukan pengambilan garam dari hasil panen petani yang sudah bekerjasama. Terdapat 12 LP sebagai titik pengumpulan garam sementara sebelum dilakukan pengangkutan ke gudang utama. Kendaraan yang digunakan adalah 3 unit

dengan jenis CDD dan memiliki kapasitas yang sama yaitu 10 ton. Saat ini, aktivitas pengambilan dilakukan menggunakan kendaraan dengan pembagian wilayah LP menjadi 3 kelompok sehingga masing-masing kendaraan bertanggung jawab pada 4 LP. Berdasarkan pembagian wilayah tersebut, rute pengambilan saat ini mengalami kelebihan penggunaan biaya BBM dari anggaran yang sudah ditetapkan. Gambar berikut adalah total penggunaan biaya BBM:



GAMBAR 1
DIAGRAM TOTAL BIAYA BBM

Pada gambar tersebut, biaya total penggunaan untuk pengambilan garam setiap harinya adalah Rp 1.200.000 untuk semua kendaraan. Namun pada faktanya biaya penggunaan BBM melebihi batas anggaran rata-rata adalah 32%. Hal tersebut menjadi suatu permasalahan VRP yang perlu dilakukan pencarian solusi untuk menghasilkan rute terpendek. Tujuan dari penelitian ini memberikan rekomendasi rancangan rute usulan untuk aktivitas pengambilan garam agar dapat meminimasi biaya BBM pada koperasi ABC.

II. KAJIAN TEORI

A. *Supply Chain Management*

Supply chain merupakan pengelolaan berbagai kegiatan dalam rangka memperoleh bahan mentah, dilanjutkan kegiatan transformasi sehingga menjadi produk dalam proses, kemudian menjadi produk jadi dan diteruskan dengan

pengiriman kepada konsumen melalui sistem distribusi (Arif, 2018). Dalam setiap organisasi, seperti produsen, rantai pasokan mencakup semua fungsi yang terlibat dalam menerima dan memenuhi permintaan pelanggan. Fungsi-fungsi ini mencakup seluruhnya, namun tidak terbatas pada pengembangan produk baru, pemasaran, operasi, distribusi, keuangan, dan layanan pelanggan (Sunil Chopra, 2016).

B. Transportasi dan Distribusi

Secara tradisional, jaringan distribusi seringkali dianggap sebagai serangkaian fasilitas fisik seperti gudang dan fasilitas pengangkutan. Operasi masing-masing fasilitas ini cenderung terpisah antara satu dengan yang lainnya. Tekanan kompetisi serta kebutuhan pelanggan yang tinggi memaksa perusahaan-perusahaan untuk melakukan berbagai perbaikan dalam kegiatan distribusi dan transportasi. Namun, pada dasarnya aktivitas distribusi tidak lagi dipandang hanya sebagai kegiatan fisik seperti pengiriman saja, namun juga melakukan perancangan jaringan distribusi, segmentasi titik distribusi, penjadwalan atau penentuan rute, dan menentukan konsolidasi pengiriman. Secara umum, fungsi distribusi dan transportasi pada dasarnya adalah menghantarkan produk dari tempat awal produk dibuat atau diproduksi sampai ke tempat produk akan digunakan (Pujawan, 2017).

C. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah optimasi yang bertujuan untuk menentukan rute optimal melibatkan beberapa kendaraan yang harus melayani beberapa pelanggan dengan berbagai batasan dan tujuan tertentu. Pada umumnya permasalahan VRP bertujuan untuk meminimasi total biaya perjalanan, dapat berupa jarak tempuh, waktu perjalanan, atau biaya operasi kendaraan (Paolo Toth, 2002).

D. Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Menurut (Toth&Vigo:2002) "*Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* merupakan varian dari *Vehicle Routing Problem (VRP)* dimana armada kendaraan dengan daya dukung terbatas harus melayani sekumpulan pelanggan dengan permintaan yang diketahui dari satu depot. Tujuannya adalah untuk meminimalkan total biaya, yang sering kali diukur dalam bentuk total jarak tempuh atau total waktu yang dibutuhkan, sekaligus memastikan bahwa setiap pelanggan dikunjungi setidaknya satu kali dan batasan kapasitas kendaraan tidak dilanggar".

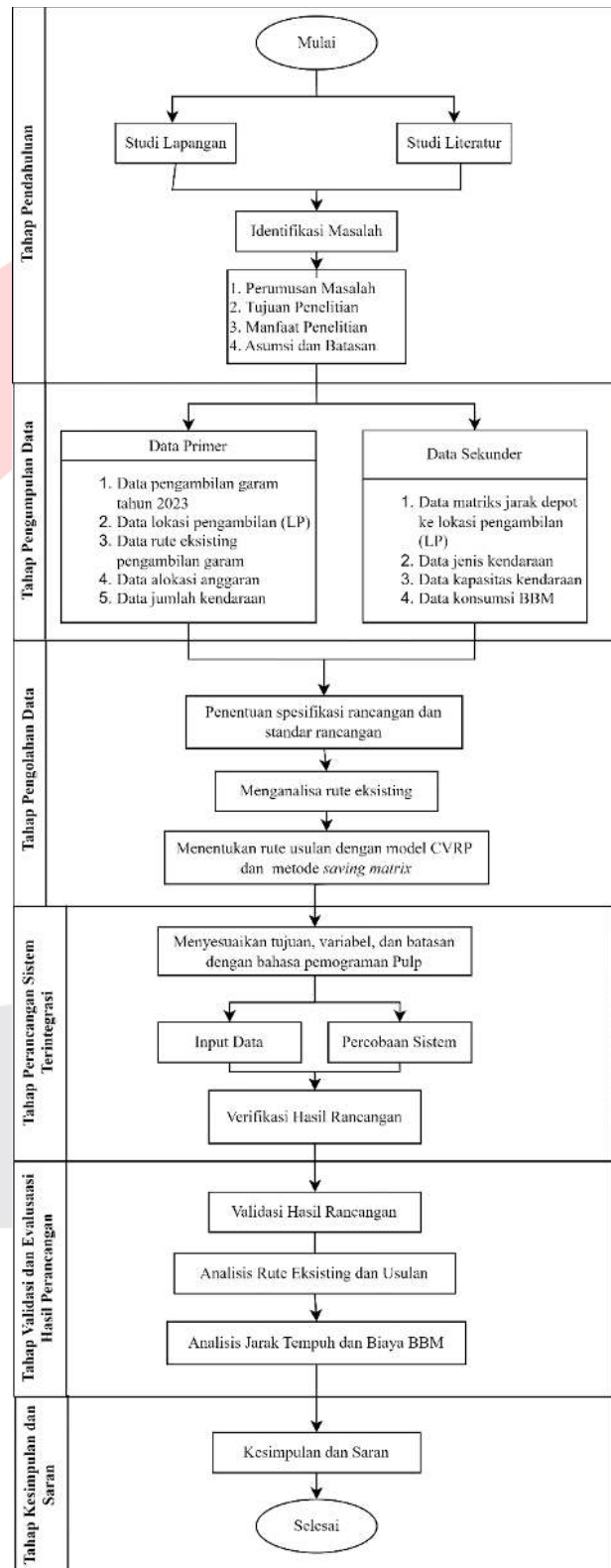
E. Saving Matrix

Saving Matrix merupakan suatu metode yang pertama kali diperkenalkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964. Metode ini dipublikasikan sebagai suatu algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan (VRP), yang disebut sebagai permasalahan klasik dari rute kendaraan. Pada metode ini, pada dasarnya menggunakan konsep saving (penghematan) yaitu dengan menggabungkan dua lokasi dalam satu rute dengan tujuan meminimasi jarak tempuh dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada (Saputra & Pujotomo, 2019). *Saving Matrix* melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai saving yang terbesar yaitu jarak tempuh antara *source node* dan *node*

tujuan. Proses perhitungannya, metode ini tidak hanya menggunakan jarak sebagai parameter, tetapi juga waktu untuk memperoleh nilai saving yang terbesar untuk kemudian disusun menjadi sebuah rute yang terbaik.

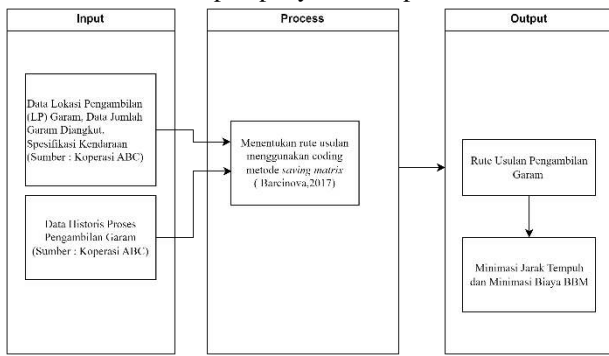
III. METODE

Berikut adalah sistematika penyelesaian yang digunakan pada penelitian kali ini:



GAMBAR 2
SISTEMATIKA PENYELESAIAN MASALAH

Berikut adalah kerangka pemikiran yang digunakan sebagai landasan dalam tahapan penyelesaian penelitian kali ini:



GAMBAR 3 KERANGKA PEMIKIRAN

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kecukupan data merupakan tahap krusial dalam penelitian ini untuk memastikan bahwa data yang digunakan memenuhi syarat-syarat yang diperlukan agar analisis dan hasil yang diperoleh dapat diandalkan. Pada penelitian ini mengambil sampel data sejumlah empat hari pada bulan Desember untuk dijadikan acuan pada keseluruhan hari untuk menyelesaikan permasalahan yang sedang terjadi. Hal ini ditandai oleh nilai N' yang berada di bawah nilai N ketika dihitung pada hari ke-empat.

Perhitungan metode *Clarke and Wright Saving Matrix* dan CVRP dilakukan dengan menggunakan *tools* yakni Google Colab yang memiliki bahasa pemrograman Python. Dalam rangka menyusun syntaks, dibutuhkan sebuah model matematika untuk memastikan bahwa program dibuat berdasarkan permasalahan yang ada. Berikut adalah model matematika yang sudah dibuat berdasarkan referensi dan permasalahan yang diangkat pada penelitian kali ini:

Fungsi tujuan:

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

Fungsi tujuan dari model matematika ini adalah untuk meminimalkan total biaya bahan bakar yang dikeluarkan oleh tiga kendaraan yang digunakan untuk mengunjungi berbagai titik tujuan dan mengambil barang.

Batasan:

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

Batasan kapasitas kendaraan memastikan bahwa jumlah total barang yang diambil oleh setiap kendaraan k tidak melebihi kapasitas maksimum Q, yaitu 10 ton.

$$\sum_{j=1}^L x_{0,j}^k = 1, \quad \sum_{i=1}^L x_{i,0}^k = 1, \quad \forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\} \tag{3}$$

Model ini juga memaksa setiap kendaraan untuk memulai dan mengakhiri rutenya di depot, yang merupakan titik awal dan akhir dari setiap perjalanan.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R_i^k} q_{i,r}^k \leq D_i, \quad \forall i \in \{1,2, \dots, L\} \tag{4}$$

Batasan ini memastikan bahwa jumlah total barang yang diambil dari titik i oleh semua kendaraan tidak melebihi jumlah stok D_i yang tersedia di titik tersebut.

$$q_{i,r}^k > 0 \text{ hanya jika } y_{i,r}^k = 1, \forall i \in \{1,2, \dots, L\}, \forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\} \tag{5}$$

Untuk memastikan bahwa pengambilan barang hanya terjadi jika kendaraan benar-benar mengunjungi titik tersebut.

$$x_{ij,r}^k \leq y_{i,r}^k, \quad \forall i, j \in \{1,2, \dots, L\}, i \neq j, \quad \forall k \in \{1,2,3\}, \forall r \in \{1,2, \dots, R_i^k\} \tag{6}$$

Batasan ini memungkinkan kendaraan untuk mengunjungi titik yang sama lebih dari sekali, tergantung pada sisa muatan dan rute yang sedang ditempuh.

Seluruh syntaks yang dimulai dari *library* sebagai penyusun dan pembangunan fungsi syntaks selanjutnya, kemudian rangkaian memasukan data yang dibutuhkan serta perintah yang relevan berdasarkan model matematis tersebut, didapatkan hasil yang cukup optimal apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berikut adalah tabel dari hasil penggunaan metode *Clarke and Wright Saving Matrix* dan CVRP pada penelitian kali ini.

Armada	Jarak Tempuh(Km) dan Biaya BBM (Rp)				
	16 Des	17 Des	18 Des	19 Des	Total
Cdd 1	399,2 Km	399,2 Km	402,2 Km	421 Km	1.621,6 Km
	Rp 329.320	Rp 339.320	Rp 341.870	Rp 357.850	Rp 1.368.360
Cdd 2	443,7 Km	464 Km	429,7 Km	445,2 Km	1.782,6 Km
	Rp 377.145	Rp 394.400	Rp 365.245	Rp 378.420	Rp 1.515.210
Cdd 3	384,3 Km	459,3 Km	386,8 Km	436,5 Km	1.666,9 Km
	Rp 326.655	Rp 390.405	Rp 328.780	Rp 371.025	Rp 1.416.865

GAMBAR 4 JARAK TEMPUH DAN BIAYA BBM

Rancangan sistem yang dihasilkan telah berhasil mengakomodasi kebutuhan akan pembagian rute yang optimal bagi kendaraan-kendaraan yang tersedia. Dalam sistem ini, setiap kendaraan dirancang untuk mengunjungi lokasi-lokasi dengan beban angkut yang telah ditentukan, dengan prioritas utama adalah memastikan bahwa seluruh barang di setiap lokasi dapat diangkut secara efisien. Sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme penghitungan total biaya perjalanan untuk setiap kendaraan, yang memudahkan perusahaan dalam mengendalikan dan menyeimbangkan biaya operasional setiap kendaraan agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Batasan-batasan tambahan, seperti pembatasan biaya maksimum per kendaraan, telah berhasil diterapkan untuk memastikan optimalisasi rute dan efisiensi biaya yang lebih baik. Berikut adalah perbedaan antara jarak aktual dan jarak usulan setelah digunakannya metode terkait.

TABEL 1 PERBANDINGAN JARAK

Fleet	Total Actual Route (km)	Total Proposed Route (km)	Difference (km)	Percentage
CDD 1	1885,2	1621,6	263,6	13,98%
CDD 2	1815,5	1782,6	32,9	0,018%
CDD 3	1899	1666,9	232,1	12,22%
Total Fleet	5599,7	5071,1	528,6	28,01%

Selanjutnya adalah perbedaan antara biaya yang dikeluarkan untuk perjalanan tersebut antara aktual dan juga usulan setelah digunakannya metode terkait.

TABEL 2
PERBANDINGAN BIAYA

Fleet	Actual Fuel Costs (Rp)	Proposed Fuel Costs (Rp)	Difference (Rp)	Percentage
CDD 1	2.136.560	1.368.360	768.200	27.66%
CDD 2	2.057.566	1.515.210	42.356	5,86%
CDD 3	2.152.200	1.416.865	735.335	41.24%
Total Fleet	6.346.326	4.300.435	2.045.891	96,4%

Meskipun hasil pada perhitungan sudah menunjukkan angka yang positif karena sudah berada di bawah anggaran yang dibatasi, yakni Rp 400.000. Akan tetapi masih diperlukan sebuah analisis lebih lanjut untuk memastikan bahwa metode yang digunakan sudah layak digunakan untuk kondisi yang berbeda. Adapun analisis yang digunakan ialah analisis sensitifitas untuk jarak tempuh pada setiap sampel tanggal penelitian ini. Berikut adalah analisis sensitifitas yang dilakukan

TABEL 3
ANALISIS SENSITIVITAS

16			
Skenario	Peningkatan	Jarak Tempuh (Km)	Biaya Konsumsi
1	0%	1227.2	Rp 1,043,120
2	5%	1288.56	Rp 1,095,276
3	10%	1417.416	Rp 1,204,804
17			
Skenario	Peningkatan	Jarak Tempuh (Km)	Biaya Konsumsi
1	0%	1322.5	Rp 1,124,125
2	5%	1388.625	Rp 1,180,331
3	10%	1527.4875	Rp 1,298,364
18			
Skenario	Peningkatan	Jarak Tempuh (Km)	Biaya Konsumsi
1	0%	1218.7	Rp 1,035,895
2	5%	1279.635	Rp 1,087,690
3	10%	1407.5985	Rp 1,196,459
4	15%	1618.738275	Rp 1,375,928

19			
Skenario	Peningkatan	Jarak Tempuh (Km)	Biaya Konsumsi
1	0%	1302.7	Rp 1,107,295
2	5%	1367.835	Rp 1,162,660
3	10%	1504.6185	Rp 1,278,926

Berdasarkan analisis ini adalah perubahan jarak tempuh menyebabkan biaya BBM juga menjadi berubah. Sehingga, dapat dikatakan bahwa jarak tempuh ini sensitif terhadap perubahan pada persentase tertentu, sehingga perusahaan harus berhati-hati dalam pengambilan rute.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan yang sudah dilakukan, penggunaan metode *saving matrix* dalam menentukan rute pengambilan garam pada koperasi ABC mendapatkan rute usulan dengan efisiensi jarak tempuh sebesar 28,01% dari total jarak tempuh aktual 5599,7 km menjadi 5071,1 km. Efisiensi jarak tempuh pasti akan mempengaruhi penggunaan biaya BBMnya, efisiensi yang pada penggunaan biaya BBM adalah sebesar 96,4% dari total biaya BBM aktual sebesar Rp 6.346.326 menjadi Rp 4.300.435. Rute usulan yang didapatkan juga tidak melebihi batas anggaran yang sudah ditetapkan oleh koperasi ABC.

REFERENSI

- [1] Arif, Muhammad. *Supply Chain Management*. Deepblish Publisher, 2018.
- [2] Paolo Toth, Danele Vigo. *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.
- [3] Pujawan, I Nyoman, "Supply Chain Management Edisi 3". Guna Widya, Surabaya, 2017.
- [4] Sunil Chopra, Peter Mendl, "Supply Chain Management: Strategy, Planning & Operations 6th ed". Pearson Education Limited, 2016.