



Optimasi rute distribusi gas LPG 3 kg menggunakan metode *tabu search* pada PT. SPI

Tarnoto Tarnoto*, Wahyudin Wahyudin, Risma Fitriani

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. 41361, Indonesia

*Corresponding author: tarnoto74@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: 27 Juli 2021
Revision: 26 oktober 2021
Accepted: 31 Oktober 2021

Keywords:

Distribution
Heterogeneous Fleet Vehicle Routing
Problem
Tabu Search

ABSTRACT

PT. SPI is one of the agents of 3 kg LPG gas in the Karawang area, where there are problems in the process of distributing 3 kg LPG gas, because the route chosen for delivery is based on the intuitiveness of the driver who carries out the distribution process. PT. SPI has 11 vehicles where there are differences in vehicle capacity, therefore the problem of PT. SPI is a type of Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. This study aims to determine the optimal distribution route, calculate the distribution costs required by PT. SPI to the base and compare the company's existing route with the proposed route that is formed based on the total distance traveled and the costs to be incurred. The method used in this research is the method Clarke and Wright saving as the initial solution assignment which is then optimized by the method *Tabu search*. The results obtained in this study are the method *Tabu search* can form a route that is close to optimal with a total distance of 1323.4 kilometers with the search process using a maximum of 60 iterations can reduce the total distance traveled on Monday to Saturday, the difference from the total existing mileage with the proposed route is 141.2 kilometers with a percentage of the decrease in the existing total mileage with the total proposed mileage as a whole is 9.6% In addition, it can provide a total distribution cost of Rp. 24,015,811,- /week, and the difference between the existing total distribution costs and the proposed distribution costs is Rp. 1,758,733 and can be presented as a decrease in total distribution costs of 6.8%.

1. PENDAHULUAN

Transportasi dan distribusi merupakan dua komponen yang mempengaruhi keunggulan dalam kompetitif suatu perusahaan, karena penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan perusahaan secara tidak langsung [1]. Jaringan distribusi dan transportasi ini memungkinkan adanya perpindahan produk dari lokasi tempat produksi ke tempat *customer* yang sering kali dibatasi oleh jarak yang sangat jauh. Kemampuan untuk mengirimkan suatu produk secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai dan dalam kondisi yang baik sangat menentukan apakah produk tersebut pada akhirnya akan kompetitif di pasar [2], [3], [4].

Proses distribusi yang efektif dan efisien menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan oleh perusahaan. Pengelolaan dalam mendistribusikan suatu produk yang optimal, dapat membantu pihak perusahaan dalam kompetisi perekonomian dan juga dapat

membantu perusahaan dalam mencapai keuntungan yang optimal [5], [6].

Salah satu contoh pendistribusian adalah pengiriman gas *Liquified Petroleum Gas* yang disingkat menjadi LPG, sistem rantai pasok LPG adalah berupa suatu jaringan yang meliputi beragam pihak, dalam hal ini Pertamina merupakan badan usaha tunggal yang memiliki kewenangan untuk memasok LPG ke Stasiun Pengisian dan Pengangkutan *Bulk Elpiji* (SPPBE). Selanjutnya tabung gas LPG yang telah terisi tersebut disalurkan oleh Agen ke Sub Agen (pangkalan). Sub Agen (pangkalan) inilah yang nantinya mempunyai tugas menyalurkan tabung gas LPG ke konsumen. Agen memiliki peran yang signifikan dalam melakukan pendistribusian gas LPG 3 kg dari PT. Pertamina ke masyarakat, mengingat masyarakat pada umumnya tidak dapat membeli secara langsung ke SPPBE karena hanya perusahaan tertentu yang menjadi bagian agen PT.



Pertamina yang diperkenankan untuk melakukan pengisian ulang tabung-tabung gas LPG 3 kg di SPPBE [7].

PT. SPI merupakan salah satu agen gas LPG 3 kg di Kota Karawang. Pendistribusian dilakukan pada 62 pangkalan di 10 Kecamatan dengan menggunakan 11 kendaraan yang berbeda-beda dengan 7 kendaraan truk dengan kapasitas 560 tabung gas dan 4 kendaraan *pick-up carry* dengan kapasitas bervariasi dimulai dari 180 sampai dengan 250 tabung gas. Pendistribusian dimulai dari depot yang dalam hal ini ialah PT. SPI, kemudian di distribusikan ke pelanggan sesuai dengan permintaan dari Sub Agen (pangkalan LPG). Proses awal pendistribusian yang dimulai dengan pemberian jatah jumlah *Load Order* (LO) dari Pertamina setiap bulan berdasarkan jumlah tabung dan pangkalan yang dimiliki oleh agen serta pembagian kuota subsidi LPG 3 kg yang dilakukan Pertamina terhadap setiap agen. Jumlah pengiriman gas LPG 3 kg dilakukan pada hari Senin hingga Sabtu. Selama ini proses pendistribusian yang telah dilakukan sudah baik, namun belum maksimal yang mengakibatkan jarak pengiriman yang ditempuh cukup panjang. Karena, dalam pemilihan rute yang dilakukan oleh supir hanya berdasarkan kedekatan antar pangkalan, yang dimana dalam pemilihan rute tersebut dirasa belum tentu optimal. Dalam melakukan pengiriman dengan berdasarkan kedekatan pangkalan, rute yang dipilih bisa jadi bukan rute yang terbaik dan dapat berakibat pada total jarak tempuh serta dapat mengakibatkan biaya distribusi yang lebih besar. Selain itu, penentuan distribusi yang kurang tepat dapat berakibat ketidakpuasan *customer* atau pangkalan karena adanya keterlambatan pada pengiriman oleh pihak agen.

Penyusunan jadwal pengiriman gas LPG 3 kg yang selama ini digunakan oleh pihak perusahaan. Hanya berdasarkan dengan pembagian kuota tabung gas LPG 3 kg. misalnya, pada hari Senin agen harus mengirimkan gas LPG 3 kg ke pangkalan yang berlokasi di Sirnabaya dan Mulyajaya. Kedua lokasi ini memiliki jarak yang panjang yakni 6,2 dan 8,3 kilometer dari agen dan jarak antara pangkalan sekitar 11,6 kilometer. Hal ini membuktikan bahwasannya perusahaan belum mempertimbangkan jarak dalam proses pendistribusian setiap harinya, jarak yang harus ditempuh dapat panjang. Permasalahan ini dapat di optimalisasikan dengan melakukan penentuan rute yang disesuaikan dengan kapasitas dan jarak yang harus ditempuh oleh pihak perusahaan. Lokasi pangkalan yang tersebar di 62 titik lokasi dengan jarak yang bervariasi dan jumlah gas LPG 3 kg yang harus dilakukan pengiriman berbeda setiap harinya, maka dari itu perlu adanya melakukan optimasi pada rute distribusi yang dilakukan oleh perusahaan dalam setiap proses pendistribusiannya.

Berdasarkan pembahasan diatas maka permasalahan perusahaan tentang penentuan rute pendistribusian gas LPG dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan kendaraan yang *heterogen* termasuk dalam permasalahan *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (HFVRP). *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah salah satu permasalahan dalam bidang distribusi. Permasalahan tersebut dapat berupa sebuah pengiriman

baik dalam bidang jasa maupun barang. HFVRP merupakan varian VRP baru, untuk menyelesaikan permasalahan dengan jenis dan kapasitas kendaraan yang berbeda [8]. HFVRP adalah masalah optimasi untuk menentukan rute dengan biaya minimal untuk sejumlah kendaraan dengan mempertimbangkan kapasitas yang terbatas pada kendaraan [9], [10], [11].

Sedangkan untuk metode yang dipilih pada penelitian ini adalah metode *Clarke and wright saving* dan *Tabu search*. Metode *Clarke and wright saving* atau biasa dikenal dengan *saving matrix* digunakan untuk penugasan dan penentuan solusi awal [12], [13], karena *saving matrix* memiliki kemampuan dalam pemilihan rute berdasarkan penghematan dari kedua jarak yang di pilih [14]. Sedangkan untuk metode *Tabu search* digunakan untuk memperbaiki solusi awal yang diperoleh dari metode *saving matrix*, sehingga mendapatkan rute terpendek dan dapat menghasilkan biaya minimum. Karena dalam metode *Tabu search* dibuat untuk menghindari pencarian solusi optimal terjebak dalam lokal optimum, salah satu komponen utama *Tabu search* adalah penggunaan memori adaptif yang memberikan perilaku pencarian yang lebih fleksibel. Penggunaan memori ini memungkinkan metode *Tabu search* mampu mencari ruang solusi secara efektif [15]. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan dapat menentukan atau mengoptimasi rute pendistribusian yang mendekati solusi optimal dengan memiliki total biaya pendistribusian terkecil serta dapat mempertimbangkan faktor dari kapasitas kendaraan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan termasuk jenis penelitian yang menggunakan metode deskriptif. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung dan penggalan informasi terhadap lingkup penelitian dengan melakukan *interview* atau wawancara dari sumber-sumber yang telah dipastikan mengetahui informasi yang dibutuhkan oleh peneliti.

2.2 Formulasi matematis

Sedangkan untuk model matematis yang dijadikan acuan utama pada penelitian ini adalah model dari Nanda Saputra [16]:

$$\text{MIN } TC = \sum_{k=1}^n f_k z_k + \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

Fungsi Pembatas:

1. Pembatas kunjungan semua lokasi

Pembatas ini guna memastikan bahwa pangkalan i hanya dilayani oleh satu kendaraan k selama periode pengiriman.

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = 1, \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (2)$$

2. Pembatas penggunaan kendaraan

Pembatas ini guna memastikan bahwa kendaraan k yang keluar dari pangkalan tidak lebih dari jumlah kendaraan yang ada sebanyak K .

$$\sum_{k=1}^K y_{0k} \leq K \quad (3)$$

3. Pembatas pelayanan pangkalan

Pembatas ini memastikan guna bahwa kendaraan k akan mengunjungi pangkalan i lalu meninggalkannya untuk menuju pangkalan j (tidak termasuk depot).

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ij}^k = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, k \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ji}^k = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, k \quad (5)$$

4. Pembatas kapasitas kendaraan

Pembatas ini guna memastikan kendaraan k mendistribusikan LPG 3 kg sesuai dengan jumlah permintaan pangkalan. Beban muatan tidak boleh melebihi dari kapasitas kendaraan U_k .

$$\sum_{i \in V} d_i y_{ik} \leq U_k z_k \quad k = 1, \dots, k \quad (6)$$

5. Pembatas eliminasi *sub-tour*.

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S \setminus \{i\}} x_{ij}^k \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, |S| \geq 2, k = 1, \dots, k \quad (7)$$

6. Pembatas integralitas variabel x, y dan z .

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\forall k = 1, 2, \dots, T$$

$$y_k \in \{0, 1\}, \quad \forall k = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$z_k \in \{0, 1\}, \quad \forall k = 1, 2, \dots, T \quad (10)$$

2.3 Tahapan pengolahan data

1. Tahap pertama yakni, pembuatan matriks jarak pada setiap pangkalan guna mengetahui jarak dari depot ke pangkalan dan antar pangkalan, dan membuat program dengan algoritma *Saving Matrix* dan *Tabu Search* menggunakan *software MATLAB R2016b* dengan memperhatikan batasan-batasan sesuai dengan formulasi matematis. Langkah selanjutnya dilakukannya validasi dengan melihat apakah program dapat dijalankan dengan baik serta memverifikasi

dengan melihat apakah solusi yang dihasilkan tidak melanggar pada fungsi pembatas.

2. Tahap kedua yakni, implementasi program yang telah dibuat dengan data yang didapatkan dari PT. SPI untuk pendistribusian gas LPG pada bulan November 2020 yang terdiri dari Data Rute Eksisting, Data Lokasi Pangkalan, Data Permintaan, Data Kendaraan Perusahaan dan Data Biaya Distribusi. Implementasi metode *saving matrix* digunakan sebagai penugasan awal atau penentu solusi awal serta diperbaiki dengan metode *tabu search* sebagai penentu solusi optimal.
3. Tahap ketiga yakni, melakukan analisis terhadap hasil yang telah diperoleh. Pertama, analisis rute jarak tempuh harian dan total biaya distribusi yang dikeluarkan. Kedua, analisis utilitas pada kendaraan. Ketiga, analisis algoritma.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rute distribusi perusahaan

PT. SPI pada kondisi sekarang, menjalankan kegiatan pendistribusiannya dilakukan secara intuitif. Proses penentu rute distribusi di PT. SPI dimulai dengan admin gudang yang membagi supir kedalam beberapa wilayah distribusi. Selanjutnya, penentuan rute distribusi di masing-masing wilayah dilakukan secara intuitif oleh supir dengan mengunjungi titik-titik yang paling terdekat dari titik yang sebelumnya dikunjungi. Hal tersebut, menimbulkan risiko total jarak yang ditempuh lebih besar dibandingkan dengan total jarak yang seharusnya. Tabel 1 merupakan daftar rute distribusi yang dilakukan oleh perusahaan pada hari Senin.

Tabel 1. Rute distribusi eksisting

Kendaraan	Rute	Total Jarak Tempuh (Km)	Kapasitas Terpakai	Utilitas Kapasitas (%)
P1 (250)	1 PT. SPI - BS - KA - AHBS - Wo - PT. SPI	4	245	98,00
P2 (220)	2 PT. SPI - AA - ERR - PT. SPI	4	220	100,00
P3 (180)	3 PT. SPI - Ki - Ho - PT. SPI	2,25	180	100,00
P4 (180)	4 PT. SPI - Ko - Ri - PT. SPI	4	140	77,78
T1 (560)	5 PT. SPI - NPRS - MAS - FAM - RH - MAR - DR - 34.39 - PT. SPI	14	560	100,00
T2 (560)	6 PT. SPI - IDPT - Un - WW - TL - Eg - JJ - PT. SPI	35	551	98,39
T3 (560)	7 PT. SPI - Mo - RF - Oi - 34.39 - 34.54 - EC - MS - 34.24 - PT. SPI	53	558	99,66
T4 (560)	8 PT. SPI - Ai - TA - HRP - ES - SS - PT. SPI	18,6	550	98,21
T5 (560)	9 PT. SPI - AS - 34.24 - So - Hj. PY, S. Pd - IS - H.W - DPD - Yn - PT. SPI	37,81	560	100,00
T6 (560)	10 PT. SPI - OS, S. E - SR - Sn - Si - PT. SPI	34,6	510	91,07
T7 (560)	11 PT. SPI - Jn - GGSG - LSH - SYS - HBI - PT. SPI	52,55	406	72,05
Total		260,34	4480	

3.2 Perhitungan biaya awal distribusi

Pada penelitian ini biaya distribusi yang diperhitungkan dalam penelitian yakni *fixed cost* dan *variable cost*. *Fixed cost* yang digunakan adalah perhitungan biaya perawatan, administrasi dan pajak tiap kendaraan dalam satu kali perjalanan pengiriman barang, sedangkan untuk

variable cost yang digunakan adalah perhitungan biaya bahan bakar kendaraan setiap melakukan pengiriman barang serta pergantian oli per tiga bulan sekali. Pada Tabel 2. Diperlihatkan biaya yang harus dikeluarkan oleh PT. SPI selama proses pendistribusian berlangsung. Tabel 2 merupakan biaya pendistribusian di hari Senin.

Tabel 2. Biaya distribusi eksisting

Rute	Kendaraan	Jarak Tempuh (Km) (A)	Fixed Cost (Rp.)	Variable Cost (Rp.)		Total (Rp.)
				T (A x Rp. 8,233/Km)	P (A x Rp. 4,850/km)	
1	P1	4	139,333	-	20,273	159,606
2	P2	4	139,333	-	19,643	158,976
3	P3	2,25	139,333	-	10,913	150,246
4	P4	4	139,333	-	20,128	159,461
5	T1	14	266,000	118,144	-	384,144
6	T2	35	266,000	286,508	-	552,508
7	T3	53	266,000	436,349	-	702,349
8	T4	18,6	266,000	153,134	-	419,134
9	T5	37,81	266,000	311,290	-	577,290
10	T6	34,6	266,000	284,862	-	550,862
11	T7	52,55	266,000	432,644	-	698,644
Total		260,34		Total		4.513.219

Tabel 3. Matriks jarak hari Senin

Depot	0	1	2	3	...	53
0	0	0.6	0.8	1.3	...	22.1
1	0.6	0	0.28	0.75	...	21.8
2	0.8	0.28	0	0.45	...	21.6
3	1.3	0.75	0.45	0	...	22
4	0.55	0.3	0.55	2.3	...	22.3
5	0.65	0.75	0.75	2.2	...	22.4
6	1.4	0.9	0.6	0.22	...	22.2
7	0.75	0.28	0.55	1	...	22.1
8	1	0.75	1	2.6	...	23.4
9	0.95	0.7	1	2.4	...	23.3
10	1.7	1.9	2.1	2.3
...
52	22.2	21.9	21.6	22
53	22.1	21.8	21.6	22	...	0

```

MATLAB Command Window

>> saving_matrix(model.dom,'list')

ans =

44.3000 53.0000 52.0000
43.9500 54.0000 53.0000
43.9000 54.0000 52.0000
31.9000 52.0000 51.0000
31.9000 54.0000 51.0000
31.9000 53.0000 51.0000
27.4000 52.0000 50.0000
27.4000 53.0000 50.0000
26.7000 51.0000 50.0000
26.7000 54.0000 50.0000
22.2000 48.0000 47.0000
22.0000 50.0000 47.0000
22.0000 53.0000 47.0000
21.9000 51.0000 47.0000
21.9000 52.0000 47.0000
21.9000 54.0000 47.0000
20.9000 26.0000 25.0000
17.0000 50.0000 48.0000
17.0000 51.0000 48.0000
17.0000 53.0000 48.0000
17.0000 52.0000 48.0000
17.0000 54.0000 48.0000
15.9000 49.0000 47.0000
15.8000 51.0000 39.0000
15.8000 47.0000 46.0000
15.8000 48.0000 39.0000
    
```

Gambar 1. Saving list

```

MATLAB Command Window

>> show(route,model,'cost')

MODEL
Kapasitas Kendaraan: [560,560,560,560,560,560,560,180,180,220,250]

Daftar Rute:                               Utilisasi:
route 01: 1-28-29-51-54-53-52-50-39-1 [ 95.71 %]
route 02: 1-25-26-49-47-48-1 [ 97.86 %]
route 03: 1-23-42-44-43-32-46-30-38-1 [ 95.71 %]
route 04: 1-3-35-45-36-37-31-22-1 [ 99.46 %]
route 05: 1-5-27-13-40-34-41-1 [ 96.43 %]
route 06: 1-14-33-15-20-21-1 [ 92.86 %]
route 07: 1-16-19-17-18-11-12-10-1 [ 98.21 %]
route 08: 1-24-1 [ 66.67 %]
route 09: 1-9-4-1 [ 90.56 %]
route 10: 1-7-8-1 [100.00 %]
route 11: 1-2-6-1 [ 76.00 %]
total jarak: 241.87
total biaya: Rp 4,358,380.36
demand tersisa: 0
solusi: fisibel

Note:
Hasil Rute Saving Matrix menjadi Solusi Awal
Selanjutnya akan diperbaiki oleh Tabu Search
Untuk mendapatkan Solusi yang mendekati Optimal

Solusi Savmat dilanjut kedalam Tabu Search.
>>
    
```

Gambar 2. Urutan rute solusi awal

```

MATLAB Command Window

>> show(result.route,model,'cost');

MODEL
Kapasitas Kendaraan: [560,560,560,560,560,560,560,180,180,220,250]

Daftar Rute:                               Utilisasi:
route 01: 1-25-26-32-31-46-43-44-1         [ 99.64 %]
route 02: 1-28-29-50-52-53-54-51-39-1      [ 95.71 %]
route 03: 1-48-47-49-30-38-22-1           [ 99.11 %]
route 04: 1-21-42-37-36-45-35-3-1         [ 99.46 %]
route 05: 1-17-18-11-13-27-12-5-1         [ 91.07 %]
route 06: 1-2-40-41-34-19-1               [ 94.64 %]
route 07: 1-16-20-15-33-14-1              [ 90.18 %]
route 08: 1-6-9-1                          [100.00 %]
route 09: 1-8-10-1                         [ 88.89 %]
route 10: 1-24-23-1                       [ 84.55 %]
route 11: 1-7-4-1                         [ 81.20 %]
total jarak: 219.41
total biaya: Rp 4,144,305.72
demand tersisa: 0
solusi: fisibel
>>
    
```

Gambar 3. Merubah Urutan Solusi Awal kedalam Solusi Mendekati Optimal

3.2 Pembentukan rute

Tahap pertama dalam membuat solusi yang mendekati optimal adalah melakukan atau mencari solusi awal sebagai penentu solusi yang mendekati optimal yang akan diperoleh nantinya, solusi awal diperoleh dengan menggunakan metode *saving matrix*. Langkah selanjutnya adalah membuat solusi awal dari matriks penghematan pada hari Senin, berikut merupakan Tabel 3 matriks jarak atau *distance of matrix* (dom) yang telah dibuat. Setelah mengetahui dom pada hari Senin, selanjutnya menghitung matriks penghematan, matriks penghematan dibuat dengan urutan berbentuk *saving list* dengan persamaan sebagai berikut:

$$S(x,y) = J(G,x) + J(G,y) - J(x,y) \tag{11}$$

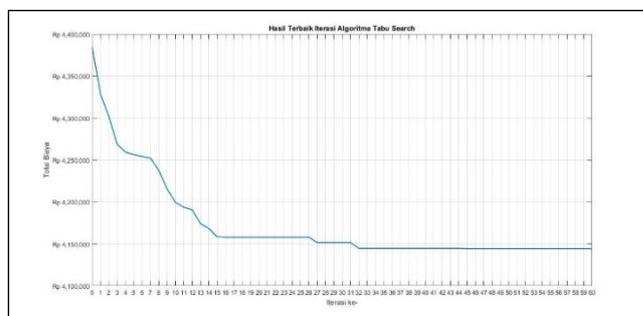
Hasilnya pada Gambar 1. Setelah mengetahui hasil dari matriks penghematan terbesar, dapat dibuatkan urutan-urutan rute yang menjadi solusi awal pada penelitian ini, dan berikut merupakan hasil dari rute dengan metode *saving matrix* dapat dilihat pada Gambar 2. Setelah diketahuinya solusi awal dari metode *saving matrix*, dapat dilihat bahwasannya total pengeluaran yang dihasilkan dari metode *saving matrix* sebesar Rp. 4.358.380 dan hal ini dapat mengurangi total

pengeluaran sebelumnya yakni sebesar Rp. 4.513.219. langkah selanjutnya adalah menentukan solusi yang mendekati optimal menggunakan metode Tabu search.

3.2.1 Tabu Search

Tahap selanjutnya adalah menentukan solusi yang mendekati optimal dari solusi awal yang telah dibuat dengan menggunakan metode *saving matrix*, dalam merubah solusi awal kedalam *tabu search*, yakni dengan merubah solusi awal menjadi *array position* sehingga bisa digunakan dalam perhitungan *tabu search*. Dalam perhitungan *tabu search* menggunakan *neighborhood search* (*swap*, *reverse* dan *insertion*), dan hasil dari perhitungan solusi awal untuk mendekati kedalam solusi optimal dapat dilihat pada Gambar 3.

Dalam Gambar 3, penggunaan iterasi maksimal adalah 60 iterasi dengan jumlah titik 53 pangkalan. Dalam hal ini penggunaan *Tabu search* dapat membantu menemukan solusi yang mendekati optimal. Dengan alasan, karena pada hasil akhir dengan iterasi maksimal 60, terdapat perubahan biaya distribusi yang dikeluarkan, dalam hasilnya, *Tabu sarch* dapat menghasilkan total jarak tempuh sebesar 219,41 kilometer, serta dapat menghasilkan total biaya distribusi bernilai Rp. 4.144.306. yang artinya dapat secara signifikan merubah total jarak tempuh serta dapat meminimasi biaya distribusi yang dihasilkan daripada rute eksisting sebelumnya dengan total jarak tempuh 260,34 kilometer dengan nilai total biaya distribusi Rp. 4.513.219. adapun grafik dalam melihat hasil perubahan dari solusi awal ke solusi yang mendekati optimal dengan *Tabu search* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Iterasi Tabu Search

Tabel 4. Hasil optimasi rute hari Senin

Kendaraan		Rute	Total Jarak Tempuh (Km)	Kapasitas Terpakai	Utilitas Kapasitas (%)
T1 (560)	1	PT. SPI – Mo – RF – 34.23 – MS – OS, S. E – HW – DPD – PT.SPI	43,5	558	99,64
T2 (560)	2	PT. SPI – 34.49 – 34.54 – Jn – LSH – SY – HBI – GGSG – 34.24 – PT. SPI	59,05	536	95,71
T3 (560)	3	PT. SPI – Sn – SR – Si – EC – AS – TL – PT. SPI	41,5	555	99,11
T4 (560)	4	PT. SPI – WW – IS – SS – ES – Yn – HRP – KA – PT. SPI	24,52	557	99,46
T5 (560)	5	PT. SPI – 34.49 – FA – Ri – MAS – Oi – NPRS – Wo – PT. SPI	9,94	510	91,07
T6 (560)	6	PT. SPI – BS – So – Hj. PY, S. Pd – TA – IDPT – PT. SPI	9,81	530	94,64
T7 (560)	7	PT. SPI – DR – Un – MAR – Ai – RH – PT. SPI	8,02	505	90,18
P4 (180)	8	PT. SPI AA – Ho – PT. SPI	2,1	180	100,00
P3 (180)	9	PT. SPI – Ki – Ko – PT. SPI	2,15	160	88,89
P2 (220)	10	PT. SPI – Eg – Jj – PT. SPI	16,9	186	84,55
P1 (250)	11	PT. SPI – ERR – AHBS – PT. SPI	2,92	203	81,20
Total			219,41	4480	

3.2.2 Hasil optimasi rute distribusi

Berikut merupakan hasil dari solusi yang mendekati optimal pada hari Senin, dengan bantuan *software* MATLAB R2016b, dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4, diatas merupakan hasil dari optimasi rute di hari Senin yang didapatkan dalam metode *tabu search*. Pendistribusian yang dilakukan menggunakan 11 kendaraan yang sesuai dengan kendaraan yang ada pada perusahaan.

Total jarak yang ditempuh dalam setiap kendaraan berbeda-beda, pada rute usulan ini terdapat perbedaan dalam penggunaan atau pengalokasian pada setiap rute

untuk kendaraan yang melakukan pengiriman gas LPG 3 kg. Rute eksisting menghasilkan 260,34 kilometer sedangkan untuk rute usulan menghasilkan 219,41 kilometer.

3.2.3 Perhitungan biaya usulan distribusi

Setelah mengetahui rute yang telah dibuat, maka langkah selanjutnya adalah menentukan biaya distribusi usulan guna membandingkan antara biaya distribusi eksisting dengan distribusi usulan.

Pada Tabel 5 merupakan biaya pendistribusian usulan di hari Senin.

Tabel 5. Hasil biaya distribusi usulan hari Senin

Rute	Kendaraan	Jarak Tempuh (Km) (A)	Fixed Cost (Rp.)	Variable Cost (Rp.)		Total (Rp.)
				T (A x Rp. 8,233/Km)	P (A x Rp. 4,850/km)	
1	T1	43,5	266,000	358,136	-	624,136
2	T2	59,05	266,000	486,159	-	752,159
3	T3	41,5	266,000	341,670	-	607,670
4	T4	24,52	266,000	201,873	-	467,873
5	T5	9,94	266,000	81,836	-	347,836
6	T6	9,81	266,000	72,533	-	338,533
7	T7	8,02	266,000	66,029	-	332,029
8	P4	2,1	139,333	-	10,185	149,518
9	P3	2,15	139,333	-	10,428	149,761
10	P2	16,9	139,333	-	81,965	221,298
11	P1	2,92	139,333	-	14,162	153,495
Total		260,34		Total		4.144.306

Dapat dilihat pada Tabel 5, yakni pada rute eksisting mengeluarkan biaya distribusi bernilai Rp. 4.513.219, sedangkan untuk rute usulan mengeluarkan biaya distribusi bernilai Rp. 4.144.306, maka dari itu dapat disimpulkan bahwasannya metode *Tabu search* dapat mengurangi serta dapat dijadikan referensi bagi pihak perusahaan.

3.3 Analisis hasil

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang sudah dilakukan oleh metode *saving matrix* dan *tabu search* yang diimplementasikan kedalam *software* MATLAB R2016b.

3.3.1 Analisis rute jarak tempuh harian dan total biaya distribusi

Rute usulan yang diperoleh dari perhitungan menggunakan *saving matrix* dan *tabu search* secara umum memberikan hasil yang baik atau mendekati optimal. Pada hari Senin s.d. Sabtu perusahaan mengirimkan gas LPG 3 kg ke pangkalan sebanyak 62 titik dengan total jarak tempuh kendaraan bervariasi pada setiap harinya.

Selain itu dengan mengetahui rute eksisting yang dimiliki oleh pihak perusahaan sekarang, dapat dilihat perbandingan hasil jarak tempuh kendaraan eksisting dan rute usulan pada Tabel 6 dan perbandingan total biaya distribusi eksisting dengan total biaya distribusi usulan dapat dilihat pada Tabel 7. Total jarak tempuh pada rute usulan memberikan hasil yang lebih kecil

daripada rute yang sudah ada, selisih penurunan dari jumlah total jarak tempuh antara eksisting dengan usulan sebesar 141,2 kilometer dengan presentase penurunan total jarak eksisting dengan usulan secara keseluruhan adalah sebesar 9,6 %. Adapun perbandingan dari total biaya distribusi eksisting dan biaya distribusi usulan.

Tabel 6. Perbandingan total jarak tempuh eksisting dan usulan

Rute hari-	Total Jarak Tempuh (Km)	
	Eksisting	Usulan
Senin	260,34	219,41
Selasa	281,37	226,86
Rabu	225,63	228,46
Kamis	222,65	207,74
Jum'at	239,06	210,17
Sabtu	235,45	230,73
Total	1464,5	1323,4

Tabel 7. Perbandingan total biaya distribusi eksisting dan usulan

Rute hari-	Total Biaya Distribusi (Rp.)	
	Eksisting	Usulan
Senin	4.513.219	4.144.306
Selasa	4.687.864	4.259.148
Rabu	4.226.453	4.069.007
Kamis	3.944.613	3.677.281
Jum'at	4.352.399	4.110.148
Sabtu	4.049.996	3.755.921
Total	25.774.544	24.015.811

Dari Tabel 7 dapat kita lihat bahwasannya, biaya distribusi yang dikeluarkan pada rute eksisting memberikan total biaya distribusi bernilai Rp. 25.774.544/minggu, sedangkan untuk rute usulan memberikan total biaya bernilai Rp. 24.015.811/ minggu, dengan selisih penurunan dari biaya distribusi eksisting dengan biaya distribusi usulan sebesar Rp. 1.758,733, dan dapat dipresentasikan penurunan total biaya distribusi sebesar 6,8 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode *Tabu search* dapat meminimasi hasil dari total jarak tempuh beserta dapat meminimasi hasil dari total biaya distribusi yang dikeluarkan.

3.3.2 Analisis utilitas kendaraan

Penggunaan kapasitas kendaraan yang optimal juga dapat memberikan peluang untuk mendapatkan total jarak tempuh kendaraan yang lebih kecil. Oleh karena itu utilitas kapasitas kendaraan memegang peran penting dalam efisiensi dari pendistribusian barang. Utilitas kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [17].

$$Utilitas = \frac{\text{Jumlah Muatan}}{\text{Kapasitas kendaraan}} \times 100\% \quad (12)$$

Tabel 8. Hasil utilitas kendaraan

Pengiriman hari-	Kendaraan	Rute	Muatan	Presentase Utilitas Kendaraan
Senin	T1	1	558	99.64%
	T2	2	536	95.71%
	T3	3	555	99.11%
	T4	4	557	99.46%
	T5	5	510	91.07%
	T6	6	530	94.64%
	T7	7	505	90.18%
	P4	8	180	100.00%
	P3	9	160	88.89%
	P2	10	186	84.55%
	P1	11	203	81.20%
Selasa	T1	1	558	100.00%
	T2	2	536	95.54%
	T3	3	555	99.29%
	T4	4	557	98.04%
	T5	5	510	99.11%
	T6	6	530	95.54%
	T7	7	505	97.32%
	P4	8	180	90.56%
	P3	9	160	83.33%
	P2	10	186	90.91%
	P1	11	203	52.80%
...
Sabtu	T1	1	546	97.50%
	T2	2	555	99.11%
	T3	3	555	99.11%
	T4	4	560	100.00%
	T5	5	560	100.00%
	T6	6	538	96.07%
	P4	7	180	100.00%
	P3	8	166	92.22%
	P2	9	200	90.91%
	P1	10	60	24.00%

Tabel 8 merupakan utilitas dari masing-masing kendaraan yang digunakan. Dari hasil perhitungan utilitas yang ditampilkan pada Tabel 8 diatas, untuk masing-masing rute. Dapat diketahui bahwa tiap hari kendaraan terdapat bervariasi jumlah utilitas yang ada, secara umum hasil Tabel 8 menunjukkan kapasitas kendaraan sudah digunakan secara optimal, dengan rata-rata presentase 92,33 %.

3.3.3 Analisis Algoritma

Clarke and wright saving atau yang dikenal sebagai *saving matrix* merupakan algoritma heuristik yang dimana dapat menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* dengan kendaraan dan kapasitas yang berbeda-beda, hasil yang diperoleh dari *saving matrix* merupakan lokal optimum yang dimana hasil dari *saving matrix* dapat terjebak di situasi itu saja dan tidak bisa di perbaiki lagi, maka dari itu. Penelitian ini menggunakan metode *saving matrix* sebagai penentu solusi awal, menurut penelitian [18], dapat dikatakan bahwa metode *saving matrix* juga dapat bisa menjadi bahan sebagai solusi awal dari metode *Tabu search* dengan adanya penyesuaian kedalam metode *Tabu search*.

Dalam penelitian ini penggunaan metode *Tabu search* menjadi penentu solusi perbaikan dari solusi awal (*saving matrix*), karena *Tabu search* merupakan prosedur heuristik tingkat tinggi untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dan dirancang untuk menghindari terjebak dalam lokal optimum [19], [20].

Hasil akhir yang didapat pada penelitian ini, penggunaan metode *Tabu search* mendapatkan solusi yang lebih baik dari rute eksisting dengan disesuaikan pada permasalahan yang ada, yakni kendaraan *heterogen* serta kapasitas yang berbeda-beda. Dalam proses pencarian solusi, pertama-tama dilakukan inialisasi solusi awal dengan metode *saving matrix*. Kelebihan dari metode *saving matrix* adalah dapat memplotkan urutan pangkalan sesuai dengan penghematan terbesar yang dilakukan oleh perhitungan *saving matrix*, dan hal ini pula membantu proses dengan cepat. Setelah didapat solusi awal dari metode *saving matrix* perhitungan dilanjutkan kedalam *tabu list* yang dimana solusi awal ini akan diperbaiki oleh metode *Tabu search*, perhitungan *Tabu search* menggunakan pergerakan dari masing-masing solusi dengan menggunakan ketiga tipe gerakan yaitu *swap*, *insertion* dan *reverse*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan pada penelitian di PT. SPI, maka dapat disimpulkan bahwasannya dengan memakai metode *Clarke and wright saving* sebagai penentu solusi awal serta diperbaiki dengan metode *Tabu search* dapat memberikan pengoptimasian terhadap rute pendistribusian pada PT. SPI. Yang dimana, dengan iterasi maksimal 60 dapat menurunkan total jarak tempuh pada hari Senin s.d. Sabtu dengan jumlah total keseluruhan dari jarak tempuh adalah 1323.4 kilometer, sedangkan untuk total jarak tempuh eksisting adalah 1464.5 kilometer, dan mendapati selisih antara rute usulan dengan rute eksisting sebesar 141.2 kilometer

dengan presentase penurunan yakni sebesar 9,6 %. Selain diperolehnya rute yang dapat menurunkan total jarak tempuh kendaraan dari rute eksisting sebelumnya. Perhitungan biaya distribusi PT. SPI dihitung berdasarkan pada dua aspek, yakni *fixed cost* dan *variable cost*. Pada hari Senin-Sabtu diperoleh jumlah total biaya distribusi sebesar Rp. 24.015.811/ minggu, sedangkan untuk jumlah total biaya distribusi eksisting sebesar Rp. 25.774.544/ minggu. Total biaya distribusi eksisting dengan total biaya distribusi usulan dapat memberikan selisih bernilai Rp. 1.758.733 dan dapat di presentasekan penurunan total biaya distribusi sebesar 6,8 %.

REFERENCES

- [1] W. Wahyudin, K. Kusnadi, and V. Efelina, "Penentuan rute distribusi spare part kendaraan bermotor dalam meminimalkan biaya transportasi," *JITEKH (Jurnal Ilmiah Teknologi Harapan)*, vol. 7, no. 1, pp. 45–49, 2019, doi: [10.35447/jitekh.v7i01.17](https://doi.org/10.35447/jitekh.v7i01.17).
- [2] I. N. Pujawan and E. Mahendrawathi, *Suplly Chain Management Edisi Ketiga*. Bandung: Penerbit ANDI, 2017.
- [3] S. Min, Z. G. Zacharia, and C. D. Smith, "Defining Supply Chain Management: In the Past, Present, and Future," *Journal of Business Logistics*, vol. 40, no. 1, pp. 44–55, 2019, doi: [10.1111/jbl.12201](https://doi.org/10.1111/jbl.12201).
- [4] J. T. Mentzer et al., "Defining Supply Chain Management," *Journal of Business Logistics*, vol. 22, no. 2, pp. 1–25, 2001, doi: [10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x](https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x).
- [5] I. Lukman, R. Hanafi, and S. M. Parenreng, "Optimasi Biaya Distribusi pada HFVRP Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 18, no. 2, p. 164, 2019, doi: [10.25077/josi.v18.n2.p164-175.2019](https://doi.org/10.25077/josi.v18.n2.p164-175.2019).
- [6] B. Kurniawan et al., "Developing Supply Chain Network with Piecewise Linear Transportation Cost for a Small-and-medium Enterprise (SME) in Cilegon," *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, vol. 15, no. 2, 2021, doi: [10.29122/mipi.v15i2.4819](https://doi.org/10.29122/mipi.v15i2.4819).
- [7] W. A. Subakdo and Y. A. Nugroho, "In-bound dan out-bound logistic pada distribusi LPG 3kg di indonesia," *Prosiding Semnastek*, no. 0, Nov. 2016.
- [8] A. Arvianto, A. H. Setiawan, and S. Saptadi, "Model Vehicle Routing Problem dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot Tunggal," *J. Tek. Ind.*, vol. 16, no. 2, pp. 85–96, 2014, doi: [10.9744/jti.16.2.83-94](https://doi.org/10.9744/jti.16.2.83-94).
- [9] J. T. Soman and R. J. Patil, "A scatter search method for heterogeneous fleet vehicle routing problem with release dates under lateness dependent tardiness costs," *Expert Systems with Applications*, vol. 150, p. 113302, 2020, doi: [10.1016/j.eswa.2020.113302](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113302).
- [10] Y. Yu, S. Wang, J. Wang, and M. Huang, "A branch-and-price algorithm for the heterogeneous fleet green vehicle routing problem with time windows," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 122, pp. 511–527, 2019, doi: [10.1016/j.trb.2019.03.009](https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.03.009).
- [11] A. Pessoa, R. Sadykov, and E. Uchoa, "Enhanced Branch-Cut-and-Price algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems," *European Journal of Operational Research*, vol. 270, no. 2, pp. 530–543, 2018, doi: [10.1016/j.ejor.2018.04.009](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.009).
- [12] P. P. Pertiwi, I. Iriani, and E. Aryanny, "Penentuan Rute Distribusi Produk Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Dengan Metode Algoritma Clark And Wright Saving Heuristic di PT X," *Juminten*, vol. 1, no. 2, pp. 24–32, 2020, doi: [10.33005/juminten.v1i2.15](https://doi.org/10.33005/juminten.v1i2.15).
- [13] V. A. Perdana, Z. F. Hunusalela, and A. T. Prasasty, "Penerapan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Dalam Menentukan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pada PT. XYZ," *JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 4, no. 1, pp. 62–77, Oct. 2020, doi: [10.30737/jatiunik.v4i1.986](https://doi.org/10.30737/jatiunik.v4i1.986).
- [14] Y. Shi, T. Boudouh, and O. Grunder, "An Efficient Tabu Search based Procedure for Simultaneous Delivery and Pick-up Problem with Time Window," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 241–246, 2018, doi: [10.1016/j.ifacol.2018.08.278](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.278).
- [15] F. Glover, "Tabu Search—Part I," *ORSA J. Comput.*, vol. 1, no. 3, pp. 190–206, 1989, doi: [10.1287/ijoc.1.3.190](https://doi.org/10.1287/ijoc.1.3.190).
- [16] N. Saputra, P. D. Sentia, and A. Andriansyah, "Penentuan Rute Kendaraan Heterogen Menggunakan Algoritma Insertion Heuristic," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 17, no. 1, p. 35, 2018, doi: [10.25077/josi.v17.n1.p35-45.2018](https://doi.org/10.25077/josi.v17.n1.p35-45.2018).
- [17] D. P. Nugroho, "Optimasi solusi permasalahan rute kendaraan dengan pemerataan beban menggunakan genetic algorithm," *J. Penelit. Transp. Multimoda*, vol. 13, pp. 1–10, 2015, doi: [10.25104/mtm.v13i1.191](https://doi.org/10.25104/mtm.v13i1.191).
- [18] Y. Meliani, Y. Hani, S. L. Elhaq, and A. El Mhamedi, "A developed Tabu Search algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problem," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 1051–1056, 2019, doi: [10.1016/j.ifacol.2019.11.334](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.334).
- [19] Y. Meliani, S. L. Elhaq, Y. Hani, and A. E. Mhamedi, "Tabu Search for urban freight VRP: Fundamental aspects and parameters tuning evaluation," in *2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)*, 2019, pp. 1–5, doi: [10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907263](https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907263).
- [20] G. Li and J. Li, "An Improved Tabu Search Algorithm for the Stochastic Vehicle Routing Problem With Soft Time Windows," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 158115–158124, 2020, doi: [10.1109/ACCESS.2020.3020093](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3020093).