

Available online at: <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/JOTI>

## Jurnal Optimasi Teknik Industri

| ISSN (Print) 2656-3789 | ISSN (Online) 2657-0181 |



# Penentuan Rute Distribusi Tabung Oksigen dengan Menggunakan Metode *Tabu Search*

Tiva Sakilah<sup>1</sup>, Muhammad Naufal Febrian<sup>2</sup>, Eri Wirdianto<sup>3\*</sup><sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

\*Corresponding author: e.wirdianto@gmail.com

### ARTICLE INFORMATION

Received : 5 Juli 2024  
 Revised : 30 Agustus 2024  
 Accepted : 22 September 2024  
 Available online : 30 September 2024

### KATA KUNCI

Clarke and Wright Savings  
 Capacitated Vehicle Routing Problem  
 Distribusi  
 Rute  
 Tabu Search

### ABSTRAK

Distribusi adalah kunci untuk memperlancar dan mempermudah penyampaian barang ke pelanggan. Klasifikasi, kuantitas kendaraan, dan rute atau jalur penyaluran harus diperhitungkan agar distribusi optimal. PT Gresik Cipta Sejahtera saat ini menghadapi masalah ketidaksesuaian antara jumlah produk yang dimuat dan daya tampung truk dalam penyaluran tabung oksigen, sehingga berdampak pada rute kendaraan yang tidak optimal. Masalah ini termasuk dalam *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* karena masing-masing jenis kendaraan mempunyai perbedaan dalam hal kapasitas angkut. CVRP adalah suatu permasalahan penetapan jalur kendaraan untuk melayani konsumen dengan permintaan tertentu, menyambungkan depot dengan konsumen, serta antar konsumen, dengan memperhitungkan daya angkut maksimal kendaraan. Solusi yang digunakan menyelesaikan CVRP salah satunya adalah memanfaatkan algoritma Clarke and Wright Savings. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghasilkan rute distribusi tabung oksigen yang optimal. Pendekatan yang digunakan yaitu *tabu search* untuk mendapatkan solusi yang lebih baik. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa total jarak tempuh dengan metode *tabu search* adalah sebesar 275,35 km, dibandingkan hasil yang diberikan oleh algoritma Clarke and Wright Savings sebesar 290,05 km.

## I. PENDAHULUAN

Penyaluran dan pengangkutan barang memiliki peranan penting dalam bidang ekonomi [1]. Perpindahan barang dari produsen ke pelanggan terjadi dengan adanya Penyaluran dan pengangkutan barang [2]. Hal utama yang perlu diperhitungkan oleh suatu industri dalam menyalurkan barang adalah menentukan jalur atau rute kendaraan yang digunakan untuk melayani pelanggan [3]. Perusahaan dalam menentukan rute kendaraan penting untuk mempertimbangkan total pengeluaran dalam perjalanan, jarak perjalanan, daya angkut kendaraan, dan pelanggan [4]. Berdasarkan pertimbangan di atas, perusahaan dapat menentukan rute distribusi yang optimal dengan durasi pendistribusian yang singkat, serta mengurangi risiko keterlambatan pengiriman barang [5].

Permasalahan perencanaan rute penyaluran barang dapat diselesaikan dengan memanfaatkan model *Vehicle Routing Problem* atau VRP [6]. Model ini mampu menyelesaikan permasalahan rute pendistribusian dengan biaya yang minimum [7]. VRP dengan adanya kendala berupa daya angkut kendaraan dimodelkan menggunakan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* atau CVRP [8]. Tantangan utama dalam CVRP adalah merancang rute kendaraan untuk distribusi sehingga semua pelanggan dilayani masing-masing satu kendaraan, permintaan terpenuhi, barang yang diangkut kendaraan tidak melebihi kapasitasnya, dan jarak rute dari titik awal atau depot ke konsumen serta ke depot kembali seminimal mungkin. Selanjutnya, CVRP bertujuan untuk mengurangi jumlah kendaraan yang dimanfaatkan dalam mekanisme distribusi produk dari depot ke setiap pelanggan [9].

Distribusi masing-masing kendaraan dilaksanakan satu kali, yakni dari depot ke semua konsumen, lalu ke depot kembali. Hal tersebut memungkinkan penyaluran produk yang lebih efisien dan efektif, sehingga mendorong perusahaan untuk mencukupi permintaan pelanggan lebih andal, yang pada akhirnya akan memperkuat nilai daya saing badan usaha tersebut [10].

Cara yang dapat digunakan untuk menyelesaikan CVRP salah satunya adalah dengan menggunakan algoritma Clarke and Wright Savings [11]. Algoritma ini berfungsi untuk menetapkan rute penyaluran kendaraan terpendek dengan memperhitungkan daya angkut maksimum kendaraan [12]. Algoritma ini menggabungkan beberapa titik pengiriman untuk meminimalkan biaya distribusi [13]. Algoritma Clarke and Wright Savings menggunakan penghitungan untuk memperhitungkan berapa penghematan yang dapat dicapai, baik dari segi jarak tempuh, waktu, atau biaya [14]. Algoritma ini menghubungkan *node-node* untuk menyediakan rute terbaik menurut nilai penghematan terbesar [15]. Penghitungan ini bukan hanya mempertimbangkan jarak sebagai parameter, namun juga waktu, sehingga efisiensi maksimal dapat dicapai dan didefinisikan menjadi satu rute terbaik [16].

Suatu perusahaan distributor bahan kimia seperti Oksigen (O<sub>2</sub>), menghadapi masalah dalam menentukan rute kendaraan yang optimal untuk distribusi, guna mencapai tujuan jumlah, jenis, kualitas, harga, tempat, dan waktu yang tepat. Perusahaan menggunakan dua jenis truk untuk pengiriman tabung gas oksigen. Truk pertama (Truk 6 Roda) memiliki kapasitas maksimum 95 tabung, sedangkan truk kedua (Truk Pickup) memiliki kapasitas maksimum 25 tabung. Saat ini, penetapan rute pengiriman tabung gas O<sub>2</sub> kurang efisien dan efektif disebabkan ketidaksesuaian antara jumlah barang yang diangkut dan daya angkut truk, sehingga rute distribusi tidak efisien. Akibatnya, biaya transportasi meningkat dan tujuan yang ingin diraih sulit tercapai. Oleh sebab itu, strategi yang ideal untuk memperhitungkan rute kendaraan sangat diperlukan agar biaya transportasi dapat diminimalkan [17].

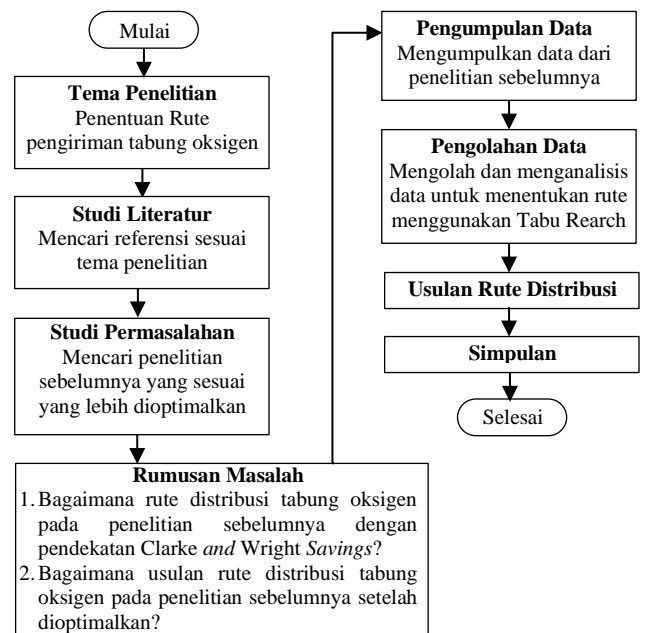
Permasalahan perusahaan di atas dapat diselesaikan dengan memodelkan rute distribusi dengan mempertimbangkan kuantitas produk yang diangkut dengan daya angkut kendaraan yang digunakan dalam aktivitas penyaluran tabung gas O<sub>2</sub>. Permasalahan ini dapat dirancang dengan model *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* [17]. Penelitian sebelumnya, permasalahan terkait rute distribusi dengan model CVRP ini diselesaikan

dengan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor*, yang menunjukkan hasil bahwa penentuan rute distribusi dengan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor* dapat mengurangi total biaya distribusi barang, sehingga dapat meminimalkan rute perjalanan [18]. Dengan demikian, integrasi metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor* dapat menghemat pengeluaran selama penyaluran suatu produk dengan meminimalkan rute perjalanan [19].

Penelitian terkait penyelesaian permasalahan dengan CVRP ini selain dengan algoritma Clarke and Wright Savings juga dilakukan dengan pendekatan *tabu search*. Penelitian tersebut dilakukan dengan dua proses, yaitu proses *clustering* dan penentuan jalur terbaik. Metode ini merupakan metode *metaheuristic* yang digunakan untuk menemukan solusi optimal. Metode *tabu search* memiliki kelebihan berupa keunggulan untuk keluar dari solusi optimal lokal dan memberikan solusi yang menjanjikan dalam waktu komputasi yang masuk akal [20]. Rute yang diperoleh kemudian akan dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang diselesaikan dengan pendekatan Clarke and Wright Savings.

## II. METODE

Objek penelitian dan studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari penelitian sebelumnya yang dilaksanakan di PT Gresik Cipta Sejahtera [17]. Penjadwalan rute pada penelitian ini dilakukan untuk kurun waktu 1 minggu. Hal ini didasari oleh kebijakan perusahaan yang menjadwalkan pengiriman produk ke pelanggan sekali dalam satu minggu. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** sebagai berikut.



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

## 1. Model Matematis

### a. Parameter

Set pelanggan:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ , di mana  $p_i$  adalah pelanggan ke- $i$ .

Set depot:  $D = \{d\}$ , yang merupakan depot tunggal.

Set kendaraan:  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ , dengan  $m_i$  adalah kapasitas kendaraan ke- $i$ . Jumlah kendaraan dalam permasalahan ini adalah dua kendaraan.

Matriks jarak:  $d_{ij}$ , yang mewakili jarak antara pelanggan  $i$  dan  $j$ , serta depot.

Kapasitas Kendaraan =  $Q$

### b. Variabel Keputusan

$X_{ijk}$  bernilai 0, jika tidak terdapat perjalanan dari  $i$  ke  $j$  dengan kendaraan dan bernilai 1 jika terdapat perjalanan dari  $i$  ke  $j$  dengan kendaraan.

### c. Fungsi Tujuan

$$\text{Minimum } Z = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad \dots(1)$$

### d. Fungsi Kendala

1) Berapa kali kendaraan memasuki suatu simpul sama dengan berapa kali kendaraan meninggalkan simpul tersebut.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = \sum_{i=1}^n x_{jik} \quad \forall_j \in \{1, \dots, n\}, k \in \{1, \dots, p\} \dots(2)$$

2) Setiap node dimasuki hanya sekali, dan ditinggalkan oleh kendaraan yang sama.

$$\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n x_{ijk} = 1 \quad \forall_j \in \{2, \dots, n\} \quad \dots(3)$$

3) Setiap kendaraan akan tiba lagi di depot.

$$\sum_{j=2}^n x_{1jk} = 1 \quad \forall_k \in \{1, \dots, p\} \quad \dots(4)$$

4) Kapasitas kendaraan tidak boleh melebihi batas.

$$\sum_{j=2}^n \sum_{k=2}^n q_j x_{ijk} \leq Q \quad \forall_k \in \{1, \dots, p\} \quad \dots(5)$$

5) Kendaraan hanya dapat mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi sebelumnya.

$$\sum_k (\sum_j (X_{ijk})) - \sum_k (\sum_j (X_{kij})) = 0, \text{ untuk } i \in P \quad \dots(6)$$

## 2. Tabu Search

Penerapan metode *tabu search* dilaksanakan dengan menentukan solusi awal secara acak dari permasalahan rute distribusi tabung oksigen dengan batasan kapasitas kendaraan yaitu truk pertama (Truk 6 Roda) memiliki kapasitas maksimum 95 tabung dan truk kedua (Truk Pickup) memiliki kapasitas maksimum 25 tabung.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan solusi alternatif. Solusi ini dilakukan menggunakan operator permutasi, yaitu menukar tempat dua titik terdekat pada solusi. Selanjutnya yaitu memilih solusi terbaik diantara solusi alternatif yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk menghindari adanya perulangan

dalam proses pencarian solusi terbaik maka digunakan *tabu list*.

Hasil solusi terbaik yang baru kemudian ditambahkan pada *tabu list*. Ukuran *tabu list* yang digunakan yaitu sebanyak 10 daftar. Selanjutnya, jumlah iterasi yang dilakukan ditentukan dan menetapkan ukuran *tabu tenure*, yaitu sebanyak 1000.

Tahapan *tabu search* yang dilakukan dijelaskan dengan *pseudocode* sebagai berikut [21].

### a. Algoritma Local Search Pseudocode

#### Input

*Stop\_criteria* /\* Can be a minimal error, max number of iterations, etc. \*/

```

1  begin
2     $s = s_0$  /* Generate an initial random solution */
3     $best = \text{evaluate}(s)$  /* Evaluate the generated solution */
4    while non stop_criteria is achieved do
5       $s_{new} = s$  /* Make a copy of  $s$  in  $s_{new}$  */
6       $x = \text{random}(s_{new})$  /* Pick a random element from solution  $s_{new}$  */
7      /* Find the nearest neighbor of element  $x$  in solution  $s_{new}$  */
8       $x_{nearest} = \text{find\_nearest\_neighbor}(s_{new}, x)$ 
9       $\text{permute}(s_{new}, x, x_{nearest})$  /* Permute elements  $x$  and  $x_{nearest}$  in  $s_{new}$  */
10      $current = \text{evaluate}(s_{new})$  /* Evaluate new solution */
11     /* Check if new solution improves the best solution achieved */
12     if current "is better than" best then
13        $s = s_{new}$  /* Save  $s_{new}$  in  $s$  */

```

**Output:** Solution  $s$

### b. Algoritma Iterated Local Search Pseudocode

#### Input:

*stop\_criteria* /\* Number of iterations\*/

```

1  begin
2     $s_{best} = s_0$  /* Generate an initial random solution */
3     $best = \text{evaluate}(s)$  /* Evaluate the generated solution */
4    while non stop_criteria is achieved do
5       $s_{new} = s_{best}$  /* Make a copy of  $s_{best}$  in  $s_{new}$  */

```

```

6      perturb( $s_{new}$ ) /* Perturb the obtained
      local optimum */
7      /* Perform a Local Search using  $s_{new}$  as
      the starting solution */
8       $s_{new} = \text{localSearch}(s_{new})$ 
9      /* Evaluate  $s_{new}$  */
10      $fitness_{current} = \text{evaluateSolution}(s_{new})$ 
11     if  $fitness_{current} > fitness_{best}$  then
12          $s_{best} = s_{new}$ 

```

**Output:**  $s_{best}$  /\* Best solution \*/

c. *Algoritma Tabu Search Pseudocode*

**Input:**

*stop\_criteria* /\* Number of iterations, etc. \*/  
*max\_size* /\* Max tabu list size \*/

```

1  begin
2  /* Create the tabu list with the specified size
  */
4   $s_{best} = s_0$  /* Generate an initial random
  solution */
5   $tabu\_list.push(s_0)$  /* Add the initial solution
  at top of list */
6   $best = \text{evaluate}(s)$  /* Evaluate the generated
  solution */
7  while non stop_criteria is achieved do

```

```

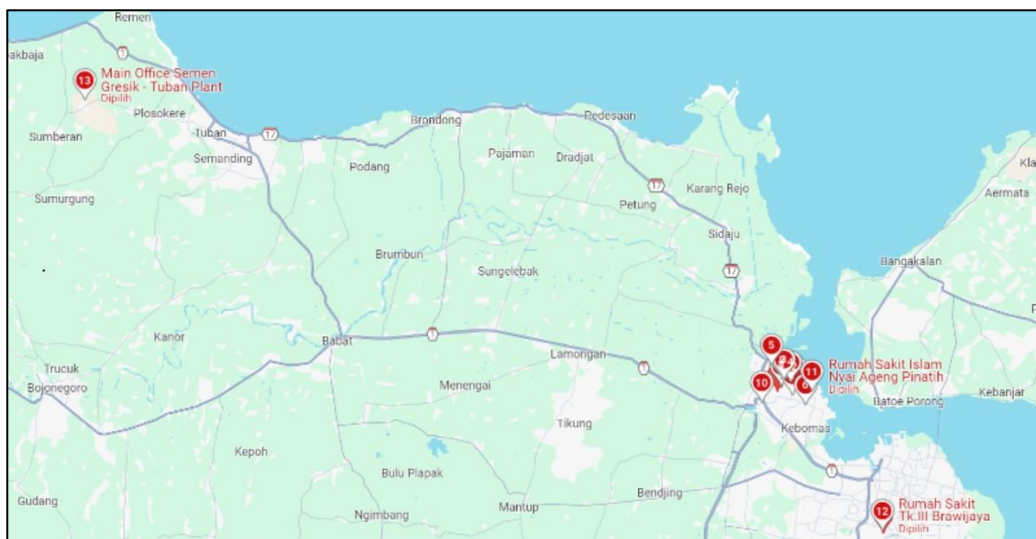
8       $s_{new} = s_{best}$  /* Make a copy of  $s_{best}$  in  $s_{new}$ 
      */
9      /* Perform a Local Search using  $s_{new}$  as
      the starting solution */
10      $s_{new} = \text{localSearch}(s_{new})$ 
11     /* Check that  $s_{new}$  is not in tabu_list */
12     if  $s_{new}$  is not in tabu_list then
13          $tabu\_list.push(s_{new})$  /* Add the new
         solution at top of tabu list */
14         /* Evaluate  $s_{new}$  */
15          $s_{best} = \text{evaluate}(s_{best}, s_{new})$ 

```

**Output:**  $s_{best}$  /\* Best solution \*/

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penyelesaian permasalahan distribusi tabung oksigen dari depot ke 12 pelanggan diselesaikan dengan metode *tabu search*. Metode ini diselesaikan dengan menentukan *initial solution* secara acak. Selanjutnya, dilakukan pencarian solusi alternatif berdasarkan *initial solution* dengan menggunakan operator permutasi. Penentuan *initial solution* dan solusi alternatif dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Penentuan jarak distribusi tabung oksigen dihitung menggunakan Google Maps. Sebaran lokasi, jarak dan permintaan dari setiap *node* dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Tabel 1**, dan **Tabel 2** berikut.



**Gambar 2.** Sebaran Lokasi Depot dan Pelanggan

**Tabel 1.** Data Jarak Antar *Node* (km)

Dari/Ke Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Depot</b>	0	2,2	3,5	3,7	5,9	4,9	3,1	3,8	3,5	5,6	3,7	30,8	129
<b>1</b>	2,2	0	1,5	1	3,9	4,5	2,8	1,7	2,7	6,2	4	27,4	107
<b>2</b>	3,5	1,5	0	1	2,9	6	0,7	0,2	0,75	4,5	4,6	32,9	106
<b>3</b>	3,7	1	1	0	3,3	5,6	2,2	1,1	2,1	5,7	3,8	33,5	103
<b>4</b>	5,9	3,9	2,9	3,3	0	8,8	4	3,1	3,9	6,5	6,1	34,4	104
<b>5</b>	4,9	4,5	6	5,6	8,8	0	5,8	6,6	5,7	7,4	2,8	23,7	105

6	3,1	2,8	0,7	2,2	4	5,8	0	0,75	0,5	4,3	5,2	32,2	102
7	3,8	1,7	0,2	1,1	3,1	6,6	0,75	0	0,85	4,9	4,8	34,5	103
8	3,5	2,7	0,75	2,1	3,9	5,7	0,5	0,85	0	4,1	4,4	32,1	102
9	5,6	6,2	4,5	5,7	6,5	7,4	4,3	4,9	4,1	0	6,8	28	99,4
10	3,7	4	4,6	3,8	6,1	2,8	5,2	4,8	4,4	6,8	0	25,8	105
11	30,8	27,4	32,9	33,5	34,4	23,7	32,2	34,5	32,1	28	25,8	0	128
12	129	107	106	103	104	105	102	103	102	99,4	105	128	0

**Tabel 2.** Data Permintaan Pelanggan

Node	Kode	Demand
0	GCS	-
1	AJG	16
2	PSA	3
3	ENG	3
4	LKT	2
5	SGG	6
6	RLN	6
7	MGA	10
8	KMT	6
9	IBS	7
10	PNH	3
11	SWG	11
12	SGT	38
<b>Total Permintaan</b>		<b>111</b>

Penyelesaian permasalahan distribusi tabung oksigen dengan metode *tabu search* dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Penggunaan Python akan menghasilkan rute distribusi tabung oksigen yang optimum dengan model matematis CVRP. Jumlah iterasi yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan rute pendistribusian tabung oksigen dengan menggunakan metode *tabu search* pada Python sebanyak 1000 dan jumlah *tabu list* sebanyak 10 buah. Hasil rute pendistribusian tabung oksigen dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut

**Tabel 3.** Hasil Penentuan Rute Distribusi Tabung Oksigen

Rute	Node	Demand (Tabung)	Total Demand (Tabung)	Rute	Jarak Tempuh (km)
Rute 1	3	3	95	0-3	270,95
	4	2			
	2	3			
	7	10			
	6	6			
	8	6			
	12	38			
	9	7			
	11	11			
	5	6			
10	3				
Rute 2	1	16	16	0-1	4,4
				-0	
<b>Total Jarak Tempuh</b>					<b>275,35</b>

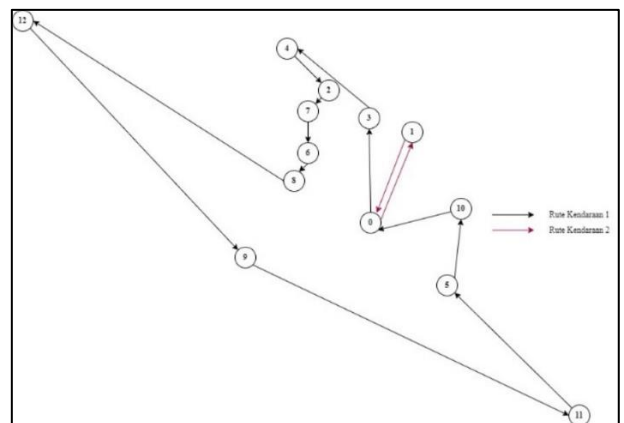
Total jarak tempuh yang diperoleh dengan menggunakan metode *tabu search* yaitu 275,35 km.

Dengan menggunakan metode *tabu search*, perusahaan dapat menghemat hingga 14,7 km dari total jarak tempuh yang diperoleh dari algoritma Clarke and Wright Savings pada penelitian sebelumnya. Hasil perbandingan rute distribusi tabung oksigen dengan menggunakan algoritma Clarke and Wright Savings dan *tabu search* dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut.

**Tabel 4.** Perbandingan Rute Distribusi Tabung Oksigen dengan Algoritma Clarke and Wright Savings dan *Tabu Search*

Rute	Algoritma Clarke and Wright Savings		Tabu Search	
	Rute Pendistribusian	Jarak Tempuh (km)	Rute Pendistribusian	Jarak Tempuh (km)
Rute 1	0-9-12-5-11-2-7-8-3-4-6-0	280,15	0-3-4-2-7-6-8-12-9-11-5-10-0	270,95
Rute 2	0-1-10-0	9,9	0-1-0	4,4
<b>Total Jarak tempuh</b>		<b>290,05</b>		<b>275,35</b>

Berdasarkan hasil rute distribusi tabung oksigen dengan pengaplikasian metode *tabu search*, diperoleh rute dengan jarak tempuh yang lebih singkat dibandingkan dengan algoritma Clarke and Wright Savings. Hasil yang diperoleh dapat diterapkan dalam menentukan rute pendistribusian barang dengan jumlah kendaraan yang lebih dari satu serta kapasitas kendaraan yang terbatas. Hasil rute distribusi tabung gas dengan menggunakan metode *tabu search* dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut.



**Gambar 3.** Rute Pendistribusian Tabung Oksigen

#### IV. SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan *software* Python membantu dalam mencari rute pengiriman produk tabung oksigen yang optimal untuk permasalahan CVRP dengan lebih efektif dan efisien. Penyelesaian rute distribusi tabung oksigen dengan menggunakan metode *tabu search* menyediakan total jarak tempuh hingga 275,35 km. Total jarak tempuh yang diperoleh jauh lebih pendek dibandingkan dengan memanfaatkan algoritma Clarke and Wright Savings. Penghematan jarak tempuh dari rute yang dihasilkan menggunakan metode *tabu search* sebesar 14,70 km atau 5,07% dari rute sebelumnya.

Penyelesaian permasalahan rute dengan *tabu search* kali ini hanya dilakukan dengan satu operator, yaitu permutasi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode *tabu search* dengan jumlah operator yang lebih dari satu, sehingga diharapkan dapat menghasilkan solusi yang lebih baik.

#### REFERENSI

- [1] K. Zahra, Riris Hotma Roito Manalu, Rana Nabillah, and Putri Kemala Dewi, "Analisis Dampak Pembangunan Infrastruktur Jalan terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kecamatan Medan Tembung," *El-Mal J. Kaji. Ekon. Bisnis Islam*, vol. 5, no. 3, pp. 1857–1866, 2024, doi: 10.47467/elmal.v5i3.1070.
- [2] J. Ilyas, "Analisis Proses Distribusi Pada Toko Jaya Perkasa Kota Parepare," *J. Ilm. Manaj. Kewirausahaan*, vol. 9, no. 2, pp. 132–139, 2022, [Online]. Available: <http://journal.stieamsir.ac.id/index.php/man/articel/view/193>
- [3] D. S. Oetomo, R. F. Ramdhani, and A. P. Abdi, "Penentuan Rute Pengiriman Produk dengan Meminimumkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode Saving Matrik dan Nearest Neighbour di PT. Aisyah Berkah Utama," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 22, no. 1, p. 130, 2022, doi: 10.36275/stsp.v22i1.477.
- [4] E. Fatma and S. Manurung, "Optimasi Biaya Transportasi Komponen dengan Batasan Jendela Waktu Layanan Sempit dan Kapasitas Kendaraan Beragam," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 7, no. 1, p. 30, 2020, [Online]. Available: <https://jrjsi.sie.telkomuniversity.ac.id/JRSI/articel/view/381>
- [5] C. B. K. Wulandari, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch and Bound Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT. X," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.30998/joti.v2i1.3848.
- [6] M. C. Sugiono, "Model Vehicle Routing Problem untuk Penentuan Rute Distribusi Unit Sepeda Motor dengan Metode Saving Matrix," *J. Ind. Serv.*, vol. 7, no. 2, p. 230, 2022, doi: 10.36055/jiss.v7i2.14018.
- [7] F. Prabowo, A. Imran, and H. Prasetyo, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Savings Matrix, Nearest Neighbor, dan 2-Opt pada CV X," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, p. 47, 2023, doi: 10.30998/joti.v5i2.15620.
- [8] S. Ismail, I. Djakaria, and D. Wungguli, "Optimasi Pendistribusian Produk Menggunakan Metode Integer Linear Programming (Studi Kasus : PT Awet Sarana Sukses Gorontalo)," *J. Ris. dan Apl. Mat.*, vol. 5, no. 1, p. 68, 2021, doi: 10.26740/jram.v5n1.p68-79.
- [9] N. K. Dewi and R. F. Mashuda, "Analisis Distibusi Paving Blok Dengan Metode Capacitated Vehicle Routing Problem dan Metode Tabu Search Pada PT. X," *J. Manaj. Logistik dan Transp.*, vol. 8, no. 3, pp. 138–161, 2022.
- [10] S. Kristina, R. Doddy Sianturi, and R. Husnadi, "Penerapan Model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Google OR-Tools untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF)," *J. Telemat.*, vol. 15, no. 2, pp. 101–106, 2020.
- [11] 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.
- [12] T. H. Hartien, J. Susetyo, and E. W. Asih, "Optimalisasi Distribusi Tabung Gas Dengan Metode Clarke & Wright Saving Heuristik dan Generalized Assigment," *J. Rekayasa Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–98, 2021, doi: 10.37631/jri.v3i2.483.
- [13] L. E. Marpaung, J. Arifin, and W. Winarno, "Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings," *J. Media Tek. dan Sist. Ind.*, vol. 6, no. 2, p. 76, 2022, doi: 10.35194/jmtsi.v6i2.1784.
- [14] A. Purnomo, "Pengaruh Segementasi Pasar terhadap Optimasi Distribusi Produk (Studi Kasus pada Pengrajin Sepatu Cibaduyut Bandung)," *COMPETITIVE*, vol. 12, no. 2, pp. 68–80, 2017.
- [15] I. Gumelar and I. G. Nurmala, "Optimalisasi

- Rute Pengiriman Finish Goods PT. SIWS dengan Menggunakan Metode Clarke And Wright,” *J. Rekayasa Teknol. dan Sains Terap.* /, vol. 2, no. 2, pp. 6–11, 2019.
- [16] R. Z. S. H, “Usulan Rute Distribusi Produk Dengan Menggunakan Metode Algoritma Clarke and Wright Savings Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Pada Ikm Nugraha Di Kecamatan Cihaurbeuti,” *J. Media Teknol.*, vol. 06, no. 01, pp. 115–132, 2019.
- [17] R. Sekarningtyas, Hikmah; Faza, Iqbal; Kafidzin, “Penentuan Jumlah dan Rute Kendaraan untuk Distribusi Tabung Oksigen (O2) Wilayah Jawa Timur dengan Algoritma Clarke and Wright Savings pada PT GCS,” *Juremi J. Ris. Ekon.*, vol. 2, no. 1, pp. 189–192, 2023.
- [18] V. Arfana Perdana, Z. Fatimah Hunusalela, and A. Teja Prasasty, “Penerapan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Dalam Menentukan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pada PT. XYZ,” *JATI UNIK J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–105, 2021, doi: 10.30737/jatiunik.v4i2.1000.
- [19] W. N. Oktaviana and W. Setiafindari, “Penentuan Rute Distribusi Kerupuk Menggunakan Metode Saving Matrix dan Nearest Neighbor,” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 5, no. 2, pp. 81–86, 2019, doi: 10.30656/intech.v5i2.1481.
- [20] P. I. A. Purwadana, I. M. Candiasa, and I. N. Sukajaya, “Pengembangan Aplikasi Penentuan Rute Pengiriman Barang Berdasarkan Berat dan Time Windows Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Tabu Search,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 299, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i02.p14.
- [21] G.-R. Miguel-Angel, C.-A. Ivan, C.-S. Fernando, G. Igor, and L.-H. Juan-Manuel, *Recent Trends in Computational Intelligence Enabled Research Theoretical Foundations and Applications Chapter 8-Automatic Enhancement of Coronary Arteries Using Convolutional Gray-Level Templates and Path-Based Metaheuristics*. Cambridge: Academic Press, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/C2019-0-05399-X>