

PENERAPAN ALGORITMA ACS-RVND UNTUK OPTIMALISASI DISTRIBUSI LPG PADA PERMASALAHAN OVRPTW: STUDI KASUS PT. SEULAWAH INONG

Ananda Maimahmuda

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
ananda.maimahmuda.2303126@students.um.ac.id*

Sapti Wahyuningsih

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
sapti.wahyuningsih.fmipa@um.ac.id

Abstrak (Gunakan Style Penulis & Abstrak)

Distribusi barang merupakan aspek krusial dalam meningkatkan efisiensi operasional logistik, terutama di Indonesia sebagai negara kepulauan yang menghadapi berbagai tantangan dalam system distribusinya. Pelaksanaan distribusi merupakan faktor penting bagi perusahaan untuk memastikan produk terkirim secara tepat kepada pelanggan. Dalam bidang optimasi berbasis teori graf, *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan salah satu topik yang paling banyak dikaji karena memiliki berbagai varian serta aplikasi luas dalam sistem distribusi dan logistik modern. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute terpendek dan total tempuh paling efisien pada pendistribusian gas LPG di PT. Seulawah Inong. Dalam penyelesaiannya digunakan algoritma *Ant Colony System with Randomized Variable Neighborhood Descent* (ACS-RVND). Penyelesaian dilakukan dengan menggunakan data kecil yang dihitung secara manual berdasarkan rumus-rumus algoritma ACS-RVND dan data besar yang diselesaikan dengan alat bantu program algoritma ACS-RVND pada OVRPTW. Hasil akhir perhitungan menggunakan aplikasi ACS-RVND pada permasalahan OVRPTW menunjukkan bahwa dengan penggunaan parameter 10 semut, solusi terbaik diperoleh pada semut ke-4. Oleh karena itu, rute yang dihasilkan oleh semut tersebut dinyatakan sebagai rute yang paling efisien dalam menyelesaikan distribusi dengan karakteristik rute terbuka.

Kata Kunci: ACS-RVND, OVRPTW, distribusi

Abstract (Gunakan Style Penulis & Abstrak)

Distribution of goods is a crucial aspect in improving the efficiency of logistics operations, especially in Indonesia as an archipelagic country that faces various challenges in its distribution system. Distribution implementation is an important factor for companies to ensure that products are delivered correctly to customers. In the field of graph theory-based optimization, the Vehicle Routing Problem (VRP) is one of the most studied topics because it has various variants and wide applications in modern distribution and logistics systems. This study aims to determine the shortest route and the most efficient total travel time in LPG gas distribution at PT. Seulawah Inong. In its solution, the Ant Colony System with Randomized Variable Neighborhood Descent (ACS-RVND) algorithm is used. The solution is carried out using small data calculated manually based on the ACS-RVND algorithm formulas and large data solved with the ACS-RVND algorithm program tool in OVRPTW. The final results of calculations using the ACS-RVND application on the OVRPTW problem show that by using 10 ant parameters, the best solution is obtained at the 4th ant. Therefore, the route generated by the ant is declared the most efficient route in solving the distribution with open route characteristics.

Keywords: ACS-RVND, OVRPTW, distribution

PENDAHULUAN

Teori graf adalah salah satu konsep dasar dari mata kuliah Matematika Diskrit. Secara umum, graf dapat didefinisikan sebagai pola penghubungan antara himpunan elemen-elemen tidak kosong yang disebut titik dengan himpunan pasangan tidak terurut titik-titik yang disebut sisi, yang berfungsi untuk merepresentasikan objek-objek diskrit beserta hubungannya (Septima dkk., 2024). Teori graf pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan

Swiss Leonhard Euler pada tahun 1736 melalui makalah akademisnya yang berjudul "The Seven Bridges of Königsberg" (Harisman dkk., 2023). Dalam kehidupan sehari-hari, teori graf diterapkan untuk memecahkan berbagai persoalan, khususnya masalah logika seperti pencarian lintasan terpendek yang dapat digunakan dalam konteks penentuan jalur distribusi terbaik agar proses pengiriman menjadi lebih cepat dan efisien (Septima dkk., 2024).

Distribusi barang merupakan aspek krusial dalam meningkatkan efisiensi operasional logistik, terutama

di Indonesia sebagai negara kepulauan yang menghadapi berbagai tantangan dalam system distribusinya (Novita & Aryanny, 2025). Pelaksanaan distribusi merupakan faktor penting bagi perusahaan untuk memastikan produk terkirim secara tepat kepada pelanggan. Dalam mendukung hal tersebut, perusahaan dituntut untuk merancang proses yang strategi dari segi waktu, jarak, dan tenaga (Kinanti & Aprilia, 2025).

Dalam bidang optimasi berbasis teori graf, *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan salah satu topik yang paling banyak dikaji karena memiliki berbagai varian serta aplikasi luas dalam sistem distribusi dan logistik modern. Konsep VRP dapat dianggap sebagai pengembangan dari *Travelling Salesman Problem* (TSP), yaitu varian *Multiple TSP* yang melibatkan penentuan rute sejumlah kendaraan untuk mengunjungi kelompok pelanggan tertentu secara efisien (Šedivý & Čejka, 2025). Secara umum, VRP menggambarkan masalah optimasi rute bagi armada kendaraan dalam kegiatan distribusi barang kepada pelanggan, dengan tujuan meminimalkan total jarak perjalanan, jumlah kendaraan yang digunakan, serta waktu pengiriman secara keseluruhan (Azizah dkk., 2025).

Permasalahan VRP memiliki banyak varian diantaranya yaitu *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan operasional, masalah VRP berkembang menjadi varian dengan beberapa kendala sekaligus. Salah satunya yaitu *Open Vehicle Routing Problem with Time Windows* (OVRPTW) di mana kendaraan tidak harus kembali ke depot setelah menyelesaikan rute.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW diantaranya adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) (Soenandi dkk., 2019), algoritma *sweep* (Taptajani, 2021), algoritma lebah (*Bee Algorithm*/BA) (Natalia dkk., 2021), *Integer Linear Programming* (ILP) (Ismail dkk., 2021), dan *General Variable Neighborhood Search* (GVNS) (Fadila dkk., 2022). Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kompleksitas permasalahan distribusi, berbagai penelitian terkini mengusulkan pendekatan hibrida (*hybrid approach*) yang mengkombinasikan beberapa algoritma untuk memperoleh hasil yang lebih efisien dan optimal.

PT. Seulawah Inong merupakan perusahaan yang bergerak di bidang distribusi gas untuk berbagai pelanggan di wilayah Malang dan sekitarnya. Dalam kegiatan operasionalnya, perusahaan menghadapi tantangan dalam menentukan rute distribusi yang efisien, terutama karena adanya keterbatasan kapasitas kendaraan serta batas waktu pengiriman yang harus dipatuhi oleh setiap pelanggan. Dalam konteks PT. Seulawah Inong, setiap kendaraan harus mengirimkan gas ke beberapa titik pelanggan dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda dan dalam rentang waktu pelayanan tertentu. Jika pengiriman tidak terencana dengan baik, hal ini dapat mengakibatkan keterlambatan, peningkatan biaya operasional, dan ketidakefisienan penggunaan kendaraan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu pendekatan yang digunakan adalah *Ant Colony System with Randomized Variable Neighborhood Descent* (ACS-RVND) (Dianita, 2023; Lovina, 2023; Jannah, 2023). Metode ini memanfaatkan perilaku koloni semut dalam membentuk rute terbaik dan kemudian menyempurnakannya melalui proses perbaikan lokal, sehingga diharapkan mampu menghasilkan solusi distribusi yang lebih efisien bagi PT. Seulawah Inong.

KAJIAN TEORI

Open Vehicle Routing Problem with Time Windows (OVRPTW)

Open Vehicle Routing Problem with Time Windows (OVRPTW) merupakan perkembangan dari permasalahan *Open Vehicle Routing Problem* dengan menambahkan kendala batasan waktu pada layanan pelanggan (Ou dkk., 2021). Dalam OVRPTW, selain harus memenuhi kendala batasan waktu pelayanan seperti rentang waktu paling awal dan paling lambat layanan dapat dimulai, juga harus memenuhi batasan kapasitas kendaraan dan persyaratan bahwa rute tidak perlu kembali ke depot (Yu dkk., 2022). Formulasi matematis permasalahan OVRPTW dapat dituliskan sebagai berikut (Yu dkk., 2022).

Fungsi tujuan:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ijk}$$

Kendala-kendala:

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

$$\sum_{k=1}^K y_{ok} = K \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V(i)} x_{ijk} = y_{ik}, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ojk} = 1, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ojk} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{ik} \leq Q_k \quad (6)$$

$$\sum_{i \in V} d_i \leq \sum_{k=1}^K Q_k, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

$$e_i \leq b_i^k + w_i + f_i \leq l_i, \quad \forall i \in V, k \in K \quad (8)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \forall i \in V, k = 1, 2, \dots, K \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \forall (i, j) \in V, k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

Keterangan:

- V : Himpunan titik depot dan titik pelanggan
- V' : Himpunan titik pelanggan
- K : Banyaknya kendaraan
- c_{ij} : Jarak dari titik i ke titik j
- x_{ijk} : Status kendaraan dari titik i ke titik j
- y_{ik} : Status pelayanan titik i oleh kendaraan k
- d_i : Banyaknya permintaan pelanggan i
- Q_k : Kapasitas kendaraan k
- e_i : Waktu awal pelayanan pelanggan i
- l_i : Waktu akhir pelayanan pelanggan i
- b_i^k : Waktu tiba kendaraan k di pelanggan i
- w_i : Waktu tunggu sebelum melayani pelanggan i
- f_i : Waktu pelayanan pelanggan i

Algoritma ACS-RVND

Algoritma ACS-RVND merupakan gabungan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dan *Randomized Variable Neighborhood Search* (RVND) yang dirancang untuk menghasilkan solusi lebih baik dari solusi yang telah dibentuk sebelumnya. Secara umum, algoritma ACS-RVND terdiri dari tiga tahap utama, yaitu tahap pembentukan solusi awal dengan menggunakan algoritma ACS, tahap perbaikan solusi melalui prosedur RVND, serta tahap penerimaan solusi akhir berdasarkan kriteria tertentu.

Algoritma ACS memiliki kemampuan dalam mengeksplorasi beragam alternatif rute secara efektif melalui mekanisme pencarian yang meniru perilaku semut dalam menandai lintasan terbaik menggunakan feromon sehingga algoritma dimanfaatkan untuk membentuk solusi awal. Selanjutnya, RVND digunakan untuk meningkatkan kualitas solusi dengan memilih urutan neighborhood secara acak. Dalam penelitian da Silva, dkk. (2020), model serupa disebut *Multiple Ant Colony System with Randomized Variable Neighborhood Descent* (MACS-

RVND) yang diterapkan pada VRPTW standar dengan satu tipe armada, dimana tahap ACS digunakan untuk konstruksi awal kemudian RVND digunakan untuk meningkatkan kualitas solusi pada tingkat local sehingga menghasilkan total jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang lebih efisien serta kompetitif dibandingkan dengan metode lainnya. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan algoritma ACS-RVND dalam menyelesaikan permasalahan OVRPTW (Dianita, 2023; Jannah, 2023).

- 1) Tahap Inisialisasi dan Pembentukan Solusi Awal
 - a. Langkah 1: Inisialisasi Awal
 - (1) Inisialisasi Parameter
Parameter tersebut mencakup jumlah semut (m), nilai batas perbandingan (q_0), pengendali intensitas visibilitas (β) dengan ketentuan $\beta \geq 0$, tingkat penguapan local pheromone (ρ) dengan $0 \leq \rho \leq 1$, serta tingkat penguapan global pheromone (α) dengan $0 \leq \alpha \leq 1$.
 - (2) Inisialisasi *pheromone* awal
Setelah parameter ditentukan, nilai pheromone awal dihitung menggunakan algoritma *Nearest Neighborhood*.
 - (3) Menentukan intensitas *pheromone* awal
Dari rute hasil *Nearest Neighborhood*, nilai pheromone awal dihitung menggunakan persamaan

$$\tau_0 = \frac{1}{n \times L} \quad (11)$$
 Dengan
 n : jumlah pelanggan
 L_0 : jarak total rute hasil *Nearest Neighborhood*
 - b. Langkah 2: Pembentukan Tabulist
Pembentukan tabulist adalah proses pencatatan titik-titik customer yang telah dikunjungi oleh semut. Pencatatan ini bertujuan agar customer tersebut tidak dikunjungi ulang sampai sebuah rute selesai terbentuk. Setelah itu, rute akan dibentuk oleh beberapa semut lain dengan tetap memperhatikan seluruh kendala yang ada.
 - c. Langkah 3: *Updating Local Pheromone*
- 2) Tahap Perbaikan Solusi melalui RVND
Setelah solusi awal diperoleh melalui Algoritma ACS, dilakukan tahap perbaikan

menggunakan Algoritma RVND. Pada tahap ini, perbaikan dilakukan pada dua jenis perpindahan, yaitu:

- Perpindahan inter-route

$$NL = (\text{swap}(1,1), \text{swap}(2,1), \text{swap}(2,2), \text{shift}(1,0), \text{shift}(2,0), \text{cross})$$

- Perpindahan intra-route

$$NL' = \{\text{reinsertion}, \text{exchange}, 2 - \text{opt}, \text{Or} - \text{opt}\}$$

3) Tahap Penerimaan Solusi

Tahap ini merupakan tahap terakhir untuk menentukan solusi akhir pada masalah OVRPTW. Pada tahap ini, dipilih solusi baru yang kualitasnya lebih baik dibandingkan solusi pada iterasi sebelumnya, setelah dilakukan perulangan sesuai dengan jumlah semut yang telah ditetapkan. Apabila hasil perulangan tersebut menghasilkan lebih dari satu solusi yang layak, maka dipilih solusi dengan kualitas paling optimal.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model algoritma ACS-RVND untuk menyelesaikan permasalahan OVRPTW dalam konteks pendistribusian gas di PT. Seulawah Inong. Pengambilan data dilakukan melalui survei langsung di lapangan. Data yang digunakan mencakup data lokasi pelanggan, data produk, data kendaraan, data permintaan, data durasi bongkar/muat, dan data jendela waktu. Seluruh data hasil survei lapangan yang telah dikumpulkan akan dianalisis dan diolah menggunakan algoritma ACS-RVND untuk menyelesaikan masalah distribusi OVRPTW. Pada bagian algoritma ACS memanfaatkan informasi visibilitas dan intensitas pheromone untuk membentuk rute awal berdasarkan probabilitas pergerakan semut. Pembentukan rute dilakukan dengan mempertimbangkan seluruh kendala OVRPTW, yaitu kapasitas kendaraan yang berbeda, jendela waktu layanan pelanggan, serta kecepatan armada. Setelah solusi awal terbentuk, tahap perbaikan dilakukan menggunakan algoritma RVND, yaitu dengan mengevaluasi berbagai struktur neighborhood seperti *swap*, *shift*, *reinsertion*, dan *2-opt* untuk mendapatkan konfigurasi rute yang lebih efisien. Perhitungan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu program Algoritma ACS-RVND pada OVRPTW.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan pendistribusian di PT. Seulawah Inong dapat dimodelkan sebagai *Open Vehicle Routing Problem with Time Windows* (OVRPTW) karena dalam kondisi tertentu kendaraan tidak diwajibkan kembali ke depot setelah menyelesaikan seluruh pengiriman. Ketika rute distribusi memiliki jarak tempuh yang jauh, waktu pelayanan yang ketat, atau kondisi operasional yang menuntut efisiensi, maka kendaraan dapat mengakhiri perjalanannya di lokasi pelanggan terakhir. Situasi ini menyebabkan perencanaan rute tidak hanya mempertimbangkan urutan kunjungan dan pemenuhan jendela waktu, tetapi juga penentuan titik akhir perjalanan yang paling efisien. Karakteristik tersebut membentuk permasalahan yang dikenal sebagai OVRPTW. Pada bagian berikut, disajikan proses perhitungan dan penerapan algoritma ACS-RVND untuk menyelesaikan permasalahan OVRPTW tersebut dalam data kecil.

Data Kecil

Tabel 1. Jarak Antar Pelanggan dan Depot dengan Pelanggan

Jarak (km) (C_{ij})	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	9,2	4,3	7,7	6,4	0,003	5,4	11,8	8,4
1	9,2	0	8	0,7	4,9	9,9	7	4,6	3,7
2	4,3	8	0	5,7	5,7	5	1,4	10,5	4,5
3	7,7	0,7	5,7	0	5,1	8,1	4,9	4,7	3
4	6,4	4,9	5,7	5,1	0	6,9	5	6,2	2,5
5	0,003	9,9	5	8,1	6,9	0	5,4	10,7	5,6
6	5,4	7	1,4	4,9	5	5,4	0	8,7	3,3
7	11,8	4,6	10,5	4,7	6,2	10,7	8,7	0	5,2
8	8,4	3,7	4,5	3	2,5	5,6	3,3	5,2	0

Perhitungan Manual dengan Algoritma ACS-RVND Pada OVRPTW

Time windows depot : 10 jam atau 600 menit

Kecepatan rata-rata kendaraan : 30 km/jam

Total kapasitas (Q_{truk}) : 560 tabung

Waktu tempuh tiap pelanggan :

$$t_{ij} = \frac{\text{jarak } i \text{ ke } j}{\text{kecepatan rata-rata kendaraan}} \times 60 \text{ menit}$$

Tabel 2. Waktu Tempuh (menit)

Waktu (t _{ij})	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	18,4	8,6	15,4	12,8	0,006	10,8	23,6	16,8
1	18,4	0	16	1,4	9,8	19,8	14	9,2	7,4
2	8,6	16	0	11,4	11,4	10	2,8	21	9
3	15,4	1,4	11,4	0	10,2	16,2	9,8	9,4	6
4	12,8	9,8	11,4	10,2	0	13,8	10	12,4	5
5	0,006	19,8	10	16,2	13,8	0	10,8	21,4	11,2
6	10,8	14	2,8	9,8	10	10,8	0	17,4	6,6
7	23,6	9,2	21	9,4	12,4	21,4	17,4	0	10,4
8	16,8	7,4	9	6	5	11,2	6,6	10,4	0

Tabel 3. Permintaan dan Waktu Pelanggan

Pelanggan	Permintaan	Service time (menit)/f
1	100	50
2	100	50
3	100	50
4	58	29
5	100	50
6	64	32
7	63	31,5
8	100	50

Penyelesaian Manual Data Kecil

1. Tahap Inisialisasi Solusi Awal

Langkah 1: Inisialisasi parameter yang digunakan dan pheromone awal

Tabel 4. Parameter algoritma ACS

α	β	ρ	q0	Σ iterasi Banyak	Banyak semut
0,1	1	0,1	0,9	1	1

1) Pilih pelanggan yang memiliki jarak terpendek dengan C₀

Pelanggan terpilih : C₅

Tabulist : C₀ - C₅

Jarak : 0,003

Kapasitas : 100 ≤ Q_{truk}

Waktu : b_k = 0,006

w₁ = max{0; (0 - 0,006)} = 0

t_{sekarang} = 0,006 + f₅ = 0,006 + 50 = 50,006 ≤ 600

Pelanggan yang belum dikunjungi C₁, C₂, C₃, C₄, C₆, C₇, dan C₈

2) Pilih pelanggan selanjutnya yang memiliki jarak terpendek dengan C₅

Pelanggan terpilih : C₂

Tabulist : C₀ - C₅ - C₂

Jarak : 0,003 + 5 = 5,003

Kapasitas : 100 + 100 = 200 ≤ Q_{truk}

Waktu : b_k = 50,006 + 0,006 = 50,012

w₁ = max{0; (0 - 50,012)} = 0

t_{sekarang} = 50,012 + f₂ = 50,012 + 50 = 100,012 ≤ 600

Pelanggan yang belum dikunjungi

C₁, C₃, C₄, C₆, C₇, C₈

Proses tersebut dilanjutkan hingga semua pelanggan terkunjungi. Setelah semua proses perhitungan selesai dan semua pelanggan terkunjungi, didapatkan hasil solusi nearest neighbor seperti yang tertera pada table 5.

Tabel 5. Hasil Solusi Nearest Neighbor

Kendaraan	Rute	Jarak (km)	Waktu
1	0 - 5 - 2 - 6 - 8 - 4 - 1	17,103	285,212
2	0 - 3 - 7	12,4	106,3
Total Jarak		50,503	

Setelah langkah 1 selesai dilanjutkan dengan langkah 2 yaitu pembentukan tabu list dengan menentukan nilai visibility terlebih dahulu. Nilai visibility yaitu $\frac{1}{c_{ij}}$. Proses selanjutnya yaitu inisialisasi pheromone awal. Pada proses ini didapatkan hasil akhir pembentukan solusi awal yang terdapat pada table 6.

Tabel 6. Hasil Pembentukan Solusi Awal

Jenis Kendaraan	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)
Truk1	0 - 7 - 1 - 3 - 8 - 4 - 6	27,6	298,2
Truk 2	0 - 2 - 5	9,3	118,6
Total		36,9	416,8

Langkah 3 pada tahap inisialisasi solusi awal yaitu melakukan updating pheromone local. Setelah tahap inisialisasi solusi awal selesai, tahap selanjutnya yaitu perbaikan solusi menggunakan algoritma RVND. Proses perhitungan bias dilkakukan dengan bantuan Microsoft Excel. Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap perbaikan solusi RVND, diperoleh hasil pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Penerimaan Solusi RVND

Kendaraan	Rute	Jarak (km)	Waktu
-----------	------	------------	-------

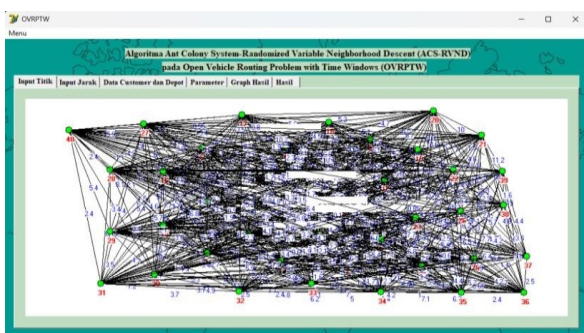
Truk 1	0-5-4-8-3-1-7	17,703	295,906
Truk 2	0-2-6	5,7	93,4
Total		23,403	389,306

Tahap terakhir yaitu tahap penerimaan solusi. Pada tahap awal, jumlah semut yang digunakan dalam perhitungan telah ditentukan sebanyak satu, sehingga proses iterasi dapat diselesaikan. Berdasarkan hasil iterasi tersebut, diperoleh solusi terbaik yang kemudian menjadi hasil akhir dari proses optimasi. Solusi tersebut disajikan pada tabel 8.

Penyelesaian Data Besar dengan Alat Bantu Program Algoritma ACS-RVND pada OVRPTW
Berikut adalah langkah-langkah penyelesaian permasalahan dengan alat bantu program.

Titik	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	3,6	5,7	2,5	2,9	6	7,3	2,2	8,7	6,3	4	1,6	1,1	1,5
1	3,2	5,9	2,7	3,1	6,3	7,5	0,75	7,3	6,5	4,2	1,1	2,4	1,7
2	3,4	3,7	3,3	3,5	6,9	8	3	9,5	7	4,8	2,3	0,5	2,3
3	7,1	5	6,1	7	4,6	3,2	8,3	3,8	3,1	5,6	7,7	9,9	8,9
4	4,4	2,2	4,2	4,3	1,8	1,3	6,7	3,6	0,6	2,9	6,3	7,2	5,8
5	3,1	6,2	3	3,2	6,5	7,7	2,7	9,2	6,7	4,5	7	8,45	2
6	2,6	5	3,1	2,7	4,6	5,6	1,8	4,5	4,6	3,3	3,7	3	4,4
7	1	3,9	1,6	1	4,2	5,5	2,9	7,8	4,5	2,2	2,3	2,8	1,9
8	2,2	5,3	2	2,4	5,7	6,9	1,8	8,3	5,9	3,6	1,2	2,7	1,1
9	5,7	4,1	5,5	5,8	3,7	2,7	7,4	2,9	2,6	4,7	6,8	8,1	7,5
10	4,1	8,9	4,4	4	1,5	2,8	6,5	6,5	2,9	2,5	5,9	6,9	5,9
11	3,4	6,3	3,6	3,3	1,4	2,6	5,8	5,2	1,7	1,9	5,2	6,2	5,2
12	2,7	5,8	2,5	2,9	6,2	7,3	2,3	8,8	6,3	4,1	1,7	2	1,6
13	5,1	3,5	4,9	5,3	3,1	2,4	6,8	1,6	2,3	4,1	6,2	7,5	6,9

Gambar 1. Input Matriks Jarak



Gambar 2. Graf Jarak Antar Pelanggan dengan Pelanggan dan Pelanggan dengan Depot

Customer	Pemintaan	Service Time (Jam)
28	16	18
29	100	50
30	28	14
31	100	50
32	24	12
33	12	16
34	12	16
35	26	13
36	100	50
37	100	50
38	16	18
39	16	18
40	100	50

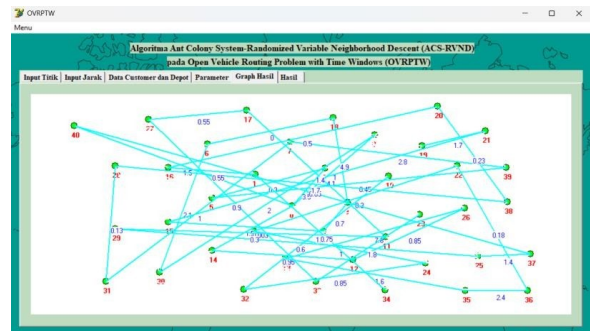
Gambar 3. Input Data Pelanggan dan Depot

Parameter input fields:

- Banyak Semut (m): 10
- Parameter Pengkapan Pheromone Lokal (p): 0,1
- Parameter Perbandingan (q): 0,9
- Parameter Pengkapan Pheromone Global (alpha): 0,1
- Pengendali Intensitas Visibilitas (beta): 1

PROSES button

Gambar 4. Input Parameter



Gambar 5. Graf Hasil

Tabel 10. Hasil Perhitungan

Semut Ke	Total Jarak	Total Waktu
1	62,11 km	1300,7 menit
2	56,99 km	1290,5 menit
3	60,18 km	1296,9 menit
4	53,61 km	1283,7 menit
5	56,23 km	1289 menit
6	57,46 km	1291,4 menit
7	57,11 km	1290,7 menit
8	59,16 km	1294,8 menit
9	57,16 km	1290,8 menit
10	54,44 km	1289,4 menit

Hasil akhir perhitungan menggunakan aplikasi ACS-RVND pada permasalahan OVRPTW menunjukkan bahwa dengan penggunaan parameter 10 semut, solusi terbaik diperoleh pada semut ke-4. Oleh karena itu, rute yang dihasilkan oleh semut tersebut dinyatakan sebagai rute yang paling efisien dalam menyelesaikan distribusi dengan karakteristik rute terbuka. Rute yang terbentuk meliputi: Rute 1 yang dihasilkan memiliki urutan perjalanan 0 → 7 → 37 → 17 → 36 → 35 → 9 → 3 → 15 dengan panjang rute 14,75 km dan waktu tempuh 365,5 menit

Rute 2 memiliki urutan perjalanan $0 \rightarrow 14 \rightarrow 12 \rightarrow 26 \rightarrow 6 \rightarrow 18 \rightarrow 13 \rightarrow 23 \rightarrow 4 \rightarrow 22 \rightarrow 27 \rightarrow 32 \rightarrow 10$ dengan panjang rute 17,8 km dan waktu tempuh 340,6 menit

Rute 3 memiliki urutan perjalanan $0 \rightarrow 8 \rightarrow 30 \rightarrow 28 \rightarrow 31 \rightarrow 25 \rightarrow 29 \rightarrow 11 \rightarrow 24 \rightarrow 33 \rightarrow 19 \rightarrow 21$ dengan panjang rute 14,63 km, waktu tempuh 355,8 menit

Rute 4 memiliki urutan perjalanan $0 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 39 \rightarrow 38 \rightarrow 20 \rightarrow 40 \rightarrow 16 \rightarrow 1 \rightarrow 34$ dengan panjang rute 6,43 km dan waktu tempuh 221,9 menit

Dari keseluruhan rute tersebut, diperoleh total jarak tempuh 53,61 km dan total waktu perjalanan 1.283,7 menit, yang menjadi hasil akhir dari proses optimasi pada kasus OVRPTW.

PENUTUP

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi terpendek dan menentukan total waktu perjalanan yang efisien. Varian yang diuji menunjukkan bahwa algoritma ACS-RVND mampu menghasilkan solusi rute yang efisien dan realistis untuk pendistribusian tabung gas LPG 3 kg. Dengan menggunakan parameter 10 semut, algoritma menghasilkan 4 rute terbuka (*open routes*) yang paling optimal pada semut ke-4. Rute pertama: $0 \rightarrow 7 \rightarrow 37 \rightarrow 17 \rightarrow 36 \rightarrow 35 \rightarrow 9 \rightarrow 3 \rightarrow 15$, rute kedua: $0 \rightarrow 14 \rightarrow 12 \rightarrow 26 \rightarrow 6 \rightarrow 18 \rightarrow 13 \rightarrow 23 \rightarrow 4 \rightarrow 22 \rightarrow 27 \rightarrow 32 \rightarrow 10$, rute ketiga: $0 \rightarrow 8 \rightarrow 30 \rightarrow 28 \rightarrow 31 \rightarrow 25 \rightarrow 29 \rightarrow 11 \rightarrow 24 \rightarrow 33 \rightarrow 19 \rightarrow 21$, rute keempat: $0 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 39 \rightarrow 38 \rightarrow 20 \rightarrow 40 \rightarrow 16 \rightarrow 1 \rightarrow 34$. Solusi ini memberikan total jarak tempuh terpendek yaitu 53,61 km dengan total waktu perjalanan selama 1.283,7 menit.

Temuan ini dapat menjadi dasar rekomendasi operasional bagi PT Seulawah Inong dalam menentukan konfigurasi distribusi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan keterbatasan armada.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ada, penulis menyampaikan beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya di antaranya yaitu penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan faktor kondisi lalu lintas secara *real-time* (kemacetan)

dan kondisi cuaca yang dapat mempengaruhi kecepatan rata-rata kendaraan, sehingga estimasi waktu tiba menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, D. N. (2025). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows Dengan Metode Mixed Integer Linear Programming Pada Distribusi Obat Di Upkf Banyumas. *Journal of Systems Engineering and Management*, 4(1), 26-30. <https://dx.doi.org/10.62870/joseam.v4i1.32073>
- da Silva Júnior, O.S., Leal, J.E., & Reimann, M. (2020). A multiple ant colony system with random variable neighborhood descent for the dynamic vehicle routing problem with time windows. *Soft Computing*, 25, 2935 - 2948. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05350-4>
- Dianita, C, A. (2023) Algoritma ACS-RVND pada Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows (HFVRPTW) dan Implementasinya. Sarjana Skripsi, Universitas Negeri Malang.
- Fadila, U. I., Wahyuningsih, S., & Satyananda, D. (2022). Algoritma General Variable Neighborhood Search Pada Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows Dan Implementasinya. *Jurnal Kajian Matematika Dan Aplikasinya (JKMA)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.17977/um055v3i12022p1-7>
- Harisman, Y., Pratiwi, N.I., & Harun, L. (2023). Eksplorasi Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Pada Lintasan Terpendek Dengan Pengaplikasian Teori Graf. *Delta: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*. 11(2). 213-224. <https://doi.org/10.31941/delta.v11i2.2785>
- Ismail, S., Djakaria, I., & Wungguli, D. (2021). Optimasi Pendistribusian Produk Menggunakan Metode Integer Linear Programming (Studi Kasus : PT. Awet Sarana Sukses Gorontalo). *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 5(1), 68. <https://doi.org/10.26740/jram.v5n1.p68-79>
- Jannah, L, N. (2023). Algoritma ACS-RVND Pada Multi Trip Vehicle Routing Problem With Time Windows (MTVRPTW) dan Implementasinya. Sarjana Skripsi, Universitas Negeri Malang.
- Kinanti, T., & Aprilia, R. (2025). Optimasi Vehicle Routing Problem (VRP) Terhadap Rute Pengangkutan Sampah Di Kota Medan Dengan Algoritma Ant Colony Optimization. *Mandalika Mathematics and Educations Journal*, 7(3), 1271-

1285. <https://doi.org/10.29303/jm.v7i3.9787>
- Lovina, A, V. (2023) Algoritma ant colony system-randomized variable neighborhood descent (acs-rvnd) pada open vehicle routing problem with time windows (ovrptw) dan implementasinya. Diploma thesis, Universitas Negeri Malang.
- Natalia, C., Triyanti, V., Setiawan, G., & Haryanto, M. (2021). Completion of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) and Capacitated Vehicle Routing Problem with Time windows (CVRPTW) Using Bee Algorithm Approach to Optimize Waste Picking Transportation Problem. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 5(2), 69–77. <https://doi.org/10.15282/jmmst.v5i2.6855>
- Ou, T. Y., Cheng, C. Y., Lai, C. H., & Fu, H. P. (2021). A Coordination-Based Algorithm for Dedicated Destination Vehicle Routing in B2B E-Commerce. *Computer Systems Science and Engineering*, 40(3), 895–911. <https://doi.org/10.32604/CSSE.2022.018432>
- Šedivý, J., & Čejka, J. (2025). Possible Application of Solver Optimization Module for Solving Vehicle Routing Problems. *Transportation Research Procedia*, 87, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.04.113>
- Septima, R., Zulfa, I., & Wulandari, M. (2024). Pelatihan Penentuan Jalur Distribusi Pupuk Terbaik Menggunakan Teori Graf di PT Iskandar Muda Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia*. 3(1). 37-45. <https://doi.org/10.55542/jppmi.v3i1.973>
- Taptajani, D. S. D. (2021). Implementasi Capacitated Vehicle Routing Problem with Time windows dengan Pendekatan Algoritma Sweep untuk Distribusi Pengangkutan Sampah. *Jurnal Kalibrasi*, 19(1), 1-6. <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.19-1.1002>
- Yu, N., Qian, B., Hu, R., Chen, Y., & Wang, L. (2022). Solving open vehicle problem with time window by hybrid column generation algorithm. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 33(4), 997–1009. <https://doi.org/10.23919/JSEE.2022.000096>