



Penentuan Rute Distribusi LPG menggunakan Teknik *Simulated Annealing* pada PT XYZ

Mutia Kanzha Putri Santoso^{1*}, Halimah Anis Kurillah², Purwanti³, Adelia Tata Anggita⁴, Naufal Syauqi Bimadhioka Nk⁵, Nenzu Agustin Dwi Prahesti⁶

¹⁻⁶ Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

mutiakanzha3@gmail.com, halimahanis16@gmail.com, puurwnti@gmail.com,
adeliatataa@gmail.com, naufalnk25@gmail.com, nenzvagustindp@gmail.com

Alamat: Jl. Glagahsari No.63, Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta

Korespondensi penulis: mutiakanzha3@gmail.com*

Abstract. *This study aims to determine the optimal LPG gas distribution route where the distance traveled becomes closer so that it will minimize transportation costs and in terms of time make the distribution more efficient. The route uses the location of 7 bases that will be addressed by agents from PT XYZ in distributing LPG gas. This practical work took place from February to March 2024. The method used in relation to this route problem is Simulated Annealing where as iterations increase, the algorithm will tend to reject poor solutions. Thus, the graphical results will show a gradual decrease in fitness value towards a more optimal solution. The results of this practical work show that the use of the Simulated Annealing method is feasible in finding the optimal route. This method produces a final route with a distance of 50.8 km to 49.3 km with a travel route from PT XYZ- PG. Agus A LPG- PG. LPG Store Mr. Tri- PG. LPG Pertamina Bp. Didik- PG. LPG Budi- PG. LPG Pertamina Sunarno- PG. LPG Sugiman- PG. Lasmini LPG until returning to PT XYZ.*

Keywords: *Simulated Annealing, Route, LPG*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute distribusi gas LPG yang optimal dimana jarak tempuh menjadi lebih dekat sehingga akan meminimalisir biaya transportasi dan dalam perihal waktu membuat pendistribusian semakin efisien. Rute tersebut menggunakan lokasi 7 pangkalan yang akan dituju oleh agen dari PT XYZ dalam mendistribusikan gas LPG. Kerja Praktik ini berlangsung dari bulan Februari sampai Maret 2024. Metode yang digunakan terkait permasalahan rute ini adalah Simulated Annealing dimana seiring bertambahnya iterasi, algoritma akan cenderung menolak solusi yang kurang baik. Sehingga, hasil grafik akan menunjukkan penurunan bertahap dalam nilai fitness menuju ke solusi yang lebih optimal. Hasil Kerja Praktik ini menunjukkan bahwa penggunaan metode Simulated Annealing dikatakan layak dalam mencari rute optimal. Metode ini menghasilkan rute akhir dengan jarak yang sebelumnya 50,8 km menjadi 49,3 km dengan rute perjalanan dari PT XYZ- PG. LPG Agus A- PG. LPG Toko Pak Tri- PG. LPG Pertamina Bp. Didik- PG. LPG Budi- PG. LPG Pertamina Sunarno- PG. LPG Sugiman- PG. LPG Lasmini sampai kembali ke PT XYZ.

Kata kunci: Simulated Annealing, Rute, gas LPG

1. LATAR BELAKANG

PT XYZ bekerjasama dengan agen yang bertugas di bidang pendistribusian gas LPG ke berbagai pangkalan. Dengan waktu yang terbatas agen tersebut harus menentukan rute terpendek yang akan dilalui agar pengiriman gas LPG segera sampai tepat pada waktunya. Salah satu agen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah agen dari PT Abvent Putra Ardhani yang setiap harinya memiliki tujuan ke 7 pangkalan dengan jarak yang berbeda-beda. Pada beberapa kasus telah terjadi keterlambatan dalam pengiriman gas yang tentunya dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti rute yang dipilih memiliki jarak yang panjang (jauh), kemacetan, dan juga medan perjalanan. Oleh karena itu

penelitian ini dilakukan untuk mengatasi salah satu faktor tersebut yaitu pada rute kendaraan yang akan dicari jarak terpendek (rute optimal). Hal ini bertujuan untuk menekan biaya transportasi dan juga mempersingkat waktu pengiriman sehingga kasus keterlambatan bisa diatasi. Untuk mengetahui rute tujuan ke 3 atau 4 titik tujuan saja, perusahaan dapat mengetahui rute yang optimal dalam artian terpendek menggunakan perkiraan ataupun hitungan manual TSP (Traveling Salesman Problem) dengan lebih cepat. Tetapi apabila satu armada memiliki titik tujuan yang tergolong banyak untuk dilakukan hitungan manual akan sulit dan memakan waktu yang lama sehingga untuk permasalahan ini digunakan metode Simulated Annealing (SA). Untuk menentukan rute tersebut digunakan software Python agar menghasilkan rute yang optimal dengan cepat dan tepat.

2. KAJIAN TEORITIS

Metode heuristik merupakan suatu teknik yang dirancang untuk memecahkan suatu permasalahan dalam pencarian dan digunakan untuk menemukan suatu solusi yang dapat dibuktikan dengan benar. Metode heuristik ini bertujuan untuk mendapatkan performa komputasi atau penyederhanaan konseptual, yang berpotensi pada keakurasianya (Respati dkk, 2015).

Menurut Santosa (2016) Metaheuristik adalah metode untuk mencari solusi yang memadukan interaksi antara prosedur pencarian lokal dan strategi yang lebih tinggi untuk menciptakan proses yang mampu keluar dari titik-titik lokal optimal dan melakukan pencarian di ruang solusi untuk menemukan solusi global.

Metode Simulated Annealing (SA) dikembangkan dari analogi proses pendinginan logam cair hingga membentuk kristal, yang dikenal dengan proses annealing. Annealing merupakan suatu teknik metalurgi yang menggunakan ilmu penjadwalan proses pendinginan untuk menghasilkan efisiensi penggunaan energi yang optimal untuk menghasilkan logam. Prinsip kerja SA adalah pada suhu tinggi molekul cair mempunyai tingkat energi yang tinggi sehingga relatif mudah berpindah menuju molekul lain. Jika suhu diturunkan maka molekul akan menyusun dirinya sendiri untuk mencari konfigurasi atau susunan dengan tingkat energi yang lebih rendah. Dengan menurunkan suhu secara perlahan, molekul dibiarkan mengatur dirinya sendiri sehingga diperoleh keadaan diam atau stabil dengan tingkat energi minimum. Penurunan suhu secara bertahap disebut dengan proses annealing yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan VRP sehingga diperoleh solusi yang optimal (Rizkiani, et al, 2023)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah optimasi kombinatorial penentuan rute yang dapat diterapkan pada pengaturan pendistribusian barang. Penelitian ini menguji salah satu algoritma Metaheuristik yaitu algoritma semut pada VRP untuk menentukan rute yang minimal dalam pendistribusian barang, tujuan umum VRP menurut Toth dan Vigo (2002) adalah meminimumkan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan penggunaan kendaraan, meminimalkan banyaknya kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani permintaan seluruh konsumen, dan menyeimbangkan rute-rute dalam hal waktu perjalanan muatan kendaraan.

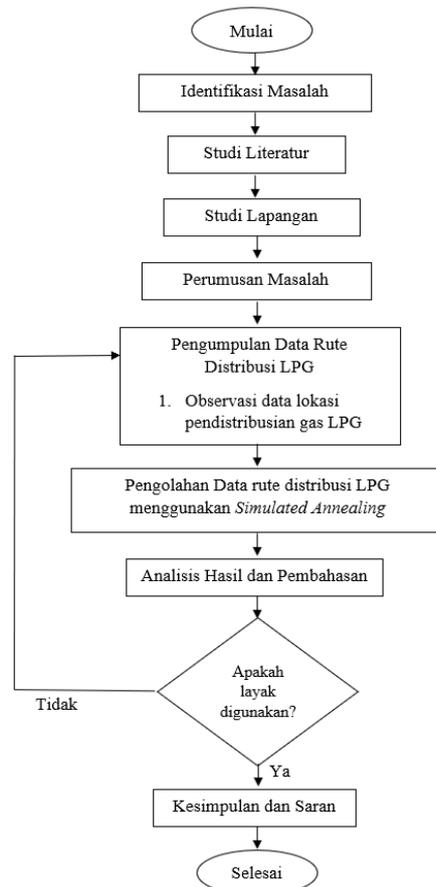
Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan bentuk paling dasar dari VRP. Tujuan CVRP adalah untuk meminimalkan total jarak perjalanan kendaraan yang melayani serangkaian pelanggan. Ciri Khas CVRP adalah sebagai berikut: (a) setiap rute adalah tur yang dimulai dari depot, kunjungan subset pelanggan, dan berakhir di depot sama; (b) setiap pelanggan harus dilayani hanya satu kendaraan saja; (c) setiap pelanggan memiliki permintaan sendiri dan total permintaan pelanggan ditentukan oleh kendaraan yang tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan (Kao dkk, 2012: 1)

Simulated Annealing adalah metode optimasi yang terinspirasi oleh proses fisik metalurgi dengan nama yang sama. Metode ini dikembangkan untuk memecahkan masalah optimasi yang kompleks dengan mensimulasikan pendinginan logam selama peleburan dan kristalisasi. Konsep dasarnya adalah menggunakan suhu untuk mengontrol kemungkinan perubahan solusi ketika mencari nilai optimal dalam ruang pencarian yang besar dan kompleks. Dengan menggabungkan aspek pencarian probabilitas dan heuristik, simulasi anil telah terbukti efektif dalam menemukan solusi yang baik untuk berbagai masalah optimasi, termasuk masalah non-cembung dan non-linier. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya untuk tidak terikat pada optimum lokal dan kemampuannya menemukan solusi yang mendekati optimum lokal dan kemampuannya menemukan solusi yang mendekati optimum global. Dalam konteks ilmu komputer, simulasi anil telah menjadi alat yang berharga untuk memecahkan masalah optimasi yang kompleks di berbagai, mulai dari, ilmu komputer, hingga kecerdasan buatan.

Selama proses iteratif Simulated Annealing, algoritma tersebut mencoba berbagai solusi kandidat dan memperhitungkan kemungkinan menerima solusi baru berdasarkan perbandingan fitnessnya dengan solusi sebelumnya. Dengan cara ini, algoritma berusaha untuk meningkatkan nilai fitness solusi secara bertahap melalui iterasi, dengan harapan menemukan solusi yang lebih baik atau optimal. Jadi, secara umum, dalam konteks Simulated Annealing, semakin tinggi nilai fitness, semakin baik hasilnya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada PT XYZ. Fokus penelitian ini berada pada rute distribusi gas LPG pada PT XYZ, adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rute terbaik dari pendistribusian gas LPG sehingga dapat meminimalkan biaya dan juga mempersingkat waktu pengiriman.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koordinat Lokasi

Berikut adalah lokasi beserta koordinat tujuan agen dalam pendistribusian gas LPG:

No	Pusat Pengambilan Gas LPG	Demand	X	Y
0	PT XYZ	-	-7.53963603	110.87791462
No	Nama Pangkalan	Demand	X	Y
1	PG. Toko Pak Tri	40	-7.5342671	110.8409106
2	PG. Agus A	42	-7.54253308	110.84249305
3	PG. Pertamina Bp. Didik	45	-7.5447562	110.8100412

4	PG. Pertamina Sunarno	38	-7.581464	110.8105138
5	PG. Budi	40	-7.5502818	110.8078112
6	PG. Sugiman	50	-7.600068	110.944117
7	PG. Lasmini	45	-7.590446	110.926822

Berikut adalah koordinat lokasi setelah di konversi ke dalam bentuk yang lebih sederhana:

No	Nama Pangkalan	X	Y
0	PT XYZ	0	0
1	PG. Toko Pak Tri	0.005	-0.037
2	PG. Agus A	-0.003	-0.035
3	PG. Pertamina Bp. Didik	-0.005	-0.068
4	PG. Pertamina Sunarno	-0.042	-0.067
5	PG. Budi	-0.011	-0.070
6	PG. Sugiman	-0.060	0.066
7	PG. Lasmini	-0.051	0.049

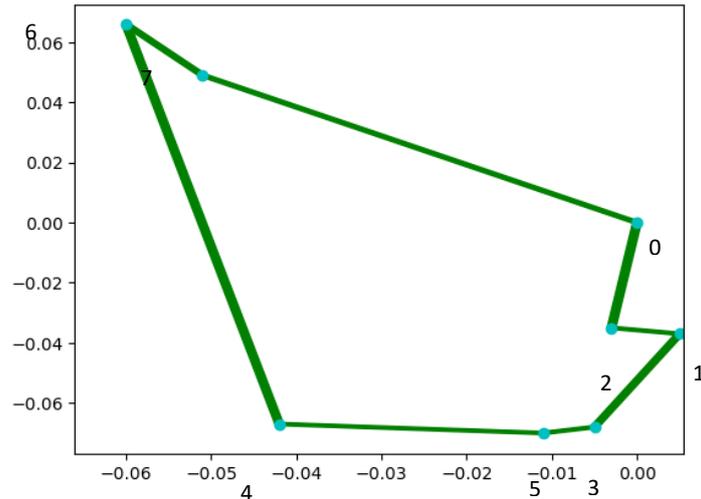
Konversi koordinat X lokasi di atas diperoleh dengan perhitungan di bawah ini:

- a. PT XYZ ke PG. Toko Pak Tri = $-7.5342671 - (-7.53963603) = \mathbf{0.005}$
- b. PT XYZ ke PG. Agus A = $-7.54253308 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.003}$
- c. PT XYZ ke PG. Bp. Didik = $-7.5447562 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.005}$
- d. PT XYZ ke PG. Sunarno = $-7.581464 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.042}$
- e. PT XYZ ke PG. Budi = $-7.5502818 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.011}$
- f. PT XYZ ke PG. Sugiman = $-7.600068 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.060}$
- g. PT XYZ ke PG. Lasmini = $-7.590446 - (-7.53963603) = \mathbf{-0.051}$

Konversi koordinat Y lokasi di atas diperoleh dengan perhitungan di bawah ini:

- a. PT XYZ ke PG. Toko Pak Tri = $110.8409106 - 110.87791462 = \mathbf{-0.037}$
- b. PT XYZ ke PG. Agus A = $110.84249305 - 110.87791462 = \mathbf{-0.035}$
- c. PT XYZ ke PG. Bp. Didik = $110.8100412 - 110.87791462 = \mathbf{-0.068}$
- d. PT XYZ ke PG. Sunarno = $110.8105138 - 110.87791462 = \mathbf{-0.067}$
- e. PT XYZ ke PG. Budi = $110.8078112 - 110.87791462 = \mathbf{-0.070}$
- f. PT XYZ ke PG. Sugiman = $110.944117 - 110.87791462 = \mathbf{0.066}$
- g. PT XYZ ke PG. Lasmini = $110.926822 - 110.87791462 = \mathbf{0.049}$

Berdasarkan pengolahan data dengan algoritma *Simulated Annealing*, dapat dihasilkan rute optimal dengan visualisasi seperti berikut:



Gambar 1. Hasil rute optimal *Simulated Annealing*

(Sumber: Olah Data, 2024)

Sebelum dilakukan pencarian rute optimal menggunakan *Simulated Annealing* terdapat rute awal yang selalu digunakan agen dalam pendistribusian gas LPG. Rute awal tersebut yaitu 0-1-2-3-5-4-7-6-0 dengan rincian jarak antar titik lokasi diantaranya:

0-1 = 5,9 km

1-2 = 1 km

2-3 = 5,1 km

3-5 = 1,3 km

5-4 = 4,7 km

4-7 = 17 km

7-6 = 2,8 km

6-0 = 13 km

Sehingga total jarak yang dihasilkan dari rute awal adalah 50,8 km

Setelah dilakukan pencarian rute optimal menggunakan *Simulated Annealing* dihasilkan rute akhir pendistribusian gas LPG. Rute akhir tersebut yaitu 0-2-1-3-5-4-6-7-0 dengan rincian jarak antar titik lokasi diantaranya:

0-2 = 5,2 km

2-1 = 1 km

1-3 = 5,3 km

3-5 = 1,3 km

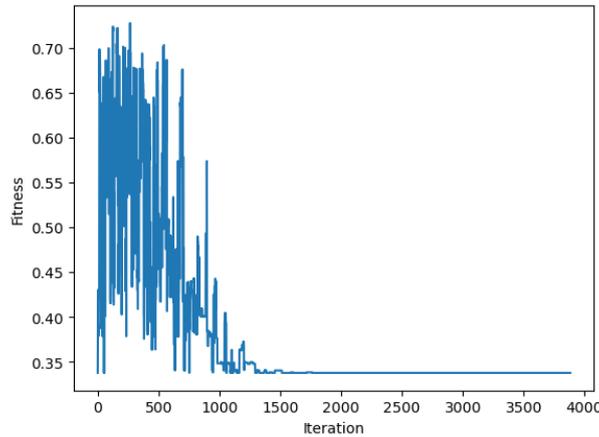
5-4 = 4,7 km

4-6 = 18 km

6-7 = 2,8 km

7-0 = 11 km

Sehingga total jarak yang dihasilkan dari rute akhir adalah 49,3 km



Gambar 2. Hasil fitness *Simulated Annealing*

(Sumber: Olah Data, 2024)

Berdasarkan grafik di atas pada awal iterasi menunjukkan fluktuasi yang besar dalam nilai fitness. Hal tersebut terjadi karena algoritma menerima solusi yang buruk dengan probabilitas yang cukup tinggi untuk menghindari terjebak dalam optimum lokal. Optimum lokal merujuk pada solusi terbaik yang ditemukan oleh algoritma yang mungkin tidak optimal secara global, tetapi merupakan solusi terbaik di sekitar wilayah tertentu dalam ruang pencarian. Namun seiring berjalannya waktu (iterasi), suhu akan turun dan algoritma akan semakin cenderung menerima solusi yang kurang baik hanya dengan probabilitas yang rendah. Akibatnya, grafik tersebut akan menunjukkan penurunan bertahap dalam nilai fitness, menuju ke konvergensi ke solusi yang lebih optimal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa mencari rute optimal menggunakan Simulated Annealing pada agen di PT XYZ dapat dikatakan layak. Hal tersebut didasarkan pada perbandingan rute sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan Simulated Annealing dimana rute awal menunjukkan total jarak 50,8 km sedangkan rute akhir menunjukkan total jarak 49,3 km dengan rute PT XYZ - PG.Agus A - PG.Toko Pak Tri - PG.Bp.Didik – PG.Budi – PG.Sunarno – PG.Sugiman – PG.Lasmini – PT XYZ. Seperti yang kita ketahui dari perbedaan tersebut terdapat selisih 1,5 km yang dapat mengakibatkan keuntungan dalam proses pendistribusian yaitu menjadi

lebih cepat dan lebih menghemat biaya transportasi terlebih lagi jika dilakukan secara terus menerus akan sangat terlihat dari segi waktu dan juga biaya yang dikeluarkan.

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan terdapat hal yang perlu diperbaiki agar menjadi lebih baik saat melakukan pencarian rute optimal menggunakan Simulated Annealing berikutnya, terdapat beberapa saran diantaranya:

Sebaiknya mencoba dan mencari algoritma lain yang nantinya akan menghasilkan output berupa rute akhir beserta jarak total. Bahkan dapat menghasilkan output yang berupa proses pergerakan Simulated Annealing dari iterasi pertama sampai menemukan rute yang optimal.

Rute distribusi yang dihasilkan lebih baik divisualisasikan menggunakan peta agar lebih menarik dan mudah dipahami.

Sebaiknya PT XYZ menerapkan metode ini untuk pencarian rute optimal agar dapat meminimalkan biaya transportasi dan juga efisiensi waktu dimana hal itu secara langsung akan meningkatkan kepuasan pelanggan juga

DAFTAR REFERENSI

- Arvianto, A., Sopha, B. M., Asih, A. M. S., & Imron, M. A. (2021). City logistics challenges and innovative solutions in developed and developing economies: A systematic literature review. *International Journal of Engineering Business Management*, 13. <https://doi.org/10.1177/18479790211039723>
- Cahyadi, F., Ong, J. O., & Kosasih, J. S. (n.d.). *Perancangan algoritma simulated annealing untuk rute kendaraan yang mempertimbangkan backhaul, rute majemuk, dan time window*.
- Das, S., Krishna, M. M., & Shanmugaraja, K. (2023). Analysis of musculoskeletal disorder risk in cotton garment industry workers. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2162182>
- Firmansyah, Y. S., Novianingsih, K., Serviana, H., Program, H., Matematika, S., Matematika, P., Ilmu, D., & Alam, P. (2021). Penyelesaian capacitated vehicle routing problem menggunakan gabungan algoritma genetik dan simulated annealing. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*. <https://ejournal.upi.edu/index.php/JEM>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *IEEM2016: 2016 International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: 4-7 December 2016, Bali, Indonesia*.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.

- Mara, S. T. W., Kuo, R. J., & Asih, A. M. S. (2021). Location-routing problem: A classification of recent research. *International Transactions in Operational Research*, 28(6), 2941–2983. <https://doi.org/10.1111/itor.12950>
- Naufal, R., Pohan, A. M., Maria, A., & Asih, S. (n.d.). Clustering-based NSGA-II on multi-objective location-routing problem. *Journal of Industrial Engineering and Education*, 1(2).
- Novatama, R., Denny, S. P., & Korespondensi, P. (n.d.). Algoritma simulated annealing untuk menentukan rute kendaraan heterogen (studi kasus). <https://doi.org/10.25126/jtiik.202072018>
- Perwira, R. A., Rohmatul, M. F., Kumari, F., Utami, S. N., Ruswandi, N., Uswatun, K. A., Chandra, K. A., Teuku, N. J., Kby, L. K., & Jakarta Selatan, K. (2020). Simulated annealing algorithm for solving the capacitated vehicle routing problem: A case study of pharmaceutical distribution. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 4, 41–49. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2115>
- Redi, A. A. N. P., & Redioka, A. A. N. A. (2019). Algoritma simulated annealing untuk optimasi rute kendaraan dan pemindahan lokasi sepeda pada sistem public bike sharing. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 3(1), 50. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i1.1473>
- Rizkiani, F. N., Sari, R., & Imran, A. (2023). A simulated annealing for heterogeneous fleet vehicle routing problem with multiple trips and pickup-delivery. <https://doi.org/10.26760/jrh.V7i3.277-288>
- Stivandry, M., Syofrinaldy, N. W., Aurachman, R., Giri, P., & Kusuma, A. (2021). Perancangan rute kendaraan untuk surat kabar Pikiran Rakyat menggunakan model vehicle routing problem homogeneous fleet size untuk meminimalkan biaya perjalanan. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 8(5).
- Suhra, A., Hidayat, R., & Ahsan, A. F. (2023). Work posture analysis with REBA and RULA method on production operators repair and maintenance of LPG 3Kg at PT. XYZ. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 17. www.techniumscience.com