

Optimasi Rute Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) Dengan Algoritma Genetika

Sundari Retno Andani

STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

Email: sundari.ra@amiktunasbangsa.ac.id

Abstrak

Transportasi merupakan salah satu kegiatan distribusi logistik yang sangat mempengaruhi harga barang. Optimasi rute dan waktu transportasi dengan memaksimalkan kendaraan yang tersedia dapat mengurangi biaya transportasi. Permasalahan tersebut dapat dimodelkan dengan vehicle routing problem (VRP). VRP memberikan solusi dengan meminimalkan biaya yang direpresentasikan oleh total jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan. VRP merupakan non-polynomial hard (NP-hards) yang menggunakan pendekatan heuristik dalam mencari solusi. Dalam penyelesaian permasalahan VRP ini digunakan algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu metode heuristik rute terpendek. Hasil penelitian ini menghasilkan rute terbaik yaitu kromosom dengan probabilitas terkecil dan pencarian waktu terkecil ditentukan berdasarkan jarak dibagi dengan kecepatan dalam melewati rute-rute yang sudah ditemukan.

Keywords: Vehicle routing problem, algoritma genetika

Abstract

Transportation is one of the logistics distribution activities that greatly affects the price of goods. Optimizing transportation routes and times by maximizing available vehicles can reduce transportation costs. These problems can be modeled with the vehicle routing problem (VRP). VRP provides a solution by minimizing costs as represented by the total distance traveled and the number of vehicles used. VRP is a non-polynomial hard (NP-hards) that uses a heuristic approach in finding solutions. In solving this VRP problem, a genetic algorithm is used. The genetic algorithm is one of the shortest route heuristic methods. The results of this study produce the best route, namely the chromosome with the smallest probability and the smallest search time is determined based on the distance divided by the speed in passing the routes that have been found.

Keywords: Vehicle routing problem, genetic algorithm

1. Pendahuluan

Biaya transportasi merupakan biaya yang paling tinggi pada kegiatan distribusi logistik. Oleh karena itu diperlukan efisiensi pada kegiatan transportasi, agar harga produk relatif murah dan mampu bersaing dengan produk sejenis dari segi harga produk. Kendala dari distribusi logistik adalah jarak dan waktu tempuh. Untuk meminimalkan jarak dan waktu tempuh, perlu ditentukan rute distribusi terbaik. Permasalahan yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, untuk suatu kelompok kendaraan, agar dapat melayani sejumlah konsumen disebut sebagai *Vehicle Routing Problem* [1].

Vehicle routing problem (VRP) merupakan perluasan dari traveling salesman problem (TSP) sehingga VRP sering disebut sebagai m-TSP [2]. Dimana sebuah kota diasosiasikan sebagai lokasi dari beberapa konsumen (node), dan terdapat sejumlah kendaraan yang dipakai untuk melewati rute kota tersebut dengan kapasitas tertentu [3]. Permasalahan VRP menjadi sangat penting karena pendistribusian barang dapat dilakukan dengan tepat waktu dan singkat dengan menggunakan rute terpendek dengan memaksimalkan alat transportasi yang ada. VRP termasuk dalam non-polynomial hard

(NP-hard) yang umumnya menggunakan pendekatan heuristik untuk menemukan solusi [4].

Pada VRP, masing-masing kendaraan memiliki kapasitas yang sama. Biasanya, kendaraan homogen dan memiliki kesamaan pembatasan kapasitas [5]. Tiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali dan total demand tiap rute tidak boleh melebihi kapasitas angkut kendaraan [6]. Setiap kendaraan dapat membawa beban yang terbatas dan mungkin juga dibatasi secara total jarak yang dapat ditempuhnya [7]. Setiap pelanggan hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan. Tiap kendaraan harus berangkat dan kembali ke depot, sehingga, VRP akan menghasilkan rute dengan jarak dan waktu terpendek.

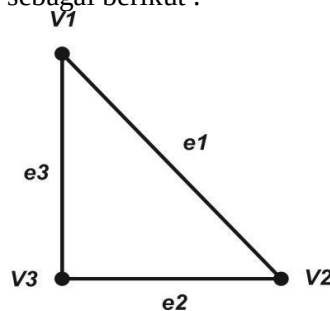
Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan VRP, dapat dengan algoritma genetika. Dalam kehidupan sehari – hari, algoritma genetika banyak digunakan untuk memecahkan masalah – masalah optimasi seperti routing, penjadwalan dan masalah transportasi [1]. Algoritma genetika banyak digunakan dalam masalah optimasi pencarian rute terpendek [8]. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma heuristik dalam pencarian jalur distribusi atau rute. Algoritma genetika tidak memiliki kriteria khusus sehingga waktu komputasi relatif singkat dan menghasilkan alternatif-alternatif solusi yang bernilai objektif. Algoritma Genetika dipilih karena dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks untuk mencari rute paling optimum dengan memperhatikan jarak tempuh, kepadatan lalu lintas, arah dan lain lain [9].

2. Metodologi Penelitian

2.1. GRAF

Sebuah graf adalah sebuah himpunan terhingga tak kosong yang memuat objek-objek yang disebut simpul dan himpunan pasangan tak urut antara simpul- simpul yang berlainan yang disebut sisi. Pengertian graf adalah kumpulan simpul yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi. Suatu graf G merupakan pasangan himpunan (V, E) ditulis dengan notasi $G=(V, E)$, dimana V adalah himpunan berhingga dan tak kosong dari simpul sedangkan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang elemen tidak berurutan dari V . Elemen dari V dinamakan simpul, $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ dan elemen dari E dinamakan sisi, $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ [10].

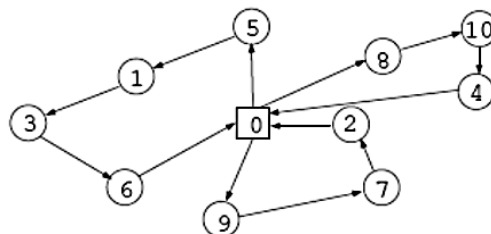
Misal graf $G = (V(G), E(G))$ dengan $V(G) = \{v_1, v_2, v_3\}$ dan $E(G) = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ maka graf G dapat disajikan sebagai berikut :



Gambar 1. Graf G

2.2. Vehicle Routing Problem

Vehicle routing problem merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar batasan-batasan yang ditetapkan serta dapat meminimasi biaya transportasi [11]. Solusi dari permasalahan VRP adalah rute dengan biaya minimum serta meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan. Solusi tersebut dapat digambarkan dengan menggunakan graf di bawah ini dengan tiga kendaraan yang mana node 0 merupakan depot dan node 1 sampai 10 merupakan titik-titik tujuan.



Gambar 2. Graf VRP dari depot ke titik-titik tujuan dengan tiga kendaraan

Beberapa karakteristik dari permasalahan VRP adalah sebagai berikut [12] :

- Perjalanan kendaraan berawal dan berakhir dari dan ke depot awal.
- Ada sejumlah tempat yang semuanya harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya tepat satu kali.
- Jika kapasitas kendaraan sudah terpakai dan tidak dapat melayani tempat berikutnya, kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan melayani tempat berikutnya.

2.3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetik (GA) merupakan suatu metode *heuristic* untuk mencari solusi optimum dari suatu permasalahan dengan menggunakan mekanisme pencarian yang meniru proses evolusi biologis [1]. Algoritma genetika mungkin tidak selalu mencapai hasil yang terbaik, tetapi seringkali memecahkan masalah dengan cukup baik [13]. Adapun ciri-ciri bahwa suatu permasalahan dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika adalah [14] :

- Memiliki fungsi tujuan optimasi *non linear* dengan banyak kendala yang juga dalam bentuk *non linier*.
- Mempunyai kemungkinan solusi yang jumlahnya tak terhingga.
- Membutuhkan solusi “*real time*” dalam arti solusi tersebut bisa didapatkan dengan cepat sehingga dapat diimplementasikan untuk permasalahan yang mempunyai perubahan yang cepat.
- Mempunyai *multi-objective* dan *multicriteria*, sehingga diperlukan solusi yang dapat diterima oleh semua pihak.

Reproduksi, *crossover* dan mutasi merupakan elemen-elemen dari algoritma genetika. Beberapa istilah yang digunakan dalam algoritma genetika yaitu [2] :

1) Kromosom

Dalam algoritma genetika, satu kromosom atau individu mewakili satu vektor solusi. Jika tidak bisa langsung menggunakan vektor solusi dalam implementasi algoritma genetika ini, maka dibutuhkan pengkodean untuk mewakili suatu nilai solusi dengan menggunakan bilangan biner.

2) Fitness

Fitness digunakan untuk mengukur tingkat kebaikan atau kesesuaian suatu solusi dengan solusi yang dicari. Fitness bisa berhubungan langsung dengan fungsi tujuan atau modifikasi terhadap fungsi tujuan. Setelah kondisi dievaluasi dengan fungsi fitness perlu dilakukan proses seleksi terhadap kromosom. Seleksi digunakan untuk memilih di antara kromosom anggota populasi mana yang bisa menjadi induk atau menentukan kromosom mana yang akan menjadi anggota populasi berikutnya.

3) Kawin silang

Kawin silang dilakukan untuk mendapatkan kombinasi yang lebih baik antara satu individu dengan individu lain dalam suatu populasi. Parameter yang penting dalam kawin silang ini yaitu probabilitas kawin silang. Jika nilai probabilitas kecil maka sedikit kromosom yang akan mengalami kawin silang dan sebaliknya.

4) Mutasi

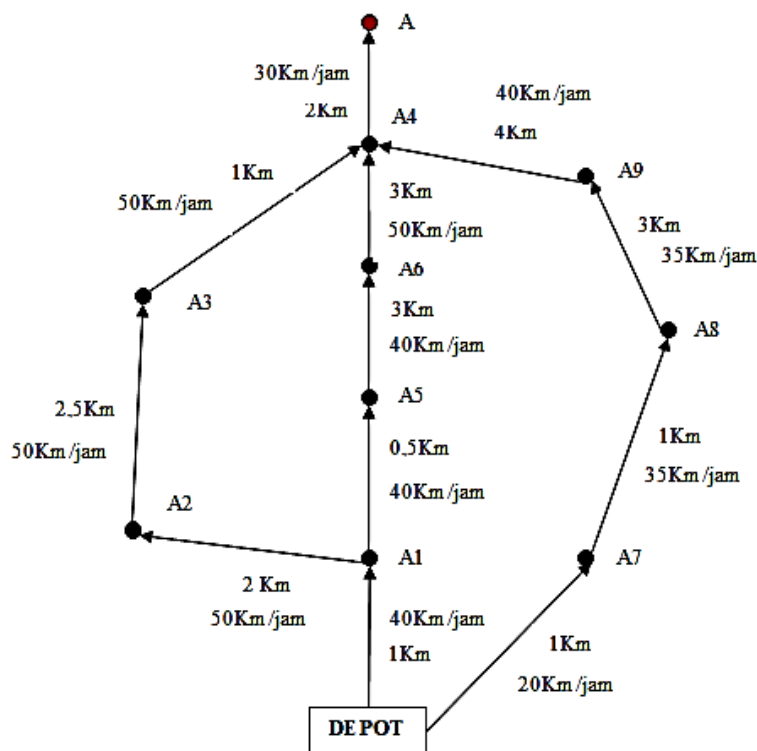
Mutasi digunakan untuk memunculkan individu baru yang berbeda sama sekali dengan individu yang sudah ada atau dapat terjadi muncul solusi baru untuk bisa keluar dari optimum lokal.

Berikut ini adalah langkah – langkah dasar dalam Algoritma Genetik [1]:

- a) [Start] Parents awal yang digunakan digenerate secara random atau bisa juga dengan metode heuristik tertentu.
- b) [Fitness] Mengevaluasi fitness $f(x)$ dari tiap kromosom x dalam populasi.
- c) [New population] Menciptakan populasi baru dengan mengulang langkah-langkah di bawah ini sampai terbentuk populasi baru.
 - 1) [Selection] Pilih dua parents kromosom dari populasi termasuk fitness mereka
 - 2) [Crossover] Dengan sebuah probabilitas crossover, penyilangan parents dilakukan untuk membentuk offspring (keturunan) yang baru. Jika tidak ada crossover yang terbentuk, offspring yang terbentuk adalah murni salinan dari orang tuanya.
 - 3) [Mutation] Dengan sebuah probabilitas mutasi, offspring yang baru terbentuk dimutasi pada setiap locus (posisi dalam kromosom).
 - 4) [Accepting] Tempatkan offspring yang baru pada populasi baru.
- d) [Replace] Gunakan generasi populasi yang baru untuk replikasi algoritma berikutnya.
- e) [Test] Jika kondisi akhir sudah memenuhi syarat, Stop, kembali ke solusi terbaik dalam populasi tersebut.
- f) [Loop] Kembali ke Langkah b.

3. Hasil Dan Pembahasan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data asumsi untuk satu kendaraan dengan tiga rute. Simpul atau titik-titik kota dilambangkan dengan A, A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆, A₇, A₈, A₉. Berikut adalah *graph* yang menunjukkan rute menuju ke pelanggan.



- A = Jln. Beringin (Pelanggan)
- A₁ = Jln. Bali
- A₂ = Jln. Tanjung Pinggir
- A₃ = Jln. Terminal Baru
- A₄ = Jln. Medan
- A₅ = Jln. Sisingamangaraja
- A₆ = Jln. Terminal Lama
- A₇ = Jln. Kartini
- A₈ = Jln. Merdeka
- A₉ = Jln. Ade Irma
- Depot = Gudang Barang

Berdasarkan data di atas, maka dilakukan pencarian rute terpendek perjalanan kendaraan dengan cara :

- 1) Generasi = 0
- 2) Populasi awal yaitu A - A₁ - A₂ - A₃ - A₄ - A₅ - A₆ - A₇ - A₈ - A₉

Kromosom-kromosomnya adalah :

Kromosom/Rute 1 : Depot - A₁ - A₂ - A₃ - A₄ - A

Kromosom/Rute 2 : Depot - A₁ - A₅ - A₆ - A₄ - A

Kromosom/Rute 3 : Depot - A₇ - A₈ - A₉ - A₄ - A

- 3) Nilai *fitness* dan probabilitas dari setiap kromosom :

Kromosom/Rute 1 : Depot - A₁ - A₂ - A₃ - A₄ - A

- a) Jarak tempuh tiap jalur (Z_i)

$$A_1 = 1 \text{ Km}$$

$$A_2 = 2 \text{ Km}$$

$$A_3 = 2,5 \text{ Km}$$

$$A_4 = 1 \text{ Km}$$

$$A = 3 \text{ Km}$$

- b) Total jarak dari seluruh jalur

$$\sum_{i=1}^n Z_i = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A$$

$$= 1 + 2 + 2,5 + 1 + 3 = 9,5 \text{ Km}$$

- c) Nilai *fitness* tiap jalur (f_i)

$$f_i = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{Z_i}$$

$$f_1 = 9,5/1 = 9,5$$

$$f_2 = 9,5/2 = 4,75$$

$$f_3 = 9,5/2,5 = 3,8$$

$$f_4 = 9,5/1 = 9,5$$

$$f = 9,5/3 = 3,17$$

- d) Total *fitness*

$$\sum_{i=1}^n f_i = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f$$

$$= 9,5 + 4,75 + 3,8 + 9,5 + 3,17 = 30,72$$

- e) Probabilitas tiap jalur (p_i)

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

$$p_1 = 9,5/30,72 = 0,3$$

$$p_2 = 4,75/30,72 = 0,15$$

$$p_3 = 3,8/30,72 = 0,12$$

$$p_4 = 9,5/30,72 = 0,3$$

$$p = 3,17/30,72 = 0,1$$

f) Probabilitas kumulatif tiap jalur (q_i)

$$\begin{aligned} q_i &= \sum_{i=1}^n p_i \\ &= p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p \\ &= 0,3 + 0,15 + 0,12 + 0,3 + 0,1 = \mathbf{0,97} \end{aligned}$$

Kromosom/Rute 2 : Depot - A₁ - A₅ - A₆ - A₄ - A

g) Jarak tempuh tiap jalur (Z_i)

$$\begin{aligned} A_1 &= 1 \text{ Km} \\ A_5 &= 0,5 \text{ Km} \\ A_6 &= 3 \text{ Km} \\ A_4 &= 3 \text{ Km} \\ A &= 3 \text{ Km} \end{aligned}$$

h) Total jarak dari seluruh jalur

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Z_i &= A_1 + A_5 + A_6 + A_4 + A \\ &= 1 + 0,5 + 3 + 3 + 3 = 10,5 \text{ Km} \end{aligned}$$

i) Nilai *fitness* tiap jalur (f_i)

$$\begin{aligned} f_i &= \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{Z_i} \\ f_1 &= 10,5/1 = 10,5 \\ f_5 &= 10,5/0,5 = 21 \\ f_6 &= 10,5/3 = 3,5 \\ f_4 &= 10,5/3 = 3,5 \\ f &= 10,5/3 = 3,5 \end{aligned}$$

j) Total *fitness*

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n f_i &= f_1 + f_5 + f_6 + f_4 + f \\ &= 10,5 + 21 + 3,5 + 3,5 + 3,5 = 42 \end{aligned}$$

k) Probabilitas tiap jalur (p_i)

$$\begin{aligned} p_i &= \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \\ p_1 &= 10,5/42 = 0,25 \\ p_5 &= 21/42 = 0,5 \\ p_6 &= 3,5/42 = 0,08 \\ p_4 &= 3,5/42 = 0,08 \\ p &= 3,5/42 = 0,08 \end{aligned}$$

l) Probabilitas kumulatif tiap jalur (q_i)

$$\begin{aligned} q_i &= \sum_{i=1}^n p_i \\ &= p_1 + p_5 + p_6 + p_4 + p \\ &= 0,25 + 0,5 + 0,08 + 0,08 + 0,08 = \mathbf{0,99} \end{aligned}$$

Kromosom/Rute 3 : Depot - A₇ - A₈ - A₉ - A₄ - A

m) Jarak tempuh tiap jalur (Z_i)

$$\begin{aligned} A_7 &= 1 \text{ Km} \\ A_8 &= 1 \text{ Km} \\ A_9 &= 3 \text{ Km} \\ A_4 &= 4 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$A = 3 \text{ Km}$$

n) Total jarak dari seluruh jalur

$$\sum_{i=1}^n Z_i = A_7 + A_8 + A_9 + A_4 + A$$

$$= 1 + 1 + 3 + 4 + 3 = 12 \text{ Km}$$

o) Nilai *fitness* tiap jalur (f_i)

$$f_i = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{Z_i}$$

$$f_7 = 12/1 = 12$$

$$f_8 = 12/1 = 12$$

$$f_9 = 12/3 = 4$$

$$f_4 = 12/4 = 3$$

$$f = 12/3 = 4$$

p) Total *fitness*

$$\sum_{i=1}^n f_i = f_7 + f_8 + f_9 + f_4 + f$$

$$= 12 + 12 + 4 + 3 + 4 = 35$$

q) Probabilitas tiap jalur (p_i)

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

$$p_7 = 12/35 = 0,342$$

$$p_8 = 12/35 = 0,342$$

$$p_9 = 4/35 = 0,114$$

$$p_4 = 3/35 = 0,085$$

$$p = 4/35 = 0,114$$

r) Probabilitas kumulatif tiap jalur (q_i)

$$q_i = \sum_{i=1}^n p_i$$

$$= p_7 + p_8 + p_9 + p_4 + p$$

$$= 0,342 + 0,342 + 0,114 + 0,085 + 0,114 = \mathbf{0,99}$$

4) Perbandingan probabilitas kumulatif tiap kromosom

Kromosom 1 / Rute 1 = 0,97

Kromosom 2 / Rute 2 = 0,99

Kromosom 3 / Rute 3 = 0,99

5) Hasil terbaik perbandingan

Hasil terbaik adalah kromosom 1 / rute 1 dengan probabilitas terkecil yaitu 0,97 dan memiliki jarak paling pendek yaitu 9,5 Km dibandingkan kromosom 2/ rute 2 dan kromosom 3 / rute 3.

Untuk pencarian waktu terkecil ditentukan berdasarkan jarak dibagi dengan kecepatan dalam melewati rute-rute yang sudah ditentukan, dapat dicari dengan kriteria :

a. Kromosom 1/Rute 1 : Depot - A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A

Dimana :

$$A_1 = 1/40 = 0,025$$

$$A_2 = 2/50 = 0,04$$

$$A_3 = 2,5/50 = 0,05$$

$$A_4 = 1/50 = 0,02$$

$$A = 3/30 = 0,1$$

$$0,025 + 0,04 + 0,05 + 0,02 + 0,1 = 0,235 \text{ jam} = 14,1 \text{ menit}$$

b. Kromosom 2/Rute 2 : Depot - A_1 - A_5 - A_6 - A_4 - A

Dimana :

$$A_1 = 1/40 = 0,025$$

$$A_5 = 0,5/40 = 0,0125$$

$$A_6 = 3/40 = 0,075$$

$$A_4 = 3/50 = 0,06$$

$$A = 3/30 = 0,1$$

$$0,025 + 0,0125 + 0,075 + 0,06 + 0,1 = 0,2725 \text{ jam} = 16,35 \text{ menit}$$

c. Kromosom 3/Rute 3 : Depot - A_7 - A_8 - A_9 - A_4 - A

Dimana :

$$A_7 = 1/20 = 0,05$$

$$A_8 = 1/35 = 0,028$$

$$A_9 = 3/35 = 0,085$$

$$A_4 = 4/40 = 0,1$$

$$A = 3/30 = 0,1$$

$$0,05 + 0,028 + 0,085 + 0,1 + 0,1 = 0,363 \text{ jam} = 21,78 \text{ menit}$$

Kromosom 1/rute 1 memiliki waktu tercepat yaitu 0,235 jam atau 14,1 menit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *vehicle routing problem* dapat diselesaikan dengan algoritma genetika. Pencarian rute terpendek perjalanan kendaraan dan waktu tercepat merupakan solusi dari permasalahan VRP. Rute terpendek dan waktu tercepat pada contoh kasus adalah untuk rute terpendek adalah kromosom 1 / rute 1 dengan probabilitas terkecil yaitu 0,97 dan memiliki jarak paling pendek yaitu 9,5 Km. Untuk waktu tercepat adalah kromosom 1/rute 1 memiliki waktu tercepat yaitu 0,235 jam atau 14,1 menit.

Daftar Pustaka

- [1] W. Tanujaya, D. R. S. Dewi, and D. Endah, "Penerapan Algoritma Genetik Untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing Di Pt.Mif," *Widya Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 92–102, 2013, [Online]. Available: <http://journal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/163>.
- [2] A. Desiana, A. Ridwan, and R. Aurachman, "Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Minimasi Total Biaya Transportasi Pada Pt Xyz Dengan Metode Algoritma Genetika," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 2566–2574, 2016.
- [3] U. A. . Taqiyah, "Aplikasi Algoritma Genetika Pada Kasus Vehicle Routing Problem With Time Windows," Universitas Jember, 2017.
- [4] A. S. Slamet, H. H. Siregar, and A. Kustiyo, "Vehicle Routing Problem (Vrp) Dengan Algoritma Genetika Pada Pendistribusian Sayuran Dataran Tinggi," pp. 1–10, 2014.
- [5] I. Yusuf, M. S. Baba, and N. Iksan, "Applied genetic algorithm for solving rich VRP," *Appl. Artif. Intell.*, vol. 28, no. 10, pp. 957–991, 2014, doi: 10.1080/08839514.2014.927680.
- [6] V. Windya and S. Saptadi, "Pemilihan Rute Terpendek Dalam Proses Distribusi Menggunakan Metode VRP Dengan Algoritma Genetika Di PT. Tirta Investama Danone AQUA," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 8, no. 3, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/24290>.
- [7] B. M. Baker and M. . Ayeche, "A Genetic Algorithm for The Vehicle Routing Problem," *Comput. Oper. Res.*, 2003.
- [8] M. W. Saputri, W. F. Mahmudy, and D. E. Ratnawati, "Optimasi Vehicle Routing Problem With Time Window (VRPTW) Menggunakan Algoritma Genetika Pada Distribusi Barang," *DORO Repos. J. Mhs. PTIIK Univ. Brawijaya*, vol. 5, no. 12, pp. 1–10, 2015.
- [9] D. Sundarningsih, W. F. Mahmudy, and Sutrisno, "Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Studi Kasus Air Minum Kemasan," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 2, pp. 100–107, 2017.

- [10] E. G. Goodaire and M. M. Parmenter, *Discrete Mathematics with Graph Theory*, 2nd ed. Prentice Hall, 2002.
- [11] P. Toth and D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Siam, 2002.
- [12] R. Aditia, F. Prasodjo, and I. Ritonga, "Pencarian Jalur Dengan Breadth First Search Dan Depth First Search," *Makal. IF2251 Strateg. Algoritm.*, 2008.
- [13] D. A. Suprayogi and W. F. Mahmudy, "Penerapan Algoritma Genetika Traveling Salesman Problem with Time Window: Studi Kasus Rute Antar Jemput Laundry," *J. Buana Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 121–130, 2015, doi: 10.24002/jbi.v6i2.407.
- [14] A. Basuki, "Strategi Menggunakan Algoritma Genetika," Politeknik Elektronika Negeri Surabaya PENSITS.