



Optimasi Jalur Distribusi Menggunakan Pendekatan Algoritma Genetika

Arie Saputra^{1*}, Desi Fadhillah²

^{1,2}Universitas Teuku Umar, Jln Kampus Alpen Kec. Meurebo Kab. Aceh Barat

*Corresponding author: arie.saputra@utu.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 21-10-2024

Revision: 29-10-2024

Accepted: 30-10-2024

Keywords:

Distribution Optimization

Vehicle Routing Problem

Genetic Algorithm

ABSTRACT

Management and planning of transportation distribution channels are important in increasing the company's operational efficiency. Optimal distribution arrangements can reduce transportation costs and time, as well as increase product competitiveness in the market. One method used to determine the best distribution route is the Traveling Salesman Problem (TSP), which helps companies achieve maximum efficiency. This research was carried out at the AMDK CV company. Tirta Naga Lestari (TNL) as a case study to analyze product distribution to 11 locations in Aceh. Unplanned product distribution causes high shipping costs. A genetic algorithm (GA) approach is used to find the optimal distribution route. Previous research shows that GA effectively solves complex transportation problems, such as Vehicle Routing Problems (VRP) and transportation scheduling. This research is a development of the use of the GA method for multiple routing case studies where a route repetition process occurs. This is interesting because previous studies only focused on developing GA methods for single or multiple routing cases but there was no route repetition process (looping). This research aims to determine the optimal distribution path for cases with multiple routing and repetition of the same route. The different constraints of the solved cases require a more adaptive GA approach. From the results obtained, it is proven that it can minimize total distribution costs of IDR 2,900,000,- with an efficiency of 37.52%. This study is proven to be able to use the GA approach to solve multiple routing problems with route repetition, thus helping to find optimal route solutions that are more efficient for product distribution.

1. PENDAHULUAN

Manajemen dan perencanaan jalur distribusi yang baik memiliki hubungan yang sangat erat dengan efektifitas dan efisiensi operasional perusahaan [1]. Pengaturan jalur distribusi yang optimal memiliki peran yang sangat penting karena distribusi adalah salah satu aspek kunci dalam rantai pasokan (supply chain) [2]. Jalur distribusi mencakup seluruh proses yang membawa produk dari pabrik atau gudang hingga sampai ke tangan konsumen akhir. Pengaturan yang baik pada jalur distribusi dapat meningkatkan efisiensi, menekan biaya, dan memastikan produk sampai tepat waktu [3]. Pemilihan rute distribusi (Travelling Salesmen Problem) atau TSP yang tepat membantu perusahaan mencapai tingkat efisiensi maksimum dalam distribusi, sehingga dapat mengurangi biaya, waktu dan jarak dalam transportasi [4]. TSP menjadi penting bagi suatu perusahaan karena itu berkaitan dengan bagaimana perusahaan pada akhirnya menekan biaya Harga Pokok Produksi (HPP) sehingga menjadi kompetitif dipasaran [5].

Manajemen jalur distribusi yang dalam penelitian ini merupakan implementasi dari pemecahan masalah yang ada pada CV. Tirta Naga Lestari di (TNL) Kabupaten Nagan Raya Provinsi Aceh. TNL memiliki 11 lokasi distribusi berdasarkan jangkauan sales untuk membantu memudahkan proses distribusi produk dari produsen hingga ke konsumen. Area pendistribusian tentu memiliki jarak rute yang berbeda-beda sehingga driver harus menentukan jalur yang optimal dan bisa meminimasi biaya pengiriman. Penentuan cara pendistribusian yang tepat berdasarkan jalur optimal akan sangat mempengaruhi nilai Harga Jual Pokok (HPP) produk. Hal ini tentu akan sangat berkorelasi dengan tingkat *komptetiveness* perusahaan dengan perusahaan ari minum dalam kemasan (AMDK) lainnya. Sistem distribusi produk yang dilakukan selama ini oleh TNL masih bersifat sporadis berdasarkan pesanan tanpa membuat jadwal, rute dengan memperhitungkan kapasitas moda transportasi dan jalur tempuh. Secara rata rata selama ini dibutuhkan biaya

total senilai Rp 7.730.000,- untuk sekali jadwal distribusi. Nilai tersebut dibutuhkan untuk melayani 11 lokasi yakni Gudang Padang Manyang (GPM), gudang Suak Puntong (GSP), Gudang Lapang (GP), Gudang Meurebou (GM), Gudang Teunom (GT), Gudang Krueng Sabee (GSK), Gudang Darul Makmur (GDM), Gudang Babahrot (GB), Gudang Blang Pidie (GBP), Gudang Meukek (GMK) dan Gudang Tapak Tuan (GTT). Selain pengaturan distribusi yang tidak terencana dengan baik, selama ini juga perusahaan belum pernah melakukan kajian terkait apakah nilai biaya distribusi tersebut sudah optimal. Indikasi lain menunjukkan bahwa seringkali kapasitas moda transportasi tidak optimal pada setiap jadwal distribusi.

Melalui metode branch and bound dalam menentukan rute jalur distribusi terbukti mampu secara empirik mendapatkan nilai jarak tempuh rute yang optimal yaitu 75.63 km untuk kasus perusahaan AMDK CV. Telaga Mulya di Yogyakarta [6]. Pada penelitian lainnya melalui pendekatan algoritma Genetika atau Genetic Algorithm (GA) membuktikan mampu menyelesaikan permasalahan transportasi di PT. Mual Natio Maju Bersama. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan mencari solusi jalur terpendek [7]. Di sisi lain, melalui optimasi metode pemecahan masalah yaitu hibridasi metode GA dengan *Tabu search* menunjukkan mampu menyelesaikan permasalahan TSP. Adapun tahapan agar sistem dapat diimplementasikan, yaitu analisis melakukan pengumpulan data, menganalisis kebutuhan, perancangan dan pemodelan sistem. Setelah tahapan tersebut dilaksanakan penelitian ini mampu menghasilkan sebuah sistem yang dapat menyelesaikan permasalahan Travelling Salesman Problem dengan kasus simetris [8].

Manajemen transportasi adalah bagian penting dari logistik dan rantai pasok yang bertujuan untuk memastikan perpindahan barang, jasa, atau orang dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cara yang efisien, aman, dan terjangkau. Manajemen transportasi mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan terhadap perpindahan barang dan jasa dari titik asal ke titik tujuan [9]. Manajemen transportasi diperlukan sebagai bagian dari proses pengelolaan semua aktivitas yang diperlukan untuk menggerakkan barang dari pemasok ke pelanggan dengan memaksimalkan efisiensi biaya [10]. Transportasi adalah bagian penting dari rantai pasokan karena memungkinkan pergerakan bahan mentah, setengah jadi, dan barang jadi antara tahapan produksi dan distribusi. Tugas transportasi tidak hanya memungkinkan barang berpindah secara fisik, tetapi juga menghasilkan nilai tambah dengan memastikan bahwa barang tiba di tempat dan waktu yang dibutuhkan [11]. Beberapa pendekatan strategi yang digunakan dalam manajemen transportasi adalah dengan optimalisasi rute tempuh moda transportasi [12], konsolidasi lot size distribusi [13] dan pemantauan waktu nyata, optimasi rute, serta pelacakan pengiriman melalui pemanfaatan perangkat lunak transportasi [14]. Perusahaan harus menyesuaikan sistem transportasi mereka untuk mendukung operasi lintas batas, termasuk manajemen risiko seperti perubahan regulasi dan ketidakpastian politik, karena globalisasi memperluas jaringan rantai pasok dan memperumit manajemen transportasi [15].

Algoritma Genetika atau genetic algorithm (GA), yang terinspirasi oleh evolusi biologis, menggunakan prinsip-prinsip seleksi alam, mutasi, rekombinasi, dan pewarisan untuk menghasilkan solusi atau pendekatan terbaik untuk berbagai masalah kompleks. Untuk menyelesaikan masalah transportasi, GA telah terbukti sangat efektif. Ini terutama berlaku untuk masalah optimasi yang melibatkan banyak variabel dan kendala, seperti penjadwalan transportasi, pemilihan moda transportasi, dan masalah rute transportasi (juga dikenal sebagai VRP). Beberapa masalah transportasi yang dapat diselesaikan menggunakan GA meliputi: 1) Masalah Rute Kendaraan (Vehicle Routing Problem yaitu Menentukan rute optimal bagi armada kendaraan yang harus mengunjungi sejumlah pelanggan dengan berbagai batasan seperti kapasitas kendaraan, waktu kunjungan, dan biaya. 2) Travelling Salesman Problem (TSP) yaitu Mencari rute terpendek bagi seorang penjual yang harus mengunjungi sejumlah kota dan kembali ke kota asal. 3) Penjadwalan Transportasi yaitu Menentukan jadwal pengiriman barang atau layanan transportasi dengan mempertimbangkan faktor waktu dan biaya serta 4) Optimasi Moda Transportasi yang bertujuan untuk Memilih moda transportasi yang paling efisien dari segi [16].

Penelitian ini merupakan pengembangan penyelesaian kasus transportasi melalui pendekatan GA. Penelitian sebelumnya pada umumnya menyelesaikan permasalahan rute transportasi untuk *single routing* dengan tanpa pengulangan rute yang sama. Fokus penelitian sebelumnya lebih kepada pengembangan metode pendekatan seperti menggabungkan GA dengan cloud computing [17]. Di sisi lain penyelesaian permasalahan rute transportasi dengan pendekatan GA juga digunakan dengan mengkombinasikan nilai kapasitas produksi yang lebih adaptif sehingga akan berpengaruh terhadap fleksibilitas jadwal pengiriman dan kapasitas moda transportasi [18]. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menyelesaikan kasus penentuan rute transportasi dimana butuh perulangan (looping) rute tempuh moda transportasi. Sehingga nilai parent dalam gen dan mutasi pada studi kasus penelitian ini perlu dilakukan beberapa penyesuaian.

Tujuan dari penelitian adalah memberikan solusi rute optimal untuk jalur distribusi pada kasus rute ganda atau *multiple routing*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dalam menyelesaikan permasalahan penentuan rute transportasi yang optimal sehingga biaya distribusi produk bisa diminimalisir. Basis data yang digunakan adalah jarak tempuh, jalur distribusi, jumlah pasokan, kapasitas moda transportasi dan lokasi yang dilayani (*node*). Langkah selanjutnya adalah menentukan inisialisasi populasi awal serta jarak yang ditempuh oleh supir selama satu kali distribusi. Selanjutnya dilakukan proses pengacakan sehingga mendapatkan beberapa kromosom dengan jarak yang sudah di acak. setiap rute menjalani proses evaluasi untuk mendapatkan nilai fitness dari masing-masing rute pertama, melakukan perhitungan jarak rute semua kromosom yang telah dibangkitkan. Setiap individu dihitung jarak totalnya. Kemudian dihitung nilai

fitness dengan menentukan inversi total jarak dari rute yang didapatkan. Inisialisasi Populasi. Berikut ini rumus untuk perhitungan jarak rute semua kromosom melalui formulasi berikut ini.

$$r_{ij} = (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2})$$

dengan:

- r_{ij} = Jarak dari titik i ke j, untuk setiap i,j
- x_1 = Titik-titik koordinat x pada titik i
- x_2 = Titik-titik koordinat x pada titik j
- y_1 = Titik-titik koordinat y pada titik i
- y_2 = Titik-titik koordinat y pada titik j

Langkah selanjutnya adalah dengan menentukan proses seleksi kromosom. Proses ini dilakukan agar individu terbaik tetap ada dan tidak hilang ataupun rusak saat terjadi proses genetis seperti *crossover* (persilangan) dan mutasi. Pasangan rute awal akan dilakukan pindah silang yang berguna untuk mendapatkan rute baru atau keturunan baru. Metode seleksi yang digunakan adalah *Roulette Wheel* dengan rumus untuk menentukan *fitness* relatifnya adalah sebagai berikut :

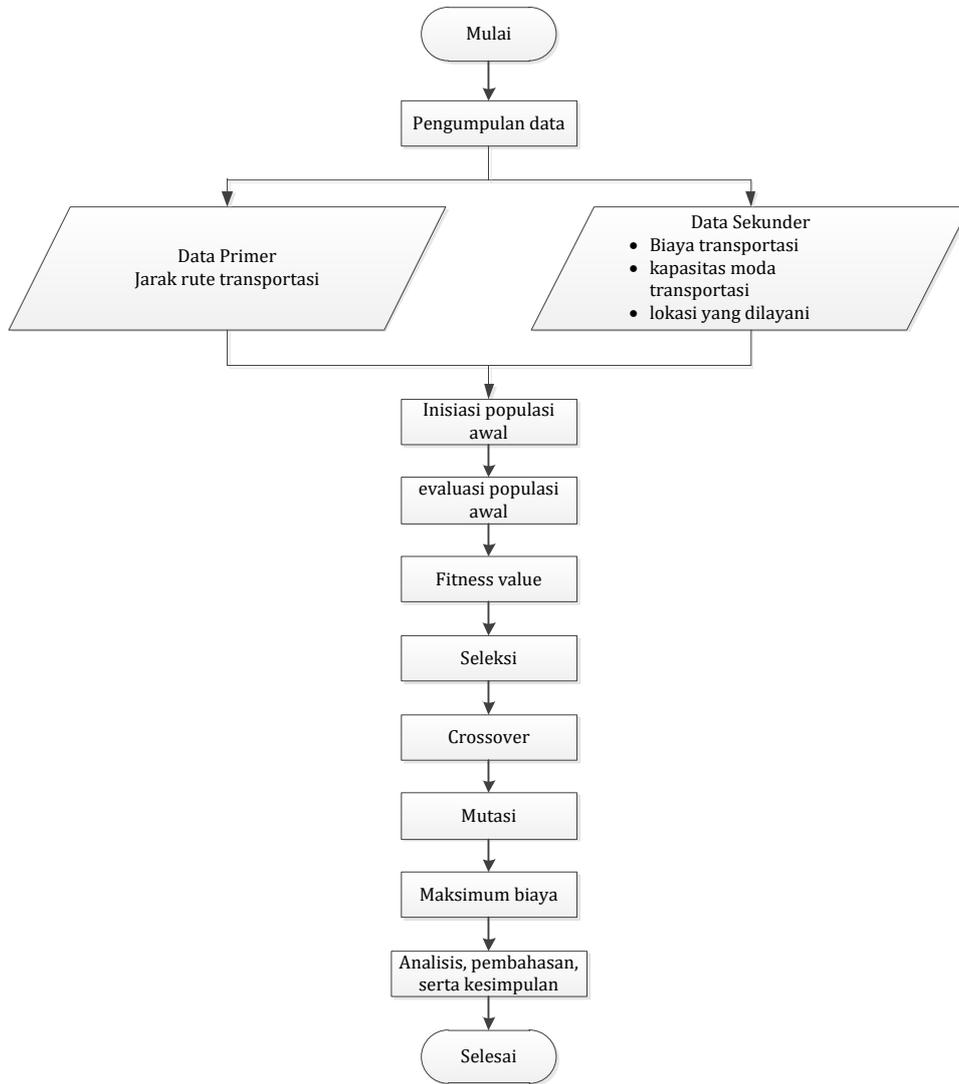
$$P_k = (evaluasi (V_k)) / (Total fitness)$$

Dimana :

- P = Nilai *fitness* relative dari masing-masing kromosom
- F = Nilai *fitness* dari masing-masing kromosom.

Tahapan seleksi individu dilanjutkan dengan melakukan *Crossover* Pada proses ini rute baru yang dihasilkan dari proses *crossover* selanjutnya akan dilakukan proses mutasi. proses mutasi dilakukan pada rute hasil pindah silang dengan tujuan untuk memperoleh pasangan rute awal sebagai kandidat solusi pada rute baru dengan *fitness* yang lebih baik, dan lama-kelamaan menuju solusi optimal yaitu jarak terpendek.

Proses mutasi (*Mutation*) dilakukan setelah proses *crossover* didapatkan generasi yang selanjutnya akan diproses. Mutasi. Skema mutasi yang digunakan adalah *swapping mutation*. Untuk semua gen yang ada, jika bilangan random yang dibangkitkan [0,1) kurang dari probabilitas mutasi yang ditentukan, maka nilai gen tersebut akan ditukarkan dengan nilai gen yang lain yang dipilih secara acak. Pasangan rute baru yang dihasilkan akan digunakan untuk membentuk populasi baru pada generasi kedua. Gambar 1 merupakan sistematika aliran penelitian ini dilaksanakan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah terakhir adalah menentukan nilai maksimum biaya. Pada tahap ini adalah proses perhitungan biaya yang optimal berdasarkan data hasil penelitian, adapun data yang diperlukan berupa total jarak, total permintaan konsumen serta total biaya yang diperlukan dalam proses pendistribusian Air Mineral CV.Tirta Nagan Lestari. Adapun rumus untuk menghitung rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$BP = TB / (TP \cdot TJ)$$

Dimana :

BP = Biaya Pengiriman (Rp)

TB = Total Biaya Pengiriman (Rp)

TP= total permintaan

TJ = total jarak

TP = Total Permintaan (Unit)

TJ = Total Jarak (Km)

Penelitian dilaksanakan pada salah satu perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Kabupaten nagan raya. Penentuan jarak rute tempuh diambil berdasarkan jarak pada *google maps* melalui penentuan titik koordinasi layanan dan suply yaitu CV TNL secara langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 11 lokasi yang dilayani oleh TNL (seperti bisa dilihat pada tabel 1, menghasilkan nilai total biaya transportasi Rp 7.730.000,-. Tabel 1 menjelaskan data hasil pengamatan terhadap distribusi pengiriman Air Mineral pada CV.Tirta Nagan Lestari. Data tersebut terdiri dari permintaan konsumen, jarak (km) serta biaya total dalam pengiriman barang tersebut. Dalam proses pengiriman CV.Tirta Nagan Lestari hanya mengangkut (Load Size) 850 kota per truk dan hanya digunakan satu truckserta satu supir dalam proses pengiriman barang tersebut, sehingga dari tabel tersebut mendapatkan total permintaan sebesar 6575 kotak, total jarak 849,4 km.

Tabel 1. Rekapitulasi nilai jarak, kapasitas permintaan dan lokasi yang dilyani

No	Rute	Permintaan	Jarak (km)	Biaya
1	Gudang-Padang Panyang	850	5,8	Rp 200.000,00
2	Gudang-Suak Puntong	500	11,9	Rp 260.000,00
3	Gudang-Lapang	800	26,3	Rp 355.000,00
4	Gudang-Meurebo	700	19,8	Rp 300.000,00
5	Gudang-Teunom	650	76,7	Rp 900.000,00
6	Gudang-Krueng Sabe	625	111	Rp 750.000,00
7	Gudang-Darul Makmur	850	44,6	Rp 450.000,00
8	Gudang-Babahrot	550	82,3	Rp 750.000,00
9	Gudang-Blangpidie	300	107	Rp 865.000,00
10	Gudang- Meukek	350	181	Rp 1.400.000,00
11	Gudang-Tapaktuan	400	183	Rp 1.500.000,00
Total		6575	849,4	Rp 7.730.000,00

Dari tabel 1 kemudian dilakukan simulasi rute tepuh moda transportasi untuk melayani 11 lokasi permintaan. Dari hasil simulasi didapatkan proses perulangan rute karena kondisi wilayah dan geografis. Rekapitulasinya bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Jarak tempuh moda transportasi ke pusat layanan (km)

Ke Dari	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	5,8	11,9	26,3	19,8	76,7	111	44,6	82,3	107	181	183
1	5,8	0	14,7	29,1	22,6	79,6	114	43,3	74,6	99,6	174	176
2	11,9	14,7	0	16	9,6	66,5	101	61,4	85,8	111	185	187
3	26,3	29,1	16	0	5,5	61,2	89,5	74,8	99,2	124	198	201
4	19,8	22,6	9,6	5,5	0	57,7	92,5	69,3	93,7	119	193	195
5	76,7	79,6	66,5	61,2	57,7	0	34,4	126	151	176	250	252
6	111	114	101	89,5	92,5	34,4	0	160	185	210	284	286
7	44,6	43,3	61,4	74,8	69,3	126	160	0	25,5	50,5	125	127
8	82,3	74,6	85,8	99,2	93,7	151	185	25,5	0	25	99,2	101
9	107	99,6	111	124	119	176	210	50,5	25	0	74,6	76,7
10	181	174	185	198	193	250	284	125	99,2	74,6	0	2,1
11	183	176	187	201	195	252	286	127	101	76,7	2,1	0

Keterangan :

- Dari = Titik Awal Pengiriman
- Ke = Tujuan Pengiriman
- 0 = Gudang Distribusi
- 1 = Padang Panyang
- 2 = Suak Puntong
- 3 = Lapang
- 4 = Meurebo
- 5 = Teunom
- 6 = Krueng Sabee
- 7 = Darul Makmur
- 8 = Babahrot
- 9 = BlangPidie
- 10 = Meukek
- 11 = Tapaktuan

Proses inialisasi awal dilakukan dengan cara mengambil *parent* sebanyak jumlah *popsi*, kemudian mengacak nilai individu pada masing-masing *parent* yang sudah didapatkan. Generasi populasi awal bisa dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Generasi Populasi Awal

Kromosom	Rute
1	0 3 6 7 8 1 5 4 2 9 0
2	0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0
3	0 4 2 6 7 8 1 3 9 5 0
4	0 2 3 5 1 8 6 7 9 4 0
5	0 2 5 3 7 8 6 1 9 4 0

Tabel diatas merupakan tabel yang berisi rute yang telah diacak sehingga dipilih 5 rute yang nantinya akan dihitung total jarak pada tahapselanjutnya. Setiap kromosom menjalani proses evaluasi untuk mendapatkan nilai fitness dari masing masing kromosom. Tahapan ini dilakukan untuk mendaatkan populasi awal yang akan menjadi inisiasi proses selanjutnya. Dari tahapan ini didapatkan nilai fitness value yang diinginkan untuk masing-masing jarak rute tempuh.

Tabel 5. Fitness value rute tempuh

K	Rute	Jarak(km)	Fitness
1	0 3 6 7 8 1 5 4 2 9 0	741	0,0013
2	0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0	627	0,0016
3	0 4 2 6 7 8 1 3 9 5 0	796	0,0013
4	0 2 3 5 1 8 6 7 9 4 0	778	0,0013
5	0 2 5 3 7 8 6 1 9 4 0	777	0,0013
Total		3719	0,0068

Sehingga, diperoleh kesimpulan akhir nilai kromosom ke 2 memiliki fitness value paling tinggi pada generasi ke-1 ini yaitu 0,0016 dengan susunan kromsom (0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0). Jarak rute yang didapatkan pada kromosom ini adalah 627 km. Total fitness seluruh kromosom pada populasi adalah 0,0068 Kemudian dihitung nilai fitness relatif setiap kromosom. Selanjutnya hitung fitness kumulatif dari setiap fitness relative yang telah ditetapkan : $kromosom\ 1 = \sum_{j=1}^k (j \rightarrow k) p_k$ didapatkan nilai 0,200194971.

Selanjutnya, melakukan proses Seleksi Elitisme dan Roulette Wheel (Roda Roulette) dimana metode ini semua kromosom (individu) dalam populasi ditempatkan pada roda roulette berdasarkan proporsi nilai fitness. Pertama, melakukan proses Elitisme dengan memindahkan kromosom terbaik, yakni kromosom ke-2 dengan susunan kromosom = (0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0) ke sebuah populasi. Proses ini dilakukan bertujuan agar individu terbaik tetap ada dan tidak hilang maupun rusak saat terjadi proses genetis berupa crossover (pindah silang) dan mutasi. Kedua, membangkitkan bilangan acak R(i) antara 0 sampai 1 dengan $i = 3, \dots, 30$. Melalui proses mutasi dan kawin silang diperoleh populasi individu baru seperti bisa dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Populasi baru

K	Rute	Jarak
V1	0 3 6 7 8 1 5 4 2 9 0	26,3+ 89,5+160 +25,5+74,6+79,6+57,7+9,6+111+107 =741
V2	0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0	107+50,5+69,3+93,7+74,6+14,7+66,5+34,4+89,5+26,3=627
V3	0 4 2 6 7 8 1 3 9 5 0	19,8+9,6+101+160+25,5+74,6+29,1+124+176+76,7=796
V4	0 2 3 5 1 8 6 7 9 4 0	11,9+6+61,2+79,6+74,6+185+160+50,5+119+19,8=778
V5	0 2 5 3 7 8 6 1 9 4 0	11,9+66,5+61,2+74,8+25,5+185+114+99,6+114+19,8=777
V6	0 4 6 7 2 8 1 3 9 5 0	19,8+92,5+160+61,4+85,8+74,6+29,1+124+176+76,7=900
V7	0 4 8 6 7 1 5 3 2 9 0	19,8+93,7+185+160+43,3+79,6+61,2+16+111+107=877
V8	0 9 6 7 8 1 5 4 2 3 0	107+210+160+25,5+74,6+79,6+57,7+9,6+16+26,3=766

Dari hasil evaluasi generasi ke-1 diperoleh kromosom terbaik ada pada kromosom ke-2 dengan nilai fitness adalah 0,0016 dan panjang rute yang ditempuh adalah sebesar 627 km. Adapun sirkuit terbaik yang dilalui yaitu sebagai berikut : (0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0). Penentuan biaya pengiriman dihitung berdasarkan total jumlah permintaan yang ada pada Tabel 1 sehingga didapatkan hasil dari total biaya distribusi yang paling optimal adalah Rp 4. 830.000 berdasarkan kemungkinan rute yang sudah diseleksi sebagaimana terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Total biaya distribusi dar kemungkinan pilihan seleksi rute

Kromosom	Rute	Biaya
1	0 3 6 7 8 1 5 4 2 9 0	Rp 5.730.000,00
2	0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0	Rp 4.830.000,00
3	0 4 2 6 7 8 1 3 9 5 0	Rp 4.900.000,00
4	0 2 3 5 1 8 6 7 9 4 0	Rp 4.950.000,00
5	0 2 5 3 7 8 6 1 9 4 0	Rp 5.200.000,00
6	0 4 6 7 2 8 1 3 9 5 0	Rp 6.000.000,00
7	0 4 8 6 7 1 5 3 2 9 0	Rp 6.500.000,00
8	0 9 6 7 8 1 5 4 2 3 0	Rp 5.800.000,00

Dari rangkaian tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya maka dapat diketahui melalui proses inisiasi kromosom dan gen pada setiap individu maka bisa ditentukan nilai rute yang paling optimal untuk mendapatkan nilai biaya distribusi seminimal mungkin. Pada proses seleksi menggunakan seleksi Elitisme dengan memindahkan kromosom terbaik, yakni kromosom ke-2 dengan susunan kromosom (7 9 0 4 8 1 2 5 6 3 7) ke sebuah populasi. Proses ini dilakukan bertujuan agar individu terbaik tetap ada dan tidak hilang maupun rusak saat terjadi proses genetis berupa crossover (pindah silang) dan mutasi. Sehingga akan dilakukan bilangan acak dan membentuk calon induk crossover yaitu V1 dan V3. Calon induk crossover akan dilakukan pertukaran sub antara sub V1 dan sub V3 sehingga menghasilkan anak dari pemetaan yaitu V6, V7, V8. Pada V1 dan V3 terdapat bilangan yang sama sehingga ditukarkan dengan bilangan lain dengan aturan angka 3 hanya bisa diganti dengan 0 begitu juga sebaliknya serta angka 8 hanya bisa diganti dengan 2 begitu juga sebaliknya. Selain itu, V8 dihasilkan dari susunan gen V1 yang diacak nilai 3 ditukar menjadi 9 dan nilai 9 menjadi tiga sehingga membentuk anak hasil pemetaan yaitu V8. Setelah diurutkan kromosom dari terkecil hingga terbesar, maka didapatkan hasil dari kromosom terbaik yaitu pada kromosom V2 atau kromosom ke-2 pada generasi-1 dengan total jarak 6 dengan nilai fitness adalah 0,0016 dan panjang rute yang ditempuh adalah sebesar 626 km. Adapun sirkuit terbaik yang dilalui yaitu sebagai berikut (7 9 0 4 8 1 2 5 6 3 7).

4. KESIMPULAN

Kasus *multiple routing* terbukti membutuhkan pendekatan yang lebih sistematis dalam menentukan pilihan kromosom dan gen pada setiap individu. Untuk menentukan rute distribusi yang optimal pada penelitian menggunakan pendekatan GA dengan melihat kromosom terbaik sehingga didapatkan kromosom 2 pada generasi 1 menjadi kromosom terbaik dengan nilai fitness adalah 0,0016 dan panjang rute yang ditempuh adalah sebesar 626 km. Adapun sirkuit terbaik yang dilalui yaitu sebagai berikut (0 9 7 4 8 1 2 5 6 3 0). Sementara, Biaya optimal berdasarkan rute distribusi yang sudah ditentukan maka didapatkan hasil biaya optimal sebesar Rp 1,384 Unit/Km,

REFERENCES

[1] E. H. Houssein, M. R. Saad, F. A. Hashim, H. Shaban, and M. Hassaballah, "Lévy flight distribution: A new metaheuristic algorithm for solving engineering optimization problems," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 94, p. 103731, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.ENGAPPAL.2020.103731.

[2] Y. Zhang, "Logistics distribution scheduling model of supply chain based on genetic algorithm," *J. Ind. Prod. Eng.*, vol. 39, no. 2, pp. 83–88, Feb. 2022, doi: 10.1080/21681015.2021.1958938.

[3] F. Goodarzian, H. Hosseini-Nasab, J. Muñuzuri, and M. B. Fakhrazad, "A multi-objective pharmaceutical supply chain network based on a robust fuzzy model: A comparison of meta-heuristics," *Appl. Soft Comput.*, vol. 92, p. 106331, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.ASOC.2020.106331.

[4] Z. Zhang, Z. Zhang, X. Wang, and W. Zhu, "Learning to Solve Travelling Salesman Problem with Hardness-Adaptive Curriculum," *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, vol. 36, no. 8, pp. 9136–9144, Jun. 2022, doi: 10.1609/AAAI.V36I8.20899.

[5] M. Mahrach, G. Miranda, C. León, and E. Segredo, "Comparison between Single and Multi-Objective Evolutionary Algorithms to Solve the Knapsack Problem and the Travelling Salesman Problem," *Math. 2020, Vol. 8, Page 2018*, vol. 8, no. 11, p. 2018, Nov. 2020, doi: 10.3390/MATH8112018.

[6] E. S. Sulistyono, "Model Rute Perjalanan Minimal Dengan Menggunakan Vehicle Routing Problem Pada PT X," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 293–299, Jul. 2022, doi: 10.47233/JTEKSIS.V4I2.497.

[7] D. E. Sihombing and F. Ahyaningsih, "OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI AIR MINUM DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA PADA PT. MUAL NATIO MAJU BERSAMA," *J. Ris. RUMPUN ILMU Pendidik*, vol. 2, no. 1, pp. 70–83, Jan. 2023, doi: 10.55606/JURRIPEN.V2I1.815.

[8] 17523027 Syarifah Elza Ramadhani, "Implementasi Algoritma Genetika dan Tabu Search untuk Travelling Salesman Problem," 2020, Accessed: Oct. 19, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/31464>

[9] Cahya Purnomo, Vivid Dekanawati, N. Astriawati, Sumardi, and Ganda Syahputra, "Analisis Simulasi Distribusi

- Logistik Menggunakan Metode Transportasi," *Saintara J. Ilm. Ilmu-Ilmu Marit.*, vol. 6, no. 2, pp. 84–90, 2022, doi: 10.52475/saintara.v6i2.161.
- [10] I. Maryati and H. K. Wibowo, "Optimasi penentuan rute kendaraan pada sistem distribusi barang dengan ant colony optimization 1," vol. 2012, no. Semantik, pp. 163–168, 2012.
- [11] T. G. Bhagya, "Algoritma Genetik Pada Penjadwalan Transportasi Kapal Laut (Studi Kasus PT. Peln), " *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 81–92, 2021, doi: 10.31289/jime.v5i2.5952.
- [12] D. S. Oetomo, R. F. Ramdhani, and A. P. Abdi, "Penentuan Rute Pengiriman Produk Dengan Meminimalkan 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.
- [13] N. A. KUSUMAWARDHANI, "Model Penentuan Ukuran Lot Gabungan Dalam Sistem Rantai Pasok Single Vendor-Multi Buyer Dengan Reactive Lateral Transshipment (Studi Kasus: Umkm Batik X Di Yogyakarta)," Nov. 2022, Accessed: Oct. 21, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/42138>
- [14] M. Fikry, "Pengembangan Aplikasi Klasifikasi Alat Transportasi Berdasarkan Citra Digital untuk Pencatatan Aset Studi Kasus: PT. Pulo Mas Jaya," *KALBISIANA J. Sains, Bisnis dan Teknol.*, vol. 9, no. 1, pp. 184–197, May 2023, Accessed: Oct. 21, 2024. [Online]. Available: <http://ojs.kalbis.ac.id/index.php/kalbisiana/article/view/725>
- [15] Candra Wahyu Hidayat, "The Influence Of Mix Marketing On Decisions For Use Of Online Transportation Towards Global Competition," *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 2, no. 4, pp. 1154–1163, 2021, doi: 10.46729/ijstm.v2i4.253.
- [16] T. Alam, S. Qamar, A. Dixit, and M. Benaïda, "Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications," *Int. J. Eng. Pedagog.*, vol. 10, no. 6, pp. 57–77, Jun. 2020, doi: 10.3991/IJEP.V10I6.14567.
- [17] M. Abbasi, M. Rafiee, M. R. Khosravi, A. Jolfaei, V. G. Menon, and J. M. Koushyar, "An efficient parallel genetic algorithm solution for vehicle routing problem in cloud implementation of the intelligent transportation systems," *J. Cloud Comput.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–14, Dec. 2020, doi: 10.1186/S13677-020-0157-4/TABLES/3.
- [18] S. M. Homayouni, D. B. M. M. Fontes, and J. F. Gonçalves, "A multistart biased random key genetic algorithm for the flexible job shop scheduling problem with transportation," *Int. Trans. Oper. Res.*, vol. 30, no. 2, pp. 688–716, Mar. 2023, doi: 10.1111/ITOR.12878.