OPTIMASI PENDISTRIBUSIAN BARANG FARMASI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Febri Ramadhani¹, Ficry Agam Fathurrachman², Restu Fitriawanti³, Angki Christiawan Rongre⁴, Vivi Nur Wijayaningrum⁵

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya febriramadhani4000@gmail.com¹, ficryagam@gmail.com², restufitriawantii@gmail.com³, angkycr@gmail.com⁴, vivinurw@gmail.com⁵

Abstract

Distribution is an activity of distributing goods from factory to agents. Distribution process is considered efficient if the process of distribution of goods done with a minimal distance, so that the time and cost required for the distribution process will also be smaller. Genetic algorithm is used to optimize the pharmaceutical goods distribution process by finding the order of agents that each vehicle must visit during the distribution process. The data used is the cost and distance data between factory and each agent. One-cut point method is used for crossover process, reciprocal exchange method is used for mutation process, and elitism method for selection process. Based on the test result that has been done, the optimal parameters which are used to produce the best solution, such as the population size is 45, the generation number is 70, and the combination of cr and mr is 0.8 and 0.3. By using the best parameters, the resulting fitness value is in the range 0.014909 up to 0.017642.

Keywords: Genetic Algorithm, Distribution, Pharmaceutical, Optimization

Abstrak

Distribusi merupakan kegiatan menyalurkan barang dari pabrik ke agen. Proses distribusi dianggap efisien jika proses penyaluran barang dilakukan dengan jarak yang minimal, sehingga waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk proses distribusi juga akan semakin kecil. Algoritma genetika digunakan untuk melakukan optimasi pada proses distribusi barang farmasi dengan mencari solusi berupa urutan agen yang harus dikunjungi oleh setiap kendaraan saat proses distribusi. Data yang digunakan adalah data biaya dan jarak antara pabrik dengan masing-masing agen. Metode one-cut point digunakan untuk proses crossover, metode reciprocal exchange digunakan untuk proses mutasi, dan metode elitism untuk proses seleksi. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, parameter optimal yang digunakan untuk menghasilkan solusi terbaik, antara lain ukuran populasi sebanyak 45, generasi sebanyak 70, serta kombinasi cr dan mr yaitu 0.8 dan 0.3. Dengan menggunakan parameter terbaik tersebut, nilai fitness yang dihasilkan berada pada rentang 0.014909 sampai dengan 0.017642.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Distribusi, Farmasi, Optimasi

1. PENDAHULUAN

Distribusi merupakan sebuah aktivitas yang dianggap sangat penting di dalam sebuah perusahaan. Pendistribusian tersebut digunakan untuk

menyalurkan hasil produknya kepada konsumen. Namun, sering kali proses distribusi mengalami kendala karena permasalahan transportasi. Sebuah perusahaan berusaha untuk meminimalkan biaya transportasi pada proses distribusi dengan mencari jalur terpendek yang ditempuh oleh setiap truk untuk menyalurkan produk kepada agen. Pada saat menentukan rute setiap truk, faktor utama yang diperhatikan adalah jarak. Semakin sedikit total jarak yang ditempuh pada saat proses distribusi, maka semakin sedikit biaya dan waktu yang digunakan.

Penemuan solusi pada proses distribusi merupakan bagian dari proses pengambilan keputusan dalam manajemen rantai pasokan [1]. Berbagai masalah terkait dengan proses distribusi telah dibahas dalam beberapa penelitian, contohnya adalah distribusi makanan yang mudah rusak. Tujuan dari penelitian tersebut adalah mengantarkan makanan sesegera mungkin karena nilainya akan menurun selama proses distribusi sehingga rute distribusi perlu diminimalkan [2]. Penelitian serupa mengenai distribusi adalah distribusi sayuran segar yang mempertimbangkan dari tingkat kebusukan atau kerusakan sebagai bagian dari biaya distribusi secara keseluruhan sehingga rute distribusi kendaraan harus diminimalkan untuk menjaga kesegaran dari sayuran tersebut [3]. Peneliti lain distribusi air minum dengan tujuan melakukan penelitian mengenai memperhitungkan kerugian sumber daya air karena skenario perubahan iklim. Adanya perubahan iklim menyebabkan kebutuhan air minum menjadi meningkat sehingga ketersediaan dan proses distribusinya harus dilakukan secara optimal [4].

Permasalahan mengenai proses distribusi dapat diselesaikan menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah algoritma genetika. Algoritma genetika dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute distribusi makanan beku. Penentuan rute perlu dilakukan agar proses distribusi menjadi lebih efektif dan efisien sehingga laba perusahaan dapat ditingkatkan [5]. Peneliti lain juga telah berhasil menerapkan algoritma genetika untuk distribusi produk pada industri tekstil rumahan. Pada penelitian tersebut, terdapat beberapa sales yang harus melakukan distribusi secara optimal ke beberapa tujuan pemasaran [6].

Pada penelitian ini, permasalahan mengenai distribusi barang farmasi akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika. Sama halnya dengan penyelesaian kasus M-TSP (Multi Traveling Salesman Problem), algoritma genetika akan mencari solusi rute terbaik yang harus ditempuh oleh setiap truk agar didapatkan jarak dan biaya yang minimal. Dengan demikian, laba perusahaan akan dapat ditingkatkan.

1.1. DISTRIBUSI

Distribusi adalah suatu kegiatan penyaluran sebuah barang atau jasa dari produsen ke konsumen. Distribusi pasti memiliki tujuan akhir yaitu kebutuhan konsumen dan distribusi selalu berkaitan dengan transportasi. Permasalahan transportasi dapat dicirikan sebagai berikut [7]:

- a. Mempunyai sejumlah sumber dan sejumlah tujuan
- b. Jumlah komoditi yang didistribusikan mempunyai besaran tertentu

- c. Jumlah barang yang dikirim besarnya sesuai dengan kapasitas sumber
- d. Biaya pengangkutan mempunyai besaran tertentu

Pada penelitian ini permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana sebuah perusahaan dapat menyalurkan barangnya dengan jarak yang minimal, sehingga dapat menghasilkan biaya dan waktu yang minimal pula. Dengan adanya optimasi pada proses distribusi tentunya perusahaan dapat mengurangi risiko terjadinya kerugian yang dialami akibat proses distribusi tersebut.

1.2. ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika merupakan salah satu cabang algoritma evolusi, yaitu suatu teknik penerapan yang didasarkan pada genetika alami. Algoritma genetika bekerja mencari sebuah solusi optimal di antara sejumlah alternatif titik optimal berdasarkan fungsi probabilistik. Algoritma genetika melakukan proses pencarian solusi dengan cara mengadopsi konsep evolusi biologis, yaitu menentukan individu berkualitas tinggi dalam sebuah kawasan yang disebut populasi. Fungsi fitness digunakan untuk menentukan kualitas individu dari sebuah populasi. Dengan demikian, proses pemilihan individu terbaik dari sebuah populasi dapat dievaluasi melalui nilai *fitness*-nya [8].

Prinsip kerja dari algoritma genetika adalah individu-individu yang berada di dalam sebuah populasi akan bersaing untuk sumber daya dan pasangannya dengan cara melakukan reproduksi. Proses reproduksi tersebut bertujuan untuk memperoleh individu baru yang mempunyai gen lebih baik dari induknya. Seluruh individu, baik induk maupun keturunan hasil proses reproduksi, akan melalui proses genetik yang disebut seleksi alam. Pada proses seleksi ini, individu yang lebih kuat akan bertahan hidup menuju ke generasi selanjutnya [9].

Tahapan dari algoritma genetika adalah sebagai berikut [10]:

- a. Representasi kromosom
- b. Inisialisasi populasi awal
- c. Proses reproduksi dengan cara crossover dan mutasi
- d. Evaluasi fungsi fitness
- e. Seleksi untuk mendapatkan individu baru di generasi selanjutnya

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses distribusi akan dilakukan mulai dari pabrik ke masing-masing agen sebanyak 10 agen dengan menggunakan 2 buah kendaraan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jarak dan biaya antara pabrik dengan masingmasing agen yang akan dituju. Data mengenai jarak ditunjukkan pada Tabel 1 dan data mengenai biaya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Data jarak (dalam km)

Pabrik	Agen1	Agen2	Agen3	Agen4	Agen5	Agen6	Agen7	Agen8	Agen9	Agen10
0	18.3	17.9	22.2	22	25.6	21.5	25.8	27.1	25.3	25.8
18.3	0	4.4	7.9	6	7.5	5.4	8.2	14.2	12.4	12.9
17.9	4.4	0	5	9.2	7.8	9.1	13.4	9.9	8.1	8.5
22.2	7.9	5	0	13.4	7.9	8.7	10.3	4.8	3.3	3.9
22	6	9.2	13.4	0	4.2	1.7	4.3	16.1	15.2	16.7
25.6	7.5	7.8	7.9	4.2	0	2.9	3.3	16.3	17.1	18
21.5	5.4	9.1	8.7	1.7	2.9	0	3.8	14.8	13.7	14.6
	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6	0 18.3 18.3 0 17.9 4.4 22.2 7.9 22 6 25.6 7.5	0 18.3 17.9 18.3 0 4.4 17.9 4.4 0 22.2 7.9 5 22 6 9.2 25.6 7.5 7.8	0 18.3 17.9 22.2 18.3 0 4.4 7.9 17.9 4.4 0 5 22.2 7.9 5 0 22 6 9.2 13.4 25.6 7.5 7.8 7.9	0 18.3 17.9 22.2 22 18.3 0 4.4 7.9 6 17.9 4.4 0 5 9.2 22.2 7.9 5 0 13.4 22 6 9.2 13.4 0 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6 18.3 0 4.4 7.9 6 7.5 17.9 4.4 0 5 9.2 7.8 22.2 7.9 5 0 13.4 7.9 22 6 9.2 13.4 0 4.2 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2 0	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6 21.5 18.3 0 4.4 7.9 6 7.5 5.4 17.9 4.4 0 5 9.2 7.8 9.1 22.2 7.9 5 0 13.4 7.9 8.7 22 6 9.2 13.4 0 4.2 1.7 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2 0 2.9	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6 21.5 25.8 18.3 0 4.4 7.9 6 7.5 5.4 8.2 17.9 4.4 0 5 9.2 7.8 9.1 13.4 22.2 7.9 5 0 13.4 7.9 8.7 10.3 22 6 9.2 13.4 0 4.2 1.7 4.3 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2 0 2.9 3.3	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6 21.5 25.8 27.1 18.3 0 4.4 7.9 6 7.5 5.4 8.2 14.2 17.9 4.4 0 5 9.2 7.8 9.1 13.4 9.9 22.2 7.9 5 0 13.4 7.9 8.7 10.3 4.8 22 6 9.2 13.4 0 4.2 1.7 4.3 16.1 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2 0 2.9 3.3 16.3	0 18.3 17.9 22.2 22 25.6 21.5 25.8 27.1 25.3 18.3 0 4.4 7.9 6 7.5 5.4 8.2 14.2 12.4 17.9 4.4 0 5 9.2 7.8 9.1 13.4 9.9 8.1 22.2 7.9 5 0 13.4 7.9 8.7 10.3 4.8 3.3 22 6 9.2 13.4 0 4.2 1.7 4.3 16.1 15.2 25.6 7.5 7.8 7.9 4.2 0 2.9 3.3 16.3 17.1

Jarak	Pabrik	Agen1	Agen2	Agen3	Agen4	Agen5	Agen6	Agen7	Agen8	Agen9	Agen10
Agen7	25.8	8.2	13.4	10.3	4.3	3.3	3.8	0	16.4	15.4	16.3
Agen8	27.1	14.2	9.9	4.8	16.1	16.3	14.8	16.4	0	1.6	1.9
Agen9	25.3	12.4	8.1	3.3	15.2	17.1	13.7	15.4	1.6	0	0.35
Agen10	25.8	12.9	8.5	3.9	16.7	18	14.6	16.3	1.9	0.35	0

Tabel 2. Data biaya (dalam Rp)

Biaya	Pabrik	Agen1	Agen2	Agen3	Agen4	Agen5	Agen6	Agen7	Agen8	Agen9	Agen10
Pabrik	0	13000	17000	12000	5600	5500	6200	7200	6500	7600	8800
Agen1	13000	0	6660	9740	7890	7540	5490	8200	6710	7620	5640
Agen2	17000	6660	0	17400	15300	15200	5870	13400	11800	12600	8470
Agen3	12000	9740	17400	0	8000	5440	17600	9900	7760	15500	7400
Agen4	5600	7890	15300	8000	0	5200	8920	6330	5100	4320	7640
Agen5	5500	7540	15200	5440	5200	0	13900	7650	8870	14700	5700
Agen6	6200	5490	5870	17600	8920	13900	0	10500	9990	8120	5550
Agen7	7200	8200	13400	9900	6330	7650	10500	0	5800	7810	13700
Agen8	6500	6710	11800	7760	5100	8870	9990	5800	0	4320	6770
Agen9	7600	7620	12600	15500	4320	14700	8120	7810	4320	0	9430
Agen10	8800	5640	8470	7400	7640	5700	5550	13700	6770	9430	0

2.1. Representasi kromosom

Representasi kromosom digunakan mengodekan solusi untuk permasalahan yang ingin diselesaikan dalam bentuk kromosom [11]. Setiap permasalahan dapat dikodekan menjadi berbagai jenis representasi kromosom yang berbeda-beda, misalnya representasi *integer*, real-code, permutasi, dan biner. Representasi permutasi biasanya digunakan pada permasalahan kombinatorial seperti Travelling Salesperson Problem (TSP), contohnya perencanaan dan penjadwalan produksi industri manufaktur [8]. Contoh penggunaan representasi kromosom permutasi ditunjukkan pada Gambar 1.

11000				_	_
Kromosom	2	3	1	5	4

Gambar 1. Representasi kromosom

2.2. Nilai fitness

Nilai fitness merupakan sebuah nilai yang digunakan untuk mengukur seberapa baik kromosom solusi. Algoritma genetika akan mencari kromosom solusi dengan nilai fitness yang maksimal.

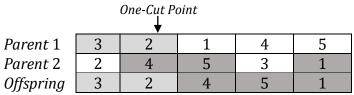
Pada permasalahan transportasi, nilai fitness didapat dari total jarak yang ditempuh dan total biaya yang dikeluarkan. Nilai fitness digunakan untuk membedakan hasil kualitas kromosom satu dengan yang lain. Perhitungan fungsi fitness ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$fitness = \frac{1}{total_jarak+total_biaya} \times 1000$$
 (1)

Pada persamaan 1, total_jarak menunjukkan total jarak yang ditempuh oleh semua kendaraan, total_biaya menunjukkan total biaya yang dikeluarkan selama proses distribusi, dan 1000 adalah nilai konstanta.

2.3. Crossover

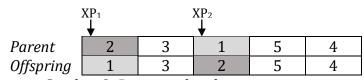
Crossover adalah salah satu proses reproduksi pada algoritma genetika. Penelitian ini menggunakan metode one-cut point crossover. Metode ini bekerja dengan cara memilih dua buah kromosom secara acak yang kemudian digunakan sebagai parent. Kemudian satu titik potong dipilih pada kedua kromosom parent tersebut sehingga nantinya masing-masing kromosom parent terbagi menjadi dua buah segmen. Setelah itu, dilakukan penukaran segmen kromosom parent untuk menghasilkan offspring atau nama lainnya adalah individu baru. Contoh one-cut point crossover ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *One-cut point crossover*

2.4. Mutasi

Mutasi adalah suatu proses reproduksi yang bertujuan untuk menghasilkan perubahan secara acak pada satu kromosom. Pada penelitian ini digunakan metode reciprocal exchange mutation. Metode ini bekerja dengan cara memilih dua posisi (exchage point/XP) secara acak pada sebuah kromosom, kemudian nilai gen pada masing-masing posisi tersebut ditukar sehingga menghasilkan *offspring* baru. Contoh reciprocal exchange mutation ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Reciprocal exchange mutation

2.5. Seleksi

Proses seleksi digunakan untuk memperoleh populasi baru di setiap generasinya. Penelitian ini menggunakan metode elitism selection. Proses ini bekerja dengan cara mengurutkan kumpulan individu dan semua keturunannya berdasarkan nilai *fitness*. Setelah individu-individu tersebut diurutkan, selanjutnya beberapa individu sejumlah ukuran populasi (popsize) dipilih berdasarkan nilai fitness terbaik. Individu-individu terbaik tersebut akan lolos ke generasi selanjutnya.

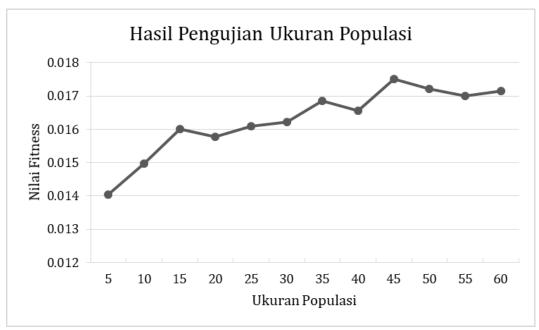
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan digunakan untuk mengetahui parameterparameter terbaik pada algoritma genetika, yang terdiri dari pengujian ukuran populasi, pengujian banyaknya generasi, dan pengujian kombinasi cr dan mr. Pengujian parameter terbaik ini bertujuan untuk mendapatkan parameter-

parameter terbaik pada algoritma genetika sehingga didapatkan solusi yang paling optimal.

3.1. Pengujian ukuran populasi

Pengujian ukuran populasi dilakukan untuk melihat pengaruh ukuran populasi terhadap nilai *fitness*. Pengujian ukuran populasi mempunyai 12 skenario pengujian dimana masing-masing skenario diujikan sebanyak 3 kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Pengujian ini dilakukan dengan angka kelipatan 5 dimulai dari 5 sampai dengan 60. Pengujian populasi dilakukan dengan generasi = 50, nilai cr = 0.4, dan nilai mr = 0.6. Hasil pengujian ukuran populasi ditunjukkan pada Gambar 4.



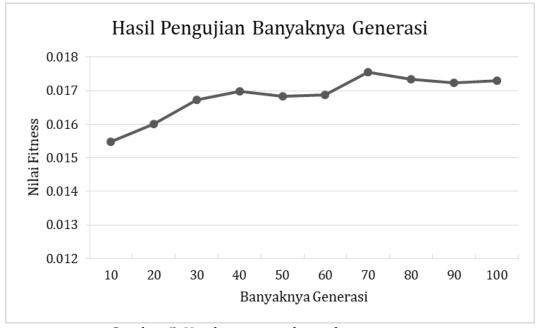
Gambar 4. Hasil pengujian ukuran populasi

Ukuran populasi mempunyai pengaruh terhadap nilai fitness seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai *fitness* terendah didapatkan ketika ukuran populasi sebanyak 5 dengan nilai *fitness* sebesar 0.014039. Ukuran populasi yang semakin besar akan menyebabkan nilai fitness yang didapatkan juga semakin besar. Namun, nilai fitness cenderung stabil ketika ukuran populasi sebanyak 45 ke atas. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa 45 adalah ukuran populasi terbaik.

3.2. Pengujian banyaknya generasi

Pengujian banyaknya generasi dilakukan untuk melihat pengaruh banyaknya generasi terhadap nilai fitness. Pengujian banyaknya generasi terdiri dari 10 skenario pengujian dimana masing-masing skenario diujikan sebanyak 3 kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Pengujian ini dilakukan dengan angka kelipatan 10 dimulai dari 10 sampai dengan 100. Pengujian generasi ini dilakukan

dengan ukuran populasi = 45, nilai cr = 0.4, dan mr = 0.6. Hasil pengujian generasi ditunjukkan pada Gambar 5.

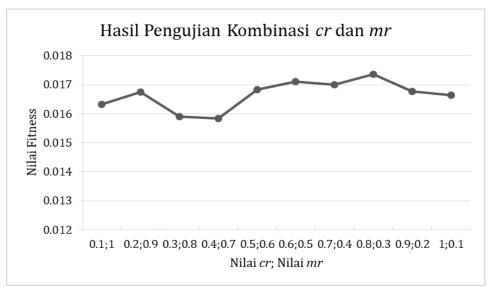


Gambar 5. Hasil pengujian banyaknya generasi

Banyaknya generasi memberikan pengaruh terhadap nilai fitness seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Seiring bertambahnya banyaknya generasi, nilai fitness yang didapatkan juga semakin mengalami peningkatan. Namun, ketika banyaknya generasi di atas angka 70, nilai fitness cenderung stabil. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa 70 adalah banyaknya generasi terbaik. Pola kenaikan nilai fitness seiring dengan bertambahnya banyaknya generasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 juga ditemukan pada penelitian lain [12].

3.3. Pengujian kombinasi cr dan mr

Pengujian kombinasi nilai cr dan mr dilakukan untuk mencari kombinasi nilai *cr* dan *mr* terbaik yang dapat memberikan solusi optimal. Pengujian ini terdiri dari 10 skenario pengujian dimana masing-masing skenario diujikan sebanyak 3 kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Pengujian ini dilakukan dengan nilai cr dimulai dari 0.1 sampai dengan 1, sedangkan nilai mr dimulai dari 1 sampai dengan 0.1. Pengujian kombinasi *cr* dan *mr* ini dilakukan dengan ukuran populasi = 45, dan banyaknya generasi = 70. Hasil pengujian generasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian kombinasi *cr* dan *mr*

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa kombinasi nilai cr dan mr pada setiap skenario pengujian menghasilkan nilai fitness yang berbeda-beda. Nilai fitness terendah didapatkan ketika nilai cr = 0.4 dan nilai mr = 0.7 dengan nilai fitness sebesar 0.015832, sedangkan nilai *fitness* terbaik didapatkan ketika nilai cr = 0.8dan nilai mr = 0.3 dengan nilai fitness sebesar 0.017362. Dengan demikian dapat diketahui bahwa kombinasi nilai cr dan mr terbaik untuk menghasilkan solusi optimal adalah 0.8 untuk nilai cr dan 0.3 untuk nilai mr.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, parameterparameter terbaik yang didapatkan yaitu ukuran populasi = 45, banyaknya generasi = 70, nilai cr = 0.8, dan nilai mr = 0.3. Tabel 3 menunjukkan hasil percobaan yang dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan parameterparameter terbaik tersebut.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan parameter terbaik

Percobaan ke-	Nilai <i>Fitness</i>
1	0.014909
2	0.016356
3	0.016992
4	0.016614
5	0.015871
6	0.016505
7	0.017023
8	0.016223
9	0.017642
10	0.016470
Rata-rata	0.016461

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada setiap kali percobaan dilakukan, nilai fitness mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan dengan kisaran nilai 0.014909 sampai dengan 0.017642. Rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan dengan menggunakan parameter terbaik adalah sebesar 0.016461.

4. KESIMPULAN

Algoritma genetika dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi distribusi barang farmasi dengan membentuk rute optimal yang harus dilalui oleh setiap kendaraan untuk menuju ke semua agen. Representasi kromosom yang digunakan adalah representasi permutasi yang menunjukkan urutan agen-agen yang harus dikunjungi.

Berdasarkan hasil pengujian parameter yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa ukuran populasi terbaik adalah 45 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 0.017516, banyaknya generasi terbaik adalah 70 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 0.017559, dan kombinasi nilai cr dan mr adalah 0.8 dan 0.3 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 0.017362.

Pada penelitian selanjutnya, perhitungan nilai fitness akan dimodifikasi dengan mempertimbangkan kapasitas muatan untuk setiap kendaraan. Kendaraan yang berisi muatan dalam jumlah yang sedikit dan mengantarkan barang-barang tersebut ke banyak tempat tentunya akan berbeda dengan kendaraan yang mempunyai muatan penuh dan hanya mengantarkan barang ke beberapa tempat saja. Selain itu, penerapan teknik hibridisasi antara algoritma genetika dan Simulated Annealing juga akan digunakan untuk meningkatkan solusi yang dihasilkan pada penelitian selanjutnya [13].

DAFTAR PUSTAKA

- Moon I., Lee J., Seong J., "Vehicle Routing Problem with Time Windows [1] **Considering Overtime and Outsourcing Vehicles**", Expert Syst Appl. Vol. 39, No. 18, pp. 13202-13213, 2012.
- Hsu C., Hung S., Li H., "Vehicle Routing Problem with Time-Windows for Perishable Food Delivery", J Food Eng. Vol. 80, No. 2, pp. 465-475, 2007.
- [3] Osvald A., Stirn L. Z., "A Vehicle Routing Algorithm for the Distribution of Fresh Vegetables and Similar Perishable Food", J Food Eng. Vol. 85, No. 2, pp. 285–295, 2008.
- Maiolo M., Mendicino G., Pantusa D., Senatore A., "Optimization of Drinking [4] Water Distribution Systems in Relation to the Effects of Climate **Change**", Water. Vol. 9, No. 10, pp. 1–14, 2017.
- Lesmawati W., Rahmi A., Mahmudy W. F., "Optimization of Frozen Food [5] Distribution Using Genetic Algorithms", J Environ Eng Sustain Technol. Vol. 3, No. 1, pp. 51–58, 2016.
- Rizki A. M., Mahmudy W. F., Yuliastuti G. E., "Optimasi Multi Travelling [6] Salesman Problem (M-TSP) Untuk Distribusi Produk Pada Home Industri Tekstil Dengan Algoritma Genetika", Kumpul J Ilmu Komput. Vol. 4, No. 2, pp. 125–135, 2017.
- Sari D. P., Bu'ulolo F., Ariswoyo S., "Optimasi Masalah Transportasi Dengan [7]

- Menggunakan Metode Potensial Pada Sistem Distribusi PT. XYZ", Saintia Mat. Vol. 1, No. 5, pp. 407–418, 2013.
- Mahmudy W. F., Marian R. M., Luong L. H. S., "Hybrid Genetic Algorithms [8] for Part Type Selection and Machine Loading Problems with Alternative Production Plans in Flexible Manufacturing System", ECTI Trans Comput Inf Technol. Vol. 8, No. 1, pp. 80-93, 2014.
- Sutojo T., Mulyanto E., Suhartanto V., "Kecerdasan Buatan", Yogyakarta: Andi; 2011.
- [10] Gen M., Cheng R., "Genetic Algorithms and Engineering Design" New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1997.
- [11] Gen M., Cheng R., "Genetic Algorithms and Engineering Optimization" New York: Wiley; 2000.
- [12] Wijayaningrum V. N., Mahmudy W. F., "Optimization of Ship's Route **Scheduling Using Genetic Algorithm**", Indones J Electr Eng Comput Sci. Vol. 2, No. 1, pp. 180–186, 2016.
- [13] Zhao F., Zeng X., "Simulated Annealing-Genetic Algorithm for Transit **Network Optimization**", J Comput Civ Eng. Vol. 20, No. 1, pp. 57–68, 2006.