

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PT. POS CABANG LAMONGAN

Ahmad Tohari

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya,
email: ahmad.19019@mhs.unesa.ac.id

Yuliani Puji Astuti

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya,
Penulis Korespondensi: yulianipuji@unesa.ac.id

Abstrak

Ekspedisi menjadi salah satu hal penting dalam pengiriman barang di era perkembangan saat ini karena dapat memudahkan masyarakat yang membutuhkan jasa pengiriman. Permasalahan pengiriman barang oleh kurir termasuk dalam permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP) yang mana kurir harus menentukan rute terpendek untuk ditempuh dari titik awal hingga kembali ke titik awal lagi dan setiap titik harus dilalui satu kali. Solusi pada permasalahan ini adalah menggunakan algoritma genetika untuk mencari rute terpendek yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah unotuk menerapkan Algoritma Genetika dalam pencarian rute terpendek dilakukan pada PT. Pos Cabang Lamongan dan menghitung biaya perjalanan kuirir. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan menggunakan perhitungan secara manual dan pengkodean menggunakan aplikasi python. Tahapan algoritma genetika adalah populasi awal, proses evaluasi, seleksi, crossover, dan mutasi hingga menghasilkan solusi. Hasil pencarian rute terpendek pada 2 siklus adalah pada jalur dengan total jarak tempuh sebesar 158 km dengan melewati 12 titik adalah A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-C-B-A . Kemudian dilakukan perhitungan cost memperoleh hasil sebesar Rp. 158.000.

Kata Kunci: Pengiriman, Rute Terpendek, Algoritma Genetika, Traveling Salesman Problem

Abstract

Expedition is one of the important things in shipping goods in the current era of development because it can make it easier for people who need shipping services. The problem of shipping goods by couriers is included in the Traveling Salesman Problem (TSP) where the courier must determine the shortest route to be taken from the starting point to return to the starting point again and each point must be passed once. The solution to this problem is to use a genetic algorithm to find the optimal shortest route. The purpose of this research is to apply the Genetic Algorithm in finding the shortest route at PT. Lamongan Branch Post and calculate the courier's travel costs. The research method used is descriptive quantitative. The research was carried out using manual calculations and coding using the python application. The stages of the genetic algorithm are the initial population, the process of evaluation, selection, crossover and mutation to produce a solution. The search result for the shortest route for 2 cycles is the path with a total distance of 158 km by passing 12 points, namely A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-CB-A . Then the cost calculation is carried out to obtain a result of Rp. 158.000.

Keywords: Distribution, shortest route, Genetic Algorithm, Traveling Salesman Problem

PENDAHULUAN

Transportasi adalah hal yang penting bagi suatu perusahaan logistik untuk menjalankan proses pendistribusian barang. Salah satu permasalahan dalam bidang transportasi perusahaan adalah mencari rute perjalanan terpendek untuk ditempuh. Hal tersebut dilakukan agar waktu tempuh dan biaya perjalanan yang dikeluarkan bisa minimum. Permasalahan tentang rute perjalanan dikategorikan

dalam permasalahan kombinatorial yang biasanya disebut dengan *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP adalah bentuk dari permasalahan optimasi yang dapat digambarkan dalam bentuk graf $G=(V,E)$ dengan konsep yang mudah dipecahkan (Apriyani, 2018). Graf (G) dapat terbentuk dari kumpulan *vertex* (V) dan kumpulan *edge* (E). Proses optimasi dari TSP yaitu penentuan rute perjalanan salesman yang dimulai dari satu lokasi ke beberapa lokasi,

kemudian kembali ke lokasi awal dan setiap kantor tepat dikunjungi satu kali.

Perkembangan TSP pada kehidupan sehari-hari yang bermanfaat salah satunya pada persoalan pengiriman barang jarak jauh. Salah satu perusahaan logistik yang menyediakan beberapa jenis pengiriman barang adalah PT. Pos Indonesia. Seiring dengan perkembangan teknologi, yang dulunya hanya menyediakan jasa pengiriman surat saat ini PT. Pos Indonesia memiliki strategi bisnis yang bagus dalam menanggapi.

PT. Pos Indonesia memiliki keunggulan lebih terpercaya dalam memberikan pelayanan kepada pelanggan karena PT. Pos sudah berdiri dari tahun 1746 dan memiliki tarif yang terjangkau. Jasa pengiriman PT. Pos Indonesia memiliki layanan yang lebih lengkap dibandingkan pengiriman logistik lainnya. Strategi yang digunakan PT. Pos Indonesia untuk memberikan kepuasan pelanggan salah satunya dengan memberikan fasilitas kantor atau drop point "PosAja" yang tersebar di beberapa kecamatan. Seperti PT. Pos Indonesia cabang Lamongan yang memiliki drop point diantaranya : Kecamatan Lamongan, Karanggeneng, Sukodadi, Babat, Ngimbang, Sambeng, Mantup, Tikung, Kembangbahu, Paciran, Laren, dan Sekaran. Adanya banyak rute yang dilalui perusahaan maka perusahaan harus tepat dalam menentukan rute yang optimal sehingga proses distribusi tidak dilakukan berdasarkan keinginan petugas pos dan adanya rute yang optimal tidak berpengaruh pada proses distribusi (Paillin, 2019).

Penyelesaian masalah TSP dapat menggunakan beberapa metode diantaranya Algoritma Genetika, Algoritma Semut, *Simulated Annealing*, *Hill Climbing*, dan *Tabu Search*. Untuk menyelesaikan permasalahan TSP pada pengiriman barang PT. Pos Indonesia tersebut, maka analisis rute dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika untuk mencari rute terpendek yang optimal dalam pengiriman barang karena Algoritma Genetika memiliki kelebihan yaitu waktu komputasi yang dibutuhkan cenderung stabil dan memberikan jarak terpendek walaupun dengan jumlah kantor yang besar.

Metode Algoritma Genetika memiliki 5 tahapan yaitu populasi awal, proses evaluasi, seleksi, *crossover*, mutasi yang nantinya akan menghasilkan sebuah hasil akhir berupa generasi

baru. Solusi yang ada pada metode Algoritma Genetika disebut kromosom. Sebuah kromosom dapat berupa bilangan numerik, biner, simbol, atau karakter tergantung masalah yang diselesaikan. Setelah itu dilakukan proses reproduksi dengan memilih individu yang dikembangbiakkan. Pada penelitian ini metode Algoritma Genetika digunakan untuk menganalisis optimasi rute PT. Pos Indonesia cabang Lamongan ke drop point "PosAja" yang tersebar di beberapa kecamatan yang ada.

KAJIAN TEORI

A. *Travelling Salesman Problem*

Traveling Salesman Problem adalah permasalahan yang digunakan untuk mencari biaya tour minimal dari sekumpulan kantor yang mana tiap kantor hanya dikunjungi satu kali (Candrawati, 2017). *Travelling Salesman Problem* awalnya berkembang sebagai bagian masalah logistik dan transportasi. Logistik dan *Supply Chain* secara umum memiliki arti sebagai suatu system untuk mengelola orang, sumber daya, teknologi, aktivitas, dan sebagainya yang digunakan untuk mengantar barang dan jasa dari titik supplier ke titik tujuan. Penggunaan TSP dalam sektor logistik sangat penting bagi perusahaan pengiriman barang dan jasa, perusahaan travel, dan biro perjalanan, distribusi dan pemasaran bahan baku atau bahan jadi perusahaan. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa konsep TSP memiliki aturan sebagai berikut :

1. Harus mengunjungi setiap kantor satu kali tidak boleh kurang atau lebih,
2. Semua kantor harus dikunjungi dalam satu kali perjalanan,
3. Dimulai dan diakhiri pada kantor yang sama.

B. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma digunakan untuk pencarian yang didasarkan pada teori evolusi dan seleksi alam (Nugroho, 2007). Algoritma genetika merupakan metode pemecahan yang disesuaikan dengan proses genetika dari proses organisme-organisme biologi yang digunakan berdasarkan teori Charles Darwin. Sifat algoritma genetika adalah mencari kemungkinan-kemungkinan dari solusi untuk mendapatkan yang optimal untuk

fungsi *fitness*, batas nilai fungsi objektif, batas waktu komputasi, banyak generasi, dan terjadi konvergensi.

Pemilihan syarat berhenti yang paling sesuai sangat bergantung pada tingkat kerumitan masalah dan perangkat keras yang digunakan. Pada kasus-kasus tertentu yang biasanya digunakan adalah banyak generasi, tetapi belum tentu syarat berhenti tersebut dapat diterapkan pada kasus lainnya. Namun, tidak menutup kemungkinan untuk melakukan kombinasi beberapa syarat berhenti (Zukhri,2014).

C. Biaya optimasi

Pada penelitian ini peneliti melakukan perhitungan biaya bahan bakar yang dilakukan oleh PT. Pos Indonesia Cabang Lamongan pada 12 lokasi dalam satu kali perjalanan. Perhitungan bahan bakar disesuaikan dengan harga bahan bakar yang berlaku. Dalam website idxchannel menjelaskan bahwa konsumsi bahan bakar untuk mobil rata-rata dapat menempuh 10 Km/liter. Maka dapat disimpulkan bahwa 1 liter bensin pertalite dengan harga Rp 10.000,00 untuk saat ini dapat menempuh 10 Km dan dalam 1 Km menghabiskan 0,1 liter atau senilai Rp 1.000,00 (Sihombing, 2023). Peneliti menggunakan rumus berikut untuk menentukan total biaya yang akan dikeluarkan oleh jasa ekspedisi :

$$Z = v_i C$$

$$Z = v_i \times Rp\ 1.000,00$$

Keterangan :

v_i : Panjang lintasan kromosom ke-i

C : Biaya bahan bakar setiap 1 Km

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Jenis penelitian kuantitatif deskriptif dilakukan untuk memperoleh informasi tentang pencarian rute terpendek yang ditempuh kurir dalam pengantaran barang dari kantor PT. Pos Indonesia Cabang Lamongan menuju drop point "PosAja". Jenis penelitian deskriptif kuantitatif difokuskan pada permasalahan dasar fakta yang

dilakukan dengan cara observasi, wawancara, dan pengamatan jalur pada google maps.

Populasi dalam penelitian ini adalah 19 titik kantor pos yang ada di beberapa kecamatan di Kabupatten Lamongan. Penerapan Algoritma Genetika dilakukan dengan menentukan jarak, menghitung jarak optimal melalui tahap-tahap algoritma genetika seperti:

1. Populasi awal
2. Proses evaluasi
3. Seleksi
4. *Crossover*
5. Mutasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

1. Penerapan Algoritma Genetika

Penelitian ini mengkaji tentang pengiriman surat dan barang di PT. Pos Indonesia Cabang Lamongan dengan permasalahan menentukan rute terpendek. Setiap perusahaan jasa pengiriman memiliki tujuan untuk mempermudah pengiriman barang dari pengirim agar dapat diterima oleh penerima dengan cepat. Pencarian rute terpendek menggunakan TSP terbaik dengan rute yang akan dilalui oleh kurir. Pengacakan populasi dilakukan menggunakan aplikasi python dan penerapan algoritma genetika menggunakan perhitungan manual. Dalam penelitian ini jarak yang digunakan diintegrasikan dalam satuan kilometer (km).

Peneliti memperoleh data nama dan alamat drop point beberapa kantor pos cabang Lamongan dari internet, kemudian dilakukan proses pencarian alamat berdasarkan titik koordinat menggunakan Google Maps. Jarak dari kantor cabang ke drop point kantor pos Lamongan dalam satuan km sebagai berikut:

1. Kantor Pos Cabang Lamongan menuju Kantor Pos Sukodadi = 11 Km
2. Kantor Pos Cabang Lamongan menuju Kantor Pos Karanggeneng = 23 Km
3. Kantor Pos Cabang Lamongan menuju Kantor Pos Paciran = 51 Km
4. Kantor Pos Cabang Lamongan menuju Kantor Pos Tikung = 8 Km

5. Kantor Pos Cabang Lamongan menuju Kantor Pos Kembangbahu = 14 Km
6. Kantor Pos Sukodadi menuju Kantor Pos Karanggeneng = 12 Km
7. Kantor Pos Sukodadi menuju Kantor Pos Sekaran = 11 Km
8. Kantor Pos Sukodadi menuju Kantor Pos Kembangbahu = 14 Km
9. Kantor Pos Sukodadi menuju Kantor Pos Babat = 19 Km
10. Kantor Pos Karanggeneng menuju Kantor Pos Paciran = 23 Km
11. Kantor Pos Karanggeneng menuju Kantor Pos Laren = 11 Km
12. Kantor Pos Karanggeneng menuju Kantor Pos Sekaran = 17 Km
13. Kantor Pos Paciran menuju Kantor Pos Laren = 17 Km
14. Kantor Pos Laren menuju Kantor Pos Sekaran = 10 Km
15. Kantor Pos Sekaran menuju Kantor Pos Babat = 15 Km
16. Kantor Pos Babat menuju Kantor Pos Kembangbahu = 30 Km
17. Kantor Pos Babat menuju Kantor Pos Ngimbang = 23 Km
18. Kantor Pos Ngimbang menuju Kantor Pos Sambeng = 9 Km
19. Kantor Pos Sambeng menuju Kantor Pos Kembangbahu = 20 Km
20. Kantor Pos Sambeng menuju Kantor Pos Mantup = 12 Km
21. Kantor Pos Mantup menuju Kantor Pos Kembangbahu = 12 Km
22. Kantor Pos Mantup menuju Kantor Pos Tikung = 11 Km
23. Kantor Pos Kembangbahu menuju Kantor Pos Tikung = 6 Km

Tahap-Tahap Algoritma Genetika

Siklus Pertama :

a. Populasi awal

Populasi awal diambil secara acak dari banyaknya solusi jalur yang memungkinkan untuk dilalui kurir. Setiap kode huruf hanya boleh muncul 1 kali dalam 1 kromosom kecuali titik awal. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Kromosom 1 (v_1)
= A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A

Kromosom 2 (v_2)
= A-C-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-A

Kromosom 3 (v_3)
= A-L-J-I-H-K-G-F-E-D-C-B-A

Kromosom 4 (v_4)
= A-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-C-A

Kromosom 5 (v_5)
= A-D-E-C-F-G-H-I-J-L-K-B-A

Kromosom 6 (v_6)
= A-B-C-D-E-F-G-H-K-I-J-L-A

b. Proses Evaluasi

Pada tahap evaluasi dilakukan pencarian nilai evaluasi dan nilai fitness setiap kromosom. Hasil perhitungan Panjang lintasan dan nilai fitness adalah sebagai berikut:

f_1 (A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A) = 171

f_2 (A-C-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-A) = 203

f_3 (A-L-J-I-H-K-G-F-E-D-C-B-A) = 182

f_4 (A-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-C-A) = 174

f_5 (A-D-E-C-F-G-H-I-J-L-K-B-A) = 197

f_6 (A-B-C-D-E-F-G-H-K-I-J-L-A) = 186

Perhitungan nilai fitness dilakukan menggunakan rumus $F_i = \frac{1}{f_i}$ dengan hasil :

Kromosom	f_i	F_i
v_1	171	0,0058
v_2	203	0,0049
v_3	182	0,0055
v_4	174	0,0057
v_5	197	0,0051
v_6	186	0,0054
TOTAL		0,0324

c. Seleksi

Proses seleksi adalah suatu proses untuk mencari kromosom terbaik dalam satu generasi. Pada tahap ini kromosom diseleksi sesuai dengan nilai fitness yang telah dihitung. Proses seleksi dilakukan dengan membandingkan nilai probabilitas kumulatif dengan nilai acak roulette wheel. Rumus yang digunakan dalam proses seleksi adalah fitness relatif $P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{UkPop} F_i}$ dengan hasil sebagai berikut:

Kromosom	f_i	F_i	P	Q
v_1	171	0,0058	0,179	0,179
v_2	203	0,0049	0,151	0,33
v_3	182	0,0055	0,17	0,5
v_4	174	0,0057	0,176	0,676
v_5	197	0,0051	0,157	0,833
v_6	186	0,0054	0,167	1
TOTAL		0,0324		

Ketika sudah menemukan nilai *fitness* kumulatif maka dilakukan perhitungan random permutasi dengan menggunakan *python*. Random permutasi ini dilakukan agar menciptakan calon induk baru pada crossover. Hasil random permutasi yang diperoleh:

Kromosom	P	q	r	Calon Induk
v_1	0,179	0,179	0,358	v_3
v_2	0,151	0,33	0,745	v_5
v_3	0,17	0,5	0,917	v_6
v_4	0,176	0,676	0,541	v_4
v_5	0,157	0,833	0,473	v_3
v_6	0,167	1	0,063	v_1

Dari pencarian random permutasi didapatkan calon induk crossover dengan ketentuan jika $r < q_1$ maka dipilih kromosom pertama, jika $q_i < r < q(i+j)$ dengan $j=(1,2,...,UkPop)$ maka pilih kromosom ke- $(i+j)$.

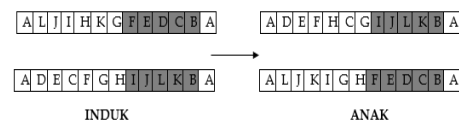
d. Crossover

Tahap *crossover* dilakukan setelah mendapatkan induk dari proses seleksi. Semakin besar nilai probabilitas persilangan menjadikan semakin cepat terbentuknya struktur tunggal baru dalam populasi. Terlihat pada Tabel 4.6 terdapat calon induk terpilih menggunakan probabilitas persilangan sebesar 50% yang akan dilakukan crossover:

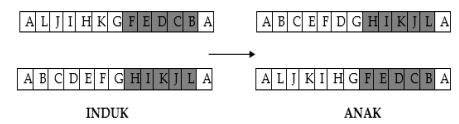
Caloon Induk	R	Induk Terpilih
v_3	0,241	v_3
v_5	0,488	v_5
v_6	0,849	
v_4	0,737	
v_3	0,334	v_3
v_1	0,458	v_1

Terdapat 4 kromosom terpilih yaitu v_3, v_5, v_3, v_1 yang akan dipasangkan menjadi v_3, v_5, v_3, v_1 seperti halnya perkawinan silang yang saling menukar gen. dapat dilihat dari *crossover* berikut :

Crossover 1 : v_3, v_5



Crossover 2 : v_3, v_1



e. Mutasi

Setelah dilakukan proses crossover didapatkan keturunan-keturunan yang akan di proses mutasi. Proses mutasi yang digunakan adalah mutasi untuk optimasi kombinatorial *order based mutation, position based mutation, dan scramble mutation*. Dengan perhitungan manual dan berdasarkan rute pada graf Gambar 4.1 berikut mutasi yang diperoleh:

1. Anak 1 (v_7)

A	D	E	F	H	C	G	I	J	L	K	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dengan mutasi berurutan peneliti memindahkan titik H dan G. Sehingga titik G dan H bertukar posisi menjadi :

A	D	E	F	G	C	H	I	J	L	K	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tetapi setelah dilakukan mutasi berurutan tidak terdapat jalur yang valid atau dapat ditempuh maka dilakukan mutasi posisi C dikarenakan titik C yang tidak dapat dilalui setelah titik G.

A	D	E	F	G	H	I	J	L	K	B	C	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. Anak 2 (v_8)

A	L	J	K	I	G	H	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dengan mutasi berurutan peneliti memindahkan titik G dan H. Sehingga titik G dan H bertukar posisi menjadi :

A	L	J	K	I	H	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

3. Anak 3 (v_9)

A	B	C	E	F	D	G	H	I	K	J	L	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Setelah dilihat dari graf, kromosom diatas tidak valid ketika menuju ke titik D maka dilakukan mutasi posisi titik D.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	J	L	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4. Anak 4 (v_{10})

A	L	J	K	I	H	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dengan mutasi berurutan memindahkan titik J dan K. Sehingga titik K dan J bertukar posisi menjadi :

A	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Siklus Kedua :

a. Proses Evaluasi

Pada siklus kedua dilakukan proses serupa dimulai dari Proses Evaluasi sampai dengan Mutasi. Dengan hasil yang telah diperoleh pada siklus pertama dan mempertahankan kromosom yang tidak terpilih sebagai induk crossover sehingga menghasilkan perhitungan jarak dan nilai fitness sebagai berikut:

- f_7 (A-D-E-F-G-H-I-J-L-K-B-C-A) = 203
- f_8 (A-L-J-K-I-H-G-F-E-D-C-B-A) = 171
- f_6 (A-B-C-D-E-F-G-H-K-I-J-L-A) = 186
- f_4 (A-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-C-A) = 174
- f_9 (A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A) = 171
- f_{10} (A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-C-B-A) = 158

Perhitungan nilai fitness dilakukan menggunakan rumus $F_i = \frac{1}{f_i}$ dengan hasil :

Kromosom	f_i	F_i
v_7	203	0,0049
v_8	171	0,0058
v_6	186	0,0054
v_4	174	0,0057
v_9	171	0,0058
v_{10}	158	0,0063
TOTAL		0,0339

b. Seleksi

Rumus yang digunakan dalam proses seleksi adalah *fitness* relatif $P_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{UkPop} F_i}$ dengan hasil sebagai berikut:

Kromo som	f_i	F_i	P	q
v_1	203	0,0049	0,145	0,145
v_2	171	0,0058	0,171	0,316
v_3	186	0,0054	0,159	0,475
v_4	174	0,0057	0,168	0,643
v_5	171	0,0058	0,171	0,814
v_6	158	0,0063	0,186	1
TOTAL		0,0339		

Ketika sudah menemukan nilai *fitness* kumulatif maka dilakukan perhitungan random permutasi dengan menggunakan *python*. Random permutasi ini dilakukan agar menciptakan calon induk baru pada crossover. Hasil random permutasi yang diperoleh:

Kromo som	P	Q	R	Calon Induk
v_1	0,145	0,145	0,041	v_7
v_2	0,171	0,316	0,613	v_4
v_3	0,159	0,475	0,832	v_{10}
v_4	0,168	0,643	0,351	v_6
v_5	0,171	0,814	0,794	v_9
v_6	0,186	1	0,991	v_{10}

Dari pencarian random permutasi didapatkan calon induk crossover dengan ketentuan jika $r < q_1$ maka dipilih kromosom pertama, jika $q_i < r < q_{(i+j)}$ dengan $j=(1,2,...,UkPop)$ maka pilih kromosom ke- $(i+j)$.

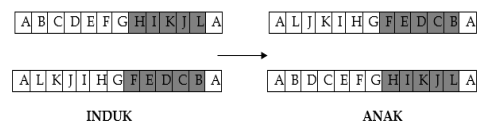
c. Crossover

Terlihat pada Tabel 4.11 terdapat calon induk terpilih menggunakan probabilitas penyilangan sebesar 50% yang akan dilakukan crossover :

CALON INDUK	R	Induk Terpilih
v_7	0,675	
v_4	0,745	
v_{10}	0,808	
v_6	0,796	
v_9	0,343	v_9
v_{10}	0,127	v_{10}

Terdapat 2 kromosom terpilih yaitu v_9 , v_{10} seperti pada siklus pertama, dilakukan perkawinan silang yang saling menukar gen. dapat dilihat dari crossover berikut :

Crossover : v_9, v_{10}



d. Mutasi

Setelah dilakukan proses crossover didapatkan keturunan-keturunan yang akan di proses mutasi. Dengan perhitungan manual seperti siklus pertama mutasi yang diperoleh adalah :

1. Anak 1 (v_{11})

A	L	J	K	I	H	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dengan mutasi berurutan peneliti memindahkan titik J dan K. Sehingga titik J dan K bertukar posisi menjadi :

A	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. Anak 2 (v_{12})

A	B	D	C	E	F	G	H	I	K	J	L	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dengan mutasi berurutan peneliti memindahkan titik D dan C. Sehingga titik D dan C bertukar posisi menjadi :

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	J	L	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Pada siklus kedua ini dikarenakan terdapat kromosom yang sama maka terjadi konvergensi pada kromosom 9,10,11, dan 12 Sehingga dapat memenuhi syarat berhenti.

2. Perhitungan Cost

Setelah melakukan penerapan algoritma genetika dalam menentukan rute

terpendek PT. Ps Indonesia cabang Lamongan selanjutnya peneliti melakukan perhitungan cost untuk menentukan besar biaya yang harus dikeluarkan dalam satu kali perjalanan untuk mengantarkan paket surat dan barang. Selain itu perhitungan cost digunakan untuk memudahkan dalam menentukan biaya pengiriman surat dan barang.

Langkah pertama yang dilakukan untuk mengitung cost adalah memasukkan hasil kromosom yang telah didapatkan dari penerapan algoritma genetika.

- $f_1(A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A) = 171$
- $f_2(A-C-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-A) = 203$
- $f_3(A-L-J-I-H-K-G-F-E-D-C-B-A) = 182$
- $f_4(A-B-K-L-J-I-H-G-F-E-D-C-A) = 174$
- $f_5(A-D-E-C-F-G-H-I-J-L-K-B-A) = 197$
- $f_6(A-B-C-D-E-F-G-H-K-I-J-L-A) = 186$

Kromosom baru :

- $f_7(A-D-E-F-G-H-I-J-L-K-B-C-A) = 203$
- $f_8(A-L-J-K-I-H-G-F-E-D-C-B-A) = 171$
- $f_9(A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A) = 171$
- $f_{10}(A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-C-B-A) = 158$
- $f_{11}(A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-C-B-A) = 158$
- $f_{12}(A-B-C-D-E-F-G-H-I-K-J-L-A) = 171$

Dari 12 kromosom diatas dapat diketahui jalur terpendek terdapat pada kromosom ke 10 dan 11 yaitu 158 KM. Dapat diperoleh perhitungan berikut :

$$Z = f_i C$$

$$Z = 158 \cdot \text{Rp } 1.000,00$$

$$Z = \text{Rp } 158.000,00$$

Jadi hasil perhitungan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk melakukan pengiriman surat dan barang dengan menggunakan rumus tersebut adalah Rp. 158.000.

B. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di PT. Pos Indonesia cabang Lamongan peneliti memperoleh hasil pencarian titik lokasi penelitian dengan bantuan *Google maps* dan menghasikan koordinat yang cukup akurat. Penggunaan *Google maps* bisa menghemat waktu dan biaya dalam pencarian jarak antar lokasi drop point. Hasil pencarian solusi yang optimal dengan menggunakan metode algoritma genetika dilakukan dengan perhitungan manual. Perhitungan yang dilakukan diberhentikan pada 2 siklus karena setelah melakukan perhitungan 2 siklus peneliti menemukan hasil yang sama dan dianggap sudah cukup optimal.

Solusi optimal dari hasil permasalahan TSP dengan menggunakan algoritma genetika menghasilkan rute terbaik pengiriman barang dan surat PT. Pos Indonesia cabang Lamongan adalah rute dari Kantor Pos Cabang Lamongan - Kantor Pos Sukodadi, Kantor Pos Cabang Lamongan - Kantor Pos Karanggeneng, Kantor Pos Cabang Lamongan - Kantor Pos Paciran, Kantor Pos Cabang Lamongan - Kantor Pos Tikung, Kantor Pos Cabang Lamongan - Kantor Pos Kembangbahu, Kantor Pos Sukodadi - Kantor Pos Karanggeneng, Kantor Pos Sukodadi - Kantor Pos Sekaran, Kantor Pos Sukodadi - Kantor Pos Kembangbahu, Kantor Pos Sukodadi - Kantor Pos Babat, Kantor Pos Karanggeneng - Kantor Pos Paciran, Kantor Pos Karanggeneng - Kantor Pos Laren, Kantor Pos Karanggeneng - Kantor Pos Sekaran, Kantor Pos Paciran - Kantor Pos Laren, Kantor Pos Laren - Kantor Pos Sekaran, Kantor Pos Sekaran - Kantor Pos Babat, Kantor Pos Babat - Kantor Pos Kembangbahu, Kantor Pos Babat - Kantor Pos Ngimbang, Kantor Pos Ngimbang - Kantor Pos Sambeng, Kantor Pos Sambeng - Kantor Pos Kembangbahu, Kantor Pos Sambeng - Kantor Pos Mantup, Kantor Pos Mantup - Kantor Pos Kembangbahu, Kantor Pos Mantup - Kantor Pos Tikung, Kantor Pos Kembangbahu - Kantor Pos Tikung.

Berdasarkan hasil pencarian solusi rute terpendek dalam pengiriman barang dari kantor cabang menuju drop point dengan 12 populasi menghasilkan 1 solusi yang paling baik dibandingkan dengan yang lain. Keunggulan dan

kelemahan menggunakan perhitungan algoritma genetika.

Keunggulan algoritma genetika adalah waktu komputasi yang dibutuhkan untuk penyelesaian permasalahan cenderung stabil dan memberikan hasil rute terpendek meskipun dengan jumlah kantor yang besar. Sedangkan kelemahan algoritma genetika adalah bergantung pada ukuran populasi, besar generasi, ukuran peluang crossover dan mutasi.

Pada skripsi ini peneliti melakukan 2 siklus dan ternyata pada siklus kedua memiliki hasil yang sama dengan siklus pertama, maka peneliti beranggapan bahwa dengan 2 siklus tersebut dirasa sudah cukup untuk menentukan rute terpendek dikarenakan pada dasarnya sifat dari algoritma genetika adalah random sehingga untuk mengetahui kapan hasil yang optimal muncul tidak diketahui pada generasi dan populasi keberapa.

PENUTUP

SIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penerapan Algoritma genetika pada rute pengiriman PT. Pos Cabang Lamongan dilakukan 2 siklus. Solusi rute terpendek pada 12 titik adalah A-L-K-J-I-H-G-F-E-D-C-B-A dengan total jarak tempuh sebesar 158km.
2. Perhitungan *cost* yang dilakukan setelah menemukan rute terpendek mendapatkan hasil Rp. 158.000 dalam 1 kali perjalanan.

SARAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian diatas, peneliti memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya seperti:

1. Bagi perusahaan: Agar penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan kurir dalam melakukan mengantaran barang melalui jalur yang optimal.
2. Bagi penelitian selanjutnya: Agar dapat mengembangkan metode Algoritma Genetika berbasis aplikasi *python* agar dapat digunakan pada *platform* dan dapat dikembangkan menggunakan jenis

Algoritma yang lainnya agar memperoleh hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, A. (2003). Strategi menggunakan algoritma genetika. *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya PENSITS*.
- Candrawati, L. G. A., & Kadyanan, I. G. A. G. A. (2017). Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Untuk Rute Paket Wisata Di Bali dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Ilmiah Komputer*, 10(1), 27-32.
- Nugroho Wahyu Trianto, dkk. (2007). *ALGORITMA GENETIKA DALAM PROGRAM PENCARIAN JALUR ALTERNATIF*. 1, 2-9.
- Paillin, D. B., & Tamaela, M. (2019). Analisis Pola Rute Distribusi Paket Pada Pt.Pos Indonesia (Persero) Ambon Dengan Menggunakan Metode Travelling Salesman Problem Dan Differential Evolution. *Arika*, 13(2), 75-86. <https://doi.org/10.30598/arika.2019.13.2.75>
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, A., & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73>
- Sihombing Tigor. (2023). *1 Liter Bensin Berapa Kilometer Mobil Bisa Melaju?* Moladin. <https://moladin.com/blog/1-liter-bensin-berapa-kilometer-mobil-bisa-melaju/>
- Utami, P. Y., Suhery, C., & Ilhamsyah. (2014). Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus: Pencarian Rute Terpendek Untuk Pemadam Kebakaran Di Wilayah Kota Pontianak). *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 02(1), 19-25.
- Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. CV. Andi Offset.