

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DALAM PENENTUAN RUTE TERBAIK PENDISTRIBUSIAN BBM PADA PT BURUNG LAUT

I Wayan Supriana

Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Ilmu Kesehatan, Sains dan Teknologi Universitas Dhyana Pura, Badung, Bali.

supriana@undhirabali.ac.id

ABSTRACT

Fuel Oil (BBM) is one of the important commodities for the people of Indonesia. BBM is distributed by sea. One of the companies whose fleets are working in the distribution of fuel is PT Burung Laut, which is by operating the Tanker MT. Citra Bintang. This ship distributes fuel to the Maluku and Papua areas. But in its distribution, this ship does not have a definite route. Previous research has been done by Closeary et al. By using Ant Colony System method. In this research, conducted the shortest distance search that is passed by ship with Genetic Algorithm method for case study of Traveling Salesman Problem. From the test system that has been done as much as 10 times the shortest route produced with a distance of 4853 kilometers. The route of the ship with the distance is Tobelo, Fak - Fak, Kaimana, Tual, Dobo, Merauke, Saumlaki, Namlea, Ambon, Masohi, Sanana, Labuha, and then Ternate

Keywords: *Genetic Algorithm, Travelling Salesman Problem*

ABSTRAK

Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah salah satu komoditas penting bagi masyarakat Indonesia. BBM didistribusikan melalui jalur laut. Salah satu perusahaan yang armada laut yang bekerja dalam pendistribusian BBM adalah PT Burung Laut, yaitu dengan mengoperasikan Kapal Tanker MT. Citra Bintang. Kapal ini mendistribusikan BBM pada daerah Maluku dan Papua. Namun dalam pendistribusiannya, kapal ini tidak memiliki rute yang pasti. Penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Tutupary, et al. Dengan menggunakan metode Ant Colony System. Pada penelitian ini, dilakukan pencarian jarak terpendek yang dilewati kapal dengan metode Algoritma Genetika untuk studi kasus Travelling Salesman Problem. Dari pengujian sistem yang telah dilakukan sebanyak 10 kali dihasilkan rute terpendek dengan jarak 4.853 kilometer. Adapun rute yang dilalui kapal dengan jarak tersebut adalah Tobelo, Fak-Fak, Kaimana, Tual, Dobo, Merauke, Saumlaki, Namlea, Ambon, Masohi, Sanana, Labuha, dan kemudian terakhir Ternate.

Kata Kunci: *Algoritma Genetika, Kasus Pedagang Keliling*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari ribuan pulau dan Masyarakat Indonesia menghuni pulau-pulau tersebut yang tersebar di 6.000 pulau. Kehidupan perekonomian masyarakat Indonesia tidak bisa terlepas dari moda transportasi, sehingga kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) di pulau-pulau Indonesia harus dapat didistribusikan dengan baik. Salah satu cara pendistribusian BBM adalah melalui angkutan laut. Alasan menggunakan angkutan laut adalah selain biaya yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan dengan angkutan udara, jumlah BBM yang dapat didistribusikan juga lebih banyak [4].

Salah satu perusahaan yang memanfaatkan angkutan laut untuk mendistribusikan BBM adalah PT Burung Laut. PT Burung Laut menggunakan armada kapal tanker MT. Citra Bintang. Kapal ini digunakan untuk mengangkut BBM dari beberapa pulau yang terletak di provinsi Maluku dengan menyewakannya pada pihak PT Pertamina Cabang Ambon. Dalam mendistribusikan BBM kapal ini belum mempunyai rute yang sifatnya pasti. Sehingga biaya yang dibutuhkan tidak tetap dalam distribusi BBM ke pulau-pulau.

Pembahasan distribusi BBM ke suatu pulau terdapat beberapa peneliti yang sudah pernah membahasnya yaitu *Aplikasi Algoritma Ant Colony System Dalam Penentuan Rute Optimum Distribusi BBM pada PT Burung Laut* yang ditulis oleh Tutupaty et al. Melalui penelitian ini pendekatan penyelesaian rute distribusi BBM ke pulau-pulau menggunakan konsep TSP (*travelling salesman problem*) yang diselesaikan dengan metode Algoritma Genetika, penulis akan mencari rute optimum yang dapat dilalui kapal sehingga biaya (cost) yang dibutuhkan seminimal mungkin.

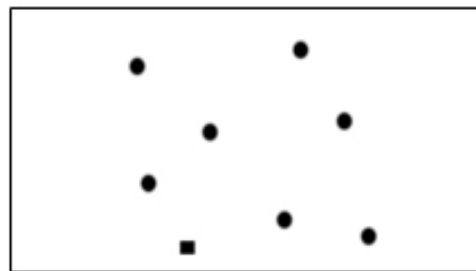
TINJAUAN PUSTAKA

Travelling Salesman Problem

Menurut Manggolgo *et al.* [1] Travelling Salesman Problem merupakan permasalahan optimasi untuk mencari rute terpendek bagi pedagang keliling (*travelling salesman*) yang ingin mengunjungi beberapa kota. *Travelling Salesman Problem* merupakan topik yang banyak menarik perhatian ahli matematika karena mudah

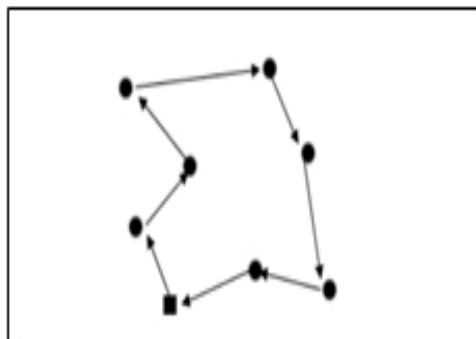
didefinisikan namun sulit untuk diselesaikan. Banyaknya kombinasi alur seiring dengan banyaknya kota yang dikunjungi pada TSP membuat permasalahan ini menjadi tidak mudah.

Pada Gambar 1 terdapat tujuh kota yang akan dilalui salesman dan satu titik didefinisikan sebagai rute awal dan rute akhir perjalanan. Untuk mencari rute terpendek, terlebih dahulu harus diketahui jarak masing-masing titik. Namun jika jarak masing-masing titik belum diketahui, dapat digunakan koordinat masing-masing titik.



Gambar 1. Titik-titik kota yang dilwati[2]

Setelah jarak yang menghubungkan semua kota diketahui maka jarak terpendek dapat diketahui dengan mencoba semua kombinasi dan menjumlahkan jarak dari semua kombinasi tersebut. Setelah itu, maka akan didapatkan jarak seperti pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Rute Terpendek [2]

1.1 Algoritma Genetika

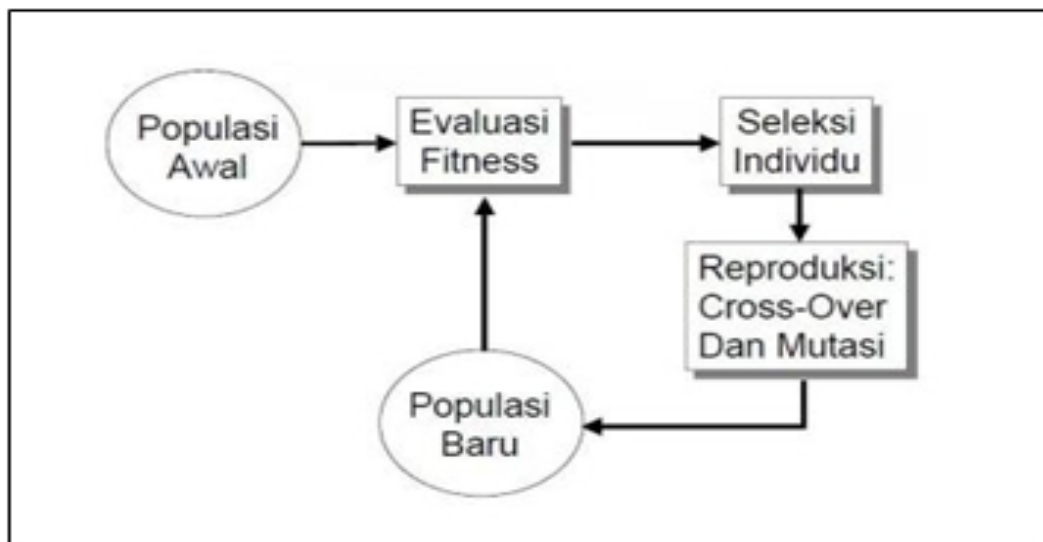
Algoritma genetika merupakan algoritma pencarian yang berdasarkan mekanisme seleksi alam Darwin dan prinsip-prinsip genetika untuk menentukan individu berkualitas tinggi dalam sebuah domain yang disebut dengan populasi [3]. Dalam bidang ilmu komputer algoritma genetika termasuk ke dalam kajian kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan komputasi lunak (*soft computing*). Algoritma genetika banyak digunakan dalam permasalahan dengan kompleksitas tinggi yang banyak

terjadi dalam *dinamyc programming* seperti TSP dan *Knapsack Problem*.

Gambaran umum dari algoritma genetika adalah dimisalkan terdapat sekumpulan populasi yang di dalamnya terdapat solusi permasalahan yang diwakilkan oleh individu - individu (kromosom). Individu-individu tersebut akan melalui proses seleksi untuk mendapatkan nilai fitness dari masing-masing individu. Setelah dievaluasi, maka individu dengan nilai fitness tertinggi yang mempunyai peluang untuk dapat masuk ke proses berikutnya. Selanjutnya akan dilakukan proses reproduksi untuk

menambah keanekaragaman individu yang telah terseleksi.

Proses reproduksi dilakukan dengan cara perkawinan silang antar individu terpilih yang dinamakan crossover. Dengan adanya crossover diharapkan akan lahir individu baru yang mempunyai nilai fitness lebih tinggi dari induknya. Selanjutnya akan dilakukan proses mutasi yang direpresentasikan dengan berubahnya satu atau lebih nilai gen individu terpilih. Pada akhirnya proses reproduksi ini akan menghasilkan populasi baru. Gambar 3 berikut mengilustrasikan siklus dari algoritma genetika.



Gambar 3. Siklus Algoritma Genetika

Setelah semua tahapan pada siklus ini dilakukan maka individu-individu ini akan kembali melalui proses evaluasi fitness, seleksi, dan reproduksi fitness sampai dengan jumlah generasi yang telah ditentukan. Setelah melalui beberapa generasi diharapkan didapatkannya individu dengan nilai fitness tertinggi yang dapat dijadikan solusi dari permasalahan yang ada.

METODELOGI PENELITIAN

Analisis Permasalahan

PT Burung Laut merupakan perusahaan nasional pelayaran nasional yang bergerak di bidang jasa angkutan laut. Bisnis utama dari perusahaan ini adalah melayani jasa pengangkutan zat cair seperti BBM (Bahan Bakar Minyak), Gula Cair (Molasses) dan CPO (Crude Palm Oil). PT Burung Laut melalui kapal yang dimilikinya sering

melakukan pendistribusian BBM di daerah kepulauan Maluku dan Papua. Permasalahannya adalah kapal ini tidak mempunyai rute yang pasti dalam pendistribusian BBM. Dalam penelitian ini akan digunakan 12 titik sebagai lokasi pelabuhan yang dilewati kapal yaitu Ambon, Dobo, Tual, Masohi, Merauke, Saumlaki, Fak-Fak, Kaimana, Sanana, Tobelo, Namlea, Ternate, dan Labuha.

Dalam memodelkan permasalahan tersebut ke dalam kasus TSP agar dapat diimplementasikan pada algoritma genetika, maka perlu diketahui posisi dari pelabuhan-pelabuhan tersebut. Lokasi-lokasi pelabuhan tersebut nantinya akan disajikan dalam bentuk decimal degrees. Adapun lokasi dari tiap-tiap pelabuhan dapat dilihat pada gambar berikut

Tabel 1. Koordinat Titik Lokasi

No	Pelabuhan	Latitude	Longitude
1	Ambon	-3.693485	128.176513
2	Dobo	-5.755200	134.213983
3	Tual	-5.635406	132.748369
4	Masohi	-3.295471	128.953112
5	Merauke	-8.478376	140.389295
6	Saumlaki	-8.045539	131.207113
7	Fak Fak	-2.933478	132.307972
8	Kaimana	-3.657840	133.756395
9	Sanana	-2.056789	125.981360
10	Tobelo	1.723862	128.015538
11	Namlea	-3.269361	127.083756
12	Ternate	0.779197	127.388025
13	Labuha	-0.627568	127.480164

Metode Penyelesaian

Jarak dua titik pada koordinat decimal degree akan dihitung menggunakan rumus

Haversine. Berikut merupakan sintaks yang digunakan untuk perhitungan jarak dengan rumus *Haversine*.

```
public double measureDistance(City city){
    double deltaLongitude = city.getLongitude() -
this.getLongitude();
    double deltaLatitude = city.getLatitude() -
this.getLatitude();
    double a = Math.pow(Math.sin(deltaLatitude / 2D), 2D) +
Math.cos(this.getLatitude()) *
Math.cos(city.getLatitude()) * Math.pow(Math.sin(deltaLongitude / 2D),
2D);
    return EARTH_EQUATORIAL_RADIUS * 2D *
Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1D - a));
}
```

Gambar 4. Sintax Rumus Haversine

Pertama-tama koordinat setiap pelabuhan diubah terlebih dahulu dari decimal degree ke radian dengan cara mengalikan masing-masing, kemudian akan dicari masing-masing jarak antara longitude dan latitude dengan 0.715, selanjutnya akan dicari selisih dari longitude dan latitude dari masing-masing pelabuhan.

$$\Delta\text{Longitude} = \text{LongitudeKota1} - \text{LongitudeKota2}$$

$$\Delta\text{Latitude} = \text{LatitudeKota1} - \text{LatitudeKota2}$$

Kemudian akan dicari masing-masing jarak antar pelabuhan dengan rumus Haversine.

$$A = \left(\sin\left(\frac{\Delta\text{lat}}{2}\right) \right)^2 + \cos(\text{lat.kota1}) * \cos(\text{lat.kota2}) * \left(\sin\left(\frac{\Delta\text{long}}{2}\right) \right)^2$$

$$\text{Jarak (dalam km)} = 6378.1370 \times 2 \arctan\left(\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{1-A}}\right)$$

Setelah dilakukan perhitungan jarak maka akan didapatkan jarak antara lokasi yang disajikan dalam tabel 3.1, tabel 3.2, tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 2. Matriks Jarak 1

Pelabuhan	Ambon	Dobo	Tual	Masohi
Ambon	0	671	508	96.89
Dobo	671	0	162.7	644.1

Tual	508	162.7	0	494.7
Masohi	96.89	644.1	494.7	0
Merauke	1451	745.6	900.4	1390
Saumlaki	588.6	418.4	317.4	584.1
Fak Fak	466.3	378.3	304.4	374.7
Kaimana	619.2	238.7	246.6	534.6
Sanana	304.2	1001	849.6	357.7
Tobelo	602.6	1080	972.6	567.8
Namlea	130.1	837.3	680.8	207.5
Ternate	505	1050	929	485.3
Labuha	349.6	940	807.5	338.8

Tabel 3. Matrik Jarak 2

Pelabuhan	Merauke	Saumlaki	Fak-Fak	Kaimana
Ambon	1451	588.6	466.3	619.2
Dobo	745.6	418.4	378.3	238.7
Tual	900.4	317.4	304.4	246.6
Masohi	1390	584.1	374.7	534.6
Merauke	0	1012	1086	908.2
Saumlaki	1012	0	581.3	563.5
Fak Fak	1086	581.3	0	179.8
Kaimana	908.2	563.5	179.8	0
Sanana	1747	882.1	709.5	881.6
Tobelo	1780	1143	704.2	874.7
Namlea	1581	700.1	581.3	741.9
Ternate	1771	1069	685.2	862.7
Labuha	1675	922.4	594.7	774.5

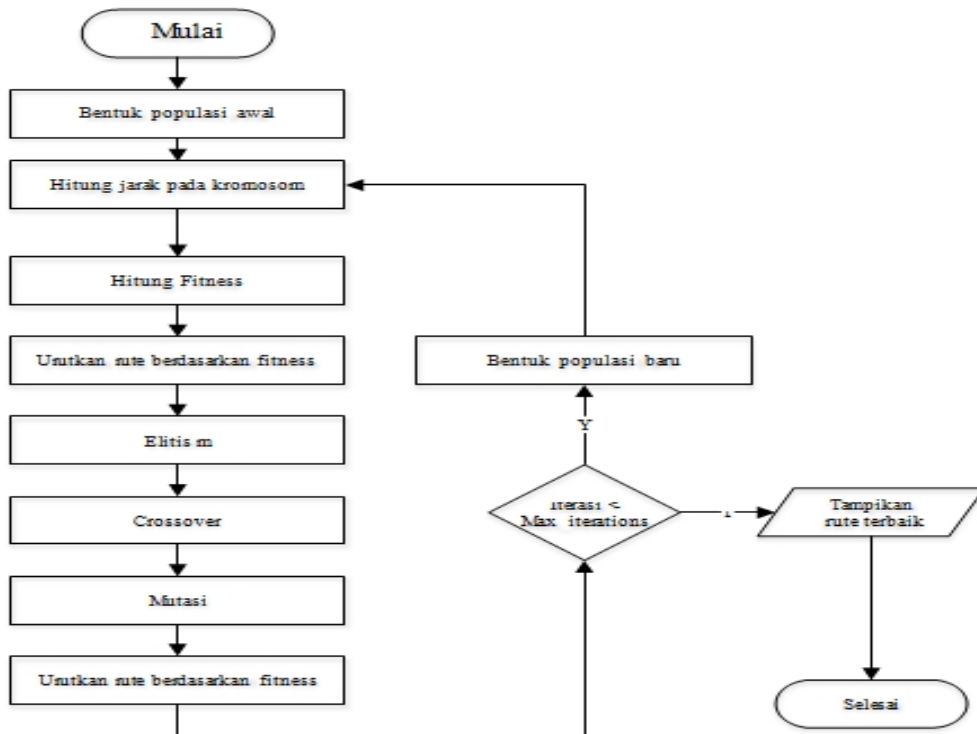
Tabel 4. Matrik Jarak 3

Pelabuhan	Sanana	Tobelo	Namlea	Ternate	Labuha
Ambon	304.2	602.6	130.1	505	349.6
Dobo	1001	1080	837.3	1050	940
Tual	849.6	972.6	680.8	929	807.5
Masohi	357.7	567.8	207.5	485.3	338.8
Merauke	1747	1780	1581	1771	1675
Saumlaki	882.1	1143	700.1	1069	922.4
Fak Fak	709.5	704.2	581.3	685.2	594.7

Proses Algoritma Genetika

Proses algoritma genetika yang dilakukan secara umum seperti Gambar. 4

dibawah ini untuk untuk menentukan penyelesaian optimal dari rute BBM.



Gambar 4. Flowchat Algoritma Genetika

▪ **Pembangkitan Populasi Awal**

Proses pertama dalam algoritma genetika adalah pembangkitan populasi awal. Populasi awal dibangkitkan secara

random. Dimisalkan setiap pelabuhan disimbolkan dengan huruf maka akan menjadi seperti berikut.

Tabel 5. Simbol Pelabuhan

No	Pelabuhan	Simbol
1	Ambon	A
2	Dobo	D
3	Tual	T
4	Masohi	M
5	Merauke	R
6	Saumlaki	S
7	Fak Fak	F
8	Kaimana	K

Tabel 6. Kromosom Populasi Awal

Kromosom	Simbol
1	DKFMARST
2	RTKFSMAD
3	AMFMKSTD
4	TKRDSAFM
5	TKRDFMSA
6	SRFD TAKM
7	KDRATMFS
8	FSKMRADT

▪ **Evaluasi Fitness**

Setelah didapatkan individu sejumlah populasi yang ditentukan, maka selanjutnya akan dilakukan evaluasi fitness. Nilai fitness didapatkan dari jarak antar pelabuhan yang ditotalkan. Karena di sini yang dicari adalah TSP maka nilai fitness tertinggi adalah rute yang mempunyai jarak terpendek.

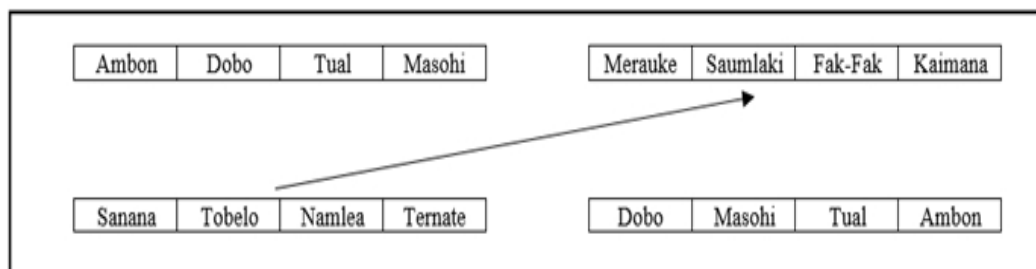
Tabel 7. Susunan Kromosom

Kromosom	Simbol	Fitness	Jarak
1	DKFMARST	2.6062	3837
2	RTKFSMAD	2.4716	4046
3	AMFMKSTD	2.3691	4221
4	TKRDSAFM	2.3546	4247
5	TKRDFMSA	2.2826	4381
6	SRFDTAKM	2.0276	4393
7	KDRATMFS	1.9980	5005
8	FSKMRADT	1.7544	5700

▪ **Proses Seleksi Dengan Tournament**

Seleksi dilakukan untuk mendapatkan induk yang baik. Semakin tinggi nilai fitness suatu individu maka semakin besar kemungkinannya untuk terpilih. Seleksi dapat dilakukan dengan dua macam teknik yaitu dengan mesin roulette dan tournament selection. Pada penelitian ini digunakan metode seleksi dengan tournament selection. Pertama-tama akan dipilih 3 buah kromosom secara acak untuk didapatkan kromosom dengan nilai fitness tertinggi. Kromosom dengan nilai fitness tertinggi akan masuk ke proses crossover.

▪ **Crossover**



Gambar 5. Proses Crossover

Rute 1 akan dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama akan menjadi susunan gen untuk calon *offspring* pertama. Begitu juga rute 2 akan dibagi menjadi dua bagian kromosom. Bagian kromosom pertama akan digabungkan dengan bagian pertama rute 1 untuk dijadikan *offspring* pertama. Sehingga *offspring* yang dihasilkan adalah.

$$\text{Fitness Kromosom} = \frac{1}{\text{Total Jarak}}$$

Nilai fitness yang didapat dari kromosom yang terbentuk di populasi awal adalah seperti tabel 7 dibawah ini.

Crossover merupakan salah satu operator dalam algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk menghasilkan keturunan yang baru. Crossover dilakukan dengan cara pertukaran gen yang didapat dari hasil seleksi. Pertama-tama akan dipilih sepasang kromosom atau rute yang akan menjalani proses crossover. Misalnya adalah sebagai berikut:

Rute 1 : [Ambon, Dobo, Tual, Masohi, Merauke, Saumlaki, Fak-Fak, Kaimana]

Rute 2 : [Sanana, Tobelo, Namlea, Ternate, Dobo, Masohi, Tual, Ambon]

Intermediate Crossover : [Ambon, Dobo, Tual, Masohi, null, null, null, null]

Hasil Crossover : [Ambon, Dobo, Tual, Masohi, Sanana, Tobelo, Namlea, Ternate]

Sedangkan untuk *offspring* kedua adalah hasil dari intermediate crossover yang

gennya ditambahkan dengan gen yang ada pada rute 2. Dengan demikian *offspring* kedua akan mempunyai susunan gen sebagai berikut.

Offspring kedua: [Ambon, Dobo, Tual, Masohi, Labuha, Ternate, Sanana, Merauke]

Kedua *offspring* yang dihasilkan akan dikembalikan lagi ke fungsi populasi untuk menjalani proses selanjutnya.

▪ **Mutasi**

Mutasi gen merupakan operator yang menukar nilai gen dengan nilai inversinya, misalnya gennya bernilai 0 menjadi 1. Setiap individu mengalami mutasi dengan probabilitas mutasi yang ditentukan. Nilai probabilitas mutasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.25. Pada penelitian ini proses mutasi yang dilakukan adalah dengan menukar gen yang ada pada kromosom. Berikut adalah contohnya:

Sebelum mutasi:

Tual → Ambon → Dobo → Masohi → Merauke → Labuha → Namlea → Ternate → Kaimana → Fak- Fak → Sanana → Merauke → Tobelo

Setelah mutasi

Ambon → Tual → Dobo → Masohi → Labuha → Merauke → Namlea → Ternate

→ Fak-Fak → Kaimana → Sanana → Merauke → Tobelo

▪ **Elitism**

Proses elitism ditambahkan karena terdapat kemungkinan bahwa kromosom terbaik pada generasi sebelumnya tidak termasuk pada populasi baru atau nilai fitness kromosom terbaik tersebut telah mengalami penurunan dikarenakan proses mutasi. Pada elitism akan disimpan satu individu dengan nilai fitness tertinggi.

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Implementasi Sistem

Implementasi sistem bertujuan untuk menerapkan hasil analisa dan perancangan aplikasi yang telah dibahas sebelumnya. Implementasi pada percobaan ini menggunakan bahasa pemrograman Java. Data pengujian yang dimasukkan adalah berupa koordinat latitude dan longitude dari 13 pelabuhan yang akan dilewati kapal. Aplikasi bersifat console atau tidak mempunyai GUI khusus. Berikut merupakan tampilan dari aplikasi yang diimplementasikan.

Generasi #0	Rute	Fitness	Jarak (Dalam Kilometer)
[Namlea, Ternate, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ambon]		1.5015	6660.00
[Tobelo, Saumlaki, Labuha, Masohi, Dobo, Tual, Kaimana, Merauke, Fak-Fak, Namlea, Ternate, Ambon, Sanana]		1.2855	7779.00
[Ambon, Kaimana, Namlea, Sanana, Tobelo, Labuha, Saumlaki, Fak-Fak, Ternate, Masohi, Tual, Dobo, Merauke]		1.2780	7825.00
[Ambon, Tobelo, Saumlaki, Masohi, Namlea, Ternate, Tual, Sanana, Labuha, Fak-Fak, Dobo, Kaimana, Merauke]		1.1659	8577.00
[Kaimana, Fak-Fak, Ambon, Labuha, Tual, Sanana, Tobelo, Masohi, Ternate, Merauke, Saumlaki, Dobo, Namlea]		1.1145	8973.00
[Dobo, Saumlaki, Fak-Fak, Tobelo, Namlea, Tual, Merauke, Ambon, Labuha, Kaimana, Ternate, Masohi, Sanana]		1.0939	9142.00
[Ambon, Labuha, Merauke, Tual, Tobelo, Sanana, Dobo, Fak-Fak, Ternate, Masohi, Kaimana, Namlea, Saumlaki]		1.0525	9501.00
[Namlea, Tobelo, Merauke, Sanana, Saumlaki, Labuha, Fak-Fak, Kaimana, Masohi, Tual, Ambon, Dobo, Ternate]		0.9550	10471.00
> Generasi #1			
Rute	Fitness	Jarak (Dalam Kilometer)	
[Namlea, Ternate, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ambon]	1.5015	6660.00	
[Fak-Fak, Kaimana, Tual, Masohi, Labuha, Ambon, Dobo, Namlea, Ternate, Sanana, Tobelo, Saumlaki, Merauke]	1.3016	7683.00	
[Ambon, Sanana, Namlea, Kaimana, Tobelo, Labuha, Merauke, Tual, Masohi, Ternate, Fak-Fak, Dobo, Saumlaki]	1.2491	8006.00	
[Ambon, Kaimana, Merauke, Sanana, Tobelo, Labuha, Saumlaki, Namlea, Dobo, Tual, Fak-Fak, Ternate, Masohi]	1.2161	8223.00	
[Saumlaki, Ternate, Tobelo, Namlea, Dobo, Labuha, Masohi, Ambon, Fak-Fak, Tual, Sanana, Kaimana, Merauke]	1.1901	8403.00	
[Dobo, Kaimana, Namlea, Sanana, Tobelo, Labuha, Masohi, Tual, Ambon, Merauke, Fak-Fak, Ternate]	1.1440	8741.00	
[Namlea, Ternate, Tobelo, Masohi, Sanana, Dobo, Ambon, Kaimana, Tual, Fak-Fak, Saumlaki, Labuha, Merauke]	1.0927	9152.00	
[Namlea, Fak-Fak, Tobelo, Tual, Sanana, Labuha, Kaimana, Ternate, Saumlaki, Dobo, Masohi, Merauke, Ambon]	0.9913	10088.00	
> Generasi #2			
Rute	Fitness	Jarak (Dalam Kilometer)	
[Namlea, Ternate, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ambon]	1.5015	6660.00	
[Ternate, Sanana, Tobelo, Masohi, Namlea, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ambon]	1.3883	7203.00	
[Ambon, Sanana, Namlea, Kaimana, Tobelo, Labuha, Masohi, Tual, Merauke, Dobo, Fak-Fak, Ternate, Saumlaki]	1.3194	7579.00	
[Dobo, Kaimana, Namlea, Merauke, Tobelo, Labuha, Ambon, Ternate, Masohi, Fak-Fak, Saumlaki, Sanana, Tual]	1.1352	8809.00	
[Namlea, Tual, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Ternate, Kaimana, Ambon]	1.0820	9242.00	
[Saumlaki, Ambon, Labuha, Dobo, Masohi, Namlea, Fak-Fak, Tobelo, Tual, Kaimana, Merauke, Sanana, Ternate]	1.0730	9320.00	
[Kaimana, Namlea, Dobo, Tobelo, Ambon, Masohi, Ternate, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Sanana, Tual]	1.0717	9331.00	
[Sanana, Kaimana, Tual, Masohi, Labuha, Dobo, Fak-Fak, Namlea, Tobelo, Merauke, Ternate, Ambon, Saumlaki]	1.0037	9963.00	
> Generasi #3			
Rute	Fitness	Jarak (Dalam Kilometer)	
[Labuha, Fak-Fak, Ambon, Masohi, Namlea, Tual, Merauke, Dobo, Saumlaki, Kaimana, Ternate, Sanana, Tobelo]	1.5058	6641.00	
[Namlea, Ternate, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ambon]	1.5015	6660.00	
[Kaimana, Sanana, Tobelo, Masohi, Labuha, Namlea, Ambon, Ternate, Tual, Saumlaki, Dobo, Fak-Fak, Merauke]	1.3808	7242.00	
[Namlea, Ambon, Tobelo, Masohi, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Tual, Kaimana, Ternate]	1.3550	7380.00	
[Merauke, Ambon, Labuha, Dobo, Masohi, Namlea, Ternate, Tobelo, Sanana, Saumlaki, Fak-Fak, Tual, Kaimana]	1.3196	7578.00	
[Dobo, Kaimana, Namlea, Merauke, Tobelo, Labuha, Ternate, Ambon, Masohi, Fak-Fak, Sanana, Tual, Saumlaki]	1.2427	8047.00	
[Namlea, Masohi, Tobelo, Tual, Sanana, Labuha, Merauke, Fak-Fak, Saumlaki, Dobo, Ternate, Kaimana, Ambon]	1.0799	9200.00	
[Namlea, Fak-Fak, Tobelo, Masohi, Saumlaki, Labuha, Merauke, Sanana, Dobo, Ternate, Tual, Kaimana, Ambon]	0.9285	10770.00	

Gambar 6. Hasil Generate 4 Generasi

Pengujian Data

Pengujian dilakukan dengan menggunakan nilai parameter tetap yakni ukuran populasi sejumlah 10 populasi dalam

setiap generasi, maksimum generasi = 30, probabilitas mutasi = 0.25, tournament selection size = 30 dan jumlah elite kromosom = 1. Dari pengujian yang telah

dilakukan sebanyak 10 kali, diperoleh hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian

Pengujian ke	Fitness Tertinggi	Jarak Minimal (dalam km)	Rute
1	1.5763	6344.00	Saumlaki, Tual, Fak-Fak, Ternate, Labuha, Tobelo, Namlea, Sanana, Ambon, Merauke, Dobo, Kaimana, Masohi
2	1.7762	5630.00	Saumlaki, Ambon, Tobelo, Ternate, Namlea, Sanana, Masohi, Labuha, Fak-Fak, Kaimana, Dobo, Merauke, Tual
3	1.8525	5398.00	Dobo, Merauke, Ambon, Namlea, Sanana, Ternate, Tobelo, Labuha, Masohi, Fak-Fak, Tual, Saumlaki, Kaimana
4	1.7569	5692.00	Namlea, Labuha, Ternate, Tobelo, Sanana, Ambon, Kaimana, Saumlaki, Merauke, Dobo, Fak-Fak, Tual, Masohi
5	2.0606	4853.00	Tobelo, Fak-Fak, Kaimana, Tual, Dobo, Merauke, Saumlaki, Namlea, Ambon, Masohi, Sanana, Labuha, Ternate
6	1.5941	6273.00	Ternate, Labuha, Masohi, Merauke, Saumlaki, Tual, Dobo, Kaimana, Namlea, Ambon, Fak-Fak, Sanana, Tobelo
7	1.7209	5811.00	Tobelo, Kaimana, Fak-Fak, Merauke, Dobo, Tual, Saumlaki, Namlea, Sanana, Labuha, Ternate, Ambon, Masohi
8	1.7229	5804.00	Fak-Fak, Merauke, Dobo, Saumlaki, Labuha, Ternate, Tobelo, Sanana, Masohi, Namlea, Ambon, Kaimana, Tual
9	1.7461	5727.00	Ternate, Sanana, Ambon, Saumlaki, Merauke, Tual, Fak-Fak, Kaimana, Dobo, Masohi, Namlea, Tobelo, Labuha
10	1.6415	6092.00	Tual, Dobo, Merauke, Masohi, Sanana, Namlea, Ambon, Kaimana, Fak-Fak, Ternate, Tobelo, Labuha, Saumlaki

Berdasarkan tabel 8 pengujian di atas, didapat fitness terbesar berada pada pengujian ke-5, di mana fitness yang didapatkan adalah 2.0606. Nilai fitness terbesar secara otomatis akan menghasilkan rute terpendek yaitu 4.853 kilometer. Rute yang harus dilewati kapal yaitu Tobelo, Fak-Fak, Kaimana, Tual, Dobo, Merauke, Saumlaki, Namlea, Ambon, Masohi, Sanana, Labuha, dan kemudian terakhir Ternate.

SIMPULAN

Setelah dilakukan implementasi algoritma genetika pada kasus pengangkutan BBM yang digunakan oleh kapal MT Citra Tanker oleh PT Burung

Laut maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses pembangunan rute dilakukan dengan memodelkannya ke dalam kasus TSP.
2. Berdasarkan pada hasil pengujian yang dilakukan, dapat dipastikan bahwa rute yang dilewati oleh kapal merupakan solusi rute optimal
3. Penerapan algoritma genetika cukup membantu dalam mencari solusi optimal untuk mencari rute terpendek yang dilalui oleh kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I.Manggolo, M. I. Marzuki and M. Alaydrus, "Optimalisasi Perencanaan Jaringan Akses Serat Optik Fiber To Home Menggunakan Algoritma Genetika," *InComTech Jurnal*

- Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 21-36, 2011
- [2] M. D. A. C. Hasibuan and Lusiana, "Pencarian Rute Terbaik Pada Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru," *SATIN - Sains dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, Juni, 2015
- [3] Carwoto, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt pada Penyulang Distribusi Tenaga Listrik," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. 12, no. 2, pp. 122-130, 2007.
- [4] F.S. Tutupary, M.W. Talakua, Y.A. Lesnussa, "Aplikasi Algoritma Ant Colony System Dalam Penentuan Rute Optimum Distribusi BBM Pada PT. Burung Laut", *Jurnal Berekeng*, Vol. 8 No.1 Hal. 51-59 (2014).