

Analysis of Distribution Route Optimisation for Logistics Efficiency Using Genetic Algorithm

Analisa Optimalisasi Rute Distribusi untuk Mengefisiensikan Logistik Menggunakan Algoritma Genetika

Nur Qomaruddin Saputra¹⁾, Tedjo Sukmono^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjos@umsida.ac.id

Abstract. *Indonesia's leading freight forwarding industry seeks to optimize shipping and fuel costs, with a daily mileage of 1,607,100 KM. The main problem faced by companies providing freight forwarding services is to determine the expected shipping costs in order to increase the efficiency and profit of the company. Can be categorized as a mileage constraint in determining the delivery route and has many solutions that can be applied to get the optimal or closest route distance. Genetic algorithm is a computational method used to select solutions that are suitable and effective with criteria without having to check all possible distances. From the evaluation results using the genetic algorithm method can get a total distance of 1,521,000 KM with fuel cost savings of Rp 493,844 per day. From this research is expected to get the most optimal distance and can reduce fuel costs in the delivery process.*

Keywords – Optimization; Distribution; Genetic Algorithm

Abstrak. Industri jasa ekspedisi ternama di Indonesia berupaya untuk mengoptimalkan pengiriman dan biaya bahan bakar, dimana jarak tempuh dalam setiap hari sebesar 1.607.100 KM. Permasalahan utama yang dihadapi oleh perusahaan penyedia jasa layanan pengiriman barang adalah menetapkan biaya pengiriman yang diharapkan agar dapat meningkatkan efisiensi dan keuntungan perusahaan. Dapat dikategorikan sebagai kendala jarak tempuh dalam penentuan rute pengiriman serta memiliki banyak penyelesaian yang dapat diterapkan guna mendapatkan jarak rute yang optimal atau terdekat. Algoritma genetika merupakan metode komputasi yang digunakan untuk memilih solusi yang sesuai dan efektif dengan kriteria tanpa harus memeriksa pada seluruh kemungkinan jarak yang sesuai. Dari hasil evaluasi menggunakan metode algoritma genetika dapat didapatkan total jarak 1.521.000 KM dengan penghematan biaya bahan bakar sebanyak Rp 493.844 persetiap harinya. Dari penelitian ini diharapkan mendapatkan jarak yang paling optimal dan dapat menekan biaya bahan bakar pada proses pengiriman.

Kata Kunci – Optimalisasi; Distribusi; Algoritma Genetika

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Munculnya *e-commerce* di Indonesia ini sangat mendorong berkembangnya ekonomi dan *trend* masyarakat dengan berbelanja *online* sangat meningkat dari tahun ketahun. Keberadaan penyedia layanan angkutan barang memainkan peran strategi untuk meningkatkan arus barang dari dan ke suatu daerah. Pt. J. merupakan perusahaan pengiriman *express* yang berbasis teknologi. Salah satu permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah optimalisasi pengiriman. Karena banyak nya rute saat ini mengakibatkan biaya pendistribusian cukup besar karena terdapat rute yang tidak teratur dengan baik, sehingga kalah bersaing dengan perusahaan kompetitor, target biaya pengiriman adalah sebesar 2.8 % sedangkan saat ini biaya pengiriman sebesar 3.3 % perhari. Proses pengiriman atau distribusi yang dilaksanakan jika tidak memperhatikan rute dan jadwal pengiriman yang telah ditentukan dan dilakukannya berulang ulang maka menyebabkan biaya pengiriman menjadi besar [1].

Dalam mencoba mengatasi permasalahan pendistribusian tersebut metode algoritma genetika diusulkan menjadi solusi pada penelitian ini dengan tujuan untuk menyederhanakan atau mengoptimalkan rute agar mendapatkan jarak rute terpendek dan biaya yang rendah. Penelitian sebelumnya algoritma genetika dapat direkomendasikan untuk penyelesaian distribusi dengan metode *multi traveling salesman problem* memodifikasi *operator cycle crossover* dimana hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan dapat membuat rute yang optimal dengan jarak terpendek [2]. Penelitian terkait selanjutnya, agar mendapatkan jarak terpendek dan tercepat dalam proses distribusi, disimpulkan bahwa metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang diselesaikan algoritma genetika dapat menghasilkan rute terpendek dan waktu tercepat sehingga dapat mengoptimalkan pendistribusian [3].

Kemudian pada penelitian terkait selanjutnya, dimana menggunakan metode *Capacity* yang optimal meskipun tidak mengalami error dalam uji cobanya, algoritma genetika dapat menyelesaikan meskipun dengan jumlah titik yang banyak [4]. Sementara penelitian yang dilakukan Sihombing menyatakan bahwa penggunaan metode Algoritma

Genetika dapat dan mampu menghasilkan rute yang efektif dan terpendek dan dapat menyelesaikan masalah-masalah yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan perhitungan matematika biasa [5]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Amdani menjelaskan bahwa tingkat ketepatan dan akurasi dengan menggunakan metode algoritma genetika mendapat nilai terbaik dan paling tinggi melalui tingkat akurasi sebesar 95.55 % [6]. Dengan demikian implementasi metode algoritma genetika diharapkan perusahaan dapat menemukan solusi terkait pendistribusian sehingga kedepan-nya lebih baik lagi dan dapat mengefisiensi biaya bahan bakar pada pengiriman.

Tujuan Penelitian: (1) Membuat model rute pendistribusian baru dengan jarak terpendek sebagai evaluasi dalam ketepatan waktu pengiriman. (2) Mengevaluasi biaya penggunaan bahan bakar pada unit yang digunakan dalam pendistribusian barang.

II. METODE

A. Optimasi

Optimalisasi adalah proses yang lebih efisien melalui desain struktur data atau membuat sesuatu yang sebegas mungkin dan semaksimal mungkin [7]. Dengan adanya optimasi pada suatu proses dapat berhemat dalam segala hal antara lain energi, keuangan, SDM alat kerja dan lain lain, tanpa mengurangi fungsi pada suatu sistem tersebut. Penelitian terkait optimalisasi merupakan ilmu matematis yang berfokuskan untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara matematis di suatu kasus [8]. Berdasarkan dari beberapa pengertian yang telah dijelaskan maka dapat diartikan optimasi merupakan suatu proses guna mencapai nilai yang minimal ataupun maksimal dari beberapa fungsi tujuan dengan melihat beberapa kendala yang telah diberikan [9].

B. Distribusi

Distribusi adalah kegiatan menyalurkan barang atau jasa kepada pihak lain. Dalam kegiatan pemasaran, fungsi distribusi itu sendiri adalah untuk memperluas arus jaringan pengiriman barang atau jasa secara efektif dan efisien mulai dari manufaktur sampai dengan pelanggan sesuai dengan jumlah, waktu dan harga yang sudah disepakati bersama [10]. Strategi distribusi dapat digunakan untuk mengendalikan persaingan dengan anggapan bahwa semakin intensif suatu komoditas atau jasa didistribusikan, semakin besar kekuatan yang dimilikinya dan semakin besar kemungkinan mendapatkan profit yang terbaik [11].

C. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma pencarian heuristik yang didasarkan pada mekanisme evaluasi biologis, keanekaragaman dalam evaluasi biologis adalah keanekaragaman kromosom di antara individu organisme. Individu yang lebih kuat (lebih bugar) memiliki tingkat kelangsungan hidup dan reproduksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan individu yang kurang bugar [12]. Algoritma Genetika merupakan sebuah metode optimasi yang didapatkan dari buah pikiran terhadap proses seleksi alam. Algoritma genetika dimulai dengan merpresentasikan solusi dari suatu masalah yang akan dipecahkan ke dalam urutan kromosom yang kemudian menghitung nilai fitness dan memilih individu mana yang memiliki nilai fitness terbaik [13]. Pada algoritma genetika ini ada beberapa langkah – langkah yang di tempuh agar mendapatkan hasil yang terbaik dari dan optimal. Langkah pertama dari pengolahan data dalam algoritma genetika ini adalah (1) inialisasi populasi awal, (2) Reproduksi, (3) Evaluasi, (4) Seleksi.

1. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi populasi awal adalah tahap awal dalam membangkitkan solusi-solusi baru yang diperoleh secara acak serta terdiri dari beberapa kromosom yang dimuat dalam populasi awal dan inisialisasi populasi awal ditentukan berdasarkan jumlah lokasi atau kromosom yang akan dikunjungi. Populasi awal dibentuk dari sejumlah kromosom. Jumlah kromosom ini akan di pakai seterusnya selama proses komputasi dan disebut ukuran populasi. Secara sistematis representasi kromosom dengan kode biner N bit ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$vi = [b_1, b_2, \dots, b_N], \dots \dots \dots (1)$$

Sumber : Zuhri (2014)

Dengan $1 \leq i \leq UKPop$ dan $bi \in \{0, -1\}$ Populasi awal dibentuk secara acak hal ini berarti bahwa penyelesaian yang dihasilkan algoritma genetika pada generasi pertama didapat dari salah satu bilangan random $x_1, x_2, \dots, x_{UKPop}$ yang dikode dari biner kromosom $v_1, v_2, \dots, v_{UKPop}$. Mengingat optimasi dalam masalah ini adalah pencarian nilai maksimum, maka penyelesaian dihasilkan adalah nilai paling besar yang dihasilkan oleh salah satu bilangan random yang dikode dari kromosom populasi awal [14].

2. Reproduksi

Proses reproduksi pada algoritma genetika bertujuan untuk mendapatkan kromosom atau individu baru yang diperoleh berdasarkan individu yang sudah ada dengan mempertahankan sifat baik dari induk (parent). Proses reproduksi memiliki dua proses yakni crossover dan mutation (mutasi).

2.1 Crossover

Proses *crossover* biasanya dilakukan dengan memilih satu titik yang dipisah secara acak, kemudian segmen induk (parent) sebelah kiri dipisahkan dan dikombinasikan dengan segmen induk (parent) sebelah kanan yang telah dipisahkan *crossover* dimulai dengan pemilihan parent secara acak, setelah itu melakukan penentuan posisi titik potong dengan menggunakan metode *crossover* yakni *cut point* yang bertujuan untuk mendapatkan satu titik potong pada kromosom.

2.2 Mutasi

mutasi biasanya dilakukan dengan cara menukar 2 titik secara random/acak. Dalam sekali proses mutasi dapat memproduksi satu anak (*child*) dengan satu induk (parent). Mutasi diawali dengan menentukan nilai *off spring* menggunakan nilai *mr* dan jumlah *popsize*.

3. Evaluasi

Evaluasi merupakan tahapan awal dalam proses seleksi dengan cara menilai individu terbaik dengan menghitung nilai *fitness*. Dalam evaluasi terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yakni evaluasi yang berfungsi sebagai tujuan dan konversi fungsi objektif yang adapada fungsi *fitness*. Proses evaluasi merupakan proses menumpulkan individu-individu yang berada dalam populasi beserta dengan *child* masing-masing individu. Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* pada setiap kromosom. Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* pada setiap kromosom. Dalam proses evaluasi ini perlu dilakukan perhitungan – perhitungan sebagai berikut:

- Dekode setiap representasi kromosom v_i menjadi x_i .
- Hitung nilai fungsi *fitness* untuk setiap kromosom

$$f(x_i) = p(x_i) [14].$$

4. Seleksi

Proses seleksi adalah proses pemilihan individu yang berasal dari himpunan populasi serta *offspring* yang layak diselamatkan untuk generasi selanjutnya. Metode seleksi berfungsi mengurutkan individu dalam populasi berdasarkan nilai *fitness* tertinggi hingga terendah, setelah itu diberikan nilai *fitness* yang baru berdasarkan urutannya. Proses seleksi merupakan proses penyeleksian pada individu yang telah lolos dari proses sebelumnya supaya dapat menjadi kumpulan populasi. *Offspring*/keturunan yang berada dalam proses seleksi pada generasi berikutnya akan menjadi *parent*/induk diberikan [15]. Proses seleksi adalah proses pemilihan individu yang berasal dari himpunan populasi serta *offspring* yang layak diselamatkan untuk generasi selanjutnya. Metode seleksi berfungsi mengurutkan individu dalam populasi berdasarkan nilai *fitness* tertinggi hingga terendah, setelah itu diberikan nilai *fitness* yang baru berdasarkan urutannya. Proses seleksi merupakan proses penyeleksian pada individu yang telah lolos dari proses sebelumnya supaya dapat menjadi kumpulan populasi. Pada proses ini dapat dilakukan dengan pemilihan secara acak menggunakan bilangan *rill* dengan langkah langkah:

- Bangkitkan bilangan random r yang bernilai antara 0 sampai 1 ($0 \leq r \leq 1$).
- Jika $r < \frac{f(x_1)}{\sum_{j=1}^{UkPop} f(x_j)}$, maka pilih kromosom pertama jika $\frac{\sum_{j=1}^{i-1} f(x_j)}{\sum_{j=1}^{UkPop} f(x_j)} \leq r < \frac{\sum_{j=1}^i f(x_j)}{\sum_{j=1}^{UkPop} f(x_j)}$, maka pilih kromosom ke- i .
- Ulangi kedua langkah diatas sebanyak kromosom dalam sebuah populasi [14].

Tahap terakhir ini proses penghentian generasi setelah dilakukannya beberapa kali iterasi [16]. Dalam metode algoritma genetika terdapat parameter untuk penerapannya ada 2 pengaruh pengoperasian genetik, pertama adalah pengaruh ukuran dalam populasi dan pengaruh jumlah generasi [17]. Pada dasarnya, teori optimasi matematis terdiri dari tiga pendekatan metode klasik, algoritma evolusioner, dan metode hibrida. Masalah optimasi pada dasarnya menentukan apakah nilai berbagai variabel dalam suatu fungsi adalah maksimum atau minimum dengan kendala yang ada. Salah satu jenis konsep optimasi yang terus berkembang adalah optimasi kombinatorial [18]. Selanjutnya adalah proses tahapan biaya optimasi pada rute distribusi dimana mencari jarak tempuhnya dari titik awal ketempat tujuan menggunakan bantuan google maps jika pengguna tidak mengetahui jarak tempuhnya dan juga perhitungannya untuk mencari jumlah liter yang akan diperlukan oleh kendaraan pengguna dan hasil dari perhitungan tersebut akan dirupiahkan untuk mengetahui berapa rupiah yang akan dipakai. Sedangkan rumus yang digunakan adalah [19]:

$$BBM \text{ terpakai} = \frac{\text{Jarak ketempat tujuan}}{\text{konsumsi BBM KM/liter}}$$

Sumber : Abidi (2017)

D. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah metode yang digunakan sebagai pengumpul data dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang merupakan jenis data yang dikumpulkan secara langsung bersumber dari objek yang akan diamati sebagai kepentingan studi yang berlangsung. Sedangkan data sekunder

merupakan data yang cara pengambilannya dilakukan oleh studi-studi terdahulu atau telah diterbitkan oleh berbagai pihak maupun instansi lain. Berikut data koordinat lokasi pendistribusian barang yang digunakan sebagai berikut.

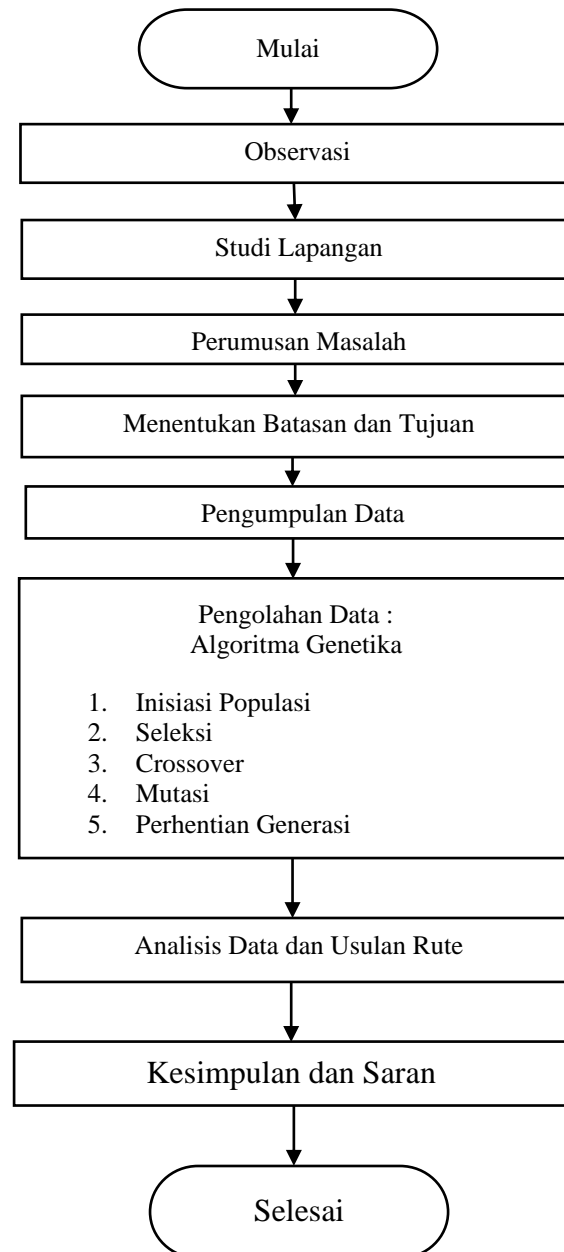
Tabel 1. Tabel Titik Koordinat

Nama Tujuan	Titik Koordinat		Nama Tujuan	Titik Koordinat		Nama Tujuan	Titik Koordinat		Nama Tujuan	Titik Koordinat	
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
A12	7.3 3	112. 8	A92	7.3 3	112.7 2	A24A	7.3 0	112. 7	A28	7.2 3	112.7 8
A10	7.2 4	112. 8	A94	7.2 6	112.8 0	A30A	7.3 1	112. 7	A46A	7.2 4	112.7 6
A26	7.2 9	112. 7	A97	7.2 6	112.7 6	A31A	7.3 4	112. 7	A24	7.2 8	112.7 5
A9	7.2 7	112. 7	A98	7.2 7	112.7 0	A32A	7.2 7	112. 6	A7	7.3 1	112.6 8
A33A	7.3 3	112. 8	A16	7.2 3	112.7 3	A4	7.2 2	112. 7	A8	7.3 3	112.7 4
A49	7.2 5	112. 7	A87	7.2 7	112.6 6	A29	7.2 8	112. 7	A67A	7.2 4	112.7 2
A65	7.2 6	112. 7	A63A	7.2 4	112.7 7	A78	7.2 9	112. 8	A36A	7.2 7	112.7 3
A76	7.2 5	112. 8	A77	7.3 0	112.7 7	A85	7.2 6	112. 7	A17	7.3 4	112.7 8
A83	7.3 1	112. 8	A63	7.2 7	112.7 2	A10C	7.2 8	112. 7	A59	7.3 2	112.7 4
A32	7.2 7	112. 8	A37	7.3 1	112.6 8	A19A	7.2 6	112. 7	A27	7.2 6	112.8 0
A2	7.2 4	112. 6	A34	7.3 5	112.6 7	A22B	7.2 9	112. 8	A39A	7.2 8	112.7 2
A12A	7.2 4	112. 7	A39	7.2 8	112.6 6	A35A	7.2 2	112. 8	A90	7.3 0	112.7 3
A41A	7.3 2	112. 8	A21A	7.3 2	112.7 6	A37A	7.3 2	112. 8	A28A	7.2 9	112.6 8
A52	7.2 5	112. 7	A57	7.2 6	112.7 2	A42	7.2 6	112. 7	A56	7.3 1	112.7 7
A64A	7.2 9	112. 8	A13	7.2 7	112.7 3	A55A	7.3 0	112. 8	A73	7.3 2	112.7 6
A45	7.3 1	112. 7	A56A	7.2 6	112.6 8	A57A	7.2 7	112. 7	A14	7.3 4	112.7 3
A22A	7.2 4	112. 8	A91	7.3 3	112.7 7	A84	7.3 4	112. 8	A46	7.2 9	112.6 8

A23A	- 7.2 6	112. 7	A70	- 7.3 3	112.7 2	A72A	- 7.2 9	112.6 8
------	---------------	-----------	-----	---------------	------------	------	---------------	------------

E. Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan gambaran umum mengenai seluruh proses penelitian yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini dari awal hingga akhir. Alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir yang terlihat pada gambar 1. Seluruh tahapan ini dikerjakan dengan bantuan bahasa pemrograman *python*. Dengan rincihan untuk tahapan awal hingga akhir menggunakan *software google colab*.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Import Library

Langkah pertama sebelum membuat model pada *software google colab* dilakukan *import library* pada *python* sesuai yang dibutuhkan dalam proses pembuatan model. Adapun *library* yang akan digunakan antara lain yaitu *numpy* berfungsi sebagai mengola dan manipulasi data dalam bentuk *array*, *array* merupakan *library* yang

memudahkan operasi komputasi tipe data numerik. *Random* berfungsi untuk memasukkan data acak dengan menggunakan *python*. Adapun perintah yang digunakan sesuai pada gambar berikut.

```
import numpy as np
import random
from array import *
```

Gambar 2. *Import Library*

B. Membuat Daftar Kota

Data yang di kumpulkan sebelumnya pada excel kemudian di masukkan titik koordinat daftar kota pada kolom daftar kota tempat tujuan yang akan di operasikan sesuai dengan tampilan pada gambar dibawah ini.

```
[ ]
daftarKota = [[-7.22351894399141,112.731441441122], [-7.31463778287319,112.784173901965], [-7.26255683865382,112.666996403086]]
for i in daftarKota:
    for j in i:
        print(j,end = " ")
    print()

jumlahKota = len(daftarKota)
print(jumlahKota)
```

Gambar 3. Membuat Daftar Kota

C. Inisialisasi Populasi

Pada tahap inisiasi populasi ini operasi inisialisasi ini dilakukan secara acak dengan memanfaatkan random permutation dengan ukuran jumlah kota yang akan dituju. Perintah yang digunakan tersaji pada gambar sebagai berikut.

```
[ ]
def initPopulasi(ukuranPopulasi,jumlahKota):
    P = np.empty((ukuranPopulasi,jumlahKota))
    P = P.astype('int')
    for i in range(ukuranPopulasi):
        I = np.random.permutation(jumlahKota)
        for j in range(jumlahKota):
            P[i][j]=I[j]
    return P

ukuranPopulasi = 4
P = initPopulasi (ukuranPopulasi,jumlahKota)
print(P)
```

Gambar 3. Inisialisasi Populasi

D. Membuat Fungsi Objektif

Pada tahap ini membuat fungsi objektif dengan inputan jumlah populasi dan jumlah kota yang akan dituju, kemudian pada tahap ini juga mengukur jarak dengan melakukan pengulangan dari individu setiap rute dimana pengukuran tersebut di hitung dengan jarak euclidian. Perintah yang digunakan tersaji pada gambar sebagai berikut.


```
[ ]
def fungsiObjektif(populasi,daftarKota):
    sz = populasi.shape
    ukuranPopulasi = sz[0]
    jumlahKota = sz[1]

    matrikJarak = np.empty((ukuranPopulasi))
    matrikJarak = matrikJarak.astype('float')
    n = len(daftarKota)

    for i in range(ukuranPopulasi):
        jarak = 0
        for j in range(n-1):
            jrKX = daftarKota[populasi[i][j]][0]-daftarKota[populasi[i][j+1]][0]
            jrKY = daftarKota[populasi[i][j]][1]-daftarKota[populasi[i][j+1]][1]
            d = np.sqrt(jrKX**2 + jrKY**2 )
            jarak = jarak + d

        dn = np.sqrt((daftarKota[populasi[i][n-1]][0]-daftarKota[populasi[i][0]][0])**2+ (daftarKota[populasi[i][n-1]][1]-daftarKota[populasi[i][0]][1])**2 )
        jarak = jarak + dn
        matrikJarak[i] = jarak

    return matrikJarak

fitP = fungsiObjektif(P,daftarKota)
print(fitP)
#print(fitP.dtype)
```

Gambar 4. Membuat Fungsi Objektif

E. Seleksi

Pada tahap ini adalah tahap seleksi dimana tahap tersebut digunakan untuk memilih 2 individu terbaik yang akan digunakan sebagai induk dengan metode turnamen, dengan memilih individu secara acak pada populasi. Dimana perintah tersebut tersajikan pada gambar dibawah ini sebagai berikut.

```
[ ]

def seleksi (P,fsObj):
    jmlInduk = 2
    sz = P.shape
    ukuranPopulasi = sz[0]
    jumlahKota = sz[1]

    Induk = np.empty((jmlInduk,jumlahKota))
    Induk = Induk.astype('int')

    for i in range (2):
        # memilih dua individu secara acak
        r1 = random.randint(0,ukuranPopulasi-1)
        r2 = random.randint(0,ukuranPopulasi-1)

        if fsObj[r1] < fsObj [r2]:
            for j in range(jumlahKota):
                Induk [i][j] = P[r1][j]
        else:
            for j in range(jumlahKota):
                Induk [i][j] = P[r2][j]
    return Induk

Induk = seleksi(P,fitP)
print(Induk)
```

Gambar 5. Seleksi

F. Crossover

Pada tahap ini merupakan tahap reproduksi dimana tahapan proses reproduksi pada algoritma genetika bertujuan untuk memperoleh kromosom atau individu baru berdasarkan individu yang sudah ada dengan tetap menjaga sifat-sifat baik dari induknya .Proses reproduksi melibatkan dua proses yaitu crossover dan mutasi (mutasi). Dari proses sebelumnya terdapat hasil 2 induk terbaik yang akan di gunakan pada proses crossover ini, kemudian induk 1 dan induk 2 akan di bangkitkan secara random agar mendapatkan anak 1 dan anak 2 dan setiap pembangkitan di cek apakah hasilnya tidak dapat dimasukkan pada hasil anak pada operasi tersebut. Perintah yang digunakan dapat terlihat pada gambar berikut.

```
#crossover

def OrderXO(Induk):
    sz = Induk.shape
    brs = sz[0]
    kol = sz[1]
    #print(sz, brs, kol)

    Anak = np.empty((2,kol))
    Anak = Anak.astype('int')

    r1 = random.randint(1,kol-2)

    for i0 in range(r1):

        Anak [0][i0] = Induk[0][i0]
        Anak [1][i0] = Induk[1][i0]

    batasCek1 = r1
    batasCek2 = r1

    for i in range(kol):
        m = (i+r1)%kol

        n1 = Induk[0][i]
        n2 = Induk[1][i]

        #mengecek apakah kota tertentu sudah ada di anak
        idxAda1 = 0
        idxAda2 = 0
        for j1 in range(batasCek1):

            if batasCek1>(kol-1):
                idxAda1 = 1

            if Anak [0][j1] ==n2:
                idxAda1 = 1

            for j2 in range(batasCek2):

                if batasCek2>(kol-1):
                    idxAda2 = 1

                if Anak [1][i0] == n1:
                    idxAda2 = 1

            if idxAda1 == 0:
                Anak[0][batasCek1] = n2
                batasCek1 = batasCek1 +1

            if idxAda2 == 0:
                Anak[1][batasCek2] = n1
                batasCek2 = batasCek2 +1

    return Anak

AnakCX = OrderXO(Induk)
print("Anak :",AnakCX)
```

Gambar 6. Crossover

G. Mutasi

Pada tahap mutasi ini adalah proses lanjutan dalam urutan operasi reproduksi dimana proses mutasi ini menggunakan swab dimana inputannya adalah induknya kemudian dilakukan inisiasi dan memilih 2 titik secara random dan dilakukan pembangkitan. Perintah yang digunakan dapat terlihat pada gambar berikut.

```
[ ]
def MutasiSwap(Induk):
    sz = Induk.shape
    brs = sz[0]
    kol = sz[1]

    Anak = np.empty((2,kol))
    Anak = Anak.astype('int')

    Anak = Induk

    r1 = random.randint(0,kol-1)
    r2 = random.randint(0,kol-1)

    while r1 == r2:
        r2 = random.randint(0,kol-1)

    I1rs1 = Induk [0][r1]
    I1rs2 = Induk [0][r2]
    I2rs1 = Induk [1][r1]
    I2rs2 = Induk [1][r2]

    Anak [0][r1] = I1rs2
    Anak [0][r2] = I1rs1
    Anak [1][r1] = I2rs2
    Anak [1][r2] = I2rs1

    return Anak

print("AnakCX :",AnakCX)
AnakM = MutasiSwap(AnakCX)
print("AnakM :",AnakM)
```

Gambar 7. Mutasi

H. Elitism

Pada tahap ini adalah proses pengecekan individu mana yang memiliki kualitas jelek dengan mendapat nilai yang paling besar dengan rute yang paling panjang. Perintah yang digunakan dapat terlihat pada gambar berikut.

```
[ ] def Elitism(P,Anak,fitP,fitAnak):
    szP = P.shape
    brsP = szP[0]
    kolP = szP[1]
    szA = Anak.shape
    brsA = szA[0]
    kolA = szA[1]

    #print (fitP)
    for i in range(brsA):
        iJelek = fitP.max()
        idxJelek = fitP.argmax()

        if fitAnak[i]<iJelek:
            fitP[idxJelek] = fitAnak[i]
            for j in range (kolP):
                P[idxJelek][j] = Anak[i][j]

    return (P,fitP)

fitAnak= fungsiObjectif(AnakM,daftarKota)
print(P)
print(AnakM)
print(fitP)
print(fitAnak)
P = Elitism (P,AnakM,fitP,fitAnak)
print(P)
print(fitP)
```

Gambar 8. Elitism

I. Prosedur Algoritma

Pada tahapan ini adalah tahapan dimana proses dari masing masing operator diatas dijalankan secara bersama dan secara keseluruhan Perintah yang digunakan dapat terlihat pada gambar berikut.

```
# Inisialisasi paramater
PCX = 0.95
Pm = 0.01
ukuranPopulasi = 20
max_generasi = 60

# Inisialisasi populasi

P = initPopulasi (ukuranPopulasi,jumlahKota)
print("P0 :",P)

#melakukan evaluasi P
fitP = fungsiObjectif(P,daftarKota)
print("fitness populasi awal:",fitP)

print("fitness terbaik awal:",fitP.min())
print("rute awal :",P[fitP.argmin()])

for i in range(max_generasi):
    print("generasi :",i)
    Induk = seleksi(P,fitP)
    #print("Induk :",Induk)

    Anak = Induk

    rxo = random.random()
```

```

if rxo < PCX:
    Anak = OrderXO(Induk)
    #print("AnakXO :",Anak)

    rm = random.random()
    if rm < Pm:
        Anak = MutasiSwap(Anak)
        #print("AnakR :",Anak)

    fitAnak = fungsiObjectif(Anak,daftarKota)
    #print("fitAnak :",fitAnak)

print("fitness:", fitAnak.min())

[P, fitP]= Elitism (P,Anak,fitP,fitAnak)

print("fitness populasi akhir:", fitP)
print("fitness akhir:", fitP.min())
print("rute akhir :",P[fitP.argmin()])

```

Gambar 9. Prosedur Algoritma Genetika

J. Evaluasi

Setelah dilakukannya pengoperasian penyusunan rute baru dengan menggunakan metode algoritma genetika langkah selanjutnya adalah tahap evaluasi dengan teknik membandingkan tingkat efisiensi penggunaan bahan bakar dan biaya distribusi antara jarak dan kebutuhan konsumsi bahan bakar unit yang digunakan. Adapun hasil jarak rute dan kebutuahn konsumsi bahan bakar awal dan setelah perhitungan dapat tersajikan pada tabel berikut dibawah ini.

Tabel 2. Rute Awal

Nama Rute	Total jarak	Nama Rute	Total jarak	Nama Rute	Total jarak
RUTE004	24.10	RUTE012	57.00	RUTE024	52.30
RUTE003	37.90	RUTE017	48.30		
RUTE005	49.90	RUTE023	36.60		
RUTE002	69.40	RUTE025	46.10		
RUTE008	52.00	RUTE026	52.70		
RUTE010	46.80	RUTE027	57.70		
RUTE013	51.70	RUTE028	64.50		
RUTE014	51.10	RUTE029	48.30		
RUTE016	33.90	RUTE001	63.50		
RUTE007	126.00	RUTE006	57.00		
RUTE019	69.90	RUTE015	52.70		
RUTE021	85.60	RUTE018	39.60		
RUTE009	91.30	RUTE020	43.80		
RUTE011	37.30	RUTE022	56.10		

Berdasarkan tabel 2 dapat ketahui jarak dari setiap masing masing rute pada RUTE004 dengan 24.10 KM, RUTE003 dengan 37.90 KM, RUTE005 dengan 49.90 KM, RUTE002 dengan 69.40 KM, RUTE008 dengan 52.00 KM, RUTE010 dengan 46.80, RUTE0013 dengan 51.70, RUTE014 dengan 51.10, RUTE016 dengan 33.90, RUTE007 dengan 126.00 KM, RUTE019 dengan 69.90 KM, RUTE021 dengan 85.60 KM, RUTE009 dengan 91.30

KM, RUTE011 dengan 37.30 KM, RUTE012 dengan 57.00 KM, RUTE017 dengan 48.30 KM, RUTE023 dengan 36.60 KM, RUTE025 dengan 46.10 KM, RUTE026 dengan 52.70 KM, RUTE027 dengan 57.70 KM, RUTE028 dengan 64.50 KM, RUTE029 dengan 48.30 KM, RUTE001 dengan 63.50 KM, RUTE006 dengan 57.00 KM, RUTE015 dengan 52.70 KM, RUTE018 dengan 39.60 KM, RUTE020 dengan 43.80 KM, RUTE022 dengan 56.10 KM, RUTE024 dengan 52.30 KM. Selanjutnya adalah perhitungan pemakaian bahan bakar dan biaya yang dikeluarkan pada setiap ritasenya. Dimana hasil dari perhitungan tersebut dapat tersajikan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rute Awal

Keterangan	Jumlah
Total Jarak	1.603 KM
Rasio	10
Jumlah Pemakaian	160.31
	liter
Harga BBM (Solar)	Rp 6.800
Total Pengisian BBM Per Ritase	Rp 10.901.080

Pada tabel 3 merupakan hasil perhitungan dari jarak, pemakaian bahan bakar dan biaya yang di keluarkan pada setiap ritase dimana pada rute awal mendapatkan total jarak sebesar 1.603.100 km. Dimana pendistribusian barang menggunakan unit CCD L dengan rasio yang telah di tetapkan perusahaan sebesar 10. Kemudian dari total jarak awal dapat diketahui penggunaan konsumsi bahan bakar pada ritase tersebut sebesar 160.31 liter. Pengkalian jumlah pemakaian bahan bakar dengan harga bahan bakar (solar) sebesar Rp. 6.800 mendapatkan total biaya yang di keluarkan sebesar RP. 10.901.080 .

Tabel 4. Rute Baru

Nama Rute	Total jarak	Nama Rute	Total jarak
RUTE004	27.10	RUTE012	52.90
RUTE003	37.90	RUTE017	38.10
RUTE005	67.60	RUTE023	36.60
RUTE002	77.10	RUTE025	57.20
RUTE008	52.00	RUTE026	52.70
RUTE010	46.80	RUTE027	57.70
RUTE013	63.00	RUTE028	64.60
RUTE014	76.10	RUTE029	45.50
RUTE016	33.90	RUTE001	61.60
RUTE007	75.90	RUTE006	83.90
RUTE019	60.60	RUTE018	49.50
RUTE021	77.10	RUTE022	60.30
RUTE009	76.10	RUTE024	52.20
RUTE011	37.00		

Berdasarkan tabel 4 dapat ketahui jarak dari setiap masing masing rute dimana ada penggabungan beberapa rute pada RUTE004 dengan 27.10 KM, RUTE003 dengan 37.90 KM, RUTE005 dengan 67.60 KM, RUTE002 dengan 77.10 KM, RUTE008 dengan 52.00 KM, RUTE010 dengan 46.80, RUTE0013 dengan 63.00, RUTE014 dengan 76.10 KM, RUTE016 dengan 33.90, RUTE007 dengan 75.90 KM, RUTE019 dengan 60.60 KM, RUTE021 dengan 77.10 KM, RUTE009 dengan 76.10 KM, RUTE011 dengan 37.00 KM, RUTE012 dengan 52.90 KM, RUTE017 dengan 3810 KM, RUTE023 dengan 36.60 KM, RUTE025 dengan 57.20 KM, RUTE026 dengan 52.70 KM, RUTE027 dengan 52.70 KM, RUTE028 dengan 64.60 KM, RUTE029 dengan 45.50 KM, RUTE001 dengan 61.60 KM, RUTE006 dengan 83.90 KM, RUTE018 dengan 49.50 KM, RUTE022 dengan 60.30KM, RUTE024 dengan 52.20 KM. Selanjutnya adalah perhitungan pemakaian bahan bakar dan biaya yang dikeluarkan pada setiap ritasenya. Dimana hasil dari perhitungan tersebut dapat tersajikan pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rute Baru

Keterangan	Jumlah
Total Jarak	1.521 KM
Rasio	10
Jumlah Pemakaian	152.10 liter
Harga BBM (Solar)	Rp 6.800
Total Pengisian BBM Per Ritase	Rp 10.342.800

Pada tabel 5 merupakan hasil perhitungan dari jarak, pemakaian bahan bakar dan biaya yang di keluarkan pada setiap ritase dimana pada rute awal mendapatkan total jarak sebesar 1.521.00 km. Dimana pendistribusian barang menggunakan unit CCD L dengan rasio yang telah di tetapkan perusahaan sebesar 10. Kemudian dari total jarak awal dapat diketahui penggunaan konsumsi bahan bakar pada ritase tersebut sebesar 152.10 liter. Pengkalian jumlah pemakaian bahan bakar dengan harga bahan bakar (solar) sebesar Rp. 6.800 mendapatkan total biaya yang di keluarkan sebesar RP. 10.342.800

VI. SIMPULAN

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa penyelesaian penyusunan rute terdekat dengan menggunakan metode algoritma genetika, perusahaan dapat memperpendek jarak tempuh rute pendistribusian barang dari gudang ke tempat tujuan dengan jarak tempuh total sebesar 1.521 km, dengan konsumsi bahan bakar mesin (solar) sebanyak 152.10 liter menggunakan untit CDD L dengan rasio 10 yang sudah ditetapkan oleh perusahaan. Biaya yang di keluarkan oleh perusahaan dalam setiap rute sebesar Rp. 10.342.800, dimana dalam satu hari berjalan sebanyak 6 kali ritase tanpa hari libur. Dengan menggunakan metode algoritma genetika untuk penyusunan rute tercepat perusahaan dapat menghemat waktu tempuh pengiriman dan efisiensi penggunaan BBM pada unit pendistribusian logistik, terjadi peningkatan efisiensi biaya operasional sebesar Rp. 16.748.400 dalam 1 bulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur terimakasih Alhamdulillah kepada Allah SWT yang memberikan rahmat dan hidayah sehingga kegiatan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah berjalan dengan lancar. Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung, membantu serta membimbing jalannya kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Wijayanti, "Optimalisasi Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Pengiriman dengan Metode Saving Matrix dan Algoritma Nearest Neighbor di PT. XYZ," *Scientifict Journal of Industrial Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 60–66, Sep. 2022.
- [2] Aswandi, S. Cokrowibowo, and A. Irianti, "Model Penentuan Rute Terpendek Penjemputan Sampah Menggunakan Metode MTSP dan Algoritma Genetika," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 43–48, Jun. 2021, doi: 10.52158/jacost.v2i1.168.
- [3] S. R. Andani, "Optimasi Rute Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) Dengan Algoritma Genetika," *Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)*, vol. 4, no. 1, pp. 148–156, Jan. 2022.
- [4] A. N. Waridah and M. S. Madja, "Algoritma hybrid genetika pada capacitated vehicle routing problem (CVRP) dan implementasinya," *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya (JMIPAP)*, vol. 2, no. 8, pp. 1–10, May 2023.
- [5] D. E. Sihombing and F. Ahyaningsih, "Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Algoritma Genetika Pada PT. Mual Natio Maju Bersama," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan (JURRIPEN)*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [6] S. Amdani and D. Permana, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penyeleksian Variabel Pada Analisis Regresi Logistik Biner," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 2, pp. 3488–3853, 2023.
- [7] N. Ariyanti and N. L. Azizah, *Buku Ajar Mata Kuliah Teknik Optimasi*, 1st ed., vol. 1. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2019.
- [8] F. A. S. Rifa and E. Yuliawati, "Optimalisasi Pengiriman Semen Curah Melalui Jalur Laut Menggunakan Algoritma Transportasi dan Penugasan," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, Mar. 2021, doi: 10.31284/j.jtm.2021.v2i1.1524.

- [9] H. Patmawati and Y. A. Nugroho, "Optimalisasi Rute Distribusi Matras Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Metode Algoritma Genetika," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 1, no. 11, pp. 2745–2756, Jul. 2022.
- [10] I. Fatikawati and M. Nurul Huda, "Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda," vol. 2, no. 2, pp. 12–21, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/Basis/index>
- [11] R. B. Prastyo, B. Santoso, and Y. G. Wibowo, "Analisis Distribusi Selling-in UD. Bumi Pepaya untuk Meningkatkan Kinerja Pemasaran pada Perkebunan Pepaya di Desa Wonosobo Kecamatan Srono Kabupaten Banyuwangi," *Journal of Economics, Assets, and Evaluation*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Aug. 2023.
- [12] E. B. Saputra, "Perancangan Aplikasi Pengaturan Kapal Untuk Transportasi Semen Curah di PT Semen Padang Dengan Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Siber Transportasi dan Logistik (JSTL)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2023.
- [13] A. F. Sutanto, A. A. Soebroto, and I. Cholissodin, "Optimasi Rute Wisata Religi di Jawa Timur menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 4, pp. 1586–1594, Apr. 2023.
- [14] Zainudin Zuhri, *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*, vol. 1. Yogyakarta: Andi Yogyakarta, 2013.
- [15] A. S. Fauziah, I. Cholissodin, and B. Rahayudi, "Optimasi Pendistribusian Air Mineral menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 2, pp. 966–978, Feb. 2022.
- [16] G. C. Ramadhan, P. Bagus W, and Y. Diah Rosita, "Penentuan Rute Optimal Untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika," *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 5, no. 1, pp. 48–55, May 2023, doi: 10.35746/jtim.v5i1.322.
- [17] D. E. Sihombing and F. Ahyaningsih, "Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Algoritma Genetika Pada PT. Mual Natio Maju Bersama," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan (JURRIPEN)*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [18] S. Rohman, L. Zakaria, A. Asmiati, and A. Nuryaman, "Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung," *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 16, no. 1, p. 61, Apr. 2020, doi: 10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73.
- [19] Z. Abidi, "SISTEM PERHITUNGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) BERDASARKAN RUTE TERPENDEK," *Seminar Nasional Humaniora & Aplikasi Teknologi Informasi 2017*, vol. 1, pp. 327–330, Oct. 2017.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.