

PERENCANAAN RUTE DISTRIBUSI YANG OPTIMAL DENGAN METODE ALGORITMA *DIFFERENTIAL EVOLUTION* (DE) PT. XYZ

Aprilia Kurnia ¹⁾, Dira Ernawati ²⁾

^{1, 2}Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
e-mail: kurniaapriliana@gmail.com¹⁾, diraernawati@email.com²⁾

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan milik negara yang berperan dalam mengelola dan mengembangkan kawasan industri khususnya di Jawa Timur. Selain pengembangan lokasi, PT XYZ juga melakukan pengelolaan di bidang pergudangan dan logistik yang mana kedua hal ini sangat erat kaitannya dengan aktivitas distribusi. Sistem distribusi cukup penting untuk diperhatikan guna kelancaran perusahaan dalam bidang logistik. Siklus distribusi pada PT XYZ memiliki rute yang cukup panjang dan mengalami permasalahan berupa keterlambatan pengiriman produk. Tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan rute distribusi yang optimal di PT XYZ berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh yang minimal, yang nantinya akan berdampak terhadap perubahan rute dan waktu distribusi. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan kembali perencanaan rute dengan metode Algoritma Differential Evolution (DE) guna mendapatkan rute yang optimal dan memperbaiki sistem yang ada. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa metode Algoritma Differential Evolution mampu menghasilkan usulan perbaikan rute distribusi yang optimal dengan penghematan jarak tempuh sebesar 68,4 km dan waktu tempuh sebanyak 102,6 menit dengan persentase penghematan jarak tempuh 4,36% dan waktu tempuh 4%.

Kata Kunci: Rute, Distribusi, Algoritma Differential Evolution, Vehicle Routing Problem

ABSTRACT

PT. XYZ is a state-owned company that plays a role in managing and develop industrial estates, especially in East Java. In addition to the development, PT XYZ also management in the warehouse and logistics, both of which are closely related to distribution activities. The distribution system quite important consideration to the company in the field of logistics. The distribution cycle at PT XYZ has a fairly long route and experiences problems in the form of delays in product delivery. The purpose of this research is to plan the optimal distribution route at PT XYZ based on the minimum distance and travel time, which will have an impact on route changes and distribution times. In solving these problems, it is necessary to re-plan the route using the Differential Evolution (DE) algorithm in order to get the optimal route and improve the existing system. The results showed that the Differential Evolution Algorithm method was able to produce optimal distribution route improvement proposals with mileage savings of 68.4 km and travel time of 102.6 minutes with mileage savings of 4.36% and travel time of 4%.

Keywords: Route, Disttribution, Differential Evolution Algorithm, Vehicle Routing Problem.

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak untuk mengelola dan mengembangkan kawasan industri di Jawa Timur dalam rangka mendukung tujuan Pemerintah dalam menarik investasi langsung yang berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. PT XYZ memiliki banyak bidang pengelolaan salah satunya bidang logistik yang sangat erat dengan distribusi dan aktivitas pergudangan. PT XYZ memiliki fokus kerja untuk mengelola pergudangan dengan segala aktivitas terkaitnya. Dalam pelaksanaannya, sistem distribusi perlu dijalankan dengan efektif dan efisien sehingga diperlukan manajemen yang *profesional*.

Permasalahan yang terjadi yaitu di bidang logistik terutama pada manajemen distribusi. Dalam pelaksanaannya pergudangan PT XYZ bertanggung jawab atas kegiatan distribusi yang berasal dari kegiatan impor kemudian dimasukkan ke dalam pergudangan hingga terjadi pendistribusian produk. Sama halnya dengan pihak yang harus memasok dengan kata lain mendistribusikan dari perusahaan pemasok ke *retailer*. Untuk mendistribusikan produk-produk dari pergudangan PT XYZ perlu dilakukan perencanaan dan pemilihan rute distribusi yang optimal baik terutama dari segi jarak tempuh yang nantinya akan berpengaruh terhadap ketepatan pengiriman guna menjaga kepercayaan *customer*. Siklus pendistribusian yang saat ini digunakan oleh perusahaan dirasa memiliki siklus yang panjang dan harus dievaluasi untuk menentukan rute baru yang lebih memiliki jarak pendistribusian yang minimal tetapi masih dapat menjangkau seluruh permintaan dengan armada berkapasitas tertentu.

Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, peneliti menggunakan salah satu pendekatan optimasi yaitu Algoritma *Differential Evolution* (DE). Menurut Juhandri, (2018) dalam penelitian “Optimisasi Rute Pengiriman Mesin *Food Processing & Packaging* Dengan Menggunakan Algoritma *Differential Evolution* (Studi Kasus Di Pt. Putra Chandra Sentosa)” metode Algoritma *Differential Evolution* digunakan untuk mendapatkan solusi optimal pada perencanaan rute distribusi. Penelitian lain yang dilakukan Pailin &. Tupan (2019) yang berjudul “Algoritma *Differential Evolution* (DE) Dalam Optimalisasi Rute Distribusi Produk Nestle (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri)” menjelaskan penggunaan Algoritma *Differential Evolution* merupakan pilihan tepat dikarenakan DE menyempurnakan kekurangan algoritma evolusi lain dengan strategi optimasi yang sederhana untuk proses optimalisasi yang cepat. Berdasarkan permasalahan yang ada maka diperlukan optimasi distribusi pada PT XYZ dengan bantuan metode algoritma *differential evolution* untuk optimalisasi rute distribusi yang efektif dan efisien sehingga menghasilkan jarak tempuh terpendek dalam memenuhi semua permintaan *customer*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Distribusi

Distribusi merupakan kegiatan yang erat kaitannya dengan aktivitas memindahkan suatu barang atau material dari perusahaan terkait hingga sampai ke pihak pelanggan akhir (Idris, 2019). Menurut Juhandri (2018) definisi distribusi adalah aktivitas pergerakan barang dan jasa dari pemasok hingga konsumen akhir melalui saluran distribusi. *Output* yang dihasilkan dari keseluruhan kegiatan ini yaitu nilai tambah melalui pengiriman barang ke tempat konsumen, pada waktu konsumen membutuhkan, utilitas alat dan efisiensi biaya (Fahmi, 2018). Pihak-pihak yang ikut berperan dan terlibat didalamnya adalah *shipper* (pengirim barang atau pemilik) dan *carrier* (pihak yang membawa barang tersebut kepada *customer*). Pada dasarnya, proses distribusi menciptakan *utility* waktu, tempat, dan pengalihan hak milik. Secara tradisional, jaringan distribusi sering dianggap sebagai serangkaian fasilitas fisik seperti fasilitas pengangkutan (transportasi), gudang, dan operasi masing-masing fasilitas ini cenderung saling terpisah (Gosal, 2020). Saat ini, jaringan distribusi telah dianggap termasuk bagian internal dari kegiatan *supply chain* secara holistik dan mempunyai peran yang strategis sebagai titik penyalur produk dan informasi serta sebagai

saran menciptakan nilai tambah (Turang, 2018). Proses distribusi juga merupakan salah satu aktivitas pemasaran yang mana dapat menciptakan dan menambah nilai tambah dari produk tersebut.

B. Algoritma Differential Evolution

Algoritma DE bertujuan untuk membantu pengambilan keputusan dalam merancang rute kendaraan yang optimum (Giffari, 2018). Berikut merupakan hasil olahan rute distribusi dengan menggunakan *Algorithm Differential Evolution* (Pailin & Tupan, 2019). Reputasi yang baik telah melekat pada algoritma *differential evolution* yaitu sebagai *global optimizer* yang efektif. DE merupakan salah satu algoritma metaheuristik yang didasarkan pada pembangkit populasi untuk mencapai minimum suatu fungsi (Muhammad, et al., 2018). Pada dasarnya algoritma *differential evolution* memiliki kesamaan dengan *evolutionary algorithms* (EA) yang lainnya, tetapi memiliki perbedaan dalam hal informasi jarak dan arah dari populasi yang saat ini berfungsi sebagai pemandu proses pencarian solusi yang optimal (Setiawan, et al., 2018). Dalam DE, untuk menentukan titik awal maka titik-titik dalam populasi akan disampling secara *random* (Nasirulhaq, 2019). Kemudian dilakukan pembatasan nilai berupa batas atas dan batas bawah untuk melakukan pembangkitan populasi awal. Tiap vektor (titik-titik dalam populasi) diberi indeks sebagai penanda posisi (Putra, 2018). Yang dibangkitkan oleh DE adalah titik baru berdasarkan titik yang ada dan selisih diantara dua titik dalam populasi. Selanjutnya, DE menambahkan faktor skala terhadap vektor ketiga yang diseleksi dari vektor populasi tersebut, sehingga menghasilkan titik percobaan (Sunyoto, 2015). Suatu teknik optimasi harus memenuhi tiga persyaratan yaitu: 1) Terlepas dari nilai-nilai parameter, suatu metode harus menemukan nilai global optimum. 2) Memiliki konvergensi yang cepar. 3.) Program harus memiliki minimal parameter kontrol, sehingga mudah untuk digunakan. Ketiga hal tersebut merupakan dasar dari munculnya *differential evolution* (DE) (Setiawan, et al., 2018). Metode DE menyempurnakan kekurangan dari *evolution algorithm* (EA) yang lain dengan strategi optimasi sederhana bagi proses optimasi yang cepat, artinya untuk menemukan optimal *global solution* memerlukan waktu perhitungan yang cepat dengan iterasi yang sedikit (Tjolleng, 2017). Pendekatan algoritma *differential evolution* diawali dengan pemberian nilai awal atau inisialisasi populasi vektor, kemudian mutase diterapkan terlebih dahulu untuk membangkitkan vektor percobaan yang kemudian akan digunakan dalam proses *crossover* untuk setiap vektor, selanjutnya seleksi. Berikut langkah-langkah *hybrid differential evolution* (Basolle, 2020).

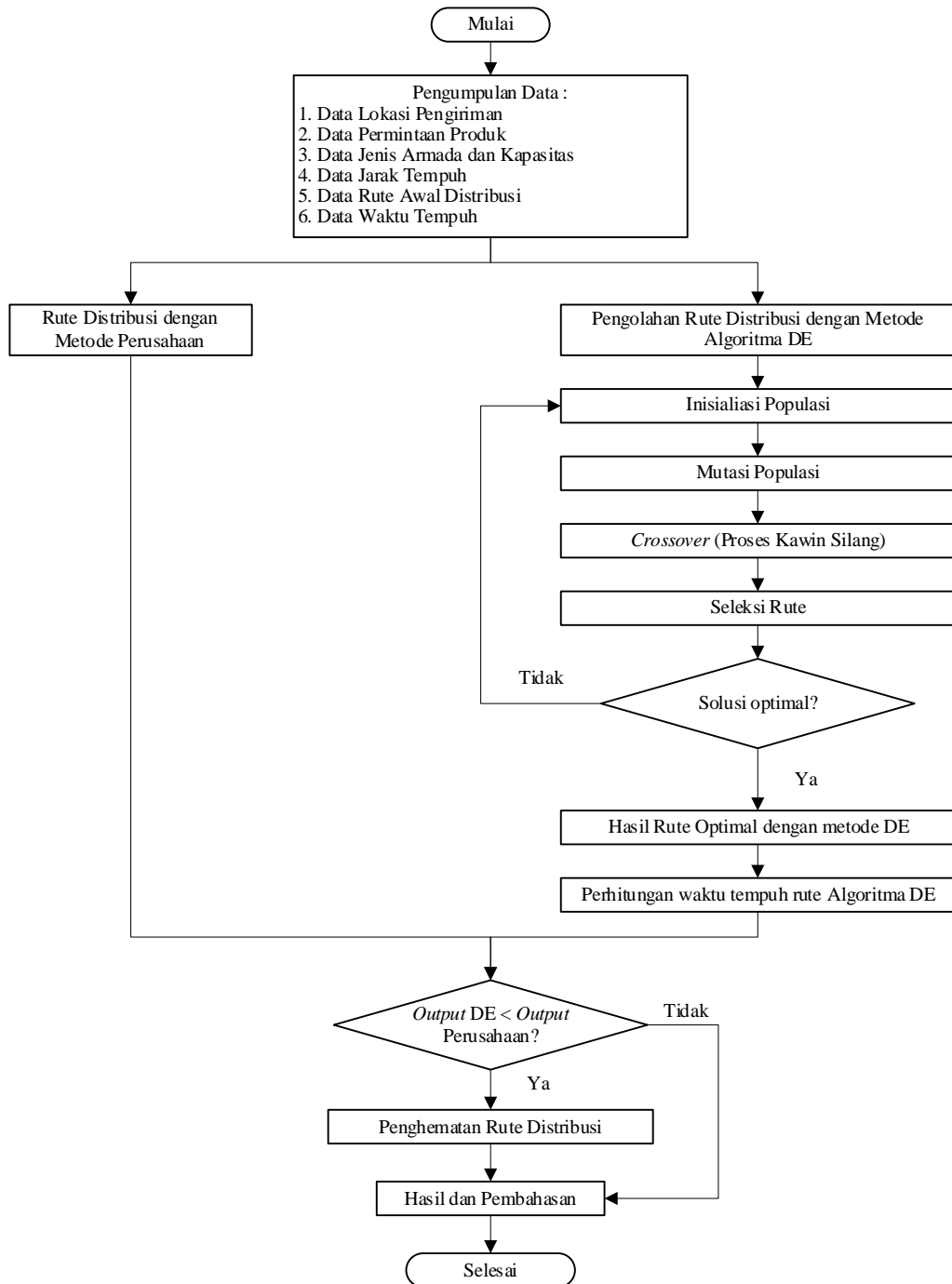
C. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle routing problem (VRP) pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig & Ramser pada tahun 1959 dalam artikelnya yaitu "*The Truck Dispatching Problem*" yang mengatur pengalokasian truk pengiriman dalam bentuk rute dan penjadwalan. Kapasitas truk pengiriman diasumsikan bernilai homogen (sama) (Suryanto, 2016). Pada tahun 1964, Clarke & Wright mengembangkan model VRP menggunakan armada dengan kapasitas yang berbeda dan memperkenalkan "depot" sebagai tempat keberangkatan dan kembalinya armada. Dalam penyelesaiannya, Dantzig & Ramser menggunakan pendekatan optimasi dengan program linier, sedangkan Clarke & Wright mengusulkan teknik heuristik untuk problem berskala besar dan dikenal sebagai "*Clarke-Wright savings heuristic*". Sejak saat itu model VRP semakin berkembang karena peran penting VRP dalam dunia industri (Wibisono, 2018). *Vehicle routing problem* (VRP) merupakan *problem* pengaturan rute untuk beberapa sumber daya dalam mencapai titik-titik layanan, dimana setiap sumber daya berangkat dari depot yang sama, mengunjungi beberapa titik lokasi dalam satu rute dengan memperhatikan batasan operasional dan kembali ke depot (Anggraeni & Rusindiyanto, 2020). Definisi lain dari VRP adalah sebagai formulasi yang mempertimbangkan jumlah armada dan rute yang dilalui. VRP bertujuan untuk menentukan beberapa rute yang meminimumkan fungsi tujuan dengan memenuhi seluruh permintaan *customer* (Santosa & The,

2017). Rute tersebut mencakup urutan mengunjungi titik *customer* dengan armada yang berangkat dan berakhir di depot. Total permintaan seluruh *customer* tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan dalam satu rute dan satu rute untuk satu kendaraan dengan satu kali kunjungan ke lokasi *customer* (Trihardani & Dewi, 2017).

III. METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan rute distribusi yang optimal dengan metode Algoritma *Differential Evolution* (DE) ini melalui langkah-langkah pemecahan masalah sebagai berikut.



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Langkah-langkah pemecahan masalah yang tertampil pada Gambar 1 diawali dengan pengumpulan data berupa data lokasi pengiriman, permintaan produk, jenis armada dan kapasitas, jarak tempuh, rute awal distribusi dan waktu tempuh. Pengolahan data menggunakan algoritma *Differential Evolution* dilakukan dengan inisialisasi populasi kemudian mutasi populasi yang dilanjutkan dengan melakukan *crossover* atau proses kawin silang sehingga menghasilkan rute yang telah terseleksi. Apabila rute telah optimal dilakukan perhitungan waktu tempuh berdasarkan hasil metode Algoritma DE dan dibandingkan dengan rute awal yang digunakan oleh perusahaan. Apabila *output* rute dengan algoritma DE lebih kecil daripada *output* rute awal perusahaan maka dapat dikatakan terjadi penghematan rute distribusi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari data historis PT XYZ yang berlokasi di Surabaya. Data permintaan produk yang digunakan adalah minyak pelumas kemasan pada bulan Desember 2020. Meliputi Data Lokasi Pengiriman, Data Permintaan Produk, Data Rute Awal Distribusi, Data Jarak Tempuh, Data Waktu Tempuh.

B. Pengolahan Data

Dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini menggunakan bantuan metode Algoritma *Differential Evolution* (DE). Rute awal distribusi perusahaan dengan total jarak tempuh tiap rute dan waktu total tempuh untuk mendistribusikan minyak pelumas dapat dilihat pada tabel I. Rute awal yang dimiliki oleh perusahaan sebanyak 4 rute distribusi.

Rute 1, memiliki jarak tempuh sepanjang 117 km dengan rute distribusi dimulai dari depot *warehouse XYZ* menuju Distributor Surabaya – Distributor Sidoarjo – Distributor Gresik dan kembali ke *warehouse XYZ* dengan jumlah permintaan produk pada rute 1 sebanyak 600 karton. Waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan produk pada rute 1 sebanyak 245,5 menit.

Rute 2, memiliki jarak tempuh sepanjang 481 km dengan rute distribusi dimulai dari depot *warehouse XYZ* menuju Distributor Malang kemudian Distributor Jember dan kembali ke *warehouse XYZ* dengan jumlah permintaan produk pada rute 2 sebanyak 380 karton. Waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan produk pada rute 2 sebanyak 767,1 menit.

Rute 3, memiliki jarak tempuh sepanjang 287 km dengan rute distribusi dimulai dari depot *warehouse XYZ* menuju Distributor Nganjuk kemudian Distributor Madiun dan kembali ke *warehouse XYZ* dengan jumlah permintaan produk pada rute 3 sebanyak 310 karton. Waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan produk pada rute 3 sebanyak 467,7 menit.

Rute 4 memiliki jarak tempuh sepanjang 682 km dengan rute distribusi dimulai dari depot *warehouse XYZ* menuju Distributor Semarang 1 – Distributor Semarang 2 – Distributor Kudus – Distributor Lamongan dan kembali ke *warehouse XYZ* jumlah permintaan produk pada rute 4 sebanyak 520 karton. Waktu yang dibutuhkan untuk mendistribusikan produk pada rute 4 sebanyak 1085,4 menit.

TABEL I
RUTE DISTRIBUSI PERUSAHAAN

Rute	Rute Distribusi	Jarak (Km)	Total Jarak	Waktu Tempuh (Menit)	Total Permintaan (Karton)
1	Warehouse XYZ - Distributor Surabaya - Distributor Sidoarjo - Distributor Gresik - Warehouse XYZ	18 + 32,5 + 42,1 + 24,8	117	247,5	600
2	Warehouse XYZ - Distributor Malang - Distributor Jember - Warehouse XYZ	88,3 + 202 + 191	481	767,1	380
3	Warehouse XYZ - Distributor Nganjuk - Distributor Madiun - Warehouse XYZ	110 + 30,1 + 147	287	467,7	310

Rute	Rute Distribusi	Jarak (Km)	Total Jarak	Waktu Tempuh (Menit)	Total Permintaan (Karton)
4	Warehouse XYZ - Distributor Semarang 1 - Distributor Semarang 2 - Distributor Kudus - Distributor Lamongan - Warehouse XYZ	345 + 6,5 + 54,4 + 214 + 61,8	682	1085,4	520
	TOTAL		1.567	2.567,7	1.810

Rute distribusi dengan metode Algoritma *Differential Evolution* akan diperoleh melalui beberapa tahap yaitu dimulai dengan *input* data, tahap inisialisasi populasi, tahap mutase, tahap *crossover* (kawin silang), dan tahap seleksi.

1. Input Data dalam Software

Adapun data-data dan parameter-parameter Algoritma DE yang perlu diinput dalam *software* MATLAB adalah sebagai berikut:

TABEL II
DATA MASUKKAN (PARAMETER)

Variabel	Keterangan	Nilai
<i>Mutation Factor</i>	Faktor Mutasi	0.8
<i>Crossover Rate</i>	Probabilitas <i>Crossover</i>	0.5
<i>No of Nodes</i>	Jumlah Titik Tujuan	11
<i>Maximum Capacity</i>	Kapasitas Maksimum dalam 1 Rute	600 Karton
<i>Maximum Distance</i>	Jarak Maksimum dalam 1 Rute	-
<i>Max Iteration</i>	Jumlah Iterasi	500 (Diasumsikan)
<i>Population</i>	Jumlah Populasi	11
<i>Max Time</i>	Waktu Maksimal	Diasumsikan

Selain parameter-parameter DE, diperlukan untuk *input* data berupa titik koordinat dan jumlah permintaan produk oleh *customer*.

TABEL III
DATA MASUKKAN TITIK KOORDINAT

Variabel	Keterangan	Koordinat X	Koordinat Y	Demand
<i>Nodes Specification (Coordinates)</i>	Spesifikasi Titik dengan koordinat X dan Y			
	D1	-7.331235925	112.7581189	1
	D2	-7.289716232	112.7105776	200
	D3	-7.504574	112.720533	220
	D4	-7.377844	112.57487	180
	D5	-7.957506	112.64473	180
	D6	-8.181913	113.674188	200
	D7	-7.606153251	111.9028596	150
	D8	-7.546256	111.659787	160
	D9	-7.127286	112.408624	110
	D10	-6.815468	110.836297	110
	D11	-7.018625	110.449029	160
	D12	-6.977734	110.421563	140

Sumber : Data yang diolah

2. Inisialisasi Populasi

Langkah awal yang harus dilakukan pada proses inisialisasi vektor adalah menentukan batas atas dan batas bawah. Batas atas dan batas bawah digunakan sebagai awal mula pembangkitan nilai variabel yang dicari. Untuk pembangkitan nilai awal variabel generasi ke-0, variabel ke-*j* dari vektor ke-*i* direpresentasikan dengan notasi berikut ini:

$$x_{j,i,0} = lb_j + rand_j(0, 1) (ub_j - lb_j)$$

Proses inisialisasi populasi dikerjakan dengan beberapa langkah yaitu:

- a. Penentuan beberapa nilai yang akan digunakan dalam pembangkitan populasi jumlah

b. Pembangkitan nilai awal dilakukan dengan bantuan kode inisialisasi berupa data masukan pada *software*.

3. Mutasi Populasi

Pada penelitian ini proses kedua dari Algoritma *Differential* yaitu mutasi populasi hanya perlu untuk memberi masukan data berupa *mutation factor*. *Mutation factor* memiliki skala $F \in (0, 1)$ bernilai riil positif yang memiliki fungsi untuk mengendalikan tingkat pertumbuhan populasi. Meskipun tidak terdapat batas atas untuk nilai F , nilai paling efektif adalah antara 0 dan 1. Secara rumus mutasi dilakukan dengan cara menambahkan perbedaan dua vektor (diambil secara *random*) terhadap vektor ketiga dengan cara berikut.

$$v_{i,g} = x_{r0,g} + F (x_{r1,g} - x_{r2,g})$$

TABEL IV
HASI MUTASI

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
D1		44	3.4	35.92	64.78	167.8	121.2	158.2	84.92	284.4	356.2	357.2
D2	34.84		-7.68	64.66	55.62	158.6	146.68	184	75.8	354	382	382.2
D3	-22.32	-18.36		-44.56	146.84	172.4	43.6	81	9.3	251.2	279	280.2
D4	-44.66	-41.94	-37.02		-83.36	363.6	24.92	61.4	-12.92	-132.4	259.4	261.4
D5	173.64	176.16	112.44	209.52		-67.2	432.4	473.12	258.2	1085.8	657.6	660.4
D6	145.2	148.2	127.8	150	169.4		204.72	287.7	184.6	831.8	492.2	494
D7	185.56	200.32	202.4	152.44	257.4	359.6		-93.52	235.8	187	131	132
D8	-39.8	-86.7	-57	-82.7	-1.8	-262.6	-40.12		-53.6	360.4	469.24	472.08
D9	47.44	82.68	107.6	80.88	164.4	724.2	111.8	131.8		126.64	331.7	326
D10	287.4	325.6	338.8	299.8	393.8	861.6	223.4	187.8	239.4		39.36	50.02
D11	402.6	370.4	385.2	346.2	440.2	178.4	266.6	234.2	450.6	99.22		-37.02
D12	402.8	370.6	385.4	346.6	440.6	178.8	266.8	234.4	450.8	98.96	-38.06	

4. Crossover

Probabilitas *crossover*, $Cr \in [0, 1]$ adalah nilai yang didefinisikan untuk mengendalikan fraksi nilai variabel yang disalin dari vektor mutan. Semakin tinggi nilai Cr maka titik atau vektor yang mengalami *crossover* akan semakin banyak. Sehingga Cr yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,5.

Pada tahap *crossover* juga dilakukan pemilihan secara *random* 2 kromosom sebagai induk (*parent*) dalam satu populasi yang akan dikawin silangkan. Kemudian akan menghasilkan variabel *idxkrom* yang merupakan penggabungan antara hasil perpotongan *parent 2*. *Crossover* akan selesai sampai dengan *pop_size* dan seluruh hasil *crossover* dikumpulkan menjadi satu. Berikut ilustrasi dari *crossover*.

TABEL V
ILUSTRASI CROSSOVER

Parent A	A1	A2
Parent B	B1	B2
Anak 1	A1	B2
Anak 2	B1	A2
Anak 3	B2	A1
Anak 4	A2	B1

5. Seleksi

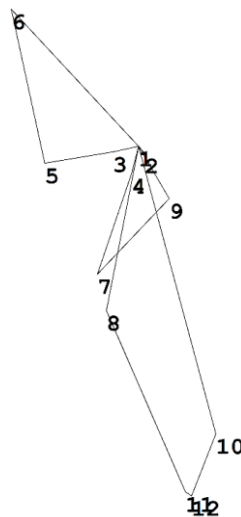
Tahap akhir penyelesaian dengan Algoritma DE yaitu proses seleksi yang terjadi antara dua vektor.

```
% Seleksi
r=rand;
if r < Cr
    u=v;
else
    u=x(i, :);
end
end
% update population
x=new_x;
f=new_x;
end
[minf, ind]=min(f)
Bestx=x(ind)
```

Gambar 2. Kode Seleksi

6. Output Optimal dengan Metode DE

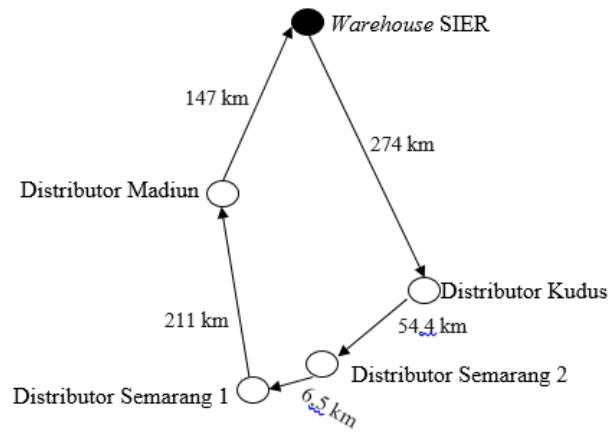
VRP dapat diselesaikan dengan metode Algoritma *Differential Evolution* yang bertujuan membantu dalam pengambilan keputusan untuk perencanaan rute dan armada yang optimum. Penelitian ini telah memiliki *output* yang optimal berdasarkan parameter Algoritma DE.



Gambar 3. Output Rute Optimal

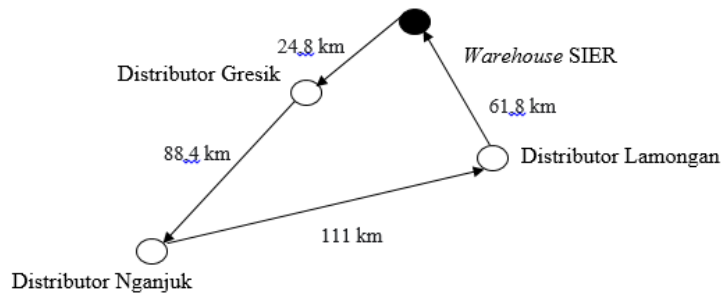
Rute optimal yang dihasilkan oleh Algoritma DE sebanyak 4 rute distribusi dengan kapasitas pengiriman dalam 1 rute tidak melebihi kapasitas armada yaitu 600 karton. Rute tersebut didapatkan pada iterasi ke-0.

Rute 1 memiliki jalur D1-D10-D12-D11-D8-D1, artinya rute dimulai dari *warehouse XYZ* menuju Distributor Kudus (D10) – Distributor Semarang 2 (D12) – Distributor Semarang 1 (D11) – Distributor Madiun (D8) dan kembali ke *warehouse XYZ*. Rute 1 memiliki jarak tempuh sepanjang 692,9 km dengan jumlah permintaan produk tiap destinasi adalah Distributor Kudus 110 karton, Distributor Semarang 2 140 karton, distributor Semarang 1 160 karton, dan Distributor Madiun 160 karton dan total permintaan keseluruhan pada rute 1 adalah 570 karton.



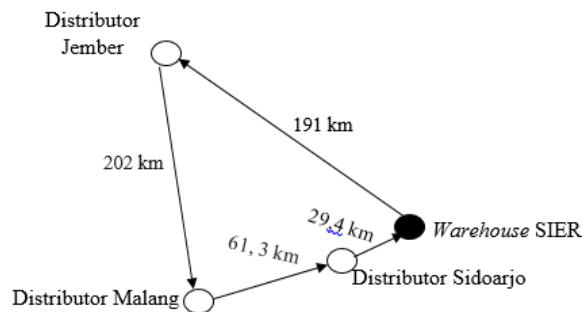
Gambar 4. Rute 1

Rute 2 memiliki jalur D1-D4-D7-D9-D1, artinya rute dimulai dari *warehouse XYZ* menuju Distributor Gresik (D4) – Distributor Nganjuk (D7) – Distributor Lamongan (D9) dan kembali ke *warehouse XYZ*. Rute 2 memiliki jarak tempuh sepanjang 286 km dengan jumlah permintaan produk tiap destinasi adalah Distributor Gresik 180 karton, Distributor Nganjuk 150 karton, Distributor Lamongan 110 karton dan total permintaan keseluruhan pada rute 2 adalah 440 karton.



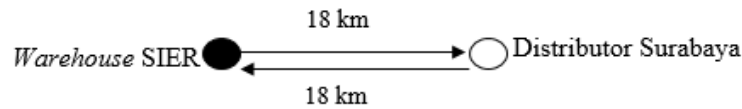
Gambar 5. Rute 2

Rute 3 memiliki jalur D1-D6-D5-D3-D1, artinya rute dimulai dari *warehouse XYZ* menuju Distributor Jember (D6) – Distributor Malang (D5) – Distributor Sidoarjo (D3) dan kembali ke *warehouse XYZ*. Rute 3 memiliki jarak tempuh sepanjang 483,7 km dengan jumlah permintaan produk tiap destinasi adalah Distributor Jember 200 karton, Distributor Malang 180 karton, Distributor Sidoarjo 220 karton dan total permintaan keseluruhan pada rute 3 adalah 600 karton.



Gambar 6. Rute 3

Rute 4 memiliki jalur D1-D2 -D1, artinya rute dimulai dari *warehouse XYZ* menuju Distributor Surabaya (D2) dan kembali ke *warehouse XYZ*. Rute 4 memiliki jarak tempuh sepanjang 36 km dengan rincian jumlah permintaan produk yang dikirim ke distributor Surabaya (D2) 200 karton dan total permintaan keseluruhan pada rute 4 adalah 200 karton.



Gambar 7. Rute 4

Hasil rute yang dihasilkan dianggap optimal dan akan diterima secara keseluruhan setelah dilakukan perbandingan rute antara rute awal perusahaan dengan rute Algoritma DE.

7. Perhitungan Waktu Tempuh Rute Algoritma DE

Waktu tempuh merupakan waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan dalam mendistribusikan minyak pelumas. Kecepatan rata-rata armada yaitu 40 km/jam. Perhitungan waktu tempuh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Waktu tempuh} = \frac{d_{ij}}{v} \times 60 \text{ menit} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

d_{ij} : jarak tempuh (Km)

v : kecepatan kendaraan (km/jam)

TABEL VI
HASIL RUTE ALGORITMA DE

Rute	Rute Distribusi	Jarak Tempuh	Total Jarak (Km)	Waktu Tempuh	Permintaan (Karton)	Total Waktu Tempuh
1	Warehouse XYZ - Distributor Kudus - Distributor Semarang 2 - Distributor Semarang 1 - Distributor Madiun - Warehouse XYZ	274 + 54,4 + 6,5 + 211 + 147	692,9	1039,35	570	1.107,75
2	Warehouse XYZ - Distributor Gresik - Distributor Nganjuk - Distributor Lamongan - Warehouse XYZ	24,8 + 88,4 + 111 + 61,8	286	429	440	481,8
3	Warehouse XYZ - Distributor Jember - Distributor Malang - Distributor Sidoarjo - Warehouse XYZ	191 + 202 + 61,3 + 29,4	483,7	725,55	600	797,55
4	Warehouse XYZ - Distributor Surabaya - Warehouse XYZ	18 + 18	36	54	200	78
TOTAL			1.498,6	2.247,9		2.465,1

C. Pembahasan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan rute optimal yaitu rute yang dihasilkan oleh Algoritma *Differential Evolution*. Secara singkat, hasil perbandingan rute awal dan rute metode Algoritma DE dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

TABEL VII
PERBANDINGAN RUTE DISTRIBUSI

	Rute	Rute Distribusi	Jarak Tempuh (km)	Total Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Menit)	Total Waktu (Menit)
Rute Awal	1	Warehouse XYZ - Distributor Surabaya - Distributor Sidoarjo - Distributor Gresik - Warehouse XYZ	18 + 32,5 + 42,1 + 24,8	117	175,5	247,5
	2	Warehouse XYZ - Distributor Malang - Distributor Jember - Warehouse XYZ	88,3 + 202 + 191	481	721,5	767,1
	3	Warehouse XYZ - Distributor Nganjuk - Distributor Madiun - Warehouse XYZ	110 + 30,1 + 147	287	430,5	467,7

	Rute	Rute Distribusi	Jarak Tempuh (km)	Total Jarak (Km)	Waktu Tempuh (Menit)	Total Waktu (Menit)
	4	Warehouse XYZ - Distributor Semarang 1 - Distributor Semarang 2 - Distributor Kudus - Distributor Lamongan - Warehouse XYZ	345 + 6,5 + 54,4 + 214 + 61,8	682	1023	1085,4
		TOTAL		1.567	2.350,5	2.567,7
VRP Algoritma DE	1	Warehouse XYZ - Distributor Kudus - Distributor Semarang 2 - Distributor Semarang 1 - Distributor Madiun - Warehouse XYZ	274 + 54,4 + 6,5 + 211 + 147	692,9	1039,35	1.107,75
	2	Warehouse XYZ - Distributor Gresik - Distributor Nganjuk - Distributor Lamongan - Warehouse XYZ	24,8 + 88,4 + 111 + 61,8	286	429	481,8
	3	Warehouse XYZ - Distributor Jember - Distributor Malang - Distributor Sidoarjo - Warehouse XYZ	191 + 202 + 61,3 + 29,4	483,7	725,55	797,55
	4	Warehouse XYZ - Distributor Surabaya - Warehouse XYZ	18 + 18	36	54	78
			TOTAL		1.498,6	2.247,9

Rute awal perusahaan menghasilkan total jarak tempuh sebesar 1.567 km dengan total waktu tempuh 2.567,7 menit. Sedangkan rute optimal metode *Differential Evolution* menghasilkan total jarak tempuh sebesar 1.498,6 km dengan total waktu tempuh sebanyak 2.465,1 menit. Dari hasil analisa tersebut maka dapat disimpulkan bahwa rute algoritma DE memiliki jarak tempuh dan waktu tempuh yang lebih kecil daripada rute awal perusahaan, artinya rute algoritma DE lebih optimal. Selain itu, jumlah produk yang dikirim di tiap rute tidak melebihi kapasitas armada yaitu 600 karton. Dengan demikian usulan rute yang dihasilkan oleh metode Algoritma DE dapat diterima.

TABEL VIII
HASIL PENGOLAHAN DATA DENGAN METODE ALGORITMA DE I

	Rute Awal Perusahaan	Rute Metode DE	Selisih	Penghematan Waktu Tempuh
Jarak Tempuh	1.567 km	1.498,6 km	68,4 km	4,36 %
Waktu Tempuh	2.567,7 menit	2.465,1 menit	102,6 menit	4%

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa rute awal perusahaan menghasilkan total jarak tempuh sebesar 1.567 km dengan total waktu tempuh 2.567,7 menit. Sedangkan rute metode Algoritma DE menghasilkan total jarak tempuh sebesar 1.498,6 km dengan total waktu tempuh 2.465,1 menit. Dengan demikian, rute distribusi metode Algoritma *Differential Evolution* lebih baik dan lebih optimal dari rute awal perusahaan. Didapatkan total penghematan jarak tempuh sebanyak 68,4 dengan persentase penghematan sebesar 4,36% dan total penghematan waktu tempuh sebanyak 102,6 menit dengan persentase penghematan sebesar 4%.

Usulan rute optimal distribusi yang diterima memiliki jalur distribusi sebagai berikut:

1. Rute 1 - Warehouse XYZ - Distributor Kudus - Distributor Semarang 2 - Distributor Semarang 1 - Distributor Madiun - Warehouse SIE dengan jarak tempuh 692,9 km, *demand* produk sebanyak 570 karton, dan waktu tempuh 1.107,75 menit.
2. Rute 2 - Warehouse XYZ - Distributor Gresik - Distributor Nganjuk - Distributor Lamongan - Warehouse XYZ dengan jarak tempuh 286 km, *demand* produk sebanyak 440 karton, dan waktu tempuh 481,8 menit.
3. Rute 3 - Warehouse XYZ - Distributor Jember - Distributor Malang - Distributor Sidoarjo - Warehouse XYZ dengan jarak tempuh 483,7 km, *demand* produk sebanyak 600 karton, dan waktu tempuh 797,55 menit.
4. Rute 4 - Warehouse XYZ - Distributor Surabaya - Warehouse XYZ dengan jarak tempuh 36 km, *demand* produk sebanyak 200 karton, dan waktu tempuh 78 menit.

V. KESIMPULAN

Rute awal perusahaan memiliki total jarak tempuh sebesar 1.567 km dengan total waktu tempuh 2.567,7 menit. Sedangkan rute optimal metode Algoritma DE menghasilkan total jarak tempuh sebesar 1.498,6 km dengan total waktu tempuh 2.465,1 menit. Dengan demikian, didapatkan rute optimal dengan jarak tempuh dan waktu tempuh lebih minimum yaitu pada hasil rute metode Algoritma DE yang memberikan penghematan alternatif rute dari rute awal distribusi perusahaan yaitu pada penghematan jarak tempuh sebanyak 68,4 km dengan persentase penghematan 4,36% dan penghematan waktu tempuh sebanyak 102,6 menit dengan persentase penghematan sebesar 4%.

PUSTAKA

- Anggraeni, Alfritri Dilla., dan Rusindiyanto. (2020). "Analisa Penentuan Rute Produk Pupuk Organik dengan Menggunakan Metode Saving Matrix Pada PT XYZ Surabaya". *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi* Vol. 01, No. 04, Hal. 12-23.
- Basolle, A. W. (2020). *Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Olak Alen Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Algoritma Differential Evolution* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Fahmi, A. (2018). *Pencarian nilai optimum dari fungsi Differentiable dan non-differentiable dengan Algoritma differential evolution* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Giffari, A. (2018). *Implementasi algoritma differential evolution pada sistem penjadwalan mata pelajaran* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung).
- Gosal, Y. A. (2020). *Algoritma Hybrid Differential Evolution-Support Vector Machine (DE-SVM) Untuk Sistem Deteksi Intrusi Jaringan* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Idris, I. S. K. (2019). *Optimasi Pendistribusian Barang Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony*. *Jurnal Informatika Upgris*, 5(2).
- Juhandri, A. (2018). *Optimisasi Rute Pengiriman Mesin Food Processing & Packaging Dengan Menggunakan Algoritma Differential Evolution (Studi Kasus Di Pt. Putra Chandra Sentosa)* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- Muhammad, R. D., Machrus, A., Hidayatul, N., & Dwi, A. (2018). *Aplikasi Algoritma Differential Evolution untuk Desain Optimal Load Frequency Control pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin dan Diesel*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 5(5), 511-516.
- Nasirulhaq, A. N. (2019). *Perbandingan algoritma genetika dengan differential evolution pada penjadwalan mata pelajaran* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Gunung Djati).
- Pailin, Daniel B., & Tupan, Johan., (2019). "Algoritma Differential Evolution (DE) Dalam Optimalisasi Rute Distribusi Produk Nestle (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri)". *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*.
- Putra, A. A. (2018). *Optimasi Sizing Dan Strategi Operasional Pada Hybrid Renewable Energy System (Panel Surya-Turbin Angin) Dengan Algoritma Differential Evolution* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Santosa, Budi dan The Jin Ai. (2017). *Pengantar Metaheuristik: Implementasi dengan Matlab*. Surabaya: ITS Tekno Sains
- Setiawan, H., Tan, D. F., & Prilianti, K. R. (2018). *Implementasi Differential Evolution untuk Optimasi Jadwal Produksi*.
- Setiawan, Hendry., Fandelia, Dewi., dan Prilianti, Kestriila R. (2018). "Implementasi Differential Evolution untuk Optimasi Jadwal Produksi". *Teknik Informatika*.
- Sunyoto, Danang. (2015). *Perilaku Konsumen dan Pemasaran*. Yogyakarta : CAPS
- Suryanto, MH. (2016). *Sistem Operasional Manajemen Distribusi*. Jakarta: Gramedia.
- Tjolleng, Amir. (2017). *Pengantar Pemrograman MATLAB*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Trihardani, Luki., dan Dewi, Oki Anita C. (2017). "Pengembangan Algoritma Hybrid Metaheuristik untuk Penentuan Rute Pengiriman Produk Perishable". *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 18, No. 02, Hal. 191-206
- Turang, D. A. O., & Astari, S. R. (2018). *Sistem Manajemen Inventory Menggunakan Algoritma Differential Evolution*. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* (Vol. 1, No. 1).
- Wibisono, Eric. (2018). *Logika Logistik: Teknik dan Metode Pemrograman dalam Problem-Problem Pengaturan Rute*. Yogyakarta: Graha Ilmu.