

Penerapan Metode *Differential Evolution* dalam Menentukan Rute Distribusi Produk

Yustis Maruhawa^{1*}, Helda Yenni², Unang Rio³, Fransiskus Zoromi⁴

^{1,2,3}Teknik Informatika, STMIK AMIK RIAU, Pekanbaru, Indonesia

⁴Sistem Informasi, STMIK AMIK RIAU, Pekanbaru, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: 2110031802137@sar.ac.id

Abstract

A company that produces goods requires transportation to distribute its products to distributors, who will then sell the products to customers. The importance of transportation in the logistics process makes determining an efficient and effective distribution route one of the main tasks. PT ABC, as a distributor company, faces the challenge of distributing products to various regions, which is called the Vehicle Routing Problem (VRP). VRP is considered part of Artificial Intelligence (AI). To solve this problem, the company uses the differential evolution algorithm, which is a widely used metaheuristic method in engineering. Differential evolution is based on populations and has the ability to guide the search for better solutions. In this case, the Differential Evolution algorithm produced a savings percentage of 3.35%, with a total distance traveled of 15,312.91, total travel time of 20,417.2 minutes, and total fuel costs of Rp. 16,507,317.

Keywords: *Differential Evolution, Distribution, Transportation, Artificial Intellegent, Vehicle Routing Problem*

Abstrak

Perusahaan yang memproduksi barang memerlukan transportasi untuk mendistribusikan produk-produknya ke distributor, yang kemudian akan menjual produk tersebut ke pelanggan. Pentingnya transportasi dalam proses logistik membuat menentukan rute distribusi yang efisien dan efektif menjadi salah satu tugas utama. PT ABC, sebagai perusahaan distributor, menghadapi permasalahan dalam mendistribusikan produk ke berbagai wilayah, yang disebut *Vehicle Routing Problem (VRP)*. VRP termasuk kedalam AI (*Artificial Intelligence*). Untuk mengatasi permasalahan ini, perusahaan menggunakan algoritma *differential evolution*, yang merupakan metode metaheuristik yang luas digunakan di bidang rekayasa. *Differential evolution* didasarkan pada populasi dan memiliki kemampuan untuk memandu pencarian solusi yang lebih baik. Dalam kasus ini, algoritma *Differential Evolution* menghasilkan persentase penghematan sebesar 3,35%, dengan total jarak tempuh 15.312,91, total waktu tempuh 20.417,2 menit, dan total biaya bahan bakar minyak Rp. 16.507.317.

Kata Kunci: *Differential Evolution; Distribusi; Transportasi; Artificial Intellegent; Vehicle Routing Problem*

1. Pendahuluan

Perusahaan yang memproduksi barang menjual produknya kepada distributor dan distributor kemudian menjual produk tersebut ke pelanggan. Transportasi merupakan salah satu faktor penting dalam proses logistik untuk mengoptimalkan waktu dan biaya bahan bakar minyak (BBM) agar proses distribusi dapat berjalan dengan lebih optimal [1] [2]. PT ABC adalah salah satu perusahaan distributor yang bertanggung jawab atas pengiriman barang ke berbagai wilayah. Namun, permasalahan yang terjadi dalam mendistribusikan produk tidak hanya pada satu lokasi tujuan dan rute distribusi yang sangat tidak terstruktur, sehingga membutuhkan biaya yang besar bahkan melebihi biaya yang telah dianggarkan. Sehingga biaya operasional perusahaan saat ini tidak efektif dan efisien. Ini disebut sebagai *Vehicle Routing Problem (VRP)*.

Differential evolution adalah metode pencarian stokhastik dan berbeda dengan algoritma evolusi lainnya dalam hal jarak dan arah populasi yang digunakan untuk memandu

pencarian solusi yang lebih baik [3] [4]. *Differential Evolution* adalah satu dari berbagai macam metode metaheuristik yang pemakainya sangat luas di bidang rekayasa [5]. Metode ini telah diaplikasikan untuk menyelesaikan masalah optimasi rute dalam proses logistik, termasuk masalah VRP. Oleh karena itu, differential evolution dapat digunakan untuk memecahkan masalah rute distribusi yang efisien dan efektif dalam proses distribusi produk dari pabrik ke distributor dan pelanggan.

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat masalah penjadwalan rute kendaraan dalam konteks pengiriman barang yang diperkenalkan oleh George Dantzig dan John Ramser pada tahun 1959. Kemudian pada tahun 1964, S. R. Clarke dan E. H. Wright mengusulkan sebuah heuristik untuk menyelesaikan masalah VRP dengan memperkenalkan istilah depot sebagai tempat awal dan akhir rute kendaraan. Mereka juga memperkenalkan konsep "*saving*", yang merupakan perbedaan antara biaya langsung dari rute yang direncanakan dan biaya rute yang dapat dicapai melalui penggabungan beberapa rute [6] [7].

Diharapkan solusi menggunakan algoritma differential evolution dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam perusahaan. Algoritma differential evolution dipilih karena telah berhasil digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi di berbagai bidang, seperti clustering, desain filter digital, optimasi fungsi linier, dan optimasi multi-objective [8]. Selain itu, algoritma ini memiliki kemudahan dalam implementasi dan kecepatan konvergensi yang baik. Diharapkan hasil dari algoritma ini dapat memberikan solusi yang optimal dalam menyelesaikan masalah VRP yang dihadapi oleh perusahaan, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam rute distribusi. Dengan manfaat dari penelitian ini adalah dapat membantu perusahaan dalam mengoptimalkan proses distribusi produk yang lebih efisien dan efektif, sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan dan kepuasan pelanggan serta memperkuat posisi perusahaan di pasar.

2. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, penulis menemukan beberapa penelitian terdahulu (*literature review*). Hal ini dilakukan guna mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya atau terdahulu.

Pada tahun 2019 Paillin, Tupan, dan Utami melakukan pengujian dengan tujuan untuk menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem*, digunakan algoritma *differential evolution* untuk memperoleh rute terbaik yang didasarkan pada jarak dan waktu tempuh minimum. Hasil yang diperoleh menunjukkan penghematan jarak sebesar 19,68% dan penghematan waktu total sebesar 48,22% dari rute awal yang digunakan oleh perusahaan. Pengujian menggunakan *software* MATLAB [9].

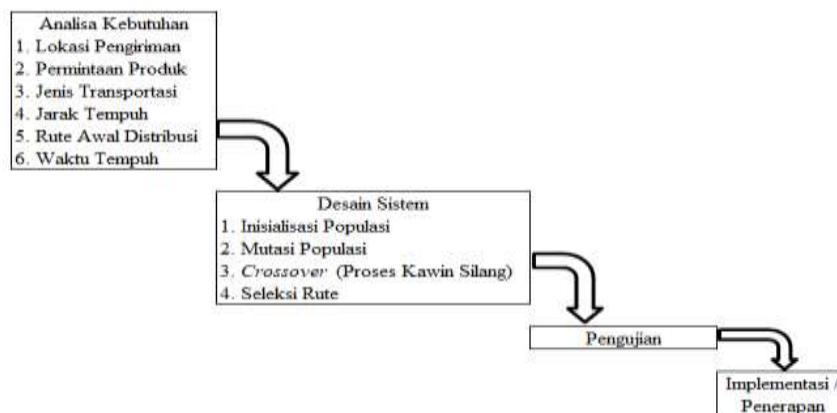
Kedua penelitian Wahyu, Bayu, dan Imam pada tahun 2021 Dalam upaya optimasi rute distribusi produk, *Multiple Traveling Salesman Problem* (MTSP) diselesaikan dengan menggunakan algoritma K-ACO. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma ini dapat menghemat jarak perjalanan salesman sebesar 565,801 km. Selain itu, algoritma *K-Means* juga diuji dan diperoleh solusi yang 76,72% lebih baik dibandingkan dengan hasil rute awal perusahaan. Pengujian menggunakan *software* SPSS [10].

Dan yang terakhir penelitian oleh Kadek, Dwi, dan Ayu tahun 2019. Dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi rute perjalanan distribusi, dilakukan optimasi menggunakan metode Cheapest Insertion Heuristic berbasis web yang menghasilkan rute perjalanan yang lebih optimal dalam hal total jarak dan waktu tempuh. Sistem optimasi distribusi yang berbasis web memanfaatkan Google Maps API untuk memproses data latitude dan longitude yang telah tersimpan dalam database, sehingga dapat menampilkan peta lokasi distributor, data jarak antar lokasi, jalur distribusi, jarak tempuh, dan estimasi waktu tempuh perjalanan distribusi. Hal ini memungkinkan untuk menghasilkan rute perjalanan yang optimal dengan total jarak yang lebih pendek dibandingkan dengan sistem penentuan rute distribusi berdasarkan perkiraan pada perusahaan [11].

Dari penelitian yang terdahulu, penulis menambahkan parameter baru dalam penelitian yaitu biaya bahan bakar minyak (BBM) yang belum dibahas sebelumnya. Hal ini penting karena ketika rute dan waktu sudah optimal, biaya operasional seperti BBM dapat berkurang dan menjadi lebih efisien bagi perusahaan. Parameter ini dianggap penting untuk diperhitungkan dalam mengoptimalkan proses distribusi barang.

3. Metodologi

. Dalam menentukan rute distribusi produk di PT. ABC dengan menggunakan metode Algoritma *Differential Evolution* (DE) dilakukan melalui beberapa langkah-langkah yang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Alur Penelitian

Melalui Gambar 1, dapat dilihat bahwa penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data seperti lokasi pengiriman produk, permintaan produk, jenis dan jumlah transportasi yang digunakan, rute distribusi, rute awal, serta waktu yang diperlukan untuk mengirimkan produk. Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode Algoritma *Differential Evolution* (DE), dimana populasi awal diinisialisasi dan dilakukan proses mutasi melalui *crossover*, sehingga menghasilkan rute yang terpilih. Jika hasil seleksi menunjukkan rute yang optimal, maka waktu tempuh akan dihitung berdasarkan metode Algoritma *Differential Evolution* (DE). Selanjutnya, hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan rute awal yang digunakan oleh perusahaan. Jika rute yang dihasilkan dengan menggunakan Algoritma *Differential Evolution* (DE) lebih kecil dibandingkan dengan rute awal perusahaan, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi pengoptimalan rute distribusi [12].

3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari data historis PT ABC. Data permintaan produk yang digunakan adalah Detegent pada tahun 2021. Meliputi data lokasi pengiriman, data permintaan produk, data rute awal distribusi, data jarak tempuh, data waktu tempuh dan biaya bahan bakar minyak (BBM).

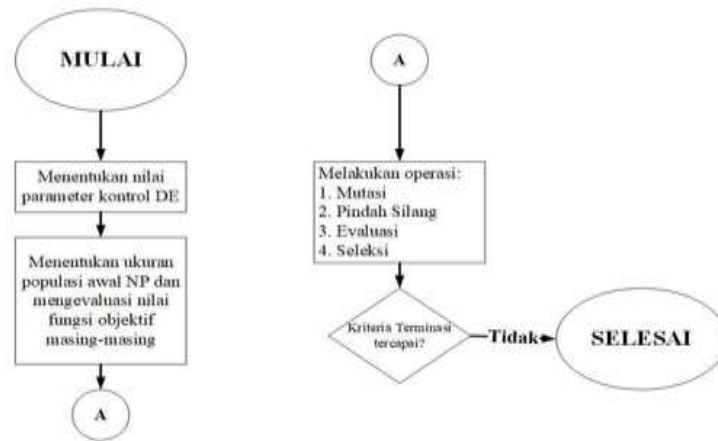
3.2 Parameter yang digunakan

Parameter dalam penelitian ini menggunakan rute tempuh, waktu dan biaya bahan bakar kendaraan.

3.3 Penyusunan Algoritma

Penyelesaian masalah VRP pada kasus ini menggunakan algoritma *Differential Evolution* (DE). Untuk menuliskan algoritma DE ini bersamaan dengan melakukan pencarian solusi yang optimal digunakan *software* Python.

Nilai tambah yang diperoleh dari hasil ini adalah didapat tidak hanya berupa hasil solusi penghitungan rute tempuh dengan algoritma *Differential Evolution*, namun juga dilengkapi dengan kemampuan untuk mengintegrasikan antara *database* pelanggan dengan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi yaitu data matriks jarak antar pelanggan, jumlah permintaan, kapasitas kendaraan, kecepatan kendaraan, dan *time windows*, sehingga nantinya hasil ini akan memudahkan pengguna untuk melakukan penjadwalan dan penentuan rute pendistribusian yang optimal yaitu adanya perubahan permintaan setiap hari baik jumlah permintaan maupun pelanggan yang meminta. Pembuatan optimasi rute distribusi menggunakan algoritma *Differential Evolution* dengan Python ini didasarkan pada fungsi objektif yaitu meminimumkan rute tempuh, maka output yang diharapkan dari program ini berupa rute distribusi, jarak tempuh, demand, waktu dan biaya bahan bakar minyak. Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan Algoritma *Differential Evolution* [13]:



Gambar 2. Pengerjaan DE secara umum

a. Inisialisasi

Sebelum memulai proses inisialisasi, perlu ditentukan batas atas (ub) dan batas bawah (lb) dari vector variabel yang akan dicari. Batas-batas ini kemudian akan digunakan sebagai titik awal untuk menghasilkan nilai variabel yang dibutuhkan. Untuk pembangkitan nilai awal variabel generasi ke-0, maka variabel ke j dan vektor i diwakili dengan notasi sebagai berikut:

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

b. Mutasi

Setelah proses inisialisasi, differential evolution akan melakukan operasi mutasi dan kombinasi pada populasi awal untuk menghasilkan populasi berukuran N vektor eksperimen. Dalam differential evolution, proses mutasi dilakukan dengan cara menambahkan selisih dari dua vektor terhadap vektor ketiga, dengan rumus:

$$v_{i,g} = x_{r0,g} + f(x_{r1,g} - x_{r2,g}) \quad (2)$$

Berikut ini dapat dijelaskan bahwa sebelum dua vektor dipilih secara acak, faktor skala F harus diterapkan terlebih dahulu pada perbedaan kedua vektor tersebut sebelum ditambahkan pada vektor ketiga ($x_{r0,g}$). Faktor skala F berupa bilangan riil positif yang bernilai antara $(0,1+)$, digunakan untuk mengatur tingkat pertumbuhan populasi. Meskipun nilai F dapat berupa bilangan riil positif apa pun, nilai $(0,1)$ cenderung menghasilkan kinerja yang optimal. Indeks vektor basis, r_0 , dapat ditentukan dengan berbagai cara, namun dalam kasus ini, digunakan metode pemilihan acak yang berbeda dengan indeks vektor target, yaitu i . Selain itu, indeks vektor selisih r_1 dan r_2 juga dipilih secara acak tanpa permutasi.

c. Crossover (Pindah Silang)

DE juga menggunakan rekombinasi diskrit atau yang lebih dikenal sebagai pindah silang untuk memperoleh hasil optimal dari proses mutasi. Pindah silang (*crossover*) merupakan sebuah tahap dalam *differential evolution* yang bertujuan untuk meningkatkan variasi gen dalam populasi yang akan dihasilkan pada generasi berikutnya. Proses ini melibatkan silangan antara vektor mutan dan vektor target untuk menghasilkan vektor trial yang baru. Parameter kontrol pindah silang (Cr) berperan penting dalam menentukan gen mana yang akan diwariskan ke vektor trial. Formula umum dari proses pindah silang adalah sebagai berikut:

$$u_{i,g} = u_{j,i,g} \begin{cases} v_{j,i,g} & \text{jika } rand \leq Cr \\ v_{j,i,g} & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

d. Seleksi

Dalam tahapan ini, dilakukan seleksi antara vektor target dan vektor trial untuk menentukan vektor mana yang akan dipilih untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya atau generasi berikutnya. Seleksi dilakukan dengan membandingkan nilai evaluasi objektif pada vektor target dan vektor trial. Vektor yang memiliki nilai evaluasi terbaik akan dipilih untuk melanjutkan ke generasi selanjutnya, sesuai dengan bentuk umum di bawah ini:

$$x_{i,g+1} = \begin{cases} u_{i,g} & \text{if } f(u_{i,g}) \leq f(x_{i,g}) \\ x_{i,g} & \text{sebaliknya} \end{cases} \quad (4)$$

e. Terminasi

Terminasi adalah saat dimana pencarian solusi optimal dihentikan. Hal ini terjadi ketika kriteria terminasi telah terpenuhi. Namun, jika kriteria terminasi belum tercapai, maka akan dibentuk generasi baru dengan mengulangi langkah-langkah dari awal.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengolahan Data

1. Data Jarak Tempuh

Jarak tempuh adalah data jarak dari depot menuju sejumlah outlet yang dituju dan juga jarak antaroutlet. Perhitungan jarak diperoleh dengan rumus Euclidean [14]:

$$d(ij) = \sqrt{(x_i - x_j)^2} + \sqrt{(y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

Dengan titik x dan y merupakan titik latitude dan longitude outlet yang diperoleh melalui *google maps*.

Keterangan:

$d(ij)$ = jarak tempuh (km)

x_i, x_j = longitude

y_i, y_j = latitude

2. Waktu Tempuh

Waktu tempuh merujuk pada periode waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk mengirimkan produk kepada konsumen. Kecepatan kendaraan yang digunakan adalah 45km/jam. Perhitungan waktu tempuh dilakukan dengan cara sebagai berikut [15]:

$$\text{Waktu tempuh} = \frac{d(ij)}{v} \times 60 \text{ menit} \quad (6)$$

Keterangan:

$d(ij)$ = jarak tempuh (km)

v = kecepatan kendaraan (km/jam)

3. Biaya Bahan Bakar

Biaya distribusi perusahaan diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap biaya variabel yang berubah apabila terjadi perubahan pada rute tempuh, yaitu biaya bahan bakar. Menurut pada data armada pendistribusian produk, diketahui bahwa rasio bahan bakar kendaraan adalah 1:5, sehingga diketahui bahwa kebutuhan bahan bakar per kilometer adalah 0,2 liter. Harga bahan bakar untuk 1 liter adalah Rp6.800,-, sehingga dapat dihitung biaya bahan bakar per kilometer adalah Rp 1.078,-. Dengan rumus:

$$\text{Biaya BBM} = d(ij) \times \text{Rp}1.078 \quad (7)$$

4.2 Rute Awal Perusahaan

Rute awal distribusi perusahaan dengan total jarak tempuh, total demand dan total waktu (minute) untuk 3 (tiga) *vehicle* dalam 20 hari kerja dengan total *customer* 1133 dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Data Rute Awal Perusahaan

Day	Total Cust	Total Distance	Total Demand	Total Time	Biaya
1	48	533,40	114	711,20	575.004
2	56	754,10	115	1.005,46	812.917
3	68	650,83	104	867,77	701.591
4	34	396,52	80	528,69	427.445
5	86	1.075,77	105	1.434,37	1.159.684
6	54	655,98	88	874,65	707.151
7	36	480,29	87	640,39	517.757
8	40	313,65	59	418,20	338.117
9	57	608,42	103	811,23	655.880
10	60	639,17	120	852,23	689.028
11	46	557,92	127	743,90	601.439
12	55	738,56	100	984,75	796.170
13	49	860,79	96	1.147,72	927.929
14	67	966,76	126	1.289,01	1.042.163
15	64	823,46	135	1.097,95	887.693
16	61	617,38	107	823,17	665.535
17	60	2.680,41	126	3.573,89	2.889.487
18	73	1.227,02	98	1.636,03	1.322.726
19	67	701,44	106	935,25	756.149
20	52	562,75	49	750,33	606.641
Total	1.133	15.844,63	2.045	21.126,1	17.080.506

4.3 Pengolahan Data Menggunakan Algoritma *Differential Evolution* (DE)

Rute distribusi dengan metode Algoritma *Differential Evolution* yang akan diperoleh memelalui tahapan yang sudah dijelaskan diatas, adapun parameter-parameter Algoritma *Differential Evolution* yang perlu dimasukkan kedalam *software* Python adalah sebagai berikut:

```
# Parameters for Differential Evolution algorithm
pop_size = 250
cross_rate = 0.5
mut_rate = 0.6
max_iter = 400
tol = 0.01
num_vehicles = 20
```

Gambar 3. Parameter *Differential Evolution*

Dengan data matriks menggunakan rumus 'Euclide' dan dikalikan 111,319km. Dikarenakan 1 derajat bumi = 111,319km [16].

```
# Calculate distance matrix
dist_matrix = cdist(locations, locations, metric='euclidean') * 111.319
print(dist_matrix)

[[ 0.         19.50233702  0.95082153 ... 0.46272367 14.28604406
 33.88865667]
 [19.50233702  0.         18.5515737 ... 19.64443999 22.91011313
 39.37711475]
 [ 0.95082153 18.5515737  0.         ... 1.17041222 14.20563388
 33.90739295]
 ...
 [ 0.46272367 19.64443999  1.17041222 ... 0.         13.86251185
 33.44477273]
 [14.28604406 22.91011313 14.20563388 ... 13.86251185  0.
 19.79001881]
 [33.88865667 39.37711475 33.90739295 ... 33.44477273 19.79001881
 0.         ]]
```

Gambar 4. Matrix Jarak

Hasil setiap iterasi setelah melakukan proses mutasi dan *crossover* (pindah silang) dengan total waktu iterasi selama 00:58:36 menit

```
# Run Differential Evolution algorithm for the current day
start_time = dt.datetime.now()
for i in range(max_iter):
    for j in range(pop_size):
        trial_candidate = mutation(population, mut_rate)
        trial_cost = evaluate(trial_candidate, day)
        if trial_cost < best_cost:
            best_solution = trial_candidate
            best_cost = trial_cost
        if trial_cost <= evaluate(population[j], day) and np.array_equal(trial_candidate, population[j]) == False:
            crossed = crossover(population[j], trial_candidate, cross_rate)
            crossed_cost = evaluate(crossed, day)
            if crossed_cost < evaluate(population[j], day):
                population[j] = crossed
    else:
        population[j] = trial_candidate
    if i % 100 == 0:
        print("Iteration", i+1, "best_cost", best_cost)
end_time = dt.datetime.now()
print("Execution time", end_time-start_time)

Iteration 1 best_cost 15998.046764081421
Iteration 101 best_cost 15623.71854087889
Iteration 201 best_cost 15623.71854087889
Iteration 301 best_cost 15623.71854087889
Execution time 0:58:36.158391
```

Gambar 5. Run Metode Differential Evolution

Dan didapatkan hasil setiap rute by day, by distance, by demand, by customer, by time. Perhatikan Gambar 6 dibawah ini:

```
for i, route in enumerate(routes):
    total_distance = 0
    total_demand = 0
    total_customers = len(route)
    total_time = 0
    for j in range(len(route)-1):
        from_customer = route[j]
        to_customer = route[j+1]
        distance = dist_matrix[from_customer][to_customer]
        if total_time + (distance / 45) >= 60:
            total_distance += distance
            total_demand += demand[from_customer]
            total_time += distance / 45
        else:
            break
    print("Route", i+1, ":", route)
    print("Total distance:", total_distance, "km")
    print("Total demand:", total_demand, "units")
    print("Total customers:", total_customers)
    print("Total time:", total_time, "hours")
    print()
```

```
Route 1 : [56, 457, 180, 494, 377, 697, 424, 631, 995, 530, 18, 90, 824, 300, 1001, 855, 809, 0, 804, 106, 930, 170, 973, 36
0, 197, 352, 195, 621, 358, 174, 1028, 636, 553, 384, 136, 357, 613, 1043, 8, 305, 580, 152, 648, 418, 332, 924, 491, 185, 56
1, 178, 50, 114, 891, 130, 272, 52]
```

Gambar 6. Hasil Metode Differential Evolution

Secara ringkas hasil alternatif terbaik yang dihasil menggunakan Algoritma Differential Evolution dengan 3 (tiga) *vehicle* dalam 20 hari kerja ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Metode Differential Evolution

Day	Total Cust	Total Distance	Total Demand	Total Time	Biaya
1	56	456,76	97	609,02	492.391
2	57	634,66	102	846,21	684.159
3	57	666,71	98	888,95	718.715
4	57	664,79	87	886,39	716.644
5	57	661,92	115	882,56	713.551
6	57	710,77	109	947,69	766.207
7	57	706,14	97	941,52	761.222
8	57	576,59	70	768,79	621.566
9	57	722,76	92	963,69	779.140
10	57	586,18	90	781,58	631.907
11	57	738,31	86	984,41	795.897
12	57	1.632,25	120	2.176,34	1.759.568
13	57	925,12	105	1.233,50	997.285
14	57	946,70	80	1.262,27	1.020.547
15	56	643,15	125	857,54	693.319
16	56	780,91	94	1.041,21	841.819
17	56	992,31	106	1.323,08	1.069.711
18	56	697,12	119	929,49	751.496
19	56	710,51	148	947,34	765.925
20	56	859,23	105	1.145,64	926.249
Total	1.133	15.312,91	2.045	20.417,2	16.507.317

Dapat diperhatikan data awal perusahaan menghasilkan total jarak tempuh sebesar 15.844,63km, total waktu tempuh 21.126,1 menit dengan total biaya bahan bakar minyak Rp.17.080.506, Sedangkan hasil data setelah menggunakan metode algoritma *Differential Evolution* menghasilkan total jarak tempuh sebesar 15.312,91, total waktu tempuh 20.417,2 menit dengan total biaya bahan bakar minyak (BBM) Rp. 16.507.317. Dari hasil analisa tersebut maka dapat disimpulkan bahwa rute menggunakan algoritma *Differential Evolution* memiliki hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan rute awal perusahaan. Selain itu, jumlah produk yang diantar oleh setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas yang telah ditentukan yaitu 150 karton.

Dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini menjelaskan perbandingan hasil total dari rute awal perusahaan dan hasil total dari rute algoritma *differential evolution*.

Tabel 3. Perbandingan Rute Awal Perusahaan dan Rute Metode DE

	Hasil Rute Awal Perusahaan	Hasil Rute Algoritma Differential Evolution	Selisih	%
Distance	15.844,63	15.312,91	531,72	3,35%
Time Minute	21.126,17	20.417,21	708,95	3,35%
Biaya BBM	17.080.506	16.507.317	573.189	3,35%

5. Simpulan

Dalam penentuan rute distribusi atau customer yang dikunjungi setiap harinya sangat penting dalam menentukan efektivitas dan efisiensi di perusahaan besar. Melalui penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode algoritma *differential evolution* dapat disarankan kepada perusahaan karena hasil yang didapatkan efisiensi jarak 531,72km, waktu 708,95 menit dan biaya bahan bakar Rp. 573.189 dalam 20 hari kerja. Bila dibandingkan dengan rute awal perusahaan dengan hasil rute metode Algoritma *differential evolution* dapat dilihat dari hasil perhitungan, terjadi penghematan persentase sebesar 3,35%.

Daftar Referensi

- [1] Karundeng, Thessa NatasyaMandey, S, L., & Sumarauw, J, S, B, "Analisis Saluran Distribusi Kayu (Studi Kasus Di Cv, Karya Abadi, Manado)", *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 6(3), 1748–1757, 2018.
- [2] Patmawati, H., & Nugroho, Y, A, "OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI MATRAS PADA PENYELESAIAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA", *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11), 2745-2756, 2022.
- [3] Anam, M. K., & Irawan, Y. "Perbandingan Support Vector Machine dan XGB SVM Dalam Menganalisis Opini Publik Vaksinasi Covid-19". *Jurnal ILKOM Jurnal Ilmiah*, 1–7, 2021.
- [4] Sulianto & Setiyono Agus. "MODEL PENCARIAN DIAMETER OPTIMUM PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR MINUM BERBASIS ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION" in *Seminar Keinsinyuran*, 885–894, 2021.
- [5] Alexander, D., Turang, O., & Astari, S. R. "Sistem Manajemen Inventory Menggunakan Algoritma Differential Evolution". *Seminar Nasional Informatika*, Yogyakarta, November, 1–12, 2018.
- [6] Chandra, A., & Setiawan, B. "Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP)". *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 105, 2018. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v5i2.233>.
- [7] Prasetyo, M. B. K. "Pemetaan Dan Usulan Jadwal Pengambilan Sampah Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem Dengan Algoritma Sweep Di Perumahan Bukit Bambe". *JISO : Journal of Industrial and Systems Optimization*, 3, 26–30, 2020. <https://doi.org/10.51804/jiso.v3i1.26-30>.
- [8] Saikhu, A., & Fahmi, H. "Implementasi Pengembangan Metode Differential Evolution Untuk Clustering Pixel". *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 2011. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v9i2.a32>.
- [9] Daniel B. Paillin, Johan M Tupan, R. A. U. P. S. "Algoritma Differential Evolution (DE) Dalam Optimalisasi Rute Distribusi Produk Nestle (Studi Kasus PT. Paris Mandiri Jaya)". *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC 2019*, Surakarta, 2-3 Mei, 2019.
- [10] Bimantara, W., Rahayudi, B., & Cholissodin, I. "Optimasi Rute Distribusi Produk PT Indomarco Adi Prima (Stock Point Nganjuk) Dengan Algoritma K-Means Dan Ant Colony Optimization (K-ACO)". *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2021.
- [11] Meliantari, K., Putra Githa, D., & Ayu Wirdiani, N. K. "Optimasi Distribusi Produk Menggunakan Metode Cheapest Insertion Heuristic Berbasis Web". *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 6, 2018. <https://doi.org/10.24843/jim.2018.v06.i03.p07>.
- [12] Fajarwati, I, A., & Anggraeni, W. "Penerapan Algoritma Differential Evolution untuk Penyelesaian Permasalahan Vehicle Routing Problem with Delivery and Pick-up", *Jurnal Teknik ITS*, 1(2301–9271), A391–A396. 2012.
- [13] Nurdiansyah, R., Rijanto, O. A. W., Santosa, B., & Wiratno, S. E. "An Improved Differential Evolution Algorithm for Permutation Flow Shop Scheduling Problem". *International Journal of Operations Research*, 16(2), 37–44, 2019.
- [14] Paillin, D, B., & Tupan, J, M, "MODEL INTEGER LINIEAR PROGRAMMING (ILP) DALAM PEMECAHAN TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP) (STUDI KASUS : PT, PARIS JAYA MANDIRI – AMBON)", *ALE Proceeding*, 3, 2021. <https://doi.org/10,30598/ale,3,2020,40-47>.

- [15] Purnomo, Agus, "Analisis Rute Pendistribusian dengan Menggunakan Metode Nearest Insertion Heuristic Persoalan The Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)(Studi Kasus di Koran Harian Pagi Tribun Jabar)," *Pemberdayaan Rekayasa Industri Berbasis Eco-Efficiency pada Era Perdagangan Bebas* 2010.
- [16] Aisuwarya, R., & Akbar, I. Design of Wearable Device for Monitoring the Position of A Person with Dementia. *In International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)* (pp. 554-558). IEEE, 2022.