

**PENERAPAN ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION UNTUK PENYELESAIAN
PERMASALAHAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP)
(Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri)**

Daniel B. Paillin¹⁾, Johan M Tupan²⁾, Rizki Anggraeni Utami Putri³⁾

e-mail : ¹⁾daniel.paillin@fatek.unpatti.ac.id, ²⁾johan.tupan@fatek.unpatti.ac.id, ³⁾aini.utami15@gmail.com
Jurusan, Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kampus Poka, Ambon, 97233, Indonesia

ABSTRAK

PT. Paris Jaya Mandiri adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang distributor produk Nestle di Indonesia. Sebagai perusahaan distributor, aktivitas distribusi harus diberi perhatian khusus sehingga dapat mengatasi adanya keterlambatan atau ketidaktepatan waktu pengiriman produk yang disebabkan karena ketidakpastian rute pengiriman produk. Masalah routing kendaraan (VRP) adalah optimasi kombinatorial dan masalah pemrograman integer yang menanyakan "Berapa rute yang optimal untuk armada kendaraan untuk dilalui agar bisa dikirim ke satu set pelanggan?". Ini menjelaskan masalah salesman keliling yang terkenal (TSP) yang akan dikembangkan dengan penyelesaian menggunakan Algorithm Differential Evolution dengan masalah yang diambil yakni Capacitated Vehicle Routing Problem CVRP). Tolak ukur yang digunakan pada metode ini adalah jarak antaroutlet dimulai dari mengukur masing – masing jarak dari gudang menuju outlet dan kembali ke gudang. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan untuk mengukur jarak terpendek dari 67 lokasi outlet yang tersebar pada wilayah distribusi Sirimau dan serta wilayah distribusi Nusaniwe. Hasil olahan data metode Branch and Bound menunjukkan bahwa dari 3 wilayah distribusi dapat diperoleh 5 rute optimal yang hasilnya dibandingkan dengan hasil olahan data menggunakan Algorithm Differential Evolution dengan wilayah distribusi keseluruhan diperoleh 4 rute optimal yaitu 1 didapat jarak sebesar 9.93 Km dengan total waktu 37.24 menit, rute 2 sebesar 12,66 Km dengan total waktu 39,99 menit, rute 3 sebesar 24,74 Km dengan total waktu 49,48 menit, rute 4 sebesar 9.5 Km dengan total waktu 21.59 menit.

Kata kunci : *Capacitated Vehicle Routing Problem, Differential Evolution, Rute Optimal*

PENDAHULUAN

Distribusi adalah proses penyampaian barang atau jasa dari produsen ke konsumen atau para pemakai, sewaktu dan dimana barang atau jasa tersebut diperlukan. Dalam melakukan proses distribusi biasanya ada beberapa hal yang dipertimbangkan seperti biaya, jarak, dan jumlah outlet yang akan dituju. Perusahaan biasanya akan berusaha sebisa mungkin agar dapat melakukan proses pendistribusian dengan optimal dan seefisien mungkin, karena dengan demikian perusahaan dapat meminimumkan biaya distribusi, jarak tempu maupun waktu yang diperlukan dalam melakukan proses distribusi.

Di Ambon, ada beberapa perusahaan distribusi salah satunya adalah PT. Paris Jaya Mandiri. Untuk wilayah Ambon pendistribusian meliputi kecamatan Sirimau dan kecamatan Nusaniwe. Jenis produk yang didistribusikan oleh perusahaan ini meliputi produk Nestle, Loreal, Jhonson Hygiene dan Unilever.

Pengantaran diklasifikasikan menjadi beberapa channel distribusi yaitu channel wholesaler, midwives, medical, hotel, self service combo, small store dan beberapa jenis channel lainnya. Untuk jenis produk Nestle sendiri terbagi atas beberapa

brand seperti Bear Brand, Nescaffe, Nestle, Dancow dll. Pendistribusian dalam setiap kendaraan hanya dapat dilaksanakan sebanyak satu kali yaitu dari depot ke setiap agen kemudian kembali lagi ke depot.

Perusahaan memiliki jumlah outlet yang tersebar di 39 titik di lokasi yang berbeda untuk channel small store produk Nestle. Proses pengantaran produk pada channel small store menggunakan 1 mobil tipe colt diesel dengan kapasitas 320 karton dan harus memenuhi permintaan dari 67 outlet tiap minggunya.

Dalam melakukan proses distribusi, perusahaan belumlah bisa menemukan cara yang pasti untuk meminimumkan total jarak tempuh untuk 67 outlet tersebut. Padahal jika total jarak tempuh diminimumkan maka proses distribusi produk tersebut dapat dilakukan dengan optimal dan efisien. Hal tersebut juga pastinya dapat meminimumkan biaya dan waktu dalam melakukan proses pendistribusian.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu adanya penentuan rute yang optimum untuk mencapai total jarak tempuh kendaraan yang minimum agar proses pendistribusian dapat dilakukan dengan efisien.

Permasalahan diatas lebih dikenal dengan nama *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang didefinisikan sebagai permasalahan mencari rute dengan ongkos optimal dari suatu depot ke pelanggan yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda (Bräysy, 2001). Permasalahan sejenis yang mirip dengan VRP adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP). VRP dapat dipandang sebagai perluasan dari TSP. Berbagai teknik baik optimal maupun aproksimasi telah dikembangkan untuk memecahkan kedua permasalahan ini. Hal yang membuat permasalahan ini sulit yaitu bahwa VRP dan TSP adalah *hard combinatorial problem* (Lawler et.al, 1983). Dengan demikian, penyelesaian VRP dengan NP-hard dilakukan dengan menggunakan pendekatan heuristic. Paillin dan Tupan (2018) menggunakan Teknik *Branch and Bound* dan *Cheapest Insertion* untuk pemecahan penentuan rute optimal distribusi produk nestle dikota ambon dengan cara membandingkan performansi solusi dari masing-masing teknik. Paillin dan Watimena (2015) menyelesaikan VRP menggunakan algoritma *sequential insertion* untuk mendapatkan rute optimum dalam pendistribusian bahan bakar minyak (BBM) pada kawasan timur Indonesia. Fradina dan Saptaningtyas (2017) membandingkan performansi dari *sweep algorithm* dan *genetic algorithm* dalam penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) untuk optimalisasi pendistribusian gula di Yogyakarta.

Banyak metode dan algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah VRP, dimana masing-masing algoritma memiliki kelebihan dan kekurangannya. Suatu algoritma memiliki hasil yang berbeda-beda, karena belum tentu suatu algoritma yang memiliki optimasi yang tinggi untuk suatu kasus memiliki optimasi yang tinggi pula untuk kasus yang lain (Paillin dan Tupan, 2018).

Berdasarkan masalah tersebut, penulis tertarik untuk membahas optimalisasi rute distribusi produk nestle dengan algoritma *Differential Evolution* (DE) sehingga distribusi produk dapat menjadi lebih efisien.

KAJIAN TEORI DAN METODE

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

VRP pertamakali dipelajari oleh Dantzig dan Ramser (1959) dalam bentuk rute dan penjadwalan tur. Clark dan Wright (1964) kemudian melanjutkan penelitian ini dengan memperkenalkan istilah depot sebagai tempat keberangkatan dan kembalinya kendaraan. Clarke dan Wright menggunakan *saving algorithm*, sejak saat itu penelitian VRP terus berkembang karena peran VRP

yang penting dalam distribusi dunia industri. VRP standar dapat dijelaskan sebagai berikut: terdapat sebuah depot dan beberapa pelanggan dengan lokasi dan permintaan diketahui. VRP bertujuan untuk menentukan beberapa rute yang meminimumkan fungsi tujuan dengan tetap memenuhi seluruh permintaan pelanggan. Sebuah rute mencakup urutan mengunjungi pelanggan dengan kendaraan yang berangkat dan berakhir ke depot. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan. Setiap rute ditunjukkan oleh satu kendaraan yang mengunjungi pelanggan sebanyak satu kali. Karena keterbatasan pada kapasitas kendaraan, VRP standar sering disebut juga sebagai *capacitated vehicle routing problem*.

Diketahui sebuah jaringan $G = (N, L)$ dimana N menunjukkan sekumpulan *node* $N = \{0, 1, \dots, 67\}$ dan $L = \{(i, j); i, j \in N, i \neq j\}$ menunjukkan himpunan *arc* (*link*). *Node* 0 menunjukkan depot dimana terdapat sejumlah NV kendaraan. Matriks jarak $D = d_{ij}$ didefinisikan pada L . jika $d_{ij} = d_{ji}$ untuk semua (i, j) maka permasalahan dapat dikatakan simetri dan *arc* merepresentasikan busur yang tidak berarah (*undirected arcs / edge*). Permintaan pelanggan i dinyatakan dengan q_i dan jumlah permintaan pelanggan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan Q^k . Tujuan dari VRP dasar ini adalah penentuan rute NV kendaraan yang memberikan total jarak tempuh minimal.

Berikut adalah formulasi model matematik CVRP dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Minimasi } \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

Dengan batasan

$$\sum_i x_{ij}^k = 1, \text{ untuk semua } j \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ip}^k - \sum_j x_{pj}^k = 0, \text{ untuk semua } p, k \quad (3)$$

$$\sum_i q_i - \left(\sum_j x_{ij}^k \right) \leq Q^k, \text{ untuk semua } k \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{oj}^k \leq 1, \text{ untuk semua } k \quad (5)$$

$$y_i - y_j + n \sum_{k=1}^{NV} x_{oj}^k \leq n - 1, \quad i \neq j, \quad i \neq 0, \quad j \neq 0 \quad (6)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \text{ untuk semua } i, j \text{ dan } k \quad (7)$$

$$y_i, \text{ arbitrary} \quad (8)$$

Fungsi tujuan yang meminimasi total jarak ditunjukkan pada persamaan (1). Pembatas (2) menjamin bahwa setiap node hanya dilalui oleh satu kendaraan. Pembatas (3) menjamin bahwa kendaraan yang meninggalkan node i telah melayani node i tersebut. Pembatas kapasitas kendaraan dinyatakan dengan pertidaksamaan (4). Pembatas (5)

menjamin bahwa kendaraan yang ditugaskan tidak melebihi NV kendaraan. Pembatas (6) berperan sebagai eliminasi subtur sehingga rute kendaraan selalu dimulai dari depot dan berakhir di depot.

Differential Evolution

Differential Evolution (DE) adalah salah satu metaheuristik yang pemakaiannya cukup luas dalam bidang rekayasa (Santosa dan Jin Ai, 2017) DE termasuk metode pencarian stokhastik dan berdasarkan populasi. DE mempunyai kesamaan dengan evolutionary algorithms (EA) yang lain, tetapi berbeda dalam hal informasi jarak dan arah dari populasi yang sekarang digunakan untuk memandu proses pencarian solusi yang lebih baik. Seperti halnya semua keluarga Evolutionary Algorithm (EA), DE juga didasarkan pada pembangkitan populasi titik-titik untuk mencapai minimum suatu fungsi. DE agak berbeda dengan algoritma EA dalam hal:

- Mutasi diterapkan dulu untuk membangkitkan vector percobaan (trial vector), yang kemusian akan digunakan dalam proses crossover untuk menghasilkan satu turunan (offspring)
- Step size dalam mutasi tidak disampel dari distribusi populasi yang sudah diketahui.

Dalam DE, step size dalam mutase dipengaruhi oleh perbedaan diantara individu dalam populasi sekarang. Titik-titik ini akan disampling secara random sebagai titik awal. Kemudian perlu dilakukan pembatasan nilai-nilai (batas atas maupun batas bawah) dimana kira-kira nilai variable yang dicari akan berada. Pembangkitan populasi awal tentu saja harus memperhatikan batas bawah dan batas atas ini. Setiap vector (dari titik-titik dalam populasi) diberi indeks untuk menandai posisinya. DE membangkitkan titik baru berdasarkan titik yang ada dan selisih antara dua titik dalam populasi. Ini berbeda dengan metoda direct search seperti Nelder Mead yang membangkitkan titik baru dengan cara refleksi atau melakukan sampling dari suatu distribusi tertentu seperti dalam ES.

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam DE.

1. Inisialisasi

Sebelum dilakukan inisialisasi vector variable yang dicari, perlu dilakukan penentuan batas atas (ub) dan batas bawah (lb). Batas bawah dan batas atas akan digunakan sebagai langkah awal pembangkitan nilai variable yang dicari. Untuk pembangkitan nilai awal variable generasi ke 0, variable ke j dan vector i bias diwakili dengan notasi berikut

$$x_{j,i,0} = lb_j + r_i \cdot nd_j \cdot (1)(u_j - lb_j) \quad (9)$$

Bilangan random dibangkitkan dengan fungsi rand, dimana bilangan yang dihasilkan terletak antara (0, 1). Indeks j menunjukkan variable ke j .

Dalam kasus minimasi fungsi dengan 2 variabel, maka j akan bernilai 1 dan 2. Penentuan batas atas dan batas bawah sangat tergantung pada masalahnya dan pertimbangan user. Jika nilai yang dicari sulit ditentukan posisinya maka rentang batas atas dan batas bawah bias dibuat lebih lebar.

2. Mutasi

Setelah diinisialisasi, DE akan memutasi dan mengkombinasi populasi awal untuk menghasilkan populasi dengan ukuran N vector percobaan. Dalam DE, mutase dilakukan dengan cara menambahkan perbedaan dua vector terhadap vector ketiga dengan cara

$$v_{i,g} = x_{r0,g} + f(x_{r1,g} - x_{r2,g}) \quad (10)$$

Kita lihat bahwa perbedaan dua vector yang dipilih secara random perlu diskala dulu sebelum ditambahkan ke vector ketiga, $x_{r0,g}$. Faktor skala $F \in (0,1+)$ bernilai riil positif untuk mengendalikan tingkat pertumbuhan populasi. Biasanya, walaupun nilai F berupa bilangan riil positif berapapun, menurut pengalaman nilai (0,1) menghasilkan kinerja yang bagus. Indeks vector basis, $r0$, dapat ditentukan dengan berbagai cara. Tetapi di sini digunakan cara random yang berbeda dengan indeks untuk vector target, i . Selain berbeda satu sama lain dan berbeda dengan indeks untuk vector basis dan vector target, indeks vector selisih $r1$ dan $r2$, juga dipilih sekali permutan.

3. Crossover

Crossover yang dimaksud di sini berbeda dengan crossover dalam Genetic Algorithm. Pada tahap ini DE menyilangkan setiap vector, $x_{i,g}$, dengan mutan, $v_{i,g}$, untuk membentuk vector hasil persilangan, $u_{i,g}$ dengan formula.

$$u_{i,g} = v_{i,g} = \begin{cases} v_{j,i,g}, & \text{jika } r \leq C \\ x_{j,i,g}, & \text{lain} \end{cases} \quad (11)$$

Probabilitas crossover, $Cr \in (0,1)$ adalah nilai yang didefinisikan untuk mengendalikan fraksi nilai variable yang disalin dari mutan.

4. Seleksi

Seleksi di sini adalah seleksi antara dua vector. Jika trial vector, $u_{i,g}$, mempunyai nilai fungsi tujuan yang lebih kecil dari fungsi tujuan vektor targetnya, $x_{i,g}$, maka $u_{i,g}$ akan menggantikan posisi $x_{i,g}$ dalam populasi pada generasi berikutnya. Jika terjadi sebaliknya, vector target akan tetap pada posisinya dalam populasi.

Berikut ini adalah Pseudocode dari algoritma DE

Input: $N, D, tmax, LB, UB, Cr$

Output: Nilai $x, f(x)$

foreach $I = 1: N$ **do**

$x(i) = LB + rand(UB-LB)$

Hitung nilai fungsi tujuan $f(x_i)$

end

```

while  $t < t_{max}$  do
  Foreach  $i = 1:N$  do
     $r_0 = rand, r_1 = rand$ 
    if  $r_0 = i$  &  $r_2 = r_1 = r_0$  then
      break;
    else
       $i = x_{r_0} + F(x_{r_1} - x_{r_2})$ 
    end
    if  $v_i < LB$  then
       $v_i = LB$ 
    end
    if  $v_i > UB$  then
       $v_i = UB$ 
    end
    if  $rand < Cr$  then
       $u_i = v_i$ 
    else
       $u_i = x_i$ 
    end
    if  $f(v_i) < f(x_i)$  then
       $x_i = v_i$ 
    else
       $x_i = x_i$ 
    end
  end
end
end

```

Alur Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang akan dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada deskripsi berikut ini:

1. Observasi dilakukan untuk melihat keadaan nyata di perusahaan.
2. Identifikasi masalah dan tujuan. Langkah ini dilakukan agar peneliti lebih memahami masalah yang terjadi secara lebih spesifik dan mampu menetapkan tujuan yang akan dicapai untuk mencari solusi dari permasalahan yang terjadi.
3. Pengumpulan data. Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan variabel – variabel yang dibutuhkan dalam penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah penentuan rute distribusi dan variabel bebas adalah lokasi dan permintaan outlet, data jarak tempuh, dan data waktu tempuh.
4. Pembahasan CVRP dalam VRP. Pada bagian ini dijelaskan tentang pengolahan data pencarian rute secara manual, yang dimaksudkan untuk memberikan pemahaman lebih lanjut tentang CVRP yang digunakan. Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan bantuan software.
5. Pengolahan Rute Perusahaan. Bagian ini membahas tentang rancangan baru rute perusahaan yang telah diolah dengan CVRP menggunakan bantuan software.
6. Pemeriksaan hasil jarak tempuh sebelum dan sesudah pengolahan dengan VRP.

7. Analisa perbandingan hasil. Bagian ini memberikan penjelasan terkait dengan perbandingan rute awal dan rute baru perusahaan yang memberikan rincian penghematan jarak dan waktu tempuh yang diperoleh dari hasil olahan data. Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan apakah jarak yang dirancang lebih minimum dari jarak menggunakan metode TSP.
8. Kesimpulan dan saran. Bagian ini dimaksudkan untuk menjawab tujuan penelitian dengan memberikan solusi masalah distribusi bagi perusahaan yaitu merancang rute baru dengan jarak dan waktu tempuh minimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Sistem Distribusi Produk Nestle di Daerah Ambon

Kegiatan distribusi produk Nestle yang dilakukan oleh PT. Paris Jaya Mandiri mencakup 2 wilayah yang ada di Kepulauan Ambon yaitu wilayah kecamatan Sirimau dan kecamatan Nusaniwe. Cakupan wilayah kecamatan Sirimau dimulai dari Galala – Air Mata Cina dan cakupan wilayah kecamatan Nusaniwe dimulai dari Waihaong – Seri. Berikut merupakan gambaran wilayah distribusi produk Nestle di pulau Ambon.



Gambar 1. Peta Umum Sebaran Outlet di Pulau Ambon

Data Lokasi dan Permintaan Outlet

Berikut merupakan daftar lokasi dari kode customer (KC) dan demand (D) dari outlet yang akan dikunjungi. KC (PJM) PT. Paris Jaya Mandiri

Tabel 1. Lokasi dan Jumlah Permintaan Outlet PT. Paris Jaya Mandiri Ambon

KC	Nama Outlet	Alamat	D(krt)/minggu	KC	Nama Outlet	Alamat	D(krt)/minggu
C1	Cahaya Fatan	Pertokoan Batu Merah	16	C35	Anda	Jl. Ahmad Yani	13
C2	Al - Bagir	Pertokoan Batu Merah	18	C36	Sarya Indah Toko	Batu Gajah	9
C3	Mas Sri	Pertokoan Batu Merah	30	C37	Prison	Batu Meja	22
C4	Nuryanti	Pertokoan Batu Merah	14	C38	Biasa Toko	Jl. Setia Budi	8
C5	Bitar	Pertokoan Batu Merah	31	C39	Berkah	Trikoru	9
C6	Mama Toko	Galala	26	C40	Mahkota Jaya Abadi Toko	Diponegoro (Kel. Alusen)	15
C7	Kios Julais	Galala	9	C41	Amugrah Toko	Dekat Hotel Pasifik	5
C8	Herley	Tantui	18	C42	The Indah Toko	A. Y. Patty	50
C9	Fandi	Mardika	10	C43	Ci Nona	Yos Soedarmo	50
C10	Melissa 2	Mardika	36	C44	Sovia Toko	Pala	15
C11	Ko Han	Mardika	50	C45	Andi Kios	Air Mata Cina	8
C12	Adin	Mardika	18	C46	Lily Toko	A.Y.Patty	22
C13	Akbar	Mardika	12	C47	Kios Anes	Depan Pasar Tagalaya	15
C14	Om Mon	Belikang Soya	42	C48	Campaka Toko	Dr. Kayadoe	10
C15	Liana	Tumbuh Tinggi	15	C49	Safari Toko	Dr. Kayadoe	17
C16	Meter Toko	D. L. Panjaitan	7	C50	Empi Toko	Dr. Kayadoe	20
C17	Toko Mitra	Jl. Pantai Mardika	16	C51	Darren	Dr. Kayadoe	39
C18	Optima	Jl. Pantai Mardika	10	C52	Kios Ema	Dr. Kayadoe	13
C19	Fata Rahmat	Jl. Pantai Mardika	13	C53	Damat Saparna Toko	Dr. Kayadoe	14
C20	Toko Ivan	Jl. Pantai Mardika	25	C54	Spout Toko	Dr. Kayadoe	21
C21	Tempa	Jl. Pantai Mardika	19	C55	Mikael Toko	Gadang Arang	11
C22	Teki Toko	Karpan	15	C56	Amnyong Toko	Kusu - Kusu	11
C23	Harmoni	Wana	6	C57	Suar Mula Toko	Beiteng	19
C24	Kios 2 Putri	Kebun Cengkeh	4	C58	Bensteng Indah Toko	Beiteng	11
C25	Balvis Kios	BTN Kanawa	11	C59	Jaya Abadi Toko	Beiteng	18
C26	Haikal	Kebun Cengkeh	11	C60	Natsepa Kios	Amahusu	6
C27	Mas No	Skip	12	C61	Linda Toko	OSM	7
C28	Optima	Jl. Rijali No. 40	10	C62	Beringin Baru	Jl. Nn Saar Sopacua	12
C29	Aping Toko	Batu Meja	8	C63	Kace Toko	Wainitu	8
C30	Sakura Toko	Bere - Bere	14	C64	Baru Toko	Talake	7
C31	Bion Coa	Bere - Bere	12	C65	Aliang Toko	Talake	26
C32	Rajeki Toko	Bere - Bere	12	C66	Olive	Waluhang	14
C33	Alan	Kayu Putih	18	C67	Umar Toko	Il. Sultan Babulah	20
C34	Jerry Cell	Jl. Ahmad Yani	8				

dan waktu tempuh. Sedangkan untuk waktu total (Wt) didapat dari jumlah waktu tempuh dengan waktu bongkar muat barang pada setiap outlet.

Tabel 2. Hasil Data Reguler

Rute	Destinasi Outlet	Total		
		Tempo (Krt)	Waktu (Menit)	Total Waktu (Menit)
1	P1M - C1 - C2 - C3 - C4 - C5 - C6 - C7 - C8 - P1M	8	12.02	48.02
2	P1M - C9 - C10 - C11 - C12 - C13 - C14 - C15 - C16 - C17	7.78	10.91	46.16
3	P1M - C18 - C19 - C20 - C21 - C22 - C23 - C24 - C25 - C26 - C27 - C28 - C29 - C30 - C31	13.15	15.69	28.84
4	P1M - C32 - C33 - C34 - C35 - C36 - C37 - C38	10.55	20.31	50.52
5	P1M - C39 - C40 - C41 - C42 - C43 - P1M	9.81	18.6	53.11
6	P1M - C44 - C45 - C46 - C47 - C48 - C49 - C50 - C51 - C52 - C53 - C54 - C55 - C56 - C57 - C58 - C59 - C60 - C61 - C62 - C63 - C64 - C65 - C66 - C67 - C68 - C69 - C70 - C71 - C72 - C73 - C74 - C75 - C76 - C77 - C78 - C79 - C80 - C81 - C82 - C83 - C84 - C85 - C86 - C87 - C88 - C89 - C90 - C91 - C92 - C93 - C94 - C95 - C96 - C97 - C98 - C99 - C100 - P1M	21.92	34.39	56.31

Hasil dan Analisa *Algorithm Differential Evolution* Dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Nestle Pada PT. Paris Jaya Mandiri.

Vehicle Routing Problem (VRP) yang dikenal dengan permasalahan rute kendaraan. *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan permasalahan optimasi penentuan rute dengan keterbatasan kapasitas kendaraan. Pada permasalahan ini, ada sebuah depot awal dan sejumlah n tempat untuk dikunjungi dengan permintaan yang dapat berbeda-beda. Kendaraan diharapkan untuk mengunjungi tempat permintaan dan memenuhinya dari depot.

Algoritma ini bertujuan untuk membantu para pengambil keputusan dalam merancang rute kendaraan yang efisien. Selain itu, algoritma ini dapat digunakan oleh para peneliti maupun mahasiswa sebagai salah satu perbandingan metode penyelesaian VRP yakni CVRP. Berikut merupakan hasil olahan rute distribusi dengan menggunakan *Algorithm Differential Evolution*.

Data Jarak Tempuh

Data jarak tempuh adalah data jarak dari depot PT. Paris Jaya Mandiri menuju sejumlah outlet yang dituju dan juga jarak antaroutlet. Perhitungan jarak diperoleh dengan rumus *Euclidean* $d_{(ij)} = \sqrt{(xi - xj)^2 + (yi - yj)^2}$ dengan titik x dan y merupakan titik latitude dan longitude outlet yang diperoleh melalui *google maps*.

Waktu Tempuh

Waktu tempuh merupakan waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan dalam proses pendistribusian barang. Kecepatan kendaraan yang digunakan adalah 40km/jam. Rumus perhitungan waktu tempuh sebagai berikut:

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

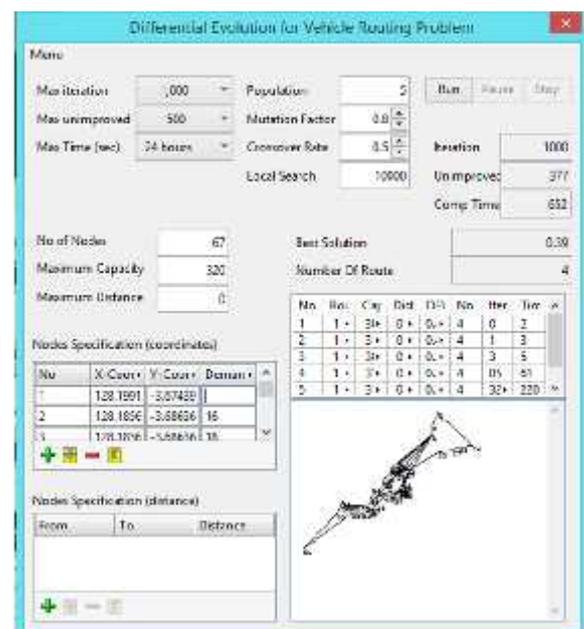
Keterangan: d_{ij} : Jarak tempuh (km)

v : Kecepatan kendaraan (km/jam)

Untuk melakukan kegiatan pengangkutan dan bongkar muat barang tersebut dibutuhkan waktu 0.15 menit tiap kartonnya sehingga perhitungan waktu total dapat diperoleh dengan menjumlahkan waktu tempuh dengan waktu bongkar muat tiap karton pada masing – masing outlet (Waktu tempuh total)

Rute Reguler/ Rute Awal PT. Paris Jaya Mandiri

Rute awal perusahaan merupakan rute yang biasanya dilalui oleh petugas distribusi. Untuk pengolahan jarak pada rute tersebut dilakukan berdasarkan rute perusahaan yang telah ada dimulai dari gudang menuju outlet pertama, dan dilanjutkan ke outlet berikutnya sampai ke outlet yang terakhir sesuai dengan urutan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Saat ini perusahaan memiliki 6 rute distribusi yang biasanya dilalui oleh petugas distribusi. Hasil pengolahan data rute reguler perusahaan diperoleh dengan menjumlahkan jarak tempuh dan menjumlahkan waktu tempuh yang dialui oleh petugas distribusi berdasarkan data jarak



Gambar 2. Pengolahan Data Menggunakan Algoritma DE

Secara ringkas hasil alternative terbaik yang didapat menggunakan *Algorithm Differential Evolution* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data Dalam Keadaan Normal *Differential Evolution*

Rute	Destinasi Outlet	Jumlah		
		Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Total Waktu (Menit)
1	PJM-C2-C3-C5-C13-C14-C12-C11-C42-C29-C31-C35-C36-C38-C31-C32-C33-C28-C25-PJM	9.91	14.81	37.24
2	PJM-C22-C19-C21-C19-C10-C34-C38-C37-C38-C43-C47-C44-C45-C20-C18-C10-PJM	12.66	17.98	38.99
3	PJM-C17-C64-C57-C62-C63-C58-C56-C59-C49-C51-C52-C53-C54-C55-C57-C58-C59-C60-C61-C62-C63-C64-C65-C66-C67-PJM	24.74	37.11	49.48
4	PJM-C4-C6-C15-C25-C27-C26-C24-C7-C8-C9-PJM	9.5	14.25	21.59



Gambar 3. Grafik Perbandingan Total Jarak Tempuh dan Total Waktu

Analisa Perbandingan Rute Awal dengan Hasil Perhitungan Rute Menggunakan , Algoritma DE dan Metode *Traveling Salesman Problem*

Untuk memperoleh jarak tempuh yang paling optimal bagi perusahaan, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution*. Berikut merupakan perbandingan hasil jarak tempuh dari rute awal, Algoritma DE dan Metode *Traveling Salesman Problem* yang diteliti sebelumnya oleh Paillin dan Tupan (2018)

Tabel 4. Perbandingan Rute Awal dengan Hasil Algoritma DE

Rute	Destinasi Outlet	Total			
		Jarak (Km)	Waktu	Total Waktu	
Rute Awal	1	PJM-C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-PJM	8	12.02	39.02
	2	PJM-C9-C10-C11-C12-C13-C16-C17-C18-C19-C20-C21-PJM	7.28	10.91	46.16
	3	PJM-C22-C23-C24-C25-C26-PJM	12.19	13.09	28.33
	4	PJM-C14-C27-C28-C15-C29-C30-C31-C32-C33-C34-C35-C36-C37-C38-C39-C40-C41-PJM	10.55	20.31	50.59
	5	PJM-C42-C46-C48-C43-C44-PJM	9.81	16.6	33.31
	6	PJM-C45-C56-C47-C48-C49-C50-C51-C52-C53-C54-C55-C57-C58-C59-C60-C61-C62-C63-C64-C65-C66-C67-PJM	22.93	34.39	87.1
	Total	70.76	107.32	284.51	
Algoritma DE	1	PJM-C2-C3-C5-C13-C14-C12-C11-C42-C29-C31-C35-C36-C38-C34-C32-C33-C28-C23-PJM	9.93	14.81	37.24
	2	PJM-C22-C19-C21-C19-C10-C34-C38-C37-C38-C43-C47-C44-C45-C20-C18-C10-PJM	12.66	17.98	38.99
	3	PJM-C17-C64-C57-C62-C63-C58-C56-C59-C60-C61-C55-C54-C49-C52-C53-C51-C50-C48-C46-C41-C37-C30-C16-PJM	24.74	37.11	49.48
	4	PJM-C4-C6-C15-C25-C27-C26-C24-C7-C8-C9-PJM	9.5	14.25	21.59
	Total	56.83	84.15	147.3	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jarak antara rute awal perusahaan di bandingkan dengan rute hasil algoritma DE. Algoritma DE memberikan hasil terbaik yaitu menghasilkan 4 rute dengan total jarak 56.83 km dan total waktu sebesar 147 menit. Untuk lebih memperjelas hasil perbandingan yang diperoleh dari rute awal dengan algoritma DE maka dapat dilihat pada gambar grafik jarak berikut ini.

Sesuai dengan grafik tersebut hasil olahan data dengan algoritma DE memberikan hasil jarak yang paling minimum dan total waktu yang paling minimum, dimana algoritma ini mengalami pengurangan jarak tempuh yang lebih hemat dari rute awal yaitu selisih 13.93 Km dari jarak rute awal. Telah diketahui sebelumnya bahwa jarak mempengaruhi waktu sehingga berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa selisih waktu tempuh yang diperoleh adalah sebesar 137.21 menit dari rute awal .

Untuk lebih memrperjelas penghematan solusi yang diperoleh maka dilakukan perhitungan persentase penghematan jarak, waktu, dan total waktu yang diperoleh setelah diolah. Hasil perhitungan persentase ini diperoleh dengan cara mengurangi jarak regular dengan jarak metode yang digunakan kemudian dibagi dengan jarak regular dan dikalikan dengan 100%.

Tabel.5. Persentase Penghematan Hasil Algoritma DE dengan TSP (B&B) terhadap Rute Regular Perusahaan

Metode	Penghematan Jarak	Penghematan Total Waktu
<i>Algorithm Differential Evolution</i>	19.68%	48.22%
<i>Traveling Salesman Problem (B&B)</i>	17.96%	5.25%

Jika dibandingkan dengan rute regular/awal perusahaan dapat dilihat bahwa hasil perhitungan persentase penghematan lagoritma DE dan metode TSP tersebut sama – sama memberikan solusi optimal terhadap rute tempuh perusahaan. Tetapi hasil persentase penghematan terbesar adalah dengan penggunaan algoritma DE yang memiliki output efisiensi rute tempuh baik dari segi jarak sebesar 19.68%, dan waktu total 48.22%. Persentase penghematan ini juga menunjukkan terjadi penghematan jarak sebesar 13.93 Km dengan penghematan total waktu tempuh selama 137.21 menit dari rute awal perusahaan.

Analisis Sensitivitas Demand Pelanggan Naik 25% dan 50%

Analisis sensitivitas ini berpengaruh jika konsumen produk nestle menjadi lebih banyak

sehingga permintaan untuk produk nestle semakin meningkat. Berikut ini adalah hasil olahan data jika demand pelanggan mengalami kenaikan sebesar 25% dan 50%:

Tabel 6. Hasil Pengolahan Data dalam Keadaan Permintaan Naik 25% Differential Evolution

Rute	Destinasi Outlet	Jumlah		
		Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Total Waktu (Menit)
1	1-10-3-14-13-67-02-63-38-39-39-60-61-55-54-65-65-40-15-1	17,05	32,95	50,00
2	1-38-21-28-1	6,25	9,75	16,00
3	1-35-22-34-37-41-46-48-30-31-33-32-49-57-64-88-45-17-1	12,64	22,36	35,00
4	1-2-3-4-6-32-16-31-11-40-15-37-1	9,2	15,8	25,00
5	1-12-18-20-44-45-71-39-35-30-30-29-35-1	10,15	14,35	24,50
6	1-9-8-7-24-26-27-1	5,01	8,42	13,43

Tabel 7. Hasil Pengolahan Data dalam Keadaan Permintaan Naik 50% Differential Evolution

Rute	Destinasi Outlet	Jumlah		
		Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Total Waktu (Menit)
1	1-40-67-57-45-35-40-61-60-38-49-55-54-49-66-68-1	24,18	35,23	59,41
2	1-16-28-34-38-20-14-13-14-14-1	8,06	12,15	20,21
3	1-22-21-31-65-61-31-53-52-50-38-1	11,53	16,08	27,61
4	1-34-17-39-40-41-35-36-37-33-37-41-46-40-39-18-11-13-1	10,13	15,2	25,33
5	1-15-47-43-45-12-3-2-1	8,7	12,01	20,71
6	1-25-27-26-24-6-8-7-1	6,57	9,86	16,43

Perubahan tingkat permintaan dapat mempengaruhi jumlah rute distribusi. Dalam keadaan permintaan normal terdapat 4 rute distribusi, saat permintaan naik 25% terdapat 6 rute distribusi, dan saat permintaan naik 50% terdapat 6 rute distribusi. Jadi, semakin banyak permintaan maka kemungkinan rute distribusi akan semakin bertambah. Selain jumlah rute distribusi juga dapat mempengaruhi jarak tempuh, waktu, dan total waktu yakni semakin meningkat

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil membandingkan pengolahan data menggunakan metode Branch and Bound dan hasil pengolahan dengan Algorithm Differential Evolution didapatkan hasil rute minimum adalah dengan menggunakan Algorithm Differential yaitu rute 1: PJM-C2-C3-C5-C13-C14-C12-C11-C42-C29-C31-C35-C36-C38-C34-C32-C33-C28-C23-PJM; rute 2: PJM-C22-C19-C21-C39-C40-C65-C66-C67-C68-C43-C47-C44-C45-C20-C18-C10-PJM; rute 3: PJM-C17-C64-C57-C62-C63-C58-C56-C59-C60-C61-C55-C54-C49-C52-C53-C51-C50-C48-C46-C41-C37-C30-C16-PJM; rute 4: PJM-C4-C6-C15-C25-C27-C26-C24-C7-C8-C9-PJM.
2. Algoritma DE memberikan hasil terbaik yaitu menghasilkan 4 rute dengan total jarak 56.83 km dan total waktu sebesar 147 menit.

3. Jika dibandingkan dengan rute regular/awal perusahaan dapat dilihat bahwa hasil perhitungan persentase penghematan algoritma DE dan metode TSP tersebut sama – sama memberikan solusi optimal terhadap rute tempuh perusahaan. Tetapi hasil persentase penghematan terbesar adalah dengan penggunaan algoritma DE yang memiliki output efisiensi rute tempuh baik dari segi jarak sebesar 19.68%, dan waktu total 48.22%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowersox, D.J (2002). *Logistical Management*, Macmillan Publishing coInc
- Bräysy, O. (2001). *Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows*, Department of Mathematics and Statistics, University of Vaasa, Finlandia.
- Clark. G and Wright. J.W, (1964). *Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points*, Operation Research, Vol 12, pp 568-581.
- Dantzig, G. B. and Ramser, J.(1959), *The Truck Dispatching Problem*, Management Science, Vol 6, No1, pp. 80-91.
- Fradina. S.E dan Saptaningtyas. F. Y, (2017). Penerapan Algoritma Sweep dan Algoritma Genetika pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) untuk Optimasi Pendistribusian Gula, Jurnal Matematika, Vol 6, No 2, pp 63-65.
- Lawler.E.L, Lenstra.J.K, Rinooy Kan.A.H.G, and Shimoys.D.B (1983). *The Traveling Salesman Problem (a Guided Tour of Combinatorial Optimization)*, Jhon Wiley&Sons, Chichester.
- Paillin. D.B dan Tupan. J.M (2018). Pemecahan Traveling Salesman Problem Menggunakan Teknik Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri–Ambon). *Prosiding Seminar dan Konfrensi Nasional IDEC*. 110-120. (Surakarta, 7-8 Mei 2018).
- Paillin, D. B. dan Wattimena, E.(2015). Penerapan Algoritma Sequential Insertion dalam Pendistribusian BBM di Kawasan Timur Indonesia (Studi Kasus pada PT Pertamina UPMS VIII Terminal Transit Wayame-Ambon), *ARIKA*, Vol 9, No 1 pp. 53-62.
- Santosa. B dan The Jin Ai, (2017). Pengantar Metaheuristik (Implementasi dengan Matlab), ITS Tekno Sains, Surabaya
- Sosebeko, Filinda. (2017). Penentuan Rute Optimal Distribusi Produk Nestle dengan Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (TSP). Ambon: Jurnal Teknik Industri