

Usulan Perbaikan Pada Permasalahan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Rute Optimum (Studi Kasus: PT Kaha Indonesia Pati)

Arina Nur Laili¹, Nurwidiana, S.T., M.T.², Ir. Irwan Sukendar, S.T., M.T., IPM.³

¹ Mahasiswa jurusan teknik industri universitas islam sultan agung

^{2,3} Dosen jurusan teknik industri universitas islam sultan agung

Email: arinanurlaili@std.unissula.ac.id

Abstrak – PT Kaha Indonesia merupakan perusahaan yang memproduksi produk-produk agroindustri dan bahan bangunan. Selain itu, perusahaan juga melakukan distribusi ke 41 titik pelanggan. Pada saat ini, pertimbangan pengiriman dalam rute distribusi yang dilakukan hanya berdasarkan keterbatasan kapasitas, volume barang yang diangkut, dan berdasarkan intuisi driver tanpa mempertimbangkan jarak tempuh sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan belum minimal. Selain itu, waktu pendistribusian barang yang harus disesuaikan dengan jam buka pelanggan (*time windows*) yang dimulai dari pukul 08.00-16.00 WIB pada setiap hari kerja. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan terkait permasalahan yang melibatkan rute kendaraan yang melayani pelanggan yang tersebar diberbagai titik lokasi dengan permintaan yang berbeda-beda atau biasa disebut dengan *vehicle routing problem (VRP)* dengan tujuan memberikan usulan perbaikan jalur distribusi yang optimal untuk mengurangi biaya transportasi serta meningkatkan efisiensi pengiriman produk. Data yang dibutuhkan terkait data jarak, permintaan, kapasitas armada dan biaya distribusi yang berupa biaya bahan bakar. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan penentuan rute baru menghasilkan penerunan jarak tempuh sebesar 17,21%, penurunan waktu distribusi sebesar 50% dan penurunan biaya distribusi sebesar 17,21%.

Kata kunci: Distribusi, PT Kaha Indonesia, *time windows*, *vehicle routing problem*

Abstract – PT Kaha Indonesia is one of the companies that produce agroindustry product and building materials. In addition to production activities, the company also distributes the products the customers. The distribution area for agroindustry products has been reached 41 spots. The process of the shipping that carried out by the company is based on the time of ordering that finished by customers and the large of the customer's demand. Beside of that, the distribution's items that did by the company should also be adjusted to the time windows that beginning from 08.00-16.00 each of workday. Based on it is descriptions, therefore improvement is needed related to the routes that spread to various places which have different amount in demand or also known as *vehicle routing problem (VRP)* in order to give a proposed improvement on the distribution channels to reduce transportation costs and improve product shipping efficiency at PT Kaha Indonesia. The required data that include includes mileage, demand, transporter capacity, and distribution cost (fuel). According to the data processed by the new routes, it reduced the mileage and cost distribution by 17,21% and also saved up to 50% of distribution time.

Key words: Distribution, PT Kaha Indonesia, *time windows*, *vehicle routing problem*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT Kaha Indonesia merupakan perusahaan yang memproduksi produk-produk agroindustri dan bahan bangunan. Selain kegiatan produksi, perusahaan juga melakukan kegiatan usaha berupa distribusi produk. Wilayah distribusi untuk hasil agroindustri PT Kaha Indonesia, hingga saat ini yaitu 41 titik pelanggan (agen) yang meliputi kabupaten Pati, Rembang, Jepara, Purwodadi, Tuban dan Blora.

Pada saat ini, pertimbangan pengiriman dalam rute distribusi yang dilakukan oleh PT Kaha Indonesia hanya berdasarkan keterbatasan kapasitas, volume barang yang diangkut, dan berdasarkan intuisi *driver* tanpa mempertimbangkan jarak tempuh. Sehingga, belum diketahui apakah biaya distribusi yang berupa biaya bahan bakar yang dikeluarkan saat ini sudah minimal atau belum. Karena biaya tersebut, terkait dengan jarak tempuh yang digunakan. Proses pengiriman yang dilakukan oleh perusahaan berdasarkan pada waktu pemesanan yang dilakukan oleh pelanggan dan besar permintaan pelanggan. Karena jumlah permintaan yang berbeda, ada kalanya truk yang dimiliki perusahaan sebesar 4 armada dengan kapasitas masing-masing 8ton (8000 kg) tidak mencukupi atau tidak digunakan secara penuh. Jumlah permintaan yang berbeda juga berpengaruh terhadap waktu *loading-unloading* barang. Akibatnya, perusahaan masih menemui kesulitan dalam waktu pengiriman barang ke pelanggan. Selain itu,

waktu pendistribusian barang yang dilakukan oleh perusahaan juga harus disesuaikan dengan jam buka pelanggan (*time windows*) yang dimulai dari pukul 08.00-16.00 WIB pada setiap hari kerja.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan terkait permasalahan yang melibatkan rute kendaraan yang melayani pelanggan yang tersebar diberbagai titik lokasi dengan permintaan yang berbeda-beda atau biasa disebut dengan *vehicle routing problem* (VRP). Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian terkait permasalahan tersebut dengan membuat usulan rute distribusi yang optimal untuk mengurangi biaya transportasi serta meningkatkan efisiensi pengiriman barang pada wilayah distribusi PT Kaha Indonesia.

Rumusan Masalah

Menentukan jalur distribusi yang optimal berdasarkan rute pendistribusian produk ke semua pelanggan supaya dapat meminimasi biaya bahan bakar, yang dimulai dari depot awal dan berakhir di depot awal pula.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan hanya berfokus pada area distribusi produk agroindustri PT Kaha Indonesia
2. *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang akan dijelaskan dan diselesaikan dalam penelitian ini adalah jenis *VRP Time Windows*
3. Data permintaan yang digunakan yaitu pada minggu ke tiga dan ke empat bulan Januari 2019
4. Kondisi kendaraan pada setiap armada dianggap sama untuk penggunaan bahan bakar dan kecepatan.
5. Penyimpangan yang terjadi di lapangan yang menyebabkan ketidakaturan, merupakan toleransi perusahaan.

Tujuan

Memberikan usulan perbaikan jalur distribusi yang optimal untuk mengurangi biaya transportasi serta meningkatkan efisiensi pengiriman produk pada PT Kaha Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

Tinjauan pustaka yang digunakan untuk penelitian ini yaitu terkait *vehicle routing problem* beserta jenis dan solusinya. Literatur tersebut digunakan sebagai bahan acuan untuk menetapkan hipotesis penelitian. Berdasarkan dari tinjauan yang digunakan, dapat dinyatakan bahwa penggunaan algoritma genetika dapat digunakan sebagai cara dalam menyelesaikan permasalahan vrp dengan baik.

a. Supply Chain Management

Supply chain management adalah hubungan timbal balik antara penyedia dan pelanggan untuk menyampaikan nilai-nilai yang sangat optimal kepada pelanggan dengan biaya yang cukup rendah namun memberikan keuntungan *supply chain* secara menyeluruh (Christopher, 2011).

b. Vehicle Routing Problem

Vehicle routing problem merupakan permasalahan mencari rute optimal yang digunakan oleh sekelompok kendaraan untuk melayani sekelompok pengguna yang letaknya tersebar dan memiliki jumlah permintaan yang berbeda-beda. Penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar batasan-batasan yang ditetapkan serta dapat meminimasi biaya transportasi (Toth & Vigo, 2002).

c. Algoritma Genetika

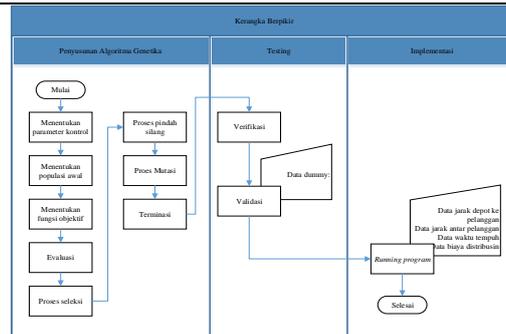
Algoritma merupakan kumpulan perintah yang dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dalam bidang matematika dan komputasi. Algoritma genetika pada prinsipnya menirukan teori evolusi dari Charles Darwin dalam memilih anggota populasi melalui seleksi alam. Istilah-istilah yang digunakan dalam algoritma genetika seperti kromosom, persilangan, mutasi, dan juga prosesnya yang menirukan evolusi berdasarkan seleksi alam menunjukkan bahwa algoritma genetika adalah salah satu bentuk algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari alam, sekaligus telah teruji efektivitasnya (Wibisono, 2018).

Berikut ini adalah penyusunan algoritma genetika: 1) Menentukan parameter kontrol 2) Membangkitkan populasi awal 3) Menentukan fungsi objektif 4) Tahap evaluasi 5) Seleksi 6) Pindah silang 7) Mutasi 8) Terminasi.

Hipotesa dan Kerangka Berpikir

Hipotesa berdasarkan penelitian sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

1. Permasalahan VRPTW merupakan kategori *NP-hard*, sehingga penyelesaian permasalahan dengan solusi eksak sangat tidak efisien. Sedangkan, apabila menggunakan metode heuristik bisa didapatkan hasil komputasi yang lebih cepat dengan konsekuensi mengurangi keakuratan hasil solusi.
2. Pengembangan dari metode heuristik adalah metode metaheuristik. Metode metaheuristik dianggap dapat menghasilkan solusi yang lebih optimal, karena pencarian solusi dapat keluar dari solusi yang sifatnya lokal optimal sehingga dapat dihasilkan solusi yang sifatnya global optimal.
3. Algoritma Genetika merupakan salah satu metode metaheuristik. Sehingga, metode ini lebih baik dalam penyelesaian permasalahan kompleks dan lebih efisien mengeksplorasi ruang keputusan.



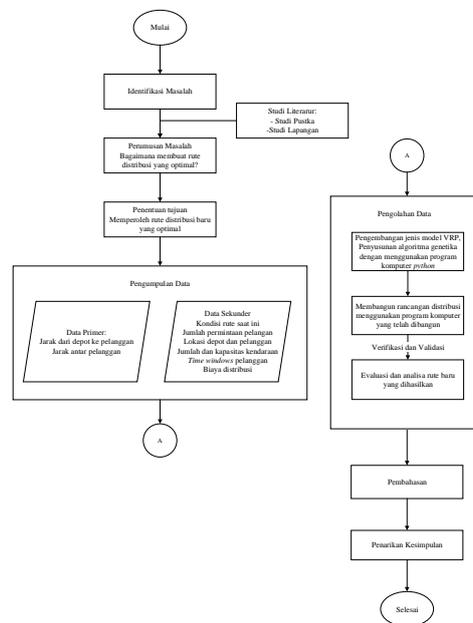
Gambar 1. Kerangka berpikir dalam penelitian

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Pengujian Hipotesa

Pengujian hipotesa pada penelitian ini yaitu mengidentifikasi apakah penggunaan metode algoritma genetika mampu memberikan solusi rute optimal dalam menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* yang meliputi optimalisasi jarak tempuh, waktu tempuh, utilitas kendaraan dan penghematan biaya.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada penelitian ini, dijelaskan dalam tahap-tahap berikut ini, yaitu:

A. Perhitungan Biaya Distribusi Saat Ini

Sistem distribusi yang dilakukan saat ini perlu dilakukan perhitungan biaya distribusi yang akan digunakan untuk dibandingkan dengan biaya distribusi yang dihasilkan setelah perbaikan.

Tabel 1. Data keadaan distribusi pada saat ini

No	Pelanggan	Tanggal	Hari ke	Kendaraan				Total Jarak	Total Waktu	Total Biaya
				1	2	3	4			
1	Bu Kus	14-Jan	1				[Bu Kus]	304		Rp 261.136,00
2	Pak Joko	14-Jan		[Pak Joko]					96	
3	Bu Yusmi	15-Jan	2				[Bu Yusmi]	298		Rp 255.982,00
4	Pak Darsono	15-Jan		[Pak Darsono]					274	
5	Rosi	15-Jan	3			[Rosi]		124		Rp 106.516,00
6	Makmur	15-Jan		[Makmur]					36	
7	Pak Hitanan	16-Jan	4	[Pak Hitanan]				316		Rp 271.444,00
8	Pak Hadi	16-Jan			[Pak Hadi]				92	
9	Pak Tiko	17-Jan	5				[Pak Tiko]	258		Rp 221.622,00
12	Bu Sugeng	17-Jan		[Bu Sugeng, Pak Dian]					3	
10	Pak Dian	17-Jan	6							Rp -
11	Bu Suwarno	17-Jan				[Bu Suwarno]			0	
13	Ngatono	18-Jan	7				[Ngatono, Pak Muslikin]	58		Rp 49.822,00
16	Pak Muslikin	18-Jan		[Pak Subandi]					0	
14	Pak Subandi	18-Jan	8					0		Rp -
15	Pak Yusuf	18-Jan		[Pak Yusuf]					0	
17	Pak Sumarlan	18-Jan	9				[Pak Sumarlan]	0		Rp -
18	Pak Ngarjo	19-Jan							32	
21	Gn Pantri	19-Jan	10				[Pak Ngarjo, Gn Pantri]			Rp -
19	Pak Bakri	19-Jan		[Pak Bakri]					0	
20	Bu Yun	19-Jan	11				[Bu Yun]	0		Rp -
22	Bu Sawi	21-Jan							14	
23	Pak Darso	21-Jan	12				[Pak Darso]	0		Rp -
24	Pak Sunoto	21-Jan		[Pak Sunoto]					0	
25	Pak Keman	22-Jan	13				[Pak Keman]	16		Rp 13.744,00
26	Pak Makmur	22-Jan						[Pak Makmur]	0	
27	Nurhidayat	23-Jan	14				[Nurhidayat]	18		Rp 15.462,00
28	Pak Tikwoyo	23-Jan						[Pak Tikwoyo]	0	
29	Ali Mahfid	24-Jan	15				[Ali Mahfid]	20		Rp 17.180,00
30	Pak Ngatono	24-Jan		[Pak Ngatono]					0	
31	M. Lilih	24-Jan	16				[M. Lilih]	0		Rp -
32	Bu Kemi	25-Jan						[Bu Kemi]	22	
33	Bu Harti	25-Jan	17				[Bu Harti, Pak Adji]	77		Rp 66.143,00
36	Pak Adji	25-Jan							56	
34	Pak Jumadi	25-Jan	18				[Pak Jumadi, Gn Hungkal]			Rp -
35	Gn Hungkal	25-Jan							74	
37	Hardi	26-Jan	19				[Hardi, Pak Pujiyanto]			Rp -
39	Pak Pujiyanto	26-Jan							0	
38	Pak Narto	26-Jan	20				[Pak Narto]			Rp -
40	Pak Samidi	26-Jan						[Pak Samidi, Pak Tono]	135	
41	Pak Tono	26-Jan	21							Rp -
TOTAL									2323	0

(Sumber: PT Kaha Indonesia)

Sebagai contoh, dilakukan pengiriman ke Bu Kus dan Pak Joko dengan total jarak perjalanan pada tanggal tersebut adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Total Jarak = (Jarak depot ke pelanggan) + (Jarak pelanggan ke depot)

Biaya bahan bakar/km= Rp859,00

Contoh kunjungan untuk satu titik pelanggan:

Total jarak = (Jarak depot ke pelanggan) + (Jarak pelanggan ke depot) = 152 km + 152 km = 304 km

Biaya Distribusi = (Jarak × Biaya bahan bakar/km) = (304 km × Rp859,00) = Rp261,161,00

Selanjutnya dilakukan cara yang sama untuk setiap pelanggan.

B. Perancangan Rute Pengiriman dengan VRPTW

Perancangan rute pengiriman dengan VRPTW yaitu dengan tujuan: Meminimasi jarak tempuh dan kendaraan yang digunakan.

Kelayakan: VRP dibatasi hal-hal berikut, yaitu: solusi menjadi “layak”, apabila bahwa setiap rute, kendaraan hanya dilayani oleh sebuah kendaraan, kendaraan yang memasuki sebuah titik, harus keluar dari titik tersebut, jumlah permintaan yang dikunjungi tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang mengunjungi titik tersebut, dan pengantaran dilakukan dalam *time windows* pelanggan.

Fungsi Tujuan

$$\text{Min} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K C_{ij} x_{ijk}$$

Kendala:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K x_{ijk} = 1 \text{ for } j = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^K x_{ijk} = 1 \text{ for } j = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Kendala di atas memastikan bahwa dalam sebuah rute, kendaraan hanya dilayani oleh sebuah kendaraan.

$$\sum_{i=0}^N \sum_{i \neq j} x_{ijk} - \sum_{j=0}^N \sum_{j \neq i} x_{ijk} = 0 \text{ for } j = 0, 1, \dots, N \quad \forall k \in [0, K - 1] \quad (3)$$

Kendala di atas menunjukkan bahwa setiap kendaraan yang memasuki sebuah titik, harus keluar dari titik tersebut.

$$\sum_{i=0}^N d_i - \sum_{j=0}^N \sum_{j \neq i} x_{ijk} \leq q_k \quad \forall k \in [0, K - 1] \quad (4)$$

Kendala di atas menunjukkan bahwa jumlah *demand* yang dikunjungi tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang mengunjungi titik tersebut.

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{j \neq i} x_{ijk} (t_{ij} + s_i + w_i) \leq w_k \quad \forall k \in [0, K - 1] \quad (5)$$

$$t_0 = 0 \quad (6)$$

$$t_0 + x_{ijk}(t_{ij} + s_i + w_i) \leq t_j \neq j; k \in [0, K - 1] \quad (7)$$

Kendala (5), merupakan kendala batasan *travel time windows* depot. Kendala (6), dan kendala (7), memastikan bahwa pengantaran dilakukan dalam *time windows* pelanggan.

Keterangan:

K = Jumlah kendaraan	= 4	r _k = Waktu tunggu di pelanggan
N = Jumlah pelanggan	= 41	q _k = Kapasitas kendaraan k = 8ton (8000 kg)
c _{ij} = Jarak i ke j		s _j = <i>service time</i> di titik j
x _{ij} = Kendaraan yang melewati i ke j		d _i = Permintaan di titik i
t _i = Waktu sampai ke i		w _k = Waktu kerja kendaraan
w _i = Waktu tempuh depot ke i		

C. Penyusunan Algoritma Genetika

Pembangunan algoritma genetika, menggunakan bantuan program komputer *python*. Langkah awal yang perlu dilakukan adalah representasi kromosom. Proses ini berguna untuk membuat kodifikasi kromosom dari individu dalam populasi yang mewakili satu solusi fisibel. Kodifikasi pada permasalahan ini dimodelkan seperti bentuk TSP yaitu sebagai urutan titik yang dikunjungi (Wibisono, 2018). Pada penelitian ini menggunakan jenis permutasi yang telah diperkenalkan oleh Gen dan Cheng pada tahun 1997 yaitu setiap gen pada kromosom berupa angka integer yang menyatakan nomor tiap simpul. Misalkan pada sebuah kromosom [2 3 4 1 5] menyatakan bahwa perjalanan dimulai dari simpul 2 dan secara berurutan hingga ke simpul 5 dan kembali ke simpul 2. Selanjutnya, dilakukan tahapan penyusunan algoritma tersebut adalah sebagai berikut:

1) Menentukan parameter kontrol

Menentukan parameter kontrol berupa nilai *Pop size* (ukuran populasi), *Mutation rate* (parameter kontrol mutasi, Mr) dan *Crossover rate* (parameter kontrol pindah silang, Cr). Parameter kontrol ukuran populasi digunakan sebagai penentu dalam jumlah solusi awal. Nilai *Pop Size* yang digunakan berdasarkan yaitu *Pop size* = 10 x d, dimana d adalah jumlah dimensi pelanggan. Pada penelitian ini memiliki jumlah pelanggan sebanyak 41 titik, sehingga nilai populasi awal (*Pop Size*) = 10 x 41 = 410 solusi awal. Mr dan Cr digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimal jarak tempuh.

Pada penelitian yang dilakukan oleh De Jong merekomendasikan bahwa untuk permasalahan dengan kondisi kawasan solusi awal cukup besar, nilai parameter yang direkomendasikan yaitu: (*Crossover rate*; *Mutation rate*) = (0,6; 0,001) dan ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30, untuk sembarang jenis permasalahan (Kusumadewi, 2003).

Berdasarkan penelitian tersebut, maka parameter kontrol yang digunakan pada penelitian ini yaitu PopSize; Cr; Mr; Iterasi (410; 0,6; 0.001; 1000).

2) Membangkitkan Solusi Awal

Langkah pembentukan populasi awal yaitu sebagai berikut:

- a. Ukuran populasi awal yaitu menyatakan jumlah individu populasi. Satu individu dinyatakan dengan satu baris, pembangunan nilai pada individu dibangun dengan nilai random. Seluruh individu yang diperoleh akan menempati matriks kromosom populasi awal yang telah dibuat sebelumnya dengan ukuran (*Pop size* = 10 x d, jumlah titik pelanggan).
- b. Bentuk suatu rute TSP (*Travelling Salesman Problem*). Kromosom yang telah dibangun terbentuk sebagai suatu urutan TSP. Urutan TSP dimulai dan berakhir di depot yang sama hingga seluruh lokasi konsumen terlayani.
- c. Menjadikan Kromosom yang telah terbentuk sebagai solusi TSP ke dalam bentuk solusi VRP dengan batasan yang ada yaitu menggunakan batasan permintaan tiap titik, kapasitas kendaraan, dan waktu sehingga dapat meminimasi biaya.
- d. Perhitungan jarak. Kemudian melakukan perhitungan jarak populasi VRP awal sesuai matriks jarak populasi awal dan melakukan evaluasi terhadap VRP awal yang diperoleh.

3) Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi objektif ini berdasarkan fungsi matematis VRPTW yang dijelaskan pada poin sebelumnya.

4) Tahap Evaluasi

Pada tahap evaluasi, yaitu melakukan evaluasi fungsi objektif dan mengubah fungsi objektif ke dalam fungsi *fitness*. Pada studi kasus ini, fungsi tujuan dari VRPTW merupakan sebuah bentuk minimasi, sehingga digunakan fungsi *fitness*, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Fitness} &= 1/\text{Total} \\ \text{Total} &= \text{routeDistance} + \text{routeTime} + \text{routeDemand} \end{aligned}$$

5) Seleksi

Tahap seleksi bertujuan untuk memberikan kesempatan bagi individu terbaik untuk menuju proses selanjutnya yaitu pindah silang (*crossover*) dan mutasi, pada tahapan ini, digunakan nilai *fitness* untuk proses seleksi. Proses seleksi akan menghasilkan nilai induk terbaik, berdasarkan nilai *fitness* tertinggi.

Pada penelitian ini, menggunakan metode seleksi *roulette-wheel* karena pada metode seleksi tersebut, masing-masing kromosom akan menempati potongan lingkaran pada roda *roulette* secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*-nya.

6) Pindah Silang (Cr)

Tahap selanjutnya adalah pindah silang sebagai operator genetika. Pindah silang dilakukan pada dua individu yang telah dipilih secara acak sebagai induk (*parent*) untuk menghasilkan individu baru sebagai anak (*offspring*). Pada proses penyilangan dalam penelitian ini, menggunakan operator *Partially Mapped Crossover* (PMX), karena dua individu sebagai induk dimodifikasi, dan hasil jenis individu baru tidak dapat diprediksi sehingga mencegah keturunan yang mirip (meminimalkan gen ganda pada suatu individu). Parameter *crossover rate* yang digunakan sebesar 0.6.

7) Mutasi

Tahapan selanjutnya adalah mutasi yang juga digunakan sebagai operator genetika yang dinotasikan dengan *Mr* atau *mutation rate*. Pada tahapan ini diciptakan sebuah individu baru dengan modifikasi atau lebih gen dalam individu yang sama. Pada penelitian ini digunakan operator *inverse mutation*, karena pembangunan subkromosom dibangun secara acak dengan memutuskan kromosom di dua titik potong.

8) Terminasi

Tahap terakhir dalam pengerjaan algoritma genetika yaitu terminasi. Terminasi merupakan keadaan proses pencarian solusi sudah terpenuhi. Pada umumnya indikator yang digunakan pada saat terminasi adalah:

- Jumlah iterasi maksimum
- Waktu komputasi maksimum
- Dan mencapai keadaan konvergen, yaitu fungsi objektif sudah terpenuhi.

Pada penelitian ini, indikator yang digunakan adalah waktu komputasi. Solusi optimal akan dihentikan apabila waktu komputasi yang telah ditetapkan terpenuhi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pada iterasi telah mencapai optimal, juga dihasilkan dengan nilai dari proses iterasi yang sama secara berturut-turut.

D. Verifikasi dan Validasi

Proses verifikasi dan validasi. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa program yang dibangun sudah memiliki kesesuaian dengan sistem nyata dan berjalan sebagaimana fungsinya.

Hasil Pengolahan Data

Pada hasil pengolahan data, yaitu menampilkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan algoritma genetika dan kemudian membandingkan dengan sistem distribusi perusahaan pada saat ini. Pada pengolahan data dengan algoritma genetika, dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali dan diambil yang terbaik dengan indikator biaya terendah.

Tabel 2. Data keadaan distribusi setelah perbaikan

No	Hari ke-	Pelanggan	Kendaraan				Total Jarak (Km)	Total Muat (Kg)		
			1	2	3	4				
1	1	Makmur	[Makmur, Pak Adi, Pak Darso]				148	8000		
2		Pak Adi								
3		Pak Darso								
4		Pak Jumadi		[Pak Jumadi, M. Lilik]					124	6500
5		M. Lilik								
6		Bu Kemi			[Bu Kemi]				36	7500
7		Pak Tiko				[Pak Tiko]			258	1500
8	2	Bu Kus	[Bu Kus]				304	7000		
9		Pak Yusuf		[Pak Yusuf, Pak Sunoto]			155	6000		
10		Pak Sunoto								
11		Pak Drasono			[Pak Drasono, Bu Kemi]		274	3750		
12		Bu Kemi								
13	Bu Yusmi				[Bu Yusmi]	298	3000			
14	3	Gn. Panti	[Gn. Panti]				26	7012		
15		Ngatono		[Ngatono, Pak Ngatono, pak Tomo]			89	7500		
16		Pak Ngatono								
17		Pak Tomo								
18		Bu Yun			[Bu Yun, Rois]				379	6500
19		Rois								
20	Pak Dian				[Pak Dian]	78			3000	
21	4	Ali Mahfudz	[Alimahfudz]				296	3500		
22		Pak Joko		[Pak Joko, Pak Pujianto]			100	6274		
23		Pak Pujianto								
24		Nurhidayat			[Nurhidayat, Pak Samidi]				269	5950
25		Pak Samidi								
26		Bu Harti								
27		Hardi				[Bu Harti, Hardi, Pak Bakrie]			173	6350
28		Pak Bakrie								
29	5	Pak Hilman	[Pak Hilman, Pak Muslikin, Pak Narto]						418	7400
30		Pak Muslikin								
31		Pak Narto								
32		Pak Keman		[Pak Keman, Bu Sugeng]			188	7000		
33		Bu Sugeng								
34		Bu Sawi			[Bu Sawi, Pak Adi]		156	6012		
35		Pak Adi								
36	Pak Tikwoyo				[Pak Tikwoyo, Pak Suwarlan]	47	8000			
37	Pak Suwarlan									
38	6	Gn. Hungkal	[Gn. Hungkal, Pak Subandi, Pak Makmur]				174	6250		
39		Pak Subandi								
40		Pak Makmur								

(Sumber: Hasil running program)

Tabel 3. Data perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan

No	Pembanding	Keadaan saat ini	Hasil Perbaikan	Presentase Penurunan
1	Jarak (km)	4819.2	3990	17,21%
2	Waktu (hari)	12	6	50,00%
3	Biaya	Rp 4.139.692,80	Rp 3.427.410,00	17,21%

(Sumber: Data PT Kaha Indonesia dan hasil running program)

V. SIMPULAN

Hasil kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Penentuan rute distribusi menggunakan algoritma genetika mampu memberikan solusi yang lebih optimal. Total jarak tempuh mengalami penurunan sebesar 17,21 % yaitu dari 4819.2 km menjadi 3990 km.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk proses distribusi saat ini pada perusahaan membutuhkan waktu selama 12 hari, dan waktu yang dibutuhkan untuk proses distribusi usulan sebesar 6 hari, atau mengalami penurunan 50,00%
3. Biaya pada proses distribusi berbanding lurus dengan jarak tempuh yang dihasilkan. Biaya distribusi perusahaan pada saat ini sebesar Rp4.139.692,80 dan biaya distribusi usulan sebesar Rp3.427.410,00 atau mengalami penurunan 17,21%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada segenap jajaran PT Kaha Indonesia yang telah memberikan sumber data yang jelas dan akurat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astaria, C. (2008). *Penentuan Distribusi dengan Algoritma Tabu Search untuk VRP dengan Time Window*. Depok: UI.
- Astaria, D. C., & mahmudy, W. F. (2015). Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Windows pada Distribusi Katering Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation 3rd Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2010). *Supply chain management; Strategy, planning, and operations*. New Jersey: Prentice Hall.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management 4th Edition*. London: Prentice Hall.
- Fahmiari, I., & Santosa, B. (2014). Aplikasi Algoritma Differential Evolution untuk Permasalahan Kompleks Pemilihan Porrofolio. Retrieved Oktober 10, 2018
- Fajarwati, I. A., & Anggraeni, W. (2012, September). Penerapan Algoritma Differential Evolution untuk penyelesaian Permasalahan Vehicle Routing Problem with Delivery and Pick-UP. *Jurnal Teknik ITS, 01*.
- Fajarwati, I. A., & Anggraeni, W. (2012). Penerapan Algoritma Differential Evolution untuk Penyelesaian Permasalahan Vehicle Routing Problem with Delivery and Pick-up. *Jurnal Teknik ITS, A391-A396*.
- Froechlich, L. (1999). Milkruns. *Denso Production Control Supplier Manual Policies and Guidelines*.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine*. Boston: Addison-Wisley.
- Hannawati, A., & Thiang, E. (2002). Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritma Genetika. 2.
- Ilhamsah, H. A. (2011). Penyelesaian Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). *Conference Paper pada Seminar Competitive Advantage*.
- Iswari, T. (2017). Pengembangan Algoritma Hybrid Restart Simulated Annealing with Variable Neighbourhood search (HRSA-VNS). *Jurnal Rekayasa Industri, 06(01)*.
- Karim, M. K., Setiawan, B. D., & Adikara, P. P. (2018, Agustus). Optimasi Vehicle Routing Problem, with Time Windows (vrtw) pada Rute Mobile Grapari (MOGI) Telkomsel Cabang Malang Menggunakan Algoritma Genetika. *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 02(8)*.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Neuman, L. W. (2000). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*. Boston: Allyn and Bacon.
- Pane, R. K. (2018). *Variasi Baru Order Crososver pada Algoritma Genetika untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP)*. Medan, Sumatra Utara: Repositori Institusi USU.
- Pratama, L. S., & Haryanto. (2014). Pengaruh Faktor Internal dan Eksternal Perusahaan Terhadap Timeliness Laporan Keuangan. *e-journal SI undip, 1*.
- Pujawan, I. N., & ER, M. (2010). *Supply Chain Management*. Surabaya: Guna Widya.
- Putri, F. B. (2014). *Penerapan Algoritma Genetik Untuk Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) Pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Setiawan, K. (2003). *Paradigma Sistem Cerdas*. Surabaya: Bayumedia.
- Shandya, & Kumar, V. (2013). Issues in solving Vehicle routing problem with Time Windows and its Variants using Meta-Heuristics Survey. *International Journal of Engineering and Technology, 03(06)*.
- Sinulingga, S. (2009). *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Space. *Journal of Global Optimization*, Vol. 11 pp. 341-359.
- Suyanto. (2011). *Artificial Intelligence (Searching, Reasoning, Planning and Learning)*. Bandung: Informatika.
- Toth, P., & Vigo, D. (2001). *The Vehicle Routing Problem, Society for Industrial and Applied Mathematics*. Philadelphia.
- Wibisono, E. (2018). *Logika Logistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Widodo, T. (2012). *Komputasi Evolutioner*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zahara, A. (2011). *Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma Evolusi Diferensial untuk VRP dengan Time Windows*. Depok: FT UI.