

PENYELESAIAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA DAN NEAREST NEIGHBOUR PADA PENDISTRIBUSIAN ROTI

SOLUTION OF CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM USING GENETIC ALGORITHM AND NEAREST NEIGHBOUR FOR BREADS DISTRIBUTION

Oleh: Handriyo Hutomo¹⁾, Eminugroho Ratna Sari²⁾
Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA UNY
hutomo.riyo.14@gmail.com¹⁾, eminugrohosari@gmail.com²⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model matematika *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada pendistribusian roti di CV Jogja Transport dan menyelesaikannya menggunakan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour*, serta membandingkan hasil penyelesaian model tersebut. Data yang dibutuhkan antara lain jarak antar depot dengan pelanggan dan jarak antar pelanggan, jumlah permintaan masing-masing pelanggan, jumlah kendaraan yang dioperasikan dan kapasitas kendaraan. Data kemudian diolah untuk dimodelkan sebagai permasalahan CVRP yang selanjutnya diselesaikan dengan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap roti yang diangkut metode *nearest neighbour* lebih efektif dari algoritma genetika. Metode *nearest neighbour* menghasilkan rute yang dapat memaksimalkan kapasitas angkut kendaraan yaitu mengangkut 420 roti (100%). Berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap jarak tempuh algoritma genetika lebih efektif dari metode *nearest neighbour*. Algoritma genetika menghasilkan total jarak sejauh 39,5 km. Jarak tersebut lebih efektif 6,4 km dari metode *nearest neighbour*.

Kata kunci: CVRP, Algoritma Genetika, *Nearest Neighbour*

Abstract

The aims of this research are to formulate the mathematical model CVRP on distributing bread in CV Jogja Transport, to solve it using genetic algorithms and nearest neighbour method, and to compare the model solution. This research needs the distance between depot and customers and the distance belongs to customers, the amount of each customer's demand, the number of vehicles operated and vehicle capacity. The data are processed to be CVRP model and solved by genetic algorithm and nearest neighbour method. The results show that based on comparison of the effectiveness of the bread transported, nearest neighbour method is more effective than genetic algorithm. Nearest neighbour method yields routes that can maximize the carrying capacity of vehicles i.e. 420 (100%) breads. Based on the comparison of the effectiveness of the mileage, genetic algorithm is more effective than nearest neighbour method. Genetic algorithms generate a total distance of 39.5 km. It's more effective 6.4 km from nearest neighbour method.

Keywords: CVRP, Genetic Algorithm, *Nearest Neighbour*

PENDAHULUAN

Pendistribusian barang merupakan salah satu kegiatan yang sering dilakukan oleh suatu perusahaan tertentu. Menentukan rute optimal merupakan salah satu cara untuk meminimumkan total biaya pendistribusian.

Masalah CVRP adalah masalah pengoptimalan jarak tempuh perjalanan kendaraan dalam pendistribusian barang/jasa dari depot ke sejumlah pelanggan sehingga menghasilkan rute dengan total jarak tempuh yang minimum (Kara et al, 2004).

Permasalahan penentuan rute kendaraan yang optimum menjadi lebih sulit dengan adanya kendala-kendala seperti batasan kapasitas kendaraan, batasan waktu, dan jumlah depot. Beberapa contoh metode pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks antara lain yaitu metode *nearest neighbour*, algoritma *sweep*, algoritma *saving*, algoritma genetika, dan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).

Beberapa penelitian tentang CVRP dan algoritma genetika telah banyak dilakukan. Salah satunya yang dilakukan oleh Ikhsan Hidayat (2016), dimana dalam penelitian tersebut membandingkan antara algoritma genetika dan algoritma *sweep* pada penentuan rute distribusi surat kabar Kedaulatan Rakyat di Kabupaten Sleman. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa algoritma genetika menghasilkan total jarak tempuh dan total waktu tempuh yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma *sweep* pada penelitian sebelumnya. Dipilih algoritma genetika karena algoritma ini tidak mempunyai kriteria khusus dalam menyaring kualitas solusi sehingga dapat menghasilkan banyak alternatif solusi dengan nilai objektif yang sama baik. Proses algoritma genetika secara umum untuk semua kasus adalah mendefinisikan individu, mendefinisikan nilai *fitness*, menentukan proses pembangkitan populasi awal, menentukan proses seleksi, menentukan proses perkawinan silang dan mutasi gen yang akan digunakan (Ahmad Basuki, 2003:4).

Selanjutnya Rian Anggara Putra (2014) membandingkan antara metode *sequential insertion* dan metode *nearest neighbour* dalam

penentuan rute kendaraan pengangkut sampah di Kota Yogyakarta. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *nearest neighbour* menghasilkan rute yang lebih efektif dibandingkan metode *sequential insertion* berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap volume kapasitas kendaraan dan jarak tempuh. Dipilih metode *nearest neighbour* karena metode ini memiliki karakteristik pembentukan rute distribusi yang sesuai dengan keadaan nyata pada kondisi di lapangan. Menurut Nissa dkk (2014), metode *nearest neighbour* merupakan suatu metode yang paling alami dalam menyelesaikan permasalahan CVRP. Kendaraan bergerak menuju ke pelanggan-pelanggan terdekat yang belum dikunjungi dengan permintaan dari pelanggan tersebut tidak melebihi kapasitas kendaraan, tetapi apabila melebihi maka pengiriman dilakukan lebih dari satu kali namun setelah itu kendaraan menuju depot untuk *loading* kemudian menuju ke pelanggan terdekat selanjutnya.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulisan skripsi ini akan digunakan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour* untuk menyelesaikan permasalahan CVRP. Penelitian ini membahas mengenai penyelesaian masalah CVRP menggunakan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour* dengan mengambil studi kasus di CV. Jogja Transport yang setiap harinya mendistribusikan roti ke berbagai toko di Kotamadya. Roti banyak digemari oleh berbagai kalangan usia, mulai anak kecil hingga lanjut usia. Selain dimakan sebagai camilan, roti sering dijadikan makanan utama untuk sarapan sehari-hari. Oleh sebab itu, sekarang ini kebutuhan akan roti sangat tinggi.

Perusahaan ini belum memiliki rute tetap yang digunakan untuk mendistribusikan roti-roti kepada para pelanggan. Penentuan rute distribusi pada perusahaan ini hanya berdasarkan perkiraan saja tanpa mengetahui apakah jarak tempuh yang dipilih sudah minimum atau belum. Permasalahan pendistribusian ini dapat dimodelkan dengan CVRP kemudian model tersebut akan diselesaikan menggunakan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour*.

Beberapa hal yang menjadi batasan permasalahan dalam penelitian ini antara lain Kendaraan yang digunakan untuk pendistribusian memiliki kapasitas maksimum seragam, CVRP dengan satu depot, dan tidak ada batasan waktu dan total jarak pada suatu rute.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah membentuk model matematika CVRP untuk distribusi roti di CV. Jogja Transport, menyelesaikan model dengan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour*, serta membandingkan hasil penyelesaian model tersebut.

KAJIAN TEORI

Berikut diberikan beberapa teori pendukung untuk pembahasan selanjutnya.

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

CVRP merupakan salah satu jenis permasalahan VRP. CVRP memiliki kendala berupa batasan kapasitas angkut kendaraan. Setiap kendaraan dengan kapasitas angkut tertentu harus melayani permintaan pelanggan tanpa melebihi kapasitas angkut kendaraan tersebut. Selain meminimumkan total jarak

tempuh kendaraan, CVRP juga bertujuan untuk meminimumkan jumlah kendaraan yang digunakan dalam melayani pelanggan.

Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan suatu metode *heuristic* yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah Teori Evolusi Darwin. Metode optimasi dikembangkan oleh John Holland sekitar tahun 1960-an dan dipopulerkan oleh salah seorang mahasiswanya, David Goldberg, pada tahun 1980-an (Haupt dan Haupt, 2004:22).

Algoritma genetika memiliki beberapa komponen, diantaranya yaitu:

1. Penyandian Gen (Pengkodean)

Komponen ini merupakan proses penyandian gen dari kromosom. Gen merupakan bagian dari kromosom, satu gen akan mewakili satu variabel. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk bit, bilangan real, daftar aturan, elemen permutasi, elemen program atau representasi lainnya yang dapat diimplementasikan dalam operator genetika (Satriyanto, 2009:74).

Penelitian ini menggunakan teknik pengkodean permutasi pada representasi gen, tiap gen dalam kromosom merepresentasikan suatu urutan (Samuel, dkk, 2005).

Contoh: kromosom 1 = 2 3 4 5 1 6 7

Keterangan: kromosom 1 berisi urutan secara acak gen kesatu sampai ke tujuh. Gen direpresentasikan dengan sebuah bilangan dan bilangan-bilangan tersebut representasi dari masing-masing kota.

2. Membangkitkan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal dilakukan dengan membangkitkan sejumlah individu

secara acak atau melalui prosedur tertentu. Ukuran populasi tergantung pada masalah yang akan diselesaikan dan jenis operator genetika yang akan diterapkan. Setelah ukuran populasi ditentukan, kemudian dilakukan pembangkitan populasi awal menggunakan teknik tertentu (Sri Kusumadewi, 2003: 281).

Teknik dalam pembangkitan populasi awal ini ada beberapa cara, diantaranya adalah *random generator*, pendekatan tertentu, dan permutasi gen. Penelitian ini menggunakan teknik pembangkitan populasi berupa *random generator*, yaitu dengan melibatkan pembangkitan bilangan *random* untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan.

3. Menentukan Nilai *Fitness*

Fungsi yang digunakan untuk mengukur baik-tidaknya suatu individu sebagai solusi disebut dengan fungsi *fitness (fitness function)*. Nilai yang dihasilkan dari fungsi tersebut menandakan seberapa optimal solusi yang diperoleh. Algoritma genetika bertujuan mencari individu dengan nilai *fitness* tertinggi (Ahmad Basuki, 2003: 6).

Permasalahan CVRP bertujuan meminimalkan jarak, sehingga nilai *fitness* adalah inversi dari total jarak dari jalur yang didapatkan atau menggunakan rumus:

$$\text{Nilai } fitness = \frac{1}{x}$$

dimana x adalah total jarak dari jalur yang didapatkan.

4. Seleksi

Seleksi bertujuan untuk memilih dua buah kromosom secara proporsional sesuai

dengan nilai *fitness*-nya untuk dijadikan sebagai induk (Michalewicz, 1996:75). Proses pemilihan tersebut dapat dipilih berdasarkan probabilitas dari masing – masing individu. Probabilitas dari setiap individu tersebut ditentukan oleh nilai *fitness*nya masing – masing.

Penelitian ini menggunakan metode seleksi *Roulette Wheel*. Metode ini sangat akurat dalam memilih kromosom untuk dijadikan sebagai induk. Metode ini seleksi yang menirukan permainan *Roulette Wheel* di mana masing-masing kromosom menempati potongan lingkaran pada roda *roulette* secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*nya. Kromosom yang memiliki nilai *fitness* lebih besar menempati potongan lingkaran yang lebih besar dibandingkan kromosom bernilai *fitness* rendah. Sehingga semakin besar nilai *fitness* suatu kromosom maka semakin besar juga kesempatan kromosom tersebut untuk terpilih.

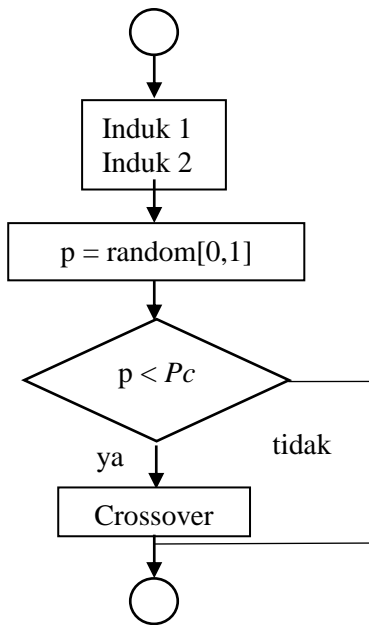
Cara kerja metode seleksi ini yaitu dengan membuat interval nilai kumulatif dari nilai *fitness* masing masing kromosom dibagi total nilai *fitness* dari semua kromosom. Sebuah kromosom akan terpilih jika bilangan random yang dibangkitkan berada dalam interval kumulatifnya (Zainudin, 2014). Selain itu, metode seleksi ini juga mudah diimplementasikan dalam pemrograman.

5. *Crossover* (Pindah Silang)

Crossover atau pindah silang merupakan operator algoritma genetika yang bertujuan untuk membentuk kromosom baru dengan melibatkan dua induk yang telah terseleksi sebelumnya. Pindah silang akan menghasilkan sepasang anak baru dari dua induk. Setiap pasang induk akan dibangkitkan sebuah bilangan

acak. Jika bilangan acak tersebut bernilai kurang dari *Probabilitas crossover (Pc)* antara 0,6 s/d 0,95 maka induk tersebut akan dikenai pindah silang. Jika pindah silang tidak dilakukan, maka nilai dari induk akan diturunkan sepenuhnya kepada anak (Michalewicz, 1996: 35).

Secara singkat, pindah silang adalah proses pertukaran gen yang bersesuaian dari dua induk untuk menghasilkan individu baru yang akan membawa sifat/gen induknya. Secara skematis, proses *crossover* dapat dilihat pada gambar 1.



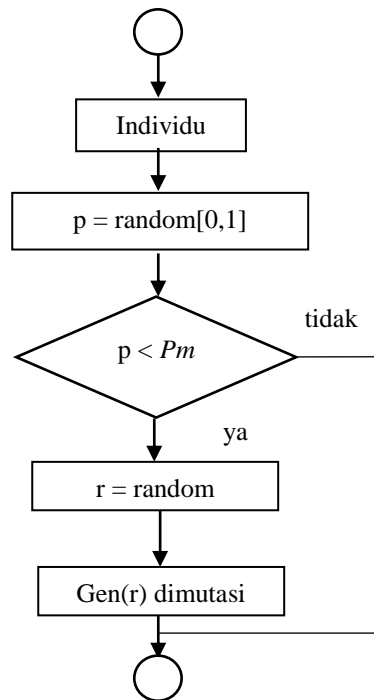
Gambar 1. Skema alur proses *crossover* (Satriyanto, 2009)

6. Mutasi

Anak hasil proses pindah silang selanjutnya dilakukan proses mutasi. Probabilitas mutasi (*Pm*) didefinisikan sebagai persentasi dari jumlah total gen pada populasi yang mengalami mutasi. *Pm* mengendalikan banyaknya gen baru yang akan dimunculkan untuk dievaluasi. Jika *Pm* terlalu kecil, banyak gen yang mungkin berguna tidak pernah dievaluasi. Tetapi jika *Pm* terlalu besar, maka

akan terlalu banyak gangguan acak, sehingga anak akan kehilangan kemiripan dari induknya, dan juga algoritma akan kehilangan kemampuan untuk belajar dari pencarian sebelumnya (Sri Kusumadewi, 2003:296).

Teknik mutasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik *swapping mutation*. Teknik ini diawali dengan memilih dua bilangan acak kemudian gen yang berada pada posisi bilangan acak pertama ditukar dengan gen yang berada pada bilangan acak kedua dalam probabilitas tertentu (Suyanto, 2005: 65). Skema proses mutasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema alur proses mutasi (Satriyanto, 2009)

7. Elitism

Elitism merupakan proses untuk menjaga agar individu bernilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama evolusi. Proses evolusi merupakan proses algoritma genetika mulai dari pembentukan populasi awal hingga evaluasi nilai *fitness* dari populasi baru yang terbentuk. *Elitism*

dilakukan karena proses seleksi dilakukan secara *random* sehingga tidak ada jaminan bahwa individu dengan nilai *fitness* tertinggi akan selalu dipilih. Walaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan menurun nilai *fitness*nya karena proses pindah silang atau mutasi. Oleh sebab itu perlu dibuat satu atau beberapa *copy*nya untuk menjaga agar individu bernilai *fitness* tertinggi tersebut tidak hilang selama evolusi (Suyanto, 2005: 14).

Nearest Neighbour

Metode *nearest neighbour* merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah pemilihan rute dengan cara mencari jarak terpendek untuk menempuh lokasi pengiriman (Chairul, dkk. 2014). Langkah-langkah metode *nearest neighbour* (Pop, 2011) adalah sebagai berikut:

1. Berawal dari depot, kemudian mencari pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dari depot sebagai lokasi pertama.
2. Ke pelanggan lain yang memiliki jarak terdekat dari pelanggan yang terpilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan.
 - a. Apabila ada pelanggan yang terpilih sebagai pelanggan berikutnya dan terdapat sisa kapasitas kendaraan, kembali ke langkah (2).
 - b. Bila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, kembali ke langkah (1).
 - c. Bila tidak ada lokasi yang terpilih karena jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka kembali ke langkah (1). Dimulai lagi dari depot dan mengunjungi

pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat.

3. Bila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berikut akan diberikan pembahasan mengenai penyelesaian CVRP dengan algoritma genetika dan metode *nearest neighbour* pada pendistribusian roti di CV. Jogja Transport.

Model CVRP pada Pendistribusian Roti di CV. Jogja Transport

Permasalahan CVRP pada pendistribusian roti di CV. Jogja Transport dapat didefinisikan sebagai suatu graf $G = (V, E)$. Himpunan V terdiri atas gabungan himpunan pelanggan C dan depot, $V = \{0, 1, \dots, 27\}$. Himpunan C berupa pelanggan 1 sampai dengan 26, $C = \{1, 2, \dots, 26\}$, dan depot dinyatakan dengan 0 dan 27. Jaringan jalan yang dilalui oleh kendaraan dinyatakan sebagai himpunan rusuk berarah E yaitu penghubung antar pelanggan, $E = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$. Semua rute dimulai dan berakhir di depot. Himpunan kendaraan K merupakan kumpulan kendaraan yang homogen dengan kapasitas q . Setiap pelanggan i untuk setiap $i \in C$ memiliki permintaan d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap rusuk $(i, j) \in E$ memiliki jarak tempuh c_{ij} , dan juga bahwa $c_{ii} = c_{jj} = 0$.

Asumsi yang digunakan dalam masalah CVRP ini adalah sebagai berikut:

1. Setiap pesanan pelanggan dapat dipenuhi oleh perusahaan dan jumlah permintaan setiap pelanggan tetap.
2. Jumlah simpul pendistribusian (n) diketahui yaitu berjumlah 27 (26 simpul pelanggan dan 1 simpul depot).
3. Jumlah kendaraan yang tersedia untuk melakukan pendistribusian adalah 2 sepeda motor.
4. Kendaraan yang digunakan mempunyai kapasitas angkut yang sama yaitu 7 buah rak, dimana 1 rak = 60 buah roti *sandwich*.
5. Setiap pelanggan terhubung satu sama lain dan jarak antar pelanggan simetris ($c_{ij} = c_{ji}$).

Untuk setiap $(i, j) \in E, i \neq j \neq 0$ dan untuk setiap kendaraan k didefinisikan variabel :

$x_{ijk} = 1$, jika terdapat perjalanan dari i ke j

dengan kendaraan k , atau

$x_{ijk} = 0$, jika tidak terdapat perjalanan dari i ke j dengan kendaraan k

Formula matematis CVRP untuk pendistribusian roti di CV. Jogja Transport adalah sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=0}^{26} \sum_{j=1}^{27} c_{ij} x_{ijk}$$

dengan kendala

1. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh suatu kendaraan:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{27} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in V - \{27\}$$

2. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan:

$$\sum_{i=0}^{26} d_i \sum_{j=1}^{27} x_{ijk} \leq 420, \quad \forall k \in K$$

3. Setiap rute berawal dari depot 0:

$$\sum_{j=1}^{27} x_{0jk} = 1, \quad \forall k \in K$$

4. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu pelanggan pasti akan meninggalkan pelanggan tersebut:

$$\sum_{i=0}^{26} x_{ijk} - \sum_{j=1}^{27} x_{ijk} = 0, \quad \forall k \in K$$

5. Setiap rute berakhir di depot 27:

$$\sum_{i=0}^{26} x_{i27k} = 1, \quad \forall k \in K$$

6. Variabel x_{ijk} merupakan variabel biner:

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, j \in V, \forall k \in K$$

Penyelesaian Model Menggunakan Algoritma Genetika

Tabel 1 berikut merupakan daftar gen yang merupakan representasi dari depot dan pelanggan.

Tabel 1 Representasi Gen

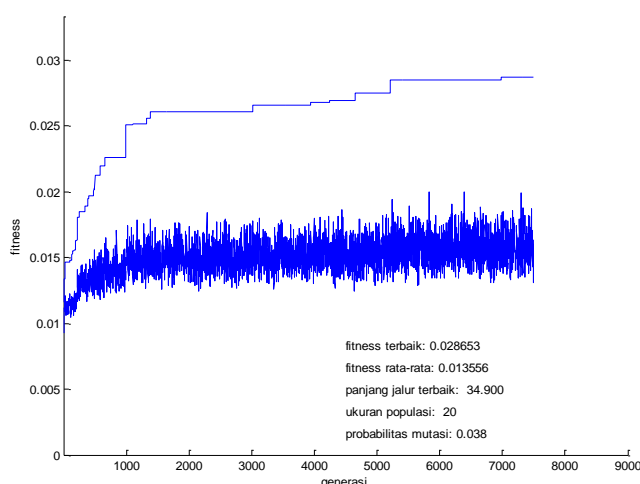
GEN	DEPOT/PELANGGAN
0	Depot CV. Jogja Transport
1	Pamela 1
2	Pamela 4
3	Citrouli 2
4	Pamela 8
5	Pamela 2
6	Karuma
7	Bintaran Mart
8	Kemkid Mart
9	Jogja Mart
10	WS Kotagede
11	Taman Siswa Mart
12	Sun Mart

GEN	DEPOT/PELANGGAN
13	TWIN
14	Toko Irma
15	N Mart
16	Amani MM
17	Betta Swalayan
18	Toko 62
19	Ramai Mall
20	HS Camilan
21	Toko AFI
22	Vivo Mini Market
23	Kios Dani Blok B2
24	Kantin Amanah RSI
25	Progo
26	Kokarda

Pengujian terbaik algoritma genetika dengan menggunakan *software* Matlab dalam menyelesaikan CVRP menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Banyaknya populasi = 20
2. Maksimum generasi = 7500
3. Probabilitas crossover = 0,65
4. Probabilitas mutasi = 0,038

Gambar 3 berikut merupakan grafik pergerakan nilai *fitness* pada algoritma genetika menggunakan *software* Matlab.



Gambar 3 Grafik Pergerakan Nilai *Fitness*

Kurva pada Gambar 3 merupakan pergerakan nilai *fitness* hingga generasi ke-7500. Dan kurva yang berada dibawah merupakan pergerakan nilai rata-rata *fitness* dari 7500

Penyelesaian *Capacitated Vehicle ... (Handriyo Hutomo) 59* generasi. Pergerakan nilai *fitness* akan semakin baik dan konstan dari generasi ke generasi dan mencapai konvergen di generasi ke-7000, untuk generasi setelah 7000 sampai generasi ke-7500 tetap, dan diperoleh nilai *fitness* terbaik sebesar 0,0286533, sehingga didapatkan solusi optimal yaitu rute dengan jarak tempuh minimum. Berikut merupakan rute yang dihasilkan algoritma genetika dengan menggunakan *software* Matlab seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Pengujian Terbaik Algoritma Genetika

Kendaraan	Rute	Jarak Tempuh	Jumlah Permintaan
1	0 4 2 10	39,5 km	353 roti
	17 16 23		
	1 24 5		
	11 6 0		
	0 7 25 19		
	15 26 3		
2	22 13 12	410 roti	
	18 8 14		
	20 9 21		
	0		

Dari hasil pengujian terbaik algoritma genetika dengan menggunakan *software* Matlab diperoleh jumlah kendaraan yang digunakan adalah 2 buah kendaraan dengan kapasitas masing-masing kendaraan maksimal 420 roti dan total jarak yang ditempuh yaitu 39,5 km.

Penyelesaian Model Menggunakan *Nearest Neighbour*

Penentuan rute pendistribusian dengan metode *nearest neighbour* dilakukan berdasarkan langkah-langkah metode *nearest neighbour* yang terdapat pada bagian Kajian Teori. Rute yang dihasilkan dapat dilihat pada pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Penyelesaian Model dengan *Nearest Neighbour*

Kendaraan	Rute	Jarak Tempuh	Jumlah Permintaan
1	0 21 4		
	6 11 7		
	25 19 18		
	8 12 15		420 roti
	26 3 23		
	16 0	45,9 km	
	0 2 10		
2	17 24 5		
	1 22 13		343 roti
	14 20 9		
	0		

Dari hasil penyelesaian model menggunakan metode *nearest neighbour* diperoleh jumlah kendaraan yang digunakan adalah 2 buah kendaraan dengan kapasitas masing-masing kendaraan maksimal 420 roti dan total jarak yang ditempuh yaitu 45,9 km.

Perbandingan Penyelesaian Model menggunakan Algoritma Genetika dan Metode *Nearest Neighbour*

Secara keseluruhan, algoritma genetika menghasilkan total jarak tempuh yang lebih baik dibandingkan dengan metode *nearest neighbour*. Algoritma genetika menghasilkan total jarak tempuh 39,5 km. Sedangkan metode *nearest neighbour* menghasilkan total jarak tempuh 45,9 km. Namun jika dilihat dari keefektifitasan kendaraan dalam memuat permintaan roti, metode *nearest neighbour* lebih unggul dari algoritma genetika pada permasalahan ini. Metode *nearest neighbour* memiliki tingkat keefektifitasan kendaraan angkut tertinggi sebesar 100% atau dapat memuat 420 roti dari

maksimum 420 roti kapasitas kendaraan, sedangkan algoritma genetika memiliki tingkat keefektifitasan kendaraan angkut tertinggi sebesar 97,6% atau dapat memuat 410 roti dari maksimum 420 roti kapasitas kendaraan. Hal ini dikarenakan metode *nearest neighbour* lebih mengoptimalkan kapasitas kendaraan. Artinya, jika setiap rute memaksimalkan kapasitas kendaraan, maka jarak tempuhnya tidak akan optimal karena terdapat beberapa pelanggan terdekat yang tidak masuk ke dalam rute karena jumlah permintaannya melebihi sisa kapasitas. Jadi penyelesaian model yang diperoleh menggunakan algoritma genetika lebih baik dalam segi jarak jika dibandingkan dengan metode *nearest neighbour* dalam menyelesaikan CVRP. Namun metode *nearest neighbour* lebih baik dalam tingkat keefektifitasan kendaraan dalam memuat permintaan roti.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Rute yang terbentuk berdasarkan penyelesaian model menggunakan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. Depot - Pamela 8 - Pamela 2 - WS Kotagede - Betta Swalayan - Amani MM - Kios Dani Blok B2 - Pamela 1 - Kantin Amanah RSI - Pamela 2 - Taman Siswa Mart - Karuma - Depot, dengan total jarak tempuh kendaraan sejauh 14,4 km.
2. Depot - Bintaran Mart - Progo - Ramai Mall - N Mart - Kokarda - Citrouli 2 - Vivo Mini Market - Twin - Sun Mart - Toko 62 - Kemkid Mart - Toko Irma - HS Camilan - Jogja Mart - Toko Afi - Depot, dengan total jarak tempuh kendaraan sejauh 25,1 km.

Rute yang terbentuk berdasarkan penyelesaian model menggunakan metode *nearest neighbour* adalah sebagai berikut:

1. Depot - Toko Afi - Pamela 8 - Karuma - Taman Siswa Mart - Bintaran Mart - Progo - Ramai Mall - Toko 62 - Kemkid Mart - Sun Mart - N Mart - Kokarda - Citrouli 2 - Kios Dani Blok B2 - Amani MM - Depot, dengan total jarak tempuh kendaraan sejauh 20 km.
2. Depot - Pamela 4 - WS Kotagede - Betta Swalayan - Kantin Amanah RSI - Pamela 2 - Pamela 1 - Vivo Mini Market - Twin - Toko Irma - HS Camilan - Jogja Mart - Depot, dengan total jarak tempuh kendaraan sejauh 25,9 km.

Berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap roti yang diangkut, metode *nearest neighbour* menghasilkan rute yang dapat memaksimalkan kapasitas angkut kendaraan yaitu mengangkut 420 roti (100%). Berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap jarak tempuh, algoritma genetika menghasilkan total jarak sejauh 39,5 km. Jarak tersebut lebih efektif 6,4 km dari metode *nearest neighbour*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap roti yang diangkut metode *nearest neighbour* lebih efektif dari algoritma genetika, sedangkan berdasarkan perbandingan efektivitas terhadap jarak tempuh algoritma genetika lebih efektif dari metode *nearest neighbour*.

Saran

Saran bagi peneliti selanjutnya, dalam skripsi ini teknik seleksi yang digunakan adalah seleksi *Roulette Wheel*, teknik pindah silang yang digunakan adalah *order crossover*, dan teknik mutasi yang digunakan adalah *swapping*

Penyelesaian Capacitated Vehicle (Handriyo Hutomo) 61 mutation, dimungkinkan bagi peneliti selanjutnya untuk menggunakan teknik seleksi, pindah silang, dan mutasi yang lain seperti seleksi rangking, seleksi turnamen, *partial - mapped crossover*, *cycle crossover*, *inversion mutation*, *reciprocal exchange mutation*, dan *uniform mutation*. Dengan demikian dapat terlihat teknik seleksi, pindah silang, dan mutasi apa yang menghasilkan solusi paling optimal. Pada penelitian selanjutnya juga perlu ditambah kendala waktu tempuh dengan memperhatikan kondisi kemacetan jalan.

Peneliti selanjutnya juga diharapkan dapat mengembangkan metode *nearest neighbour* dengan menggunakan program komputer agar proses pencarian solusi yang optimal dapat lebih cepat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Basuki. (2003). *Algoritma Genetika*. Surabaya: PENS-ITS.
- Chairul Abadi, Susy Susanty, & Hari Adiarto. (2014). Penentuan Rute Kendaraan Distribusi Produk Roti Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Sequential Insertion**. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 1(3), Hal. 152-163.
- Haupt & Haupt. (2004). *Practical Genetic Algorithms Second Edition*. Canada: A John Wiley & Sons, Inc., publication.
- Ikhsan Hidayat. (2016). Penerapan Algoritma Genetika Pada Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* Untuk Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat Di Kabupaten Sleman. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kara, I., Laporte, G. & Bektas T. (2004). A Note on the lifted Miller-Tucker-Zemlin subtour elimination constraints for the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, Hal. 793-795.
- Michalewicz, Z. (1996). *Genetic Algorithm + Data Structures = Evolution Programs*, 3rd, revised and extended edition. Charlotte: Springer-Verlag.

- Nissa Mardiani, Susy Susanty, & Hendro Prasetyo. (2014). Penentuan Rute untuk Pendistribusian BBM Menggunakan Algoritma *Nearest Neighbour* (Studi Kasus di PT X). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 1(4), Hal. 142-153.
- Pop, P.C., Sitar, C.P., Zelina, I., et al. (2011). Heuristic algorithms for solving the generalized vehicle routing problem. *International Journal of Computers Communications & Control*, Vol. 6(1), Hal. 158-165.
- Samuel Lukas, Toni Anwar, & Willi Yuliani. (2005). Penerapan Algoritma Genetika untuk Travelling Salesmen Problem dengan Menggunakan Order Crossover dan Insertion Mutation. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2005 (SNATI 2005)*.
- Satriyanto. (2009). *Kecerdasan Buatan*. Surabaya:PENS-ITS.
- Sri Kusumadewi. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suyanto. (2005). *Algoritma Genetika dalam MATLAB*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- Zainudin Zuhri. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.