

PENYELESAIAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* (VRP) DALAM PENUGASAN KENDARAAN DAN PENENTUAN RUTE UNTUK MEMINIMASI BIAYA TRANSPORTASI PADA PT XYZ DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Ahmad Fauzan Abdurrahman¹, Ari Yanuar Ridwan², Budi Santosa³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257

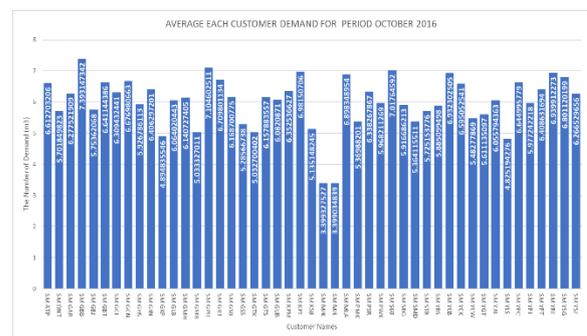
Email: fauzanabdr@gmail.com¹, ariyanuar@telkomniversity.com², budisantosa@telkomniversity.com³

Dalam proses transportasi sangat berkaitan dengan rute, rute ialah jalan yang dilalui suatu mode/ kendaraan untuk sampai ke suatu tujuan. Rute berkaitan dengan jumlah kendaraan dan lokasi mana saja yang dilalui. PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *fast moving consumer goods* (FMCG), dengan bidang tersebut membuat aliran kecepatan barang akan menjadi tinggi hingga proses distribusi barang menjadi cepat dan sering. Pada proses pendistribusian dilakukan dengan menggunakan 1 armada disetiap *customer*. Saat ini dalam proses pendistribusian barang, perusahaan masih mengabaikan utilitas kendaraan yang digunakan, sehingga tersedianya ruang kosong dalam kapasitas masih terjadi dan ini membuat biaya transportasi tinggi. Penggabungan (konsolidasi) beberapa *customer* menjadi sesuatu yang mungkin dilakukan, dengan tetap mempertimbangkan *time window*, kapasitas dan *multiple product*. Penelitian ini merancang sebuah rute dengan mempertimbangkan berbagai batasan untuk mendapatkan rute, jumlah kendaraan, kenaikan utilitas setiap kendaraan dan jarak yang optimal sehingga bisa meminimasi biaya transportasi. Penggunaan algoritma genetika dengan didahului algoritma *nearest neighbor* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini. Nantinya rute akan terbentuk dan mendapatkan jumlah kendaraan, kenaikan utilitas kendaraan dan jarak yang optimal. Hasil ini membuat perbaikan rata-rata utilitas kendaraan sebesar 35.317%, perbaikan jumlah kendaraan sebesar 34.05%, dan jarak sebesar 10.075% sehingga mampu mengurangi biaya transportasi sejumlah 26.56% dari kondisi awal.

Kata kunci: Transportasi, FMCG, VRP, *Time Window*, Utilitas, Penentuan Kendaraan.

1. PENDAHULUAN

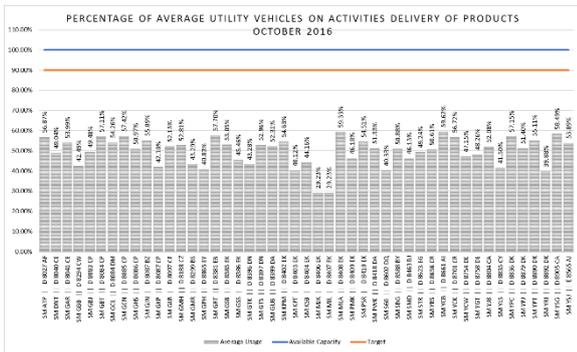
PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *fast moving customer good* (FMCG). Produk FMCG yang dimiliki perusahaan terdiri dari beberapa kategori yaitu *fresh*, yang terdiri dari buah-buahan, sayuran dan telur, kemudian kategori S&M yang terdiri *food* dan non *food*, serta yang terakhir adalah kategori *extra* atau barang lainnya. Dalam proses pendistribusian, setiap harinya DC melakukan pengiriman barang ke setiap cabang berdasarkan jumlah permintaan dari cabang itu tanpa adanya peramalan *demand*. Pada bulan Oktober 2016, rata-rata permintaan atau *demand* yang diminta oleh *customer* berkisar di antara 6.0142 m3. Gambar 1 menjelaskan mengenai rata-rata permintaan setiap cabang periode Oktober 2016.



Gambar 1 Grafik Rata-Rata Permintaan Setiap Cabang Periode Oktober 2016

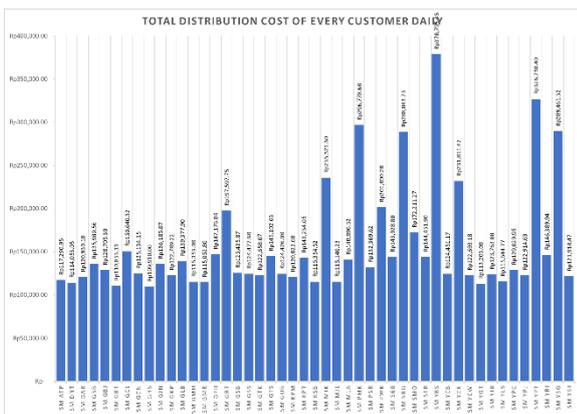
Pada kondisi perusahaan, dalam melakukan pendistribusian ke setiap cabang menggunakan 47 kendaraan, dengan setiap kendaraan bertanggungjawab terhadap setiap cabang, atau dapat dikatakan bahwa satu kendaraan bertanggung jawab terhadap satu cabang. Penggunaan kendaraan akan efektif jika saat pengiriman barang kapasitas atau utilitas dari box kendaraan tersebut sudah maksimal atau sampai

pada batas yang di terima oleh perusahaan sebesar 90% dari kapasitas sebenarnya. Tetapi kondisi saat ini masih sangat jauh dari kondisi yang diterima, karena kapasitas yang di gunakan masih berkisar 50% dari kapasitas yang bisa digunakan



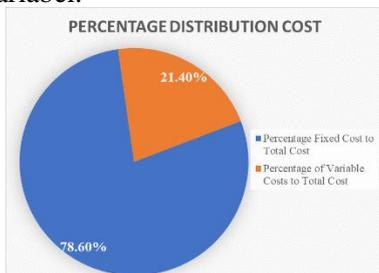
Gambar 2 Grafik Persentase Utilitas Kendaraan Saat Proses Pengiriman Produk Bulan Oktober 2016

Data pada Gambar 2 menunjukkan kapasitas yang digunakan saat ini masih tergolong rendah. Ke tidak efektifan dari dari utilitas kendaraan akan berdampak juga kepada biaya transportasi yang cukup mahal setiap harinya. Hal ini dikarenakan setiap kendaraan digunakan untuk mengantarkan barang ke customer. Berikut ini Tabel total biaya transportasi setiap cabang perhari.



Gambar 3 Grafik Total Biaya Distribusi Setiap Cabang Per hari

Dengan mengacu pada Gambar 3 dapat dilihat biaya yang dikeluarkan perusahaan setiap harinya sampai dengan Rp7,327,313.19. Dengan komponen biaya tersebut berasal dari biaya tetap dan biaya variabel.



Gambar 4 Grafik Persentase Biaya Tetap dan Biaya Variabel Terhadap Total Biaya

Persentase tersebut menunjukkan apabila perusahaan saat ini memiliki 47 kendaraan maka 47 kendaraan tersebut sudah pasti mempunyai biaya tetap. sedangkan untuk biaya variabel akan dihitung berdasarkan jarak yang dilaluinya.

Dengan kondisi saat ini, DC Buah Batu pada PT XYZ memerlukan perencanaan rute di setiap kendaraan khususnya dengan melakukan proses konsolidasi atau penggabungan beberapa cabang dalam satu rute yang nantinya akan memberikan penghematan biaya transportasi, dan juga akan didapatkan jumlah kendaraan yang optimal yang harus dimiliki perusahaan dengan kondisi demand selama bulan Oktober 2016. Kondisi tersebut tentunya tetap memperhatikan kapasitas kendaraan, jam buka tutup DC dan cabang, serta waktu pelayanan. Hasil akhir penelitian akan didapatkan jumlah kendaraan yang harus dimiliki oleh perusahaan secara tepat, sehingga pengurangan biaya tetap yang kemudian akan berdampak pada total biaya transportasi akan mengalami penurunan (minimasi biaya transportasi) [1]. Dari masalah yang telah dijabarkan yang selanjutnya dikembangkan solusinya, maka penggunaan Algoritma Genetika dapat dibuat untuk solusi tersebut [2].

2. STUDI LITERATUR

2.1 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan yang berada dalam sistem distribusi yang mempunyai tujuan untuk membuat suatu rute optimal untuk sejumlah kendaraan yang diketahui kapasitasnya, agar mampu memenuhi setiap permintaan customer dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui dijelaskan bahwa tujuan yang ingin dicapai dalam VRP yaitu [3]:

1. Meminimumkan ongkos perjalanan secara keseluruhan yang dipengaruhi oleh keseluruhan jarak yang ditempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan
2. Meminimumkan jumlah kendaraan yang akan digunakan untuk melayani semua konsumen.
3. Menyeimbangkan rute untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan
4. Meminimumkan keluhan pelanggan

2.2 Algoritma Nearest Neighbor

Algoritma Nearest neighbor merupakan sebuah teknik yang sederhana dan terbuka untuk berbagai variasi masalah. Cara kerja dalam algoritma ini sangat sederhana yaitu mencari titik terdekat yang belum dikunjungi dengan

memperhatikan berbagai batasan. Pada algoritma ini, sebuah kendaraan akan memulai perjalanan dari *distribution center* (depot) kemudian mencari titik terdekat dari depot tersebut untuk dikunjungi pertama. penentuan titik selanjutnya dipilih berdasarkan pada jarak terdekat dari lokasi terakhir [4].

2.3 Algoritma Genetika

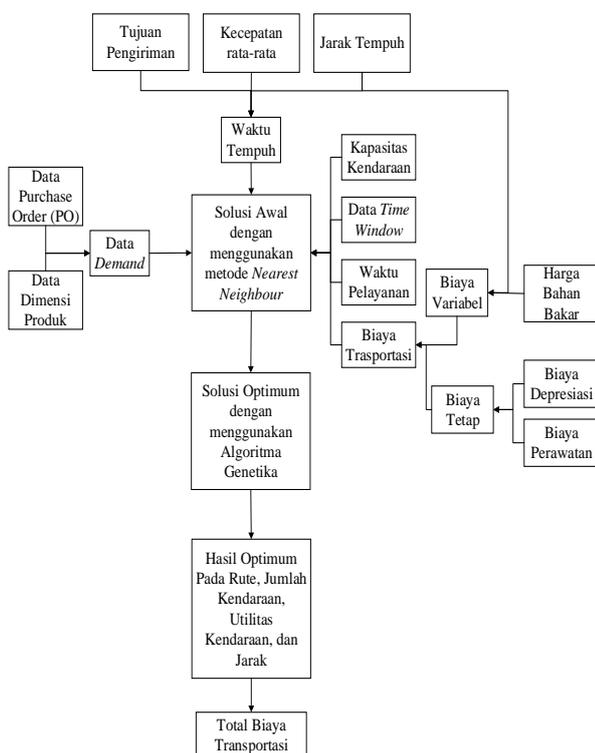
Algoritma genetika merupakan algoritma dengan pendekatan metaheuristik yang paling dikenal, dikarenakan metode ini memiliki performa yang bagus untuk berbagai jenis permasalahan optimasi [5].

Prinsip dasar dalam algoritma ini ialah pada seleksi alam dan genetika. Elemen dasar dari algoritma genetika yaitu reproduksi, crossover, dan mutasi. Algoritma genetika umumnya digunakan untuk menyelesaikan masalah kombinatorial seperti TSP, VRP, dan crew scheduling

Secara umum struktur algoritma genetika terdiri dari beberapa langkah seperti: [6]

1. Inisialisasi populasi
2. Evaluasi populasi
3. Seleksi populasi yang akan dikenai operator genetika
4. Proses penyilangan pasangan kromosom tertentu (crossover)
5. Evaluasi populasi baru
6. Proses dari langkah 3 terus diulangi selama syarat berhenti belum terpenuhi

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 5 Model Konseptual

Pemasalahan pada penelitian ini mengenai optimalisasi rute, jarak dan jumlah kendaraan yang digunakan oleh DC Buah Batu di dalam perusahaan PT. XYZ untuk dapat meminimasi total biaya distribusi yang dikeluarkan.

Proses distribusi dari DC ke cabang yang dilakukan oleh perusahaan saat ini masih dikatakan jauh dari kata optimal, hal tersebut dikarenakan pada proses pengiriman di setiap hari, setiap cabang yang menjadi tanggung jawab DC Buah Batu melakukan permintaan dan dari permintaan tersebut DC melakukan pengiriman barang. Pada proses tersebut perusahaan memiliki kebijakan, yang mana setiap cabang ditanggungjawab oleh satu kendaraan. Tetapi saat proses pengiriman barang, isi atau utilitas dari box kendaraan masih di bawah dari batas yang bisa digunakan.

Selain itu, dengan jumlah kendaraan yang sama dengan jumlah cabang, membuat biaya transportasi semakin tinggi. Padahal jika dilakukan pengoptimalan utilitas kendaraan dengan menggabungkan beberapa cabang menjadi satu rute pengiriman nantinya akan dapat meminimasi total biaya transportasi.

Meskipun akhirnya terdapat kondisi beberapa kendaraan akan menempuh jarak yang semakin panjang, tetapi akan terdapat pula kondisi beberapa kendaraan yang tidak digunakan, atau bahkan nantinya didapatkan jumlah kendaraan yang optimal dalam melakukan proses distribusi (berdasarkan jumlah rute yang dihasilkan), dan akhirnya seluruh masalah tersebut akan berujung kepada berkurangnya total biaya distribusi yang ditanggung oleh perusahaan.

Tahapan awal penelitian dimulai dengan melakukan pengamatan pada kondisi awal sistem pendistribusian barang di perusahaan untuk mengetahui sistem yang dijalankan. Dari hasil pengamatan aktual pada kondisi awal akan diperoleh beberapa data yang kemudian diolah untuk memecahkan dan memberikan usulan terhadap permasalahan rute pendistribusian dengan menggunakan pendekatan VRP yaitu penggunaan algoritma genetika. Pemecahan masalah menggunakan algoritma genetika akan membutuhkan beberapa parameter masukan seperti data *demand* tiap cabang (volume dalam m³), data kapasitas kendaraan, data jarak dari DC ke cabang, data kecepatan rata-rata kendaraan, data

time window, data jarak antar cabang, data waktu pelayanan, dan biaya transportasi yang meliputi biaya tetap (biaya depresiasi dan biaya perawatan) dan biaya variabel (harga bahan bakar dikali dengan jarak tempuh).

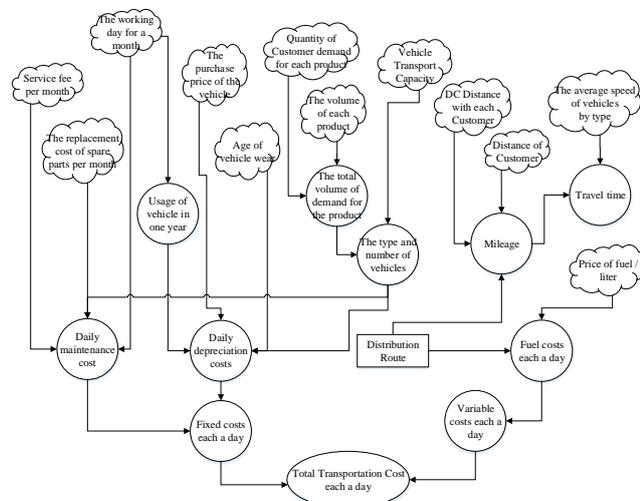
Selanjutnya data tersebut dijadikan sebagai masukan untuk dilakukan perumusan model matematis yang sesuai pada permasalahan. Yang terdiri dari fungsi tujuan dengan memperhatikan batasan-batasan.

Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode *heuristic*, yaitu Algoritma *Nearest Neighbor* untuk menentukan solusi awal permasalahan. Setelah itu, hasil perhitungan dari metode *heuristic* dilakukan pengoptimalan menggunakan algoritma genetika. Dari hasil iterasi menggunakan algoritma tersebut akan didapat hasil rute pendistribusian yang optimal dengan jarak tempuh dan waktu pengiriman yang lebih pendek serta jumlah kendaraan yang lebih tepat, sehingga akan didapatkan total biaya transportasi yang minimal.

Hasil total biaya transportasi usulan yang telah didapatkan, selanjutnya akan dibandingkan dengan total biaya transportasi awal, hal ini berguna untuk mengetahui seberapa besar penghematan yang dilakukan oleh perusahaan apabila menggunakan konfigurasi rute yang tepat.

4. PEMBAHASAN

4.1 Influence Diagram



Gambar 6 Influence Diagram

4.2 Model Matematis

Tahapan ini merupakan tahap merumuskan permasalahan transportasi pada kondisi awal PT XYZ ke dalam model matematis dengan fungsi

tujuan berupa minimasi total biaya transportasi [7]. Adapun rumusan model matematis untuk permasalahan pada PT XYZ adalah sebagai berikut.[8][9][10][11]

i : indeks pelanggan $i=1,2,3,\dots,N$

j : indeks pelanggan $j=1,2,3,\dots,N$

dimana $i \neq j$

k : indeks jenis kendaraan yang digunakan $k=1,2,3,\dots,K$

p : indeks jenis produk $p=1,2,3,\dots,p$

Parameters:

f_k = Biaya tetap kendaraan k

y_k = Variabel keputusan setiap penggunaan jenis kendaraan

N = Jumlah toko, Toko 0 adalah depot

C_{ijk} = Biaya Variabel dari I ke j dengan menggunakan kendaraan k

d_{ij} = Jarak dari titik i ke j

Q_k = kapasitas maksimal kendaraan k

M_j = Total volume yang diminta pelanggan j

B_p = Volume produk p

H_{pj} = Kuantitas produk p yang akan dikirim ke pelanggan j

e_i = Batas bawah time window pelanggan i

l_i = Batas atas time window pelanggan i

t_{ijk} = Waktu pengiriman dari i ke j dengan kendaraan k

b_i = Waktu keberangkatan kendaraan dari i

a_i = Waktu tiba kendaraan di titik i

S_i = Waktu unloading di titik i

T = Batas waktu horison

Fungsi Tujuan: Meminimasi total biaya transportasi

$$\min \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K C_{ijk} X_{ijk} + \sum_{k=1}^K f_k y_k$$

Pembatas:

1. Setiap toko hanya dapat dikunjungi tepat satu kali dalam satu rute perjalanan.

$$\sum_{k=1}^K X_{ijk} = 1 \quad \text{Untuk } i = 0, 1, 2, \dots, N \quad j = 0, 1, 2, \dots, N$$

2. Setiap kendaraan yang mengunjungi *customer* i , akan mengunjungi *customer* $i+1$.

$$\sum_{i=1}^N X_{ihk} - \sum_{j=1}^N X_{hjk} = 0 \quad \text{di mana } \forall h \in N$$

3. Setiap pengiriman dalam satu rute tidak boleh melebihi dari kapasitas kendaraan

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N M_j X_{ijk} \leq Q_k \quad \text{untuk } k = 1, 2, \dots, K$$

4. Volume *demand* pelanggan j merupakan hasil kali antara jumlah setiap produk yang di pesan dengan volume setiap produk

$$\sum_{p=1}^p B_p H_{pj} = M_j \quad \text{untuk } j = 1, 2, \dots, N$$

5. Waktu tiba kendaraan di titik j harus lebih dari waktu berangkat dari titik i ditambah dengan waktu tempuh.

$$b_i + t_{ijk} - M(1 - X_{ijk}) \leq a_j \quad \text{untuk } i = 0, 1, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N \text{ dan } k = 1, 2, \dots, N$$

6. Waktu keberangkatan dari titik i merupakan penjumlahan dari waktu tiba dititik tersebut dengan waktu pelayanan

$$b_i = a_i + S_i$$

7. Waktu tiba kendaraan harus berada pada rentang waktu *time window* yang telah di tentukan.

$$e_i \leq a_i \leq l_i$$

8. Waktu pelayanan + waktu tempuh untuk setiap toko yang dikunjungi harus kurang dari waktu horizon perencanaan

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (S_i + t_{ijk}) X_{ijk} \leq T \quad \text{untuk } k = 1, 2, \dots, N$$

9. Menunjukkan bahwa nilai dari variabel keputusan adalah 1 atau 0. Bernilai 1 jika terdapat rute dari titik i ke j yang terpilih dan sebaliknya.

$$X_{ijk} \in \{0,1\}$$

$$y_k \in \{0,1\}$$

4.3 Perhitungan Penentuan Rute Awal Menggunakan Metode *Nearest Neighbor*

Pada proses pertama dari penyelesaian masalah yang ada di perusahaan yaitu dengan menggunakan metode *nearest neighbor* [8]. Dari metode ini nantinya akan di temukan solusi awal dari proses pendistribusian yang dilakukan oleh PT XYZ. Komponen utama dari metode *nearest neighbor* ialah mencari pelanggan terdekat yang dapat dikunjungi dari posisi terakhir kendaraan berada dengan tetap memperhatikan *time window* dan kapasitas dari kendaraan tersebut. Dalam melakukan proses algoritma *nearest neighbor* di perlukan beberapa *inputan* parameter diantaranya yaitu jarak antara DC dengan *customer*, jarak antara *customer*, waktu tempuh kendaraan, *demand* masing-masing *customer*, kapasitas kendaraan yang digunakan dan waktu pelayanan yang dibutuhkan di setiap *customer*.

Tabel 1 Solusi Awal Menggunakan *Nearest Neighbor*

| Rute | Kendaraan | Urutan Rute | | | | |
|------|-----------|-------------|---|----|----|--|
| 1 | Tipe 1 01 | DC | 9 | 41 | DC | |

| | | | | | | |
|----|-----------|----|----|----|----|----|
| 2 | Tipe 1 02 | DC | 4 | 28 | DC | |
| 3 | Tipe 1 03 | DC | 6 | 39 | 13 | DC |
| 4 | Tipe 1 04 | DC | 2 | 5 | DC | |
| 5 | Tipe 1 05 | DC | 31 | 18 | 33 | DC |
| 6 | Tipe 1 06 | DC | 24 | DC | | |
| 7 | Tipe 1 07 | DC | 23 | DC | | |
| 8 | Tipe 1 08 | DC | 14 | 26 | 3 | DC |
| 9 | Tipe 1 09 | DC | 1 | DC | | |
| 10 | Tipe 1 10 | DC | 45 | DC | | |
| 11 | Tipe 1 11 | DC | 22 | 8 | DC | |
| 12 | Tipe 1 12 | DC | 15 | DC | | |
| 13 | Tipe 1 13 | DC | 43 | 34 | DC | |
| 14 | Tipe 1 14 | DC | 11 | DC | | |
| 15 | Tipe 1 15 | DC | 47 | 25 | DC | |
| 16 | Tipe 1 16 | DC | 29 | DC | | |
| 17 | Tipe 1 17 | DC | 21 | 19 | DC | |
| 18 | Tipe 1 18 | DC | 40 | 16 | DC | |
| 19 | Tipe 1 19 | DC | 38 | DC | | |
| 20 | Tipe 1 20 | DC | 36 | DC | | |
| 21 | Tipe 1 21 | DC | 17 | DC | | |
| 22 | Tipe 1 22 | DC | 42 | 37 | DC | |
| 23 | Tipe 1 23 | DC | 10 | DC | | |
| 24 | Tipe 1 24 | DC | 12 | DC | | |
| 25 | Tipe 1 25 | DC | 27 | DC | | |
| 26 | Tipe 1 26 | DC | 20 | DC | | |
| 27 | Tipe 1 27 | DC | 7 | DC | | |
| 28 | Tipe 1 28 | DC | 30 | 32 | DC | |
| 29 | Tipe 1 29 | DC | 46 | DC | | |
| 30 | Tipe 1 30 | DC | 44 | DC | | |
| 31 | Tipe 2 01 | DC | 35 | DC | | |

4.4 Perhitungan Penentuan Solusi Terbaik Menggunakan Algoritma Genetika

Proses tahap ini yaitu melakukan pencarian solusi optimasi dari solusi awal menggunakan Algoritma Genetika.

Tabel 2 Hasil Algoritma Genetika

| Rute | Kendaraan | Urutan Rute | | | | |
|------|-----------|-------------|----|----|----|----|
| 1 | Tipe 1 01 | DC | 9 | 41 | DC | |
| 2 | Tipe 1 02 | DC | 28 | 4 | DC | |
| 3 | Tipe 1 03 | DC | 6 | 39 | 13 | DC |
| 4 | Tipe 1 04 | DC | 2 | 5 | DC | |

perusahaan dapat menghemat hingga 16 kendaraan.

4.6 Analisis Perbandingan Utilitas Box di Setiap Kendaraan

Tabel 4 Perbandingan Persentase Utilitas Box di Setiap Kendaraan

| Rute | Persentase Utilitas Kendaraan (Awal) | Persentase Utilitas Kendaraan (Usulan) |
|------|--------------------------------------|--|
| 1 | 69.120% | 92.054% |
| 2 | 74.310% | 99.522% |
| 3 | 31.454% | 97.426% |
| 4 | 51.699% | 98.965% |
| 5 | 14.759% | 97.998% |
| 6 | 29.741% | 80.187% |
| 7 | 60.249% | 81.266% |
| 8 | 31.167% | 89.952% |
| 9 | 68.895% | 76.800% |
| 10 | 72.004% | 70.019% |
| 11 | 69.564% | 99.392% |
| 12 | 69.340% | 70.919% |
| 13 | 25.362% | 99.969% |
| 14 | 23.584% | 77.293% |
| 15 | 42.654% | 97.999% |
| 16 | 34.670% | 76.273% |
| 17 | 58.458% | 99.462% |
| 18 | 15.741% | 91.281% |
| 19 | 45.094% | 77.866% |
| 20 | 52.194% | 90.485% |
| 21 | 44.422% | 64.954% |
| 22 | 58.285% | 99.029% |
| 23 | 48.877% | 80.004% |
| 24 | 72.169% | 77.044% |
| 25 | 28.679% | 64.463% |
| 26 | 25.920% | 57.993% |
| 27 | 58.017% | 66.944% |
| 28 | 12.209% | 99.837% |
| 29 | 68.645% | 90.949% |
| 30 | 46.984% | 42.576% |
| 31 | 35.412% | 41.382% |
| 32 | 42.869% | - |
| 33 | 19.467% | - |
| 34 | 45.935% | - |
| 35 | 55.731% | - |

| | | | | | | |
|----|-----------|----|----|----|----|----|
| 5 | Tipe 1 05 | DC | 18 | 31 | 33 | DC |
| 6 | Tipe 1 06 | DC | 24 | DC | | |
| 7 | Tipe 1 07 | DC | 23 | DC | | |
| 8 | Tipe 1 08 | DC | 14 | 26 | 3 | DC |
| 9 | Tipe 1 09 | DC | 1 | DC | | |
| 10 | Tipe 1 10 | DC | 45 | DC | | |
| 11 | Tipe 1 11 | DC | 8 | 22 | DC | |
| 12 | Tipe 1 12 | DC | 15 | DC | | |
| 13 | Tipe 1 13 | DC | 43 | 34 | DC | |
| 14 | Tipe 1 14 | DC | 11 | DC | | |
| 15 | Tipe 1 15 | DC | 47 | 25 | DC | |
| 16 | Tipe 1 16 | DC | 29 | DC | | |
| 17 | Tipe 1 17 | DC | 19 | 21 | DC | |
| 18 | Tipe 1 18 | DC | 16 | 40 | DC | |
| 19 | Tipe 1 19 | DC | 38 | DC | | |
| 20 | Tipe 1 20 | DC | 36 | DC | | |
| 21 | Tipe 1 21 | DC | 17 | DC | | |
| 22 | Tipe 1 22 | DC | 37 | 42 | DC | |
| 23 | Tipe 1 23 | DC | 10 | DC | | |
| 24 | Tipe 1 24 | DC | 12 | DC | | |
| 25 | Tipe 1 25 | DC | 27 | DC | | |
| 26 | Tipe 1 26 | DC | 20 | DC | | |
| 27 | Tipe 1 27 | DC | 7 | DC | | |
| 28 | Tipe 1 28 | DC | 30 | 32 | DC | |
| 29 | Tipe 1 29 | DC | 46 | DC | | |
| 30 | Tipe 1 30 | DC | 44 | DC | | |
| 31 | Tipe 2 01 | DC | 35 | DC | | |

4.5 Analisis Perbandingan Jumlah Kendaraan

Tabel 3 Perbandingan Jumlah Kendaraan

| | Jumlah Kendaraan Usulan | Jumlah Kendaraan Awal |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Single Engkel | 30 | 42 |
| Double Engkel | 1 | 5 |
| Total Kendaraan | 31 | 47 |

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui jumlah kendaraan yang digunakan setelah dilakukan proses optimasi menggunakan metode *nearest neighbor* dan algoritma genetika terjadi perbedaan yang cukup jauh. Dimana kondisi awal menggunakan 47 kendaraan yang terdiri dari 42 kendaraan *single* engkel dan 5 kendaraan *double* engkel sedangkan untuk kondisi usulan hanya menggunakan 31 kendaraan, dengan kendaraan tersebut terdiri dari 30 kendaraan *single* engkel dan 1 kendaraan *double* engkel. Oleh Karena itu,

| | | |
|-------------------------------------|---------|---------|
| 36 | 81.436% | - |
| 37 | 43.552% | - |
| 38 | 70.080% | - |
| 39 | 32.580% | - |
| 40 | 47.482% | - |
| 41 | 13.954% | - |
| 42 | 45.574% | - |
| 43 | 44.037% | - |
| 44 | 38.319% | - |
| 45 | 42.113% | - |
| 46 | 81.854% | - |
| 47 | 59.520% | - |
| Rata-rata Persentase Utilitas | 46.897% | 82.268% |

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui kondisi usulan untuk rata-rata persentase utilitas di setiap kendaraan mencapai efektivitas hingga 82.26%, hal ini meningkat sebesar 35.317% dari kondisi awal.

4.7 Analisis Perbandingan Jarak

Tabel 5 Perbandingan Jarak Tempuh Rute Usulan dan Awal

| Rute | Jarak Tempuh (Awal) | Jarak Tempuh (Usulan) |
|------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 12.499 | 10.201 |
| 2 | 7.981 | 261.927 |
| 3 | 17.577 | 17.659 |
| 4 | 2.538 | 35.691 |
| 5 | 28.426 | 107.114 |
| 6 | 3.516 | 9.797 |
| 7 | 59.033 | 10.41 |
| 8 | 23.443 | 21.172 |
| 9 | 2.2 | 12.499 |
| 10 | 38.864 | 13.835 |
| 11 | 20.171 | 40.664 |
| 12 | 43.318 | 14.689 |
| 13 | 9.795 | 37.651 |
| 14 | 9.376 | 20.171 |
| 15 | 14.689 | 190.132 |
| 16 | 124.555 | 33.539 |
| 17 | 23.864 | 42.237 |
| 18 | 22.527 | 140.199 |
| 19 | 19.988 | 20.037 |
| 20 | 51.306 | 22.49 |

| | | |
|--------------------|----------|----------|
| 21 | 22.455 | 23.864 |
| 22 | 17.427 | 172.411 |
| 23 | 10.41 | 38.864 |
| 24 | 9.797 | 43.318 |
| 25 | 177.472 | 45.437 |
| 26 | 9.498 | 51.306 |
| 27 | 45.437 | 59.033 |
| 28 | 262.947 | 247.662 |
| 29 | 33.539 | 252.737 |
| 30 | 130.419 | 304.768 |
| 31 | 11.164 | 377.389 |
| 32 | 251.875 | - |
| 33 | 89.132 | - |
| 34 | 50.398 | - |
| 35 | 377.389 | - |
| 36 | 22.49 | - |
| 37 | 172.295 | - |
| 38 | 20.037 | - |
| 39 | 6.795 | - |
| 40 | 21.531 | - |
| 41 | 10.202 | - |
| 42 | 28.879 | - |
| 43 | 20.346 | - |
| 44 | 304.768 | - |
| 45 | 13.835 | - |
| 46 | 252.737 | - |
| 47 | 18.956 | - |
| Total Jarak Tempuh | 2927.896 | 2678.903 |

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa total jarak tempuh pada kondisi awal yaitu 2927.896 km, sedangkan total jarak tempuh pada kondisi usulan yaitu 2678.903 km. Hal tersebut menunjukan terdapatnya selisih antar jarak tempuh kondisi awal dengan kondisi usulan sebesar 294.993 km atau jika di persentasekan sebesar 10.075% lebih kecil dari kondisi awal. Selain itu dengan melihat total jarak tempuh, akan secara langsung mendefinisikan pemenuhan *demand customer*.

4.8 Analisis Perbandingan Total Biaya Transportasi

Total biaya transportasi merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan saat melakukan proses distribusi [8]. Total biaya transportasi terdiri dari dua komponen biaya yaitu biaya tetap dan

biaya variabel. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan algoritma genetika di dapatkan total biaya transportasi dalam horizon satu hari perencanaan dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6 Perbandingan Total Biaya Transportasi

| Kondisi | Biaya Tetap | |
|-----------|----------------------|----------------------|
| | <i>Single Engkel</i> | <i>Double Engkel</i> |
| Awal | Rp4,550,000.00 | Rp668,209.88 |
| Usulan | Rp3,250,000.00 | Rp133,641.98 |
| Perbaikan | 28.57% | 80.00% |
| Kondisi | Biaya Variabel | |
| | <i>Single Engkel</i> | <i>Double Engkel</i> |
| Awal | Rp2,061,397.78 | Rp47,478.45 |
| Usulan | Rp1,649,418.37 | Rp347,737.01 |
| Perbaikan | 19.99% | -632.41% |

Tabel 7 Hasil Akhir Perbandingan Total Biaya Transportasi

| Komponen Biaya | Usulan | Awal | Perbaikan |
|----------------|----------------|----------------|-----------|
| Biaya Tetap | Rp3,383,641.98 | Rp5,218,209.88 | 35.16% |
| Biaya Variabel | Rp1,997,155.37 | Rp2,108,876.23 | 5.30% |
| Total | Rp5,380,797.35 | Rp7,327,086.11 | 26.56% |

Pada tabel 7 dapat dilihat terjadinya penurunan biaya tetap sebesar Rp1,834,567.90 atau senilai dengan 35.16% dari kondisi awal. Sedangkan untuk biaya variabel terjadi penurunan sebesar Rp111,720.86 atau senilai dengan 5.30% dari kondisi awal. Selanjutnya hasil akhir yang didapatkan berupa total biaya transportasi. Untuk kondisi usulan senilai Rp5,380,797.35 atau mengalami penurunan sebesar Rp1,946,288.76 (26.56%) dari kondisi awal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dalam melakukan perancangan rute dan penentuan jumlah kendaraan pada proses distribusi produk di PT XYZ, maka diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Penentuan rute armada yang tepat agar dapat meminimasi jarak, jumlah kendaraan dan pengoptimalan utilitas kendaraan dalam proses distribusi pada PT XYZ dapat dilakukan menggunakan metode *nearest neighbor* untuk solusi awal dan dilanjutkan dengan metode algoritma genetika untuk solusi optimal. Penggunaan metode ini dapat menghasilkan *output* yang lebih baik dari kondisi awal yang terlihat dari meningkatnya persentase utilitas box dalam penggunaan setiap kendaraan, berkurangnya jumlah kendaraan dalam satu

horizon perencanaan dan terjadinya minimasi jumlah biaya transportasi.

2. Setelah dilakukan perencanaan rute pada PT XYZ menggunakan algoritma genetika diketahui bahwa adanya penghematan total biaya transportasi sebesar 25.62% atau Rp1,946,288.65 dari total biaya pengeluaran sebenarnya, yaitu Rp7,327,086. Hasil tersebut diperoleh karena adanya penurunan jarak tempuh sebesar 8.504% atau 248.933 km dari jarak tempuh sebenarnya, penurunan persentase penggunaan jumlah kendaraan sebesar 34.04% atau 16 kendaraan dari total armada yang digunakan, dan peningkatan pada persentase utilitas box kendaraan sebesar 35.371% dari rata-rata utilitas box kendaraan sebenarnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- A. Desiana, A. Y. Ridwan and R. Aurachman, "Penyelesaian Vehicle Routing (VRP) Untuk Meminimasi Total Biaya Transportasi Pada PT XYZ Dengan Metode Algoritma Genetika," Library Telkom University, Bandung, 2016.
- Christine, I. N. Sutapa and I. G. A. Widyadana, "Studi Tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem dengan Time Windows," *Jurnal Teknik Industri*, pp. 5(2), pp-81, 2004.
- Christofides, "he Vehicle Routing Problem," T. Wiley, pp. 315-338, 1979.
- C. Pop, "Int. J. of Computers, Communication & Control,," *Heuristic Algorithms for Solving the Generalized Vehicle Routing Problem*, pp. 158-165, 2011.
- Haupt, "Practical Genetic Algorithms," John Wiley&Sons Inc, America, 2004.
- Kartikasari, D. D. Damayanti and B. Santosa, "Perancangan Rute dan Penugasan Kendaraan pada Pendistribusian Produk di PT XYZ Untuk Meminimasi Total Biaya Transportasi Menggunakan Algoritma Genetika," Telkom University, Bandung, 2016.
- M. W. Maulana, D. D. Damayanti and M. Rendra, "Penentuan Rute Pendistribusian Produk di Regional Part Depo PT XYZ Bandung Untuk Meminimasi Biaya Transportasi Menggunakan Algoritma Harmony Search," Telkom University, Bandung, 2016.

- N. Azi, "An Exact Algorithm for a Single-Vehicle Routing Problem Time Windows and Multiple Routes," Springer., 2006.
- P. S. Muttaqin, A. Y. Ridwan and B. Santosa, "Penentuan Rute Armada di PT XYZ Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem With Time Windows Untuk Meminimasi Jarak Dan Biaya Transportasi Berbasis Sistem Informasi Geografis," Universitas Telkom, Bandung, 2016.
- P. Toth and D. Vigo, "The Vehicle Routing Problem," Soc. for Industrial and Applied Math, Philadelphia, 2001.
- R. R. Anisa, D. D. Damayanti and B. Santosa, "Perancangan Rute Pendistribusian Produk Obat Dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Vehicle Routing Problem With Time Window di PT XYZ Bandung," Telkom University, Bandung, 2016.