

USULAN RANCANGAN RUTE TRANSPORTASI *MULTI TRIP* UNTUK MEMINIMASI BIAYA TRANSPORTASI DENGAN *HETEROGENEOUS FLEET* DAN *TIME WINDOW* MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA DI PT.XYZ

Muhammad Zuhdi Aiman Anka¹, Luciana Andrawina², Meldi Rendra³

Prodi Teknik Industri Universitas Telkom Bandung
Jl. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu, Bandung 40257
Email : mzuhdiaa@gmail.com

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang garmen yang terletak di daerah Bandung, Jawa Barat. Produk yang di hasilkan dari perusahaan ini antara lain adalah seragam sekolah meliputi kemeja, celana, rok hingga pesanan seragam khusus. Hingga rute awal PT. XYZ sudah memiliki 33 pelanggan tetap di daerah Bandung dan Cimahi. Selain daerah tersebut, PT. XYZ memiliki pelanggan tetap lainnya di daerah Purwakarta, Garut, Sumedang, Cirebon, Pamanukan, Batam dan Palembang. Penelitian ini membahas VRP dengan karakteristik *time windows*, *heterogenous vehicle*, *multiple product*, dan *multiple trips* dengan tujuan meminimasi biaya transportasi. Permasalahan VRP ini biasanya diselesaikan dengan menggunakan algoritma metaheuristik seperti genetika algoritma dengan populasi awal menggunakan algoritma heuristik seperti *nearest neighbour* seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Hasil penelitian ini dapat menghasilkan meminimalkan jumlah jarak pengiriman, pengoptimalan penggunaan kendaraan, meminimalkan biaya transportasi dan meningkatkan jumlah pemenuhan permintaan. Dari hasil penelitian ini menghasilkan penurunan total jarak tempuh sebesar 35%, penurunan total biaya transportasi sebesar 31%, dan peningkatan pemenuhan permintaan dari 82,39 % menjadi 94, 89%.

Kata kunci : Transportasi, Algoritma Genetika, *Nearest Neighbour*, *Time Windows*, *Multiple Trip*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, pengiriman dan penjadwalan memiliki peranan yang penting dalam sebuah perusahaan. Salah satu keputusan yang penting dalam pendistribusian adalah menentukan jadwal serta rute pengiriman dari satu lokasi ke beberapa lokasi yang akan dituju (Pujawan, 2010). Dengan pengetahuan dan pemahaman mengenai kontrol peran masing – masing pihak yang biasa disebut *supply chain management* untuk mengoptimalkan peranan pihak internal dan eksternal (Jacobs dan Chase, 2011).

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang garmen yang terletak di daerah Bandung, Jawa Barat. Produk yang di hasilkan dari perusahaan ini antara lain adalah seragam sekolah meliputi kemeja, celana, rok hingga pesanan seragam khusus. Hingga saat ini PT. XYZ sudah memiliki 33 pelanggan tetap di daerah Bandung dan Cimahi. Selain daerah tersebut, PT. XYZ memiliki pelanggan tetap lainnya di daerah Purwakarta, Garut, Sumedang, Cirebon, Pamanukan, Batam dan Palembang. PT. XYZ memiliki *distribution center* di daerah Bandung yang sama dengan lokasi pabrik untuk memenuhi seluruh permintaan. Lokasi produksi berada di dekat daerah *distribution center* dan PT. XYZ masih menggunakan jasa makloon untuk membantu memenuhi permintaan pelanggan, lokasi makloon berada di 4 lokasi yaitu Soreang, Antapani, Cijerah, dan Limbangan. PT. XYZ masih belum mampu memenuhi semua permintaan di setiap bulannya, salah satu penyebab permintaan yang belum terpenuhi adalah pendistribusian barang langsung dari *distribution center* kepada pelanggan, maka dari itu

pengiriman barang harus dipertimbangan agar produk sampai pada pelanggan tepat pada waktunya.

Tabel 1. Permintaan Kemeja dan Celana Setiap Bulan Pada Tahun 2016

BULAN	KEMEJA		CELANA	
	PERMINTA	PENJUAL	PERMINTA	PENJUAL
JANUARI	17156	14323	13337	10806
FEBRUARI	16058	13129	11363	9404
MARET	14644	12103	11431	9115
APRIL	12578	9863	9962	8215
MEI	12054	9956	9583	8102
JUNI	14081	11326	13978	11448
JULI	20464	16565	15460	12556
AGUSTUS	12744	10124	11591	9686
SEPTEMBER	14665	11692	10014	8477
OKTOBER	13142	10291	9386	7957

Tabel 2. Permintaan Rok Setiap Bulan Pada Tahun 2016

BULAN	ROK	
	PERMINTAAN	PENJUALAN
JANUARI	12187	10074
FEBRUARI	11218	9363
MARET	10385	8833
APRIL	9394	7911
MEI	10083	8407
JUNI	12566	10381
JULI	13184	10962
AGUSTUS	15046	12507
SEPTEMBER	10632	8954
OKTOBER	9536	7936

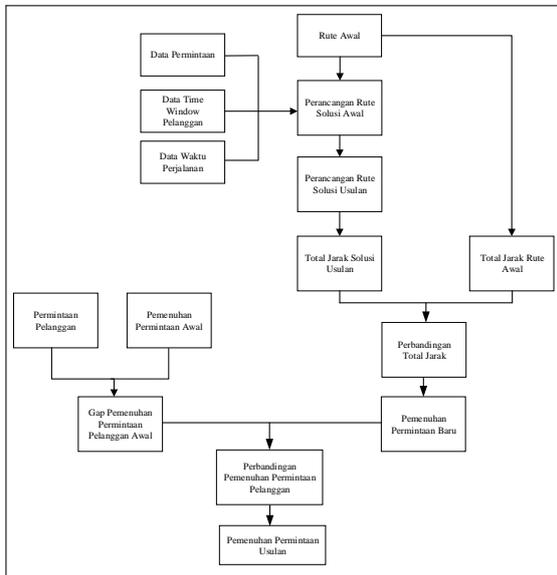
Dilihat pada Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa jenis produk yang dijual oleh PT. XYZ termasuk jenis produk yang musiman karena permintaan meningkat pada bulan – bulan tertentu. Untuk pengiriman langsung, hanya pelanggan yang berada di Jawa Barat yang di penuhi langsung oleh PT. XYZ menggunakan kendaraan sendiri. Lokasi pelanggan yang dipenuhi adalah Kabupaten Bandung, Kota Bandung, Cimahi, Purwakarta, Sumedang, Cirebon dan Pamanukan.

Tabel 3. Keterlambatan Pengiriman Daerah Bandung Tahun 2016

BULAN	JUMLAH PENGIRIMAN (Pengiriman)	JUMLAH TERLAMBAT (Pengiriman)
Januari	132	40
Februari	125	25
Maret	118	22
April	120	18
Mei	115	23
Juni	122	27
Juli	132	35
Agustus	130	38
September	105	20
Oktober	102	24

Pada tabel 3 jumlah pengiriman total pada bulan januari memiliki jumlah keterlambatan pengiriman terbanyak dibanding dengan bulan lainnya. Maka bulan januari dipilih sebagai data untuk dilakukannya penelitian.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metode Penelitian

Metode penelitian menjelaskan data yang dibutuhkan untuk melakukan perancangan usulan rute transportasi. Data kapasitas kendaraan dan data lokasi pelanggan menjadi langkah awal untuk menentukan perancangan jadwal pengiriman, selain itu di dukung juga oleh data ketersediaan kendaraan dan juga data *time window* setiap pelanggan tujuannya selain menentukan lokasi terdekat data *time window* juga diperhatikan agar

waktu penerimaan barang dan juga pengiriman barang sesuai dengan jadwal yang ditentukan oleh pelanggan. Selanjutnya dilakukan perancangan rute distribusi, yang didukung oleh data *history traffic* lokasi yang akan di lalui oleh kendaraan pengiriman yang juga didukung oleh biaya pengiriman. Selanjutnya perancangan rute distribusi usulan mempertimbangkan data rute ekisting untuk membandingkan rute terbaik dan peningkatan efektifitas dan minimasi biaya dalam perancangan pengaturan rute transportasi. Kemudian hasil usulan rute dan usulan biaya pengiriman menjadi *output* akhir dari model konseptual.

2.1 Pencarian Rute Awal

- Langkah pertama, menentukan lokasi dan *demand* pelanggan berdasarkan jarak terdekat pelanggan dengan lokasi terakhir kendaraan.
- Langkah kedua, memperbaharui ketersediaan kapasitas kendaraan, waktu perjalanan, waktu pelayanan, sisa *time windows* dan jarak tempuh kendaraan.
- Langkah ketiga, menentukan kriteria pelanggan berdasarkan sisa kapasitas kendaraan dan *time windows* pelanggan. *Demand* pelanggan tidak boleh melebihi sisa kapasitas kendaraan.

$$\sum_{h=1}^H \sum_{i=0}^M q_{ih} \sum_{j=1}^M x_{ij}^k \leq \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K Q_{kh} \quad (1)$$

waktu keberangkatan kendaraan di pelanggan *i* ditambah waktu tempuh kendaraan dari titik *i* ke *j* tidak lebih dari waktu kedatangan kendaraan di pelanggan *i*.

$$P_i + t_{ij} + S(1 - x_{ij}^{kp}) \leq a_j \quad (2)$$

waktu kedatangan kendaraan harus pada rentang waktu *time window* pelanggan.

$$O_{ti} \leq S_{ik} \leq c_{ti} \quad (3)$$

Jika pelanggan terdekat tidak memenuhi kedua pembatas tersebut, maka pilih pelanggan terdekat kedua lalu dilakukan pengecekan ulang pembatas.

- Langkah keempat, melakukan pengecekan ketersediaan pelanggan terdekat yang belum dilayani. Lakukan kembali langkah pertama hingga semua pelanggan terlayani dan semua kendaraan digunakan. Kendaraan yang digunakan harus kembali pada titik akhir yaitu *distribution center*.

2.2 Perhitungan Solusi Usulan

Langkah 1, proses pengkodean adalah proses perubahan data ke dalam bentuk individu menjadi sebuah kode. Pengkodean yang digunakan pada penelitian ini adalah pengkodean biner dengan nilai 0 dan 1.

Langkah 2, proses seleksi adalah proses menentukan individu yang akan dipilih untuk dilakukan proses rekombinasi. Langkah awal yang dilakukan dalam proses seleksi adalah pencarian nilai *fitness*. Proses seleksi pada penelitian ini menggunakan proses seleksi dengan ranking dengan cara menetapkan suatu nilai dan diurutkan berdasarkan ukuran *fitness*.

Langkah 3, proses rekombinasi adalah proses menyilangkan dua kromosom sehingga membentuk kromosom yang baru. Kromosom yang baru diharapkan menjadi lebih baik dari kromosom awal. Pada penelitian ini rekombinasi yang dilakukan menggunakan rekombinasi banyak titik untuk menghasilkan kromosom yang baru.

Langkah 4, proses mutasi adalah proses penambahan nilai acak yang kecil dengan probabilitas rendah pada variabel keturunan, peluang mutasi mengendalikan banyaknya gen yang akan muncul lagi. Pada penelitian ini mutasi yang dilakukan adalah mutasi biner dengan cara mengganti satu atau beberapa nilai gen dari sebuah kromosom, semakin besar mutasi maka akan semakin banyak gen yang muncul.

Langkah 5, Proses elitisme proses seleksi dilakukan secara random sehingga tidak ada jaminan bahwa suatu individu yang bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Walaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai *fitness*nya menurun) karena proses pindah silang. Oleh karena itu, untuk menjaga agar individu bernilai *fitness* tertinggi tersebut tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa kopinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan yang terjadi pada kondisi saat ini dirumuskan menjadi model matematis dengan tujuan meminimasi biaya transportasi dengan cara meminimasi jarak pengiriman sehingga dapat meminimasi keterlambatan di PT. XYZ. Rumusan model matematis adalah sebagai berikut :

i = indeks notasi, *i* = 1,2,3,4, ..., *n* adalah pelanggan atau *Distribution Center* yang memulai kegiatan distribusi

j = Indeks notasi, *j* = 1,2,3,4, ..., *n* adalah pelanggan atau *Distribution Center* yang memulai kegiatan distribusi

k = Indeks notasi, *k* = 1,2,3,4, ..., *n* adalah jenis kendaraan yang digunakan

Parameter:

f^k = Biaya tetap setiap jenis kendaraan (*Rp*)

c_{ij}^k = Biaya dari titik *i* ke *j*

r_j = Biaya tentatif di lokasi tujuan

q = *Demand* (*Kg*)

Q_k = Kapasitas angkut kendaraan (*Kg*)

y_k = Variabel keputusan setiap penggunaan jenis kendaraan

d_{ij} = Jarak dari titik *i* ke *j* (*m*)

t_{ij} = Waktu tempuh kendaraan dari titik *i* ke *j*

t_{ij} = Waktu tempuh kendaraan dari titik *i* ke *j*

ot_i = Batas awal *time window* di titik *i*

ct_i = Batas akhir *time window* di titik *i*

a_i = Kedatangan kendaraan di pelanggan *i*

p_i = Keberangkatan kendaraan di pelanggan *i*

S = Bilangan riil yang bernilai sangat besar

Variabel Keputusan :

x_{ij}^k = 1, Jika rute *i* ke *j* menggunakan kendaraan *k*

= 0, lainnya

y_k = 1, Jika kendaraan *k* digunakan untuk melakukan perjalanan

= 0, lainnya

Fungsi Tujuan :

$$\min \sum_{k=1}^T f_k y_k + \sum_{k=1}^T \sum_{j=0}^M \sum_{i=0}^M (c_{ij} + r_j) x_{ij}^k$$

Fungsi tujuan menjelaskan tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimasi biaya transportasi yang disebabkan karena jarak tempuh pendistribusian barang sehingga terjadi keterlambatan karena pengiriman melebihi *time window* yang ditetapkan pelanggan. Dimana f_k adalah biaya tetap kendaraan dan y_k adalah variabel keputusan setiap penggunaan jenis kendaraan ditambah dengan c_{ij} biaya dari titik *i* ke *j*, r_j biaya tentatif di lokasi tujuan dan x_{ij}^k adalah rute dari *i* ke *j* dengan menggunakan kendaraan *k*.

3.1 Hasil Penentuan Solusi Awal

Hasil penentuan solusi awal menghasilkan rute sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Rute Solusi Awal

HASIL SOLUSI AWAL										
RUTE 1										
1	4	3	6	22	1					
RUTE 2										
1	18	19	11	10	8	2	28	14	25	1
RUTE 3										
1	15	29	30	34	7	31	24	21	5	1
RUTE 4										
1	12	20	23	17	27	16	1			

RUTE 5							
1	13	26	9	32	33	1	

Dari hasil tersebut total jarak yang dihasilkan solusi awal dengan menggunakan metode *nearest neighbour* terdapat pada tabel 5 :

Tabel 5. Hasil Total Jarak Solusi Awal

RUTE	JARAK
1	21,5 km
2	29,1 km
3	91,3 km
4	31 km
5	83,2 km
TOTAL	256,1 km

Hasil total jarak solusi awal terdapat pada tabel 5, menjelaskan bahwa rute 1 menjadi 21,5 km, rute 2 29,1 km, rute 3 91,3 km, rute 4 31 km, dan rute 5 83,2 km. Dengan total jarak pengiriman sebesar 256,1 km dilakukan optimasi menggunakan algoritma genetika menjadi rute solusi usulan.

3.2 Hasil Penentuan Rute Solusi Usulan

Hasil proses perubahan rute menggunakan algoritma genetika setelah melalui tahapan – tahapan dalam perancangan rute menggunakan algoritma genetika, rute solusi usulan menjadi alternatif rute yang bisa diterapkan oleh PT.XYZ untuk melakukan pengiriman barang. Hasil perbaikan rute dengan menggunakan algoritma genetika menghasilkan rute usulan terdapat pada tabel 6 :

Tabel 6. Hasil Penentuan Rute Solusi Usulan

RUTE 1	1	4	3	6	22	1		
RUTE 2	1	12	20	23	24	17	21	27
		16	13	1				
RUTE 3	1	25	30	34	7	31	33	32
		26	9	1				
RUTE 4	1	18	19	11	10	8	2	1
RUTE 5	1	15	28	29	14	5	1	

Total jarak rute solusi usulan dengan metode algoritma genetika terdapat pada tabel 7 :

Tabel 7. Jarak Total Rute Solusi Usulan

RUTE	JARAK TOTAL
1	21,5 km
2	34,7 km
3	108,9 km
4	14,6 km
5	34,8 km
TOTAL	214,5 km

Hasil total jarak solusi usulan pada tabel 7 jika dibandingkan dengan total jarak rute solusi awal, pada rute 1 tidak mengalami perubahan, untuk rute 2 mengalami peningkatan menjadi 34,7 km, untuk rute 3 mengalami peningkatan menjadi 108,9 km, sedangkan untuk rute 4 mengalami penurunan menjadi 14,6 km dan untuk rute 5 juga mengalami penurunan menjadi 34,5 km dengan total jarak berubah dari 256,1 km menjadi 214, 5 km.

4. ANALISIS DAN KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang dilakukan di PT. XYZ untuk permasalahan meminimasi biaya transportasi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil rute penelitian dengan menggunakan Algoritma Genetika adalah sebagai berikut :

Rute 1 : 1-4-3-6-22-1

Rute 2 : 1-12-20-23-24-17-21-27-16-13-1

Rute 3 : 1-25-30-34-7-31-33-32-26-9-1

Rute 4 : 1-18-19-11-10-8-2-1

Rute 5 : 1-15-28-29-14-5-1

Rute yang dihasilkan menjadi solusi usulan adalah sebesar 214,5km. Jika dibandingkan dengan rute awal menghasilkan penurunan total jarak dari rute awal (sebesar 327,8 km) menghasilkan penurunan sebesar 35% jarak total distribusi.

2. Dengan adanya penurunan jarak total distribusi juga mengakibatkan meurunnya total keterlambatan untuk rute awal sebanyak 5-6 lokasi/minggu menjadi 0. Sedangkan untuk pemenuhan pelanggannya dapat meningkatkan pemenuhan pelanggannya sebesar 459,7 kg/minggu. Persentase total pemenuhan permintaan meningkat dari 82,39% menjadi 94,89% /Bulan.
3. Penurunan jarak total distribusi juga berpengaruh terhadap penurunan biaya transportasi yakni sebesar 31%, dari total rute awal sebesar Rp.219.294/minggu menjadi Rp.150.955/minggu.

Adapun persentase biaya per rutenya adalah sebagai berikut :

Rute 1 : Biaya menurun sebesar 60%

Rute 2 : Biaya menurun sebesar 64%

Rute 3 : Biaya meningkat sebesar 25%

Rute 4 : Biaya menurun sebesar 60%

Rute 5 : Biaya menurun sebesar 38%

walaupun pada rute 3 terdapat peningkatan biaya sebesar 25%, namun secara total biaya transportasi tetap mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pujawan, I Nyoman. (2010). *Supply Chain Management*. Surabaya: Guna Wijaya
- Chase, Richard B & Jacobs, F.R. (2011). *Operations and Supply Chain Management*. New York : Mc Graw-Hill.
- Sri Nurhayanti, (2013). *Perbandingan Metode Branch And Bound Dengan Metode Clarke And Wright Saving Untuk Penyelesaian Masalah Distribusi Aqua Galon Di PT. Tirta Investama Yogyakarta*. Skripsi Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Michael Hugos (2003), *Essential of Supply Chain Management*.
- Sri Mulyono (2002), *Riset Operasi Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI*.
- Fesilia. (2008). *Model Vehicle Routing Problem With Multiple Trips And Intermediate Facility Menggunakan Algoritma Sequential Insertion*. Skripsi Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Nasution, H.M.N, (1996). *Manajemen Transportasi*. Jakarta : Ghalia Indonesia..
- Suprayogi, (2002). *Algoritma Sequential Insertion Untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem With Multiple Trips and Time Windows*. Jurnal Teknik dan Manajemen Teknik Industri, Laboratorium Perencanaan dan Optimasi Sistem Industri, Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Goldberg, D.E., (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*, New York: Addison-Wesley.
- Kusumadewi, S., dan H., Purnomo, (2005). *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*, Yogyakarta : Graha Ilmu,.
- Dimiyati, Tjutju Tarlih dan Dimiyati, Ahmad, (2004). *Operation Research (model –model pengambilan keputusan)*. Bandung : Sinar Baru Algesindo.
- Miranda dan Tunggal, (2001) : *Manajemen Logistik & Supply Chain Management*, Harvarindo.