

PERANCANGAN RUTE PENDISTRIBUSIAN PRODUK OBAT DENGAN MENGUNAKAN ALGORITMA TABU SEARCH PADA *VEHICLE ROUTING* *PROBLEM WITH TIME WINDOW* DI PT XYZ BANDUNG

Rifa Rizka Anisah¹, Dida Diah Damayanti², Budi Santosa³

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Email : ¹rifarizka@gmail.com ²didadiyah@telkomuniversity.ac.id ³bschulash@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ adalah perusahaan farmasi multinasional dan tumbuh menjadi distributor umum, tidak hanya dalam produk *ethical* tetapi juga berbagai produk konsumen, industri farmasi, kosmetik, dan makanan industri. Perusahaan ini mempunyai gudang sebagai tempat penyimpanan barang dan akan mendistribusikan barangnya untuk area dalam kota Bandung dan luar kota Bandung. PT. XYZ memiliki *customer* untuk bagian *ethical* mulai dari rumah sakit, apotek dan *outlet* kecil yang tersebar di seluruh bagian daerah. Permasalahan yang ada adalah PT. XYZ tidak dapat mendistribusikan semua permintaan pelanggan yang ada dan hal tersebut menimbulkan tingginya biaya transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi frekuensi keterlambatan PT XYZ dalam mendistribusikan barangnya dan meminimasi biaya transportasi.

Penelitian ini membahas VRP dasar dengan karakteristik *time window*, *multi trip* dan *multiple products*. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa VRP yang terjadi pada PT XYZ cukup kompleks sehingga permasalahan ini diselesaikan dengan pendekatan metaheuristik seperti Algoritma *Tabu Search*. Algoritma ini dimulai dengan pembangkitan populasi awal dengan menggunakan algoritma *nearest neighbour* yang kemudian dioptimalisasi menggunakan algoritma *Tabu Search*

Hasil dari algoritma ini dapat meminimumkan jarak tempuh, waktu tempuh, meminimasi frekuensi keterlambatan dan meminimasi biaya total transportasi sampai dengan 6.17%.

Kata Kunci: Transportasi, VRP, *Multiple Products*, *Time Window*, *Multi Trip*, Algoritma *Nearest Neighbour*, Algoritma *Tabu Search*.

Abstract

PT XYZ is a multinational pharmaceutical company and grew into a general distributor, not only in the product an *ethical* but also a variety of consumer products, pharmaceutical industry, cosmetic, and food industries. The company has a warehouse as a storage area for goods and will distribute the goods to areas in Bandung city and outside the city of Bandung. PT XYZ has a customer for an *ethical* starting from hospitals, pharmacies and small outlets spread across parts of the region. The problem is PT XYZ cannot distribute all requests to customers and raises the high cost of transportation. This research aims to minimizing the frequency of delays in PT XYZ to distributing the goods and minimizing the cost of transportation.

This research discusses the basic characteristic of the VRP with the *time window*, *multi trip* and *multiple products*. These characteristics indicate that the VRP is happening at PT XYZ quite complex, so this problem is solved with met heuristic approach as *Tabu Search Algorithm*. The algorithm begins with the generation of the initial population by using the nearest neighbor algorithm which is then optimized using the algorithm of *Tabu Search*

The results of this algorithm can be minimized a distance, travel time, minimizing the cost of transportation up to 6.17%.

Keywords – Transportation, VRP, *Multiple Products*, *Time Window*, *Multi Trip*, *Nearest Neighbor Algorithm*, *Tabu Search Algorithm*

1. Pendahuluan

PT. XYZ adalah perusahaan farmasi multinasional dan tumbuh menjadi distributor umum, tidak hanya dalam produk *ethical* tetapi juga berbagai produk konsumen, industri farmasi, kosmetik, dan makanan industri. Perusahaan ini mempunyai gudang sebagai tempat penyimpanan barang dan akan mendistribusikan barangnya untuk area dalam kota Bandung dan luar kota Bandung. Perkembangan teknologi dan inovasi dalam manajemen distribusi memungkinkan perusahaan untuk menciptakan kecepatan waktu kirim serta efisiensi yang tinggi dalam jaringan distribusi. Setiap pengiriman barang yang dilakukan, aktivitas penerimaan barang hanya diterima pada jam-jam tertentu saja atau dikenal dengan istilah *time window*, sehingga apabila *driver* telah tiba di tujuan namun sudah tidak masuk ke dalam jam penerimaan barang maka kendaraan *driver* harus kembali ke

perusahaan dan melakukan pengiriman di keesokan harinya. Kondisi seperti ini merupakan suatu pemborosan, menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Tabel 1 Data frekuensi keterlambatan pengiriman Juli – November 2015

Bulan	Frekuensi Pengiriman	Frekuensi Keterlambatan	Pencapaian Pengiriman
Juli	124	8	93.15%
Agustus	154	9	94.20%
September	136	7	94.9%
Oktober	149	7	95.3%
November	133	9	93.2%
Rata-rata			94.15%

Target perusahaan adalah 98% sedangkan setiap bulannya perusahaan masih sering mengalami keterlambatan pengiriman. Keterlambatan pengiriman terjadi karena disebabkan beberapa faktor yang telah diidentifikasi yaitu proses *loading* barang yang terjadi dari truk ke gudang ataupun dari gudang ke truk. Meskipun *driver* sudah mendapatkan surat jalan untuk melakukan pengiriman dengan tepat waktu, belum tentu *driver* bisa langsung berangkat ke tiap *outlet*. Hal ini dikarenakan terjadinya *loading* barang yang cukup lama dan menyebabkan *driver* harus menunggu karena jalan yang dilalui untuk keluar dari perusahaan hanya muat untuk satu mobil saja. Menurut Suprayogi tahun 2003, terdapat 11 karakteristik dalam VRP dan berdasarkan analisis, permasalahan pada PT XYZ merupakan VRP dengan karakteristik *multi trip*, *multi products*, dan *time window*. Oleh sebab itu diperlukan pengendalian rute distribusi untuk mengurangi kerugian pada sisi perusahaan. Penelitian ini akan membahas tentang penentuan rute untuk meminimasi frekuensi keterlambatan dan meminimalkan biaya transportasi.

1. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen dan Transportasi

Secara umum fungsi distribusi dan transportasi pada dasarnya adalah menghantarkan produk dari lokasi dimana produk tersebut diproduksi sampai dimana mereka akan digunakan. Manajemen transportasi mencakup baik aktivitas fisik yang secara kasat mata bisa kita saksikan seperti menyimpan dan mengirim produk, maupun fungsi non-fisik yang berupa aktivitas pengolahan informasi dan pelayanan kepada pelanggan (Pujawan, 2005).

2.1.2 Vehicle Routing Problem

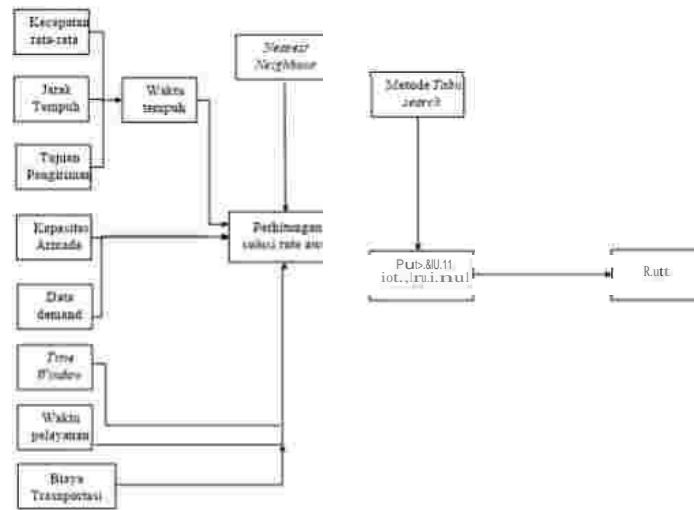
VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Istilah *customer* digunakan untuk menunjukkan pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang (Toth dan Vigo, 2002).

2.1.3 Metode Algoritma Tabu Search

Tabu Search diperkenalkan oleh Fred Glover pada tahun 1986, yang setuju dengan metode *Local Search* untuk memecahkan masalah *local optima*. Prinsip dasar *Tabu Search* adalah untuk mengikuti kemampuan *Local Search* bertemu sebuah *local optimum* dengan cara membiarkan *nonimproving* bergerak kembali ke solusi sebelumnya yang dicegah dengan menggunakan memori yang disebut dengan *Tabu List*, yang merekam sejarah terbaru, sebuah ide kunci yang bisa dihubungkan dengan konsep intelegensia buatan. *Tabu List* yang ada pada *Tabu Search* digunakan untuk menyimpan sekumpulan solusi yang baru saja dievaluasi. Selama proses optimasi, pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dicocokkan terlebih dahulu dengan isi *Tabu List* (Suyanto, 2004).

2.2 Model Konseptual

Pemecahan masalah menggunakan algoritma *Tabu Search* akan membutuhkan beberapa parameter masukan seperti data *demand* tiap *outlet*, data kapasitas armada, data jarak dari depot ke *outlet*, data kecepatan rata-rata armada, data waktu pelayanan, data *time window*, biaya transportasi dan data jarak antar *outlet*. Data tersebut digunakan sebagai masukan untuk dilakukan pembentukan model matematis yang sesuai pada permasalahan yang terdiri dari fungsi tujuan dengan memperhatikan pembatas yang ada. Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode *heuristik* melalui Algoritma *Nearest Neighbour* untuk menentukan solusi awal permasalahan. Setelah itu, data tersebut kemudian dilakukan optimalisasi menggunakan algoritma *Tabu Search*. Dari hasil iterasi menggunakan algoritma tersebut akan didapat hasil rute pendistribusian yang optimal dengan waktu pengiriman yang lebih sedikit serta jumlah kendaraan yang optimal.



Gambar 3 Model Konseptual

2. Pembahasan

Perhitungan akan menggunakan data pengiriman pada produk obat ke apotik dan rumah sakit daerah kota Bandung. Adapun data yang harus dipenuhi dalam melakukan perhitungan menggunakan metode *Tabu Search*

a) Demand

Tabel 2 Demand

Kode	Nama Customer	Jumlah Demand (liter)
T001	AP. 55	660
T002	AP. ABADI FARMA	297
T003	AP. CINTA SEHAT 24	594
T004	AP. EBAH FARMA	660
T005	AP. EBZ KOPO LESTARI	396

b) Kapasitas Kendaraan

Tabel 3 Kapasitas kendaraan

Jenis Kendaraan	Jumlah (unit)	Kapasitas Volume	Kapasitas Berat
Pick-up	3	5	1000 Kg

c) Time Window

Tabel 4 Time Window

Kode	Lokasi	Nama Customer	Time Window	
			Jam Buka	Jam Tutup
T001	Jl. Peta no. 73	AP. 55	09.00	17.00
T002	Jl. Leuwipanjang no. 21	AP. Abadi Farma	09.00	17.00
T003	Jl. BKR no 177	AP. Cinta Sehat 24	09.00	17.00
T004	Jl. Inhoftank no. 31b	AP. Ebah Farma	09.00	17.00

d) Waktu Pelayanan

Tabel 5 waktu pelayanan

kode	Nama costumer	Jmlah demand (l)	Waktu bongkar(m)	Sortir barang (m)	Total waktu pelayanan (m)
T001	Ap. 55	660	19,80	5	24,800
T002	AP. Abadi farma	297	8,91	5	13,910
T003	AP. Cinta sehat	594	17,82	5	22,820
T004	AP. Ebah farma	660	19,80	5	24,800
T005	AP. Ebz kopo	396	11,88	5	16,880

e) Model Matematis

Indeks: i = indeks notasi, $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah *outlet / distribution centre* yang memulai kegiatan distribusi.

j = indeks notasi, $j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah *outlet / distribution centre* yang memulai kegiatan distribusi.

k = indeks notasi, $k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah jenis kendaraan yang digunakan.

Parameter : x_{ij}^k = Variabel keputusan

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

f_k = Biaya tetap setiap jenis kendaraan (Rp)

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

r_j = Biaya tentatif di *customer* atau lokasi tujuan

x_{ij}^k = Variabel keputusan setiap penggunaan jenis kendaraan

S_{ik} = Waktu pelayanan di titik i menggunakan kendaraan k (Mnt)

t_{ij} = Waktu tempuh kendaraan dari titik i ke j (menit)

ot_i = Batas awal *time window* di titik i (menit)

ct_i = Batas akhir *time window* di titik i (menit)

q = demand dari konsumen (Demand dalam m^3)

Q_k = Kapasitas angkut kendaraan (m^3)

S = Bilangan riil yang bernilai sangat besar.

a = Kedatangan kendaraan di *customer*

p_i = Keberangkatan kendaraan dari *customer* i .

Fungsi Tujuan :

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

Dengan kendala-kendala :

$$\sum_{j=0}^M x_{ij}^k = 1 \quad \forall i=1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k$$

Kendala (1) memastikan hanya ada satu rute yang terpilih dan juga setiap rute yang ada berawal dari depot, dinotasikan dengan $i = 0, 1, 2, \dots, M$. dimana 0 merupakan depot dan M merupakan himpunan tujuan atau *outlet customer*.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k = 1 \quad \forall j=1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k$$

Kendala (2) menunjukkan hanya ada satu rute yang terpilih dan setiap rute i ke j akan di akhiri dengan depot yang berarti kendaraan akan kembali ke depot setelah mendistribusikan barang, dinotasikan dengan $j = 0, 1, 2, \dots, M$. dimana 0 merupakan depot dan M merupakan himpunan tujuan atau *outlet customer*.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^k - \sum_{k=0}^M x_{ij}^k = 0 \quad \forall i=1, 2, \dots, n \quad \forall j=1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k$$

Kendala (3) menjelaskan bahwa dalam rute yang terbentuk, setiap *customer* dikunjungi sekali saja dan kendaraan akan meninggalkan *customer* tersebut untuk menuju ke *customer* berikutnya.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M \sum_{j=1}^n x_{ij}^k \leq \sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k$$

Kendala (4) menjamin bahwa permintaan dari setiap *customer* untuk setiap satu rute tidak akan melebihi kapasitas armada angkut yang digunakan.

$$p_i + t_{ij} + S(1 - x_{ij}^k) \leq a_j$$

Kendala (5) menjelaskan bahwa waktu kedatangan di *customer*- j adalah hasil dari waktu keberangkatan dari *customer*- i ditambah dengan waktu tempuh dari rute i ke j .

$$p_i \leq p_j \leq p_i + t_{ij} \quad (IV.8)$$

Kendala (6) menjelaskan bahwa waktu kedatangan di *customer* i harus berada di selang waktu *time window*, sehingga waktu pelayanan dilakukan pada rentang *time window* tersebut.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0}^M x_{ij}^k \leq 1 \quad \forall i=1, 2, \dots, n$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \binom{r}{k} \binom{r}{l} x^k y^l = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \binom{r}{k} \binom{r}{l} x^k y^l \\
 & \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \binom{r}{k} \binom{r}{l} x^k y^l = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \binom{r}{k} \binom{r}{l} x^k y^l
 \end{aligned}$$

Kendala (7) dan (8) memungkinkan bahwa kendaraan dapat melakukan perjalanan menuju lokasi konsumen paling banyak tiga kali. Kendaraan k memulai rute r+1 setelah rute r selesai dan berakhir kembali ke gudang.

$$x_{kr} \in \{0,1\}, \forall k=0,1, \dots, K, r=1, \dots, R$$

$$y_{kr} \in \{0,1\}, \forall k=1, \dots, K$$

Pembatas (9) dan (10) menunjukkan bahwa nilai dari setiap variabel keputusan ialah 0 atau 1.

f) Pengolahan data rute distribusi

Dari pengolahan data menggunakan algoritma *nearest neighbor*, diperoleh rute yang telah diurutkan berdasarkan jarak dan mempertimbangkan kendala waktu dan kapasitas. Perhitungan tersebut dengan melakukan iterasi sebanyak 20 kali pada satu kendaraan. Contoh penerapan iterasi 1-2 sebagai berikut :

Iterasi 1

Tabel 6 iterasi 1

Trip 1					
Kendaraan : Mobil box R3					
Urutan	1				
Toko	Depot				
Kapasitas (L)	5000				
Muatan (L)	0				
Demand (L)	-				
Waktu Pelayanan	0				
Waktu Tempuh	0				
Jam Tiba	0				
Jam Berangkat	09.00.00				

Iterasi 2

Tabel 7 iterasi 2

Trip 1					
Kendaraan : Mobil box R3					
Urutan	1	2			
Toko	Depot	22			
Kapasitas (L)	5000	3944			
Muatan (L)	0	1056			
Demand (L)	-	1056			
Waktu Tempuh	0	00.04.06			
Waktu Pelayanan	0	00.36.40			
Jam Tiba	0	09.04.06			
Jam Berangkat	09.00.00	09.40.46			

Proses dilakukan terus menerus dengan syarat apabila kapasitas kendaraan sudah penuh maka pengiriman barang dihentikan dan kendaraan kembali lagi ke depot untuk mengambil *demand* baru dengan keadaan perulangan 3 kali dan memperhatikan waktu *time window*. Urutan rute yang dihasilkan dari ketiga kendaraan adalah sebagai berikut :

Tabel 8 hasil rute *nearest neighbour*

Tur	Kendaraan	Jenis	Rute							
			1	38	33	34	42	9	17	4
1	R1	Mobil Box	54	55	1	56	48	26	24	25
			12	23	28	1	35	37	1	
			1	47	44	36	51	49	50	27
2	R2	Mobil Box	29	30	1	52	32	53	39	43
			46	1	8	7	40	45	1	
			1	22	21	19	13	11	10	
3	R3	Mobil Box	1	16	18	5	2	3	20	
			14	15	41	1	6	31	1	

g) Perhitungan jarak tempuh dan waktu tempuh *nearest neighbour*

Tabel 9 hasil jarak tempuh dan waktu tempuh *nearest neighbour*

Kendaraan	Waktu Tempuh (Jam)	Jarak Tempuh (Km)
R1	7.00	40.4
R2	7.28	43.3
R3	7.52	46.25
Total	21.81	130.0

Setelah melakukan perhitungan dengan algoritma *nearest neighbour*, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan algoritma *Tabu Search*. Penggunaan Algoritma *Tabu Search* untuk memperoleh solusi yang lebih baik. Hal ini dikarenakan pada solusi awal penentuan solusi dapat terjebak dalam solusi sebagian (*local optimum*).

Perhitungan ini menggunakan solusi awal yang diperoleh sebelumnya untuk memperoleh solusi terbaik yang ada pada keseluruhan solusi (*Global Optimum*), serta bantuan dari sebuah aplikasi MATLAB versi 2011.

Output dari hasil pengolahan data dengan menggunakan Algoritma *Tabu Search* adalah urutan rute pengiriman barang yang baru dengan total jarak tempuh yang lebih optimal daripada total jarak tempuh yang dihasilkan pada solusi awal. *Output* rute pengiriman dengan Algoritma *Tabu Search* memiliki iterasi sebanyak 15. Rute yang dihasilkan langsung diubah kedalam bentuk Ms.Excel beserta jarak yang ditempuh setiap rutenya.

Tabel 10 hasil urutan rute dengan algoritma *tabu search*

Tur	Kendaraan	Jenis	Rute							
			1	44	36	51	49	50	26	27
1	R1	Mobil Box	28	29	1	30	31	52	32	53
			37	39	35	1	8	3	1	
			1	23	21	22	20	47	11	10
2	R2	Mobil Box	1	16	18	19	13	14	15	
			12	45	1	43	6	7	1	
			1	46	41	55	56	38	33	
3	R3	Mobil Box	34	40	42	1	9	17	5	
			2	4	54	48	24	25	1	

Menunjukkan rute baru dari perhitungan algoritma *Tabu Search*. Adapun jarak yang harus ditempuh dan waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pengiriman berdasarkan rute pada solusi algoritma *Tabu Search* diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 11 jarak dan waktu tempuh *tabu search*

Kendaraan	Waktu Tempuh	Jarak Tempuh
R1	6.43	37.1
R2	6.02	30.9
R3	6.25	36.4
Total	19.36	104.4

Selanjutnya dilakukan analisis biaya terhadap transportasi. Analisis ini melakukan perhitungan yang serupa dengan analisis biaya transportasi. Namun, pada analisis ini akan melakukan perhitungan jarak yang berasal dari pengolahan pada aplikasi MATLAB 2011 dengan menggunakan metode *Tabu Search*.

Setelah dilakukan iterasi sebanyak 15 kali, diperoleh urutan rute terbaik dengan nilai rutenya sebesar 234.888. Jumlah kendaraan yang digunakan adalah 3 dengan total waktu tempuh keseluruhan 19,36 jam. Maka diperoleh solusi global untuk pencarian rute dengan Algoritma *Tabu Search*.

h) Analisis pemenuhan *demand*

Tabel 12 pemenuhan *demand*

Kendaraan	Jenis	Volume Demand Terangkut		
		Perjalanan 1	Perjalanan 2	Perjalanan 3
R1	Mobil Box	4884	4620	891
R2	Mobil Box	4488	4686	1155
R3	Mobil Box	4620	4785	-

i) Biaya transportasi

Tabel 13 biaya transportasi

Kondisi	Tetap			Total Biaya
	Mobil Box (R1)	Mobil Box (R2)	Mobil Box (R3)	
Eksisting	Rp 41,444	Rp 41,444	Rp 41,444	Rp 124,333
Usulan	Rp 41,444	Rp 41,444	Rp 41,444	Rp 124,333
Penurunan	0	0	0	
Kondisi	Variabel			Total Biaya
	Mobil Box (R1)	Mobil Box (R2)	Mobil Box (R3)	
Eksisting	Rp 25,034	Rp 32,166	Rp 34,357	Rp 91,557
Usulan	Rp 24,560	Rp 22,954	Rp 27,040	Rp 74,554
Penurunan	1.9%	28.6%	21.3%	
Kondisi	Variabel	Tentatif	Total Biaya	Total Biaya
	Mobil Box (R1)	Mobil Box (R2)	Mobil Box (R3)	
Eksisting	Rp 18,000	Rp 6,000	Rp 12,000	Rp 36,000
Usulan	Rp 12,000	Rp 12,000	Rp 12,000	Rp 36,000
Penurunan	33.3%	-50.0%	0	
			Total Eksisting	Rp 251,890
			Total Usulan	Rp 234,888

3. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan dan dilakukan pengolahan menggunakan metode algoritma *Tabu Search* perancangan rute distribusi dengan tujuan meminimasi frekuensi keterlambatan dan meminimalkan biaya transportasi mengalami keadaan eksisting total jarak tempuh kendaraan adalah 129,95 Km, sedangkan pada rute yang diusulkan total jarak yang harus ditempuh kendaraan adalah 104,4 Km. Total biaya yang dihasilkan oleh algoritma *Tabu Search* sebesar Rp 234,888 dan terjadi penurunan biaya sebesar Rp 17,003 atau sebesar 6,75% jika dibandingkan dengan total biaya eksisting.

Daftar Pustaka

- Pujawan, Nyoman. (2005). *Supply Chain Management*. Surabaya : Gunawidya
- Suprayogi. 2003. Algoritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem with Multiple Trips and Time Windows. *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, Vol.23, No.3, pp. 30-46