

USULAN JADWAL DAN RUTE PENDISTRIBUSIAN BBM PADA VRP MULTITRIP, SPLIT DELIVERY, TIME WINDOW, DAN HETEROGENEOUS FLEET MENGGUNAKAN ALGORITMA TABU SEARCH UNTUK MENGURANGI TOTAL BIAYA OPERASIONAL PENGIRIMAN (STUDI KASUS DI PT KLM)

PROPOSED SCHEDULE AND DISTRIBUTION ROUTE FOR FUEL OIL ON VRP MULTITRIP, SPLIT DELIVERY, TIME WINDOW, AND HETEROGENOUS FLEET USING TABU SEARCH ALGORITHM TO REDUCE TOTAL OPERATIONAL COST OF SHIPPING (STUDY CASE IN PT KLM)

Ony Azwida Sari¹, Dida Diah Damayanti², Budi Santosa³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹onyazwidasari@student.telkomuniversity.ac.id, ²didadiah@telkomuniversity.ac.id, ³bschulasoh@gmail.com

Abstrak

PT KLM merupakan salah satu mitra dari PT PERTAMINA yang melakukan kegiatan berupa pendistribusian bahan bakar minyak jenis HSD (*Head Speed Diesel*) Solar dari DEPOT milik PT PERTAMINA untuk didistribusikan ke PLTD. Berdasarkan data pada bulan Juli-Desember 2016 milik PT KLM bahwa terjadi permasalahan, dimana terjadinya keterlambatan dalam pengiriman bahan bakar minyak sehingga menyebabkan pengeluaran biaya pinalty. Penyebab terjadinya keterlambatan ialah waktu dan jarak tempuh yang tidak efisien karena belum adanya jadwal dan rute pendistribusian yang tepat.

Dalam mendistribusikan bahan bakar minyak tersebut, PT KLM memiliki armada transportasi berupa mobil tanki sejumlah 9 buah dengan 2 varian kapasitas. Maka permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan karakteristik *time window*, *multiple trip*, *split delivery*, dan *heterogenous fleet*. Pada karakteristik tersebut menunjukkan bahwa permasalahan VRP yang dihadapi oleh PT. KLM cukup kompleks, sehingga harus diselesaikan dengan pendekatan metaheuristik berupa algoritma *Tabu Search*. Dengan solusi awal berupa algoritma *Nearest Neighbor*.

Hasil dari perhitungan algoritma tersebut dapat mengurangi jarak tempuh dan waktu tempuh sebesar 9,4%, meminimasi keterlambatan, penurunan biaya total operasional pengiriman hingga 16,27%, serta penurunan jumlah kendaraan yang digunakan sebesar 12,5%.

Kata Kunci : *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Time Window*, *Heterogeneous Fleet*, *Multiple Trip*, *Split Delivery*, *Algoritma Nearest Neighbor*, *Algoritma Tabu Search*.

Abstract

PT KLM is one of the partners of PT PERTAMINA who conducts activities in the form of distribution of fuel of HSD (*Head Speed Diesel*) Solar from depot owned by PT PERTAMINA to be distributed to PLTD. Based on data in July-December 2016 owned by PT KLM that there is a problem, where the occurrence of delay in the delivery of fuel oil causing the expense of pinalty expenses. The cause of delay is the time travel and distance is not efficient because there is no schedule of the appropriate distribution routes.

In distributing fuel oil, PT KLM has a fleet of 9 tankers with 2 variants of capacity. So, this problem can be solved by using *Vehicle Routing Problem* (VRP) approach with characteristics of *time window*, *multiple trip*, *split delivery*, and *heterogenous fleet*. On these characteristics indicate that the problem of VRP faced by PT KLM is quite complex, so it must be solved with a metaheuristic approach in the form of *Tabu Search Algorithm*, with the initial solution of *Nearest Neighbor Algorithm*.

The result of the algorithm calculation can reduce the mileage and time travel by 9,4%, minimize the delay, decrease the total shipping operational cost up to 16,27%, and decrease the number of vehicles used by 12,5%.

Key Words : *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Time Window*, *Heterogeneous Fleet*, *Multiple Trip*, *Split Delivery*, *Nearest Neighbor Algorithm*, *Tabu Search Algorithm*.

1. Pendahuluan

PT KLM merupakan salah satu mitra dari PT. Pertamina yang melakukan kegiatan berupa pendistribusian bahan bakar minyak jenis Solar HSD (*Head Speed Diesel*) dari depot milik PT Pertamina untuk didistribusikan ke PLTD milik PT PLN di wilayah Kalimantan Barat khususnya kabupaten Sanggau. Dalam mendistribusikan bahan bakar minyak tersebut, PT KLM memiliki armada transportasi berupa mobil tanki sejumlah 9 buah dengan 2 varian kapasitas, yaitu kapasitas berukuran 8000 Liter dan kapasitas 16000 Liter. Perusahaan melakukan kegiatan distribusi bahan bakar minyak ke beberapa titik untuk setiap harinya. Pada setiap pengiriman, mobil tanki harus melakukan pengisian bahan bakar minyak jenis Solar HSD (*Head Speed Diesel*) di DEPOT milik PT PERTAMINA terlebih dahulu. Pengisian bahan bakar kedalam tanki memakan waktu sekitar 25 menit untuk setiap tanki berkapasitas 8000 liter. Setelah melakukan pengisian di depot, maka mobil tanki harus mengirimkan bahan bakar minyak tersebut ketujuan pengiriman dan harus kembali ke depot awal untuk melakukan pengisian ulang bahan bakar untuk pengiriman selanjutnya. Permasalahan yang dimiliki oleh PT KLM ialah terjadinya keterlambatan dalam pengiriman yang menyebabkan pengeluaran biaya pinalty.

Tabel 1 Data Frekuensi Keterlambatan Pengiriman Tahun 2016

Bulan	Frekuensi Pengiriman	Frekuensi Keterlambatan	Pencapaian Pengiriman
Juli	413	48	88,38%
Agustus	409	63	84,60%
September	402	56	86,07%
Oktober	408	62	84,80%
Nopember	399	55	86,22%
Desember	418	71	83,01%
Rata-rata			85,51%

Keterlambatan diakibatkan karena belum adanya penjadwalan serta rute keberangkatan armada yang optimal pada pendistribusian yang dilakukan oleh perusahaan. Selain itu adanya *time window* (waktu jendela buka tutup) pada titik tujuan mengakibatkan aktivitas pengiriman barang harus dilakukan dengan cepat. Jika melebihi batas atas *time window* maka pengiriman saat itu akan dikenakan pinalty namun bahan bakar minyak tetap bisa melakukan pengiriman. Biaya pinalty yang dikeluarkan merupakan 18% dari total biaya pengiriman yang terlambat saat pengiriman berlangsung.

Pada penelitian sebelumnya, masalah VRP dengan karakteristik *Multiple Trip*, *Time Window*, dan *Multiple Product* yang bertujuan untuk meminimasi frekuensi keterlambatan serta meminimasi biaya transportasi dengan menggunakan Algoritma *Nearest Neighbor* dan *Tabu Search* ^[1]. Selanjutnya penggunaan terdapat metode heuristik yaitu *Scatter Search* untuk memecahkan masalah yang bertujuan untuk meminimasi biaya transportasi dengan permasalahan VRP *Time Window*, *Split Delivery*, dan *Heterogeneous Fleet* ^[2]. Sementara penggunaan algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan VRP berkarakteristik *Multi Trip*, *Time Window* dan *Heterogeneous Fleet* dengan tujuan meminimasi waktu pengiriman serta meminimasi keterlambatan pengiriman ^[3]. Selain itu, penggunaan algoritma *Nearest Neighbor* dan algoritma *Tabu Search* dalam penelitiannya juga untuk memecahkan masalah VRP dengan karakteristik *Fleet Size and Mix*, *Time Window*, *Multiple Product*, *Multi Trip*, dan *Time Dependent* ^[4].

Berdasarkan uraian tersebut, maka permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik yaitu algoritma *Nearest Neighbor* sebagai solusi awal yang akan dioptimalkan menggunakan metode metaheuristik yaitu algoritma *Tabu Search* sebagai solusi akhir melalui pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan karakteristik *time window*, *multiple trip*, *split delivery*, dan *heterogenous fleet*, dimana sebelumnya telah dipaparkan bahwa terdapat beberapa varian VRP yang telah dikembangkan, diantaranya adalah ^[5]:

1. VRP with *Time Windows*

Pada karakteristik VRP dengan *time window*, dimana *time window* merupakan rentang waktu yang telah ditetapkan oleh *customer* dan depot (DC) yang mana aktivitas hanya boleh dilakukan pada rentang waktu tersebut.

2. VRP with *Split Delivery*

Pada karakteristik VRP ini, diperbolehkannya *customer* dilayani oleh lebih dari satu kendaraan. Pada umumnya VRP standar setiap *customer* hanya dapat dilayani oleh satu kendaraan.

3. VRP with *Multiple Trips*

Karakteristik pada VRP ini ialah memungkinkan kendaraan untuk melakukan pengantaran lebih dari satu kali rute. Dimana kendaraan setelah melakukan satu rute kembali ke depot dan kemudian melakukan rute selanjutnya.

4. VRP with *Heterogenous Fleet of Vehicle*

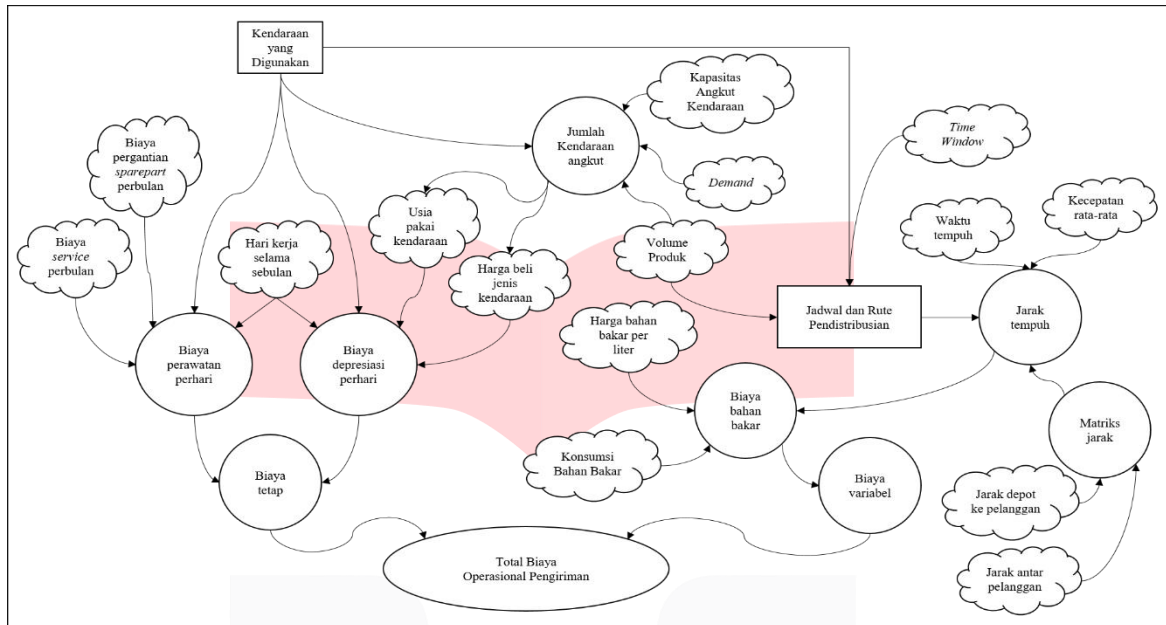
Karakteristik pada VRP ini adalah tersedianya berbagai macam jenis kendaraan dengan kapasitas, tipe dan jumlah yang berbeda.

Penelitian ini selanjutnya akan membahas mengenai penentuan jadwal dan rute pendistribusian untuk mengurangi frekuensi keterlambatan, waktu tempuh, dan jarak tempuh yang berbanding lurus dengan pengurangan total biaya operasional pengiriman, serta penurunan jumlah kendaraan yang digunakan.

2. Model Penjadwalan dan Rute Pendistribusian Bahan Bakar Minyak di PT KLM

2.1 Influenced Diagram

Penyelesaian masalah menggunakan algoritma *Tabu Search* membutuhkan beberapa parameter serta komponen yang digunakan sebagai *input* serta *output* seperti yang digambarkan dalam *influenced diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Influenced Diagram

2.2 Model Matematis

Model matematis merupakan perumusan model permasalahan pendistribusian bahan bakar minyak secara matematis dengan mengacu pada pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Pada penelitian ini penulis merujuk referensi dari model yang digunakan oleh Rizka, R^[1] dengan model karakteristik VRP berupa *Multi Trip*, *Time Window*, dan *Heterogenous Fleet*. Serta referensi model yang digunakan oleh Belfiore, P^[2] dengan karakteristik VRP berupa *Split Delivery*, *Time Window*, dan *Heterogenous Fleet*. Berikut ini merupakan uraian perumusan model matematis pada penelitian ini :

Indeks :

i = indeks notasi, $i = 1,2,3,4, \dots, n$ adalah *Customer / Distribution Centre* yang memulai kegiatan distribusi

j = indeks notasi, $j = 1,2,3,4, \dots, n$ adalah *Customer / 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 setiap rute yang dipilih

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

f_k = Biaya tetap setiap jenis kendaraan (Rp)

c_{ij}^k = Biaya variabel dari *customer* i ke j menggunakan kendaraan k (Rp)

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

b_i^k = Waktu pelayanan di titik i menggunakan kendaraan k (menit)

e_i = Batas awal *time window* (waktu buka) di titik i (menit)

l_i = Batas akhir *time window* (waktu tutup) di titik i (menit)

q_i = *Demand* dari pelanggan (liter)

a_k = Kapasitas angkut kendaraan (liter)

R_i = $(R_i = \{r_i(1), \dots, r_i(n_1 + 1)\})$ Rute untuk kendaraan i . (diasumsikan setiap rute akan berakhir di depot)

Variabel Keputusan :

x_{ij}^k = (rute yang dipilih) 1, jika rute i ke j menggunakan kendaraan k

= 0, lainnya

- y_i^k = (Fraksi pemenuhan permintaan customer i saat menggunakan kendaraan k)
 = 1, jika pemenuhan permintaan customer i saat menggunakan kendaraan k
 = 0, lainnya
 b_i^k = Saat dimana layanan dimulai pada customer i oleh kendaraan k

Fungsi Tujuan :

$$\min \sum_{k=1}^K f_k \sum_{j=1}^n x_{0j}^k + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^K c_{ij}^k x_{ij}^k$$

Fungsi tujuan diatas, menjelaskan bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimumkan biaya transportasi yang timbul karena jarak tempuh yang dilalui dalam aktivitas pengiriman barang ke pelanggan sehingga menyebabkan terjadinya keterlambatan yang melewati batas jendela waktu tutup, dimana f_k merupakan biaya tetap yang harus dikeluarkan saat menggunakan kendaraan k . Sedangkan, c_{ij}^k merupakan biaya variabel yang harus dikeluarkan pada perjalanan dari i menuju j menggunakan kendaraan k , dengan x_{ij}^k adalah variabel keputusan untuk rute yang dipilih menggunakan kendaraan k .

Pembatas :

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k = 1 \quad k = 1,2$$

(Pembatas 1), menunjukkan bahwa hanya ada satu rute yang terpilih dan juga setiap rute yang ada berawal dari depot, dinotasikan dengan $j = 1, 2, \dots, n$, dimana 0 merupakan depot dan n merupakan himpunan tujuan atau customer (pelanggan).

$$\sum_{j=0}^n x_{j0}^k = 1 \quad k = 1,2$$

(Pembatas 2), menunjukkan bahwa hanya ada satu rute yang terpilih dan setiap rute i ke j akan diakhiri dengan depot yang berarti kendaraan akan kembali ke depot setelah mendistribusikan barang, dinotasikan dengan $j = 1, 2, \dots, n$, dimana 0 merupakan depot dan n merupakan himpunan tujuan atau customer (pelanggan).

$$\sum_{i=0}^n x_{ip}^k - \sum_{j=0}^n x_{pj}^k = 0 \quad p = 0, \dots, n \quad k = 1,2$$

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

$$\sum_{k=1}^K y_i^k = 1 \quad i = 1, \dots, n$$

(Pembatas 4), menunjukkan bahwa total permintaan dari setiap customer i untuk satu rute akan terpenuhi menggunakan kendaraan k , dengan $i = 1, \dots, n$.

$$\sum_{i=1}^n q_i y_i^k \leq a_k \quad k = 1,2$$

(Pembatas 5), menunjukkan bahwa permintaan dari setiap customer (pelanggan) untuk setiap satu rute tidak akan melebihi kapasitas armada angkut yang digunakan.

$$y_i^k \leq \sum_{j=0}^n x_{ji}^k \quad i = 1, \dots, n \quad k = 1,2$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^n x_{ij}^k \geq 1 \quad j = 0, \dots, n$$

(Pembatas 6 dan 7), menunjukkan bahwa permintaan dari setiap customer (pelanggan) hanya akan terpenuhi jika kendaraan yang ditentukan mengunjungi lokasi customer. Pada persamaan 7, menjamin bahwa setiap rute akan dikunjungi setidaknya satu kali oleh setidaknya satu kendaraan.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M x_{ij}^k y_k \leq 3, \quad j = 0,1,2$$

$$\sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K x_{ijk}^r y_k \leq \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K x_{ijk}^{r+1} y_k$$

(Pembatas 8 dan 9), menunjukkan bahwa kendaraan dapat melakukan perjalanan menuju lokasi konsumen paling banyak 3 kali. Kendaraan k memulai rute $r+1$ setelah rute r selesai dan berakhir kembali ke depot.

$$b_i^k + s_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij}^k) \leq b_j^k \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad k = 1,2$$

(Pembatas 10), menunjukkan bahwa waktu kedatangan di *customer-j* adalah hasil dari waktu keberangkatan dari *customer-i* ditambah waktu pelayanan di *customer-i* dan waktu tempuh dari rute *i* ke *j*. Dengan M_{ij} adalah $l_i + t_{ij} - e_j$.

$$e_i \leq b_i^k \leq l_i$$

(Pembatas 11), menunjukkan bahwa waktu kedatangan di *customer-i* harus berada di selang waktu *time window*, sehingga waktu pelayanan dilakukan pada rentang *time window* tersebut.

$$y_i^k \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad k = 1,2$$

$$b_i^k \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad k = 1,2$$

(Pembatas 12 dan 13), menunjukkan bahwa variabel keputusan y_i^k dan b_i^k adalah bilangan positif.

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \quad i = 0, \dots, n \quad j = 0, \dots, n \quad k = 1,2$$

(Pembatas 14), menunjukkan bahwa variabel keputusan x_{ij}^k merupakan bilangan binary.

2.3 Kondisi Eksisting

Setelah data yang telah diperoleh diolah, maka didapatkanlah perhitungan total jarak tempuh, total waktu tempuh, serta total biaya operasional pengiriman pada kondisi eksisting.

Pada kondisi eksisting, belum ada jadwal dan rute pendistribusian. Sistem pengiriman dilakukan dengan merencanakan satu mobil untuk satu tujuan. Pada Tabel 2 dapat dilihat jarak dan waktu tempuh pada kondisi eksisting.

Tabel 2 Total Jarak dan Waktu Tempuh Eksisting Tanggal 15 Desember 2016

Kendaraan	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh
(I)a	698,44	9 jam 58 menit
(I)b	312,34	4 jam 27 menit
(I)c	371,34	5 jam 30 menit
(I)d	315,52	4 jam 30 menit
(II)a	357,32	5 jam 57 menit
(II)b	792,16	13 jam 12 menit
(II)c	861,4	14 jam 21 menit
(II)d	585,48	9 jam 45 menit
(II)e	454,76	7 jam 34 menit
Total	4748,76	75 jam 1 menit

2.4 Hasil Solusi Nearest Neighbor

Setelah didapatkan hasil iterasi terakhir menggunakan algoritma *Nearest Neighbor*, maka terbentuklah solusi awal dengan rincian pada Tabel 3 dan 4 sebagai berikut :

Tabel 3 Solusi Awal Algoritma *Nearest Neighbor*

Tur	Kendaraan	Rute							
		Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)			
1	(I)a	8000 Liter	Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)		
2	(I)b		Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)		
3	(I)c		Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)		
4	(I)d		Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)		
5	(II)a	16000 Liter	Depot (P0)	Balitang (P6)	Balai Sepuak (P10)	Depot (P0)	Bora (P3)	Depot (P0)	
6	(II)b		Depot (P0)	Manukung (P7)	Ella (P4)	Depot (P0)	Serawai (P8)	Tontang (P9)	Depot (P0)
7	(II)c		Depot (P0)	Ella (P4)	Depot (P0)				
8	(II)d		Depot (P0)	Kota Baru (P2)	Depot (P0)				

Tabel 4 Total Jarak dan Waktu Tempuh Solusi Algoritma *Nearest Neighbor*

Kendaraan	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh
(I)a	357,33	5 jam 6 menit
(I)b	373,83	2 jam 20 menit
(I)c	390,33	5 jam 34 menit
(I)d	390,33	5 jam 34 menit
(II)a	734,39	12 jam 14 menit
(II)b	890,30	14 jam 50 menit
(II)c	430,7	7 jam 10 menit
(II)d	792,17	13 jam 12 menit
Total	4359,38	69 jam 06 menit

2.5 Hasil Perhitungan Algoritma *Tabu Search*

a. Model algoritma *Tabu Search*

Parameter yang digunakan oleh algoritma *Tabu Search* pada penelitian ini ialah berupa iterasi dan *neighborhood*. Dimana iterasi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 50 kali, sedangkan *neighborhood* yang digunakan ialah sebanyak 100. Semakin banyak jumlah iterasi dan *neighborhood* yang digunakan, maka semakin optimal rute yang akan dihasilkan.

Perbaikan menggunakan algoritma *Tabu Search* mengarahkan di setiap tahapannya untuk dapat menghasilkan fungsi tujuan yang paling optimal, tanpa terjebak di dalam solusi awal yang ditemukan selama tahapan ini berlangsung.

Setelah melakukan iterasi terakhir menggunakan algoritma *Tabu Search*, maka terbentuklah urutan rute terbaik yang memiliki waktu tempuh dan jarak tempuh yang optimal. Berikut ini merupakan solusi akhir dari algoritma *Tabu Search* pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5 Solusi Akhir Algoritma *Tabu Search*

Tur	Kendaraan	Rute							
1	(I)a	8000 Liter	Depot (P0)	Balai Sepuak (P10)	Depot (P0)				
2	(I)b		Depot (P0)	Kota Baru (P2)	Depot (P0)				
3	(I)c		Depot (P0)	Tontang (P9)	Depot (P0)				
4	(I)d		Depot (P0)	Balitang (P6)	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)		
5	(II)a	16000 Liter	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)	Sekadau (P5)	Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Depot (P0)
6	(II)b		Depot (P0)	Sidomulyo (P1)	Bora (P3)	Depot (P0)	Manukung (P7)	Serawai (P8)	Depot (P0)
7	(II)c		Depot (P0)	Ella (P4)	Depot (P0)				

Tabel 6 Total Jarak dan Waktu Tempuh Solusi Algoritma *Tabu Search*

Kendaraan	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh
(I)a	315,52	4 jam 51 menit
(I)b	792,17	11 jam 32 menit
(I)c	454,76	6 jam 50 menit
(I)d	507,5	7 jam 25 menit
(II)a	569	9 jam 48 menit
(II)b	746,98	12 jam 45 menit
(II)c	430,7	7 jam 18 menit
Total	3816,63	58 jam 68 menit

2.6 Usulan Penjadwalan Rute Distribusi

Berikut ini merupakan hasil penentuan jadwal rute pendistribusian bahan bakar minyak menggunakan algoritma *Tabu Search* yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Penjadwalan Rute Algoritma Tabu Search Tanggal 15 Desember 2016

Armada/Rute	Jadwal rute kunjungan dan waktu pelayanan	Demand (liter)	Waktu tempuh (jam)	Jarak (km)
I/1	P ₀ (14:26) → P ₁₀ (18:15) → P ₀ (22:30)	8000	5,26	315,52
I/2	P ₀ (14:26) → P ₂ (00:03) → P ₀ (10:05)	8000	13,20	792,17
I/3	P ₀ (14:26) → P ₉ (19:57) → P ₀ (01:53)	8000	7,58	454,76
I/4	P ₀ (14:26) → P ₆ (18:13) → P ₀ (22:26) → P ₅ (01:13) → P ₀ (04:00)	16000	8,46	507,5
II/5	P ₀ (14:26) → P ₅ (16:25) → P ₀ (20:24) → P ₅ (22:48) → P ₀ (01:13) → P ₁ (03:27) → P ₀ (05:41)	48000	11,38	569
II/6	P ₀ (14:26) → P ₁ (16:15) → P ₃ (20:03) → P ₀ (23:56) → P ₇ (04:01) → P ₈ (05:17) → P ₀ (09:29)	32000	14,94	746,98
II/7	P ₀ (14:26) → P ₄ (18:49) → P ₀ (23:38)	16000	8,61	430,7

Ket :

P₀ = depot; P₁ = Sidomulyo; P₂ = Kota Baru; P₃ = Bora; P₄ = Ella; P₅ = Sekadau; P₆ = Balitang; P₇ = Manukung; P₈ = Serawai; P₉ = Tontang; P₁₀ = Balai Sepuak.

3. Analisis

3.1 Analisis Perbandingan Total Biaya Operasional Pengiriman

Setelah mendapatkan hasil rute distribusi menggunakan Algoritma *Tabu Search*, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk melakukan perbandingan total biaya operasional pengiriman saat dalam kondisi eksisting dan biaya setelah melakukan perhitungan usulan menggunakan algoritma. Hasil perbandingan biaya dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8 Perbandingan Total Biaya Operasional Pengiriman Eksisting dan Usulan pada Tanggal 15 Desember 2016

	Biaya Transportasi	Biaya Penalty	Biaya Total Pengiriman
<i>Eksisting</i>	Rp 9.743.774	Rp 1.792.831	Rp 11.536.605
<i>Nearest Neighbor</i>	Rp 9.759.717	-	Rp 9.759.717
<i>Tabu Search</i>	Rp 7.766.970	-	Rp 7.766.970

3.2 Analisis Hasil Simulasi untuk Bulan Juli-Desember 2016

Berikut ini merupakan rincian hasil perbandingan dan persentase yang didapatkan setelah melakukan simulasi dalam enam bulan. Perhitungan pada hasil solusi awal dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* serta solusi optimal dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* yang ditampilkan pada jurnal ini merupakan contoh perhitungan pada salah satu hari. Pada Tabel 10, 11, 12 merupakan rincian hasil perhitungan menggunakan algoritma *Tabu Search* dalam *time zone* selama enam bulan yaitu bulan Juli-desember 2016. Perbandingan serta persentase penurunan yang ditampilkan dalam kesimpulan dan abstrak merupakan hasil simulasi selama enam bulan.

Tabel 10 Perbandingan dan Persentase Penurunan untuk Biaya Transportasi dan Biaya Pinalty

Bulan	Biaya Transportasi			Biaya Pinalty		
	Eksisting	Usulan	%	Eksisting	Usulan	%
Juli	Rp 274.819.647	Rp 260.209.468	5,32%	Rp 30.472.082	Rp -	100%
Agustus	Rp 270.826.388	Rp 253.219.749	6,50%	Rp 39.682.238	Rp -	100%
September	Rp 276.616.147	Rp 263.371.396	4,79%	Rp 36.716.625	Rp -	100%
Oktober	Rp 273.408.600	Rp 257.409.108	5,85%	Rp 33.548.820	Rp -	100%
November	Rp 267.856.792	Rp 255.099.302	4,76%	Rp 35.197.571	Rp -	100%
Desember	Rp 283.865.284	Rp 268.236.297	5,51%	Rp 37.353.537	Rp -	100%
RATA-RATA			5,45%	100,00%		

Tabel 11 Perbandingan dan Persentase Penurunan untuk Total Biaya Operasional Pengiriman

Bulan	Total Biaya Operasional Pengiriman		
	Eksisting	Usulan	%
Juli	Rp 305.291.729	Rp 260.209.468	14,77%
Agustus	Rp 310.508.626	Rp 253.219.749	18,45%
September	Rp 313.332.773	Rp 263.371.396	15,95%
Oktober	Rp 306.957.420	Rp 257.409.108	16,14%
November	Rp 303.054.363	Rp 255.099.302	15,82%
Desember	Rp 321.218.821	Rp 268.236.297	16,49%
RATA-RATA			16,27%

Tabel 12 Perbandingan dan Persentase Penurunan untuk Jarak Tempuh, Waktu Tempuh, dan Unit yang Terpakai

Bulan	Jarak Tempuh (km)			Waktu Tempuh (jam)			Unit yang Terpakai			
	Eksisting	Usulan	%	Eksisting	Usulan	%	Eksisting	Usulan	%	
Juli	132988,6	120584,36	9,33%	2216,48	2009,74	9,33%	8	7	12,50%	
Agustus	130499,64	117508,35	9,96%	2174,99	1958,47	9,96%	8	7	12,50%	
September	134205,86	121200,68	9,69%	2236,76	2020,01	9,69%	8	7	12,50%	
Oktober	131198,58	119452,86	8,95%	2186,64	1990,88	8,95%	8	7	12,50%	
November	129295,86	117723,93	8,95%	2154,93	1962,07	8,95%	8	7	12,50%	
Desember	136889,9	123858,02	9,52%	2281,50	2064,30	9,52%	8	7	12,50%	
RATA-RATA			9,40%				9,40%	12,50%		

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian usulan perencanaan jadwal dan rute pendistribusian bahan bakar minyak yang telah didapatkan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search*, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat penurunan total jarak tempuh, total waktu tempuh, serta total biaya operasional pengiriman dari kondisi eksisting. Penurunan total biaya operasional pengiriman adalah sebesar 16,27% dari kondisi eksisting. Dengan jarak tempuh dan waktu tempuh yang berkurang sebesar 9,40% maka dapat mengurangi frekuensi keterlambatan, sehingga tidak ada biaya penalty keterlambatan yang dikeluarkan. Hal ini dikarenakan kendaraan datang sesuai dalam *range time window* yang ditetapkan oleh masing-masing pelanggan. Serta terjadinya penurunan jumlah kendaraan yang digunakan sebesar 12,50 %.

Daftar Pustaka :

- [1] Rizka, R. 2016. *Perancangan Rute Pendistribusian Produk Obat Dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Vehicle Routing Problem With Time Window di PT XYZ Bandung*. E-Proceeding of Engineering: Vol. 3. Telkom University.
- [2] Belfiore, P. dan Hugo, T.Y. 2012. *Heuristic Methods for The Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries*. Research Journal, ScienceDirect.
- [3] Ikhsan, M. 2013. *Perancangan Rute Transportasi untuk Distribusi Barang dengan Kendaraan Jamak, Jendela Waktu, dan Perjalanan Jamak Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada PT XYZ Jakarta*. Journal Industrial Services Vol. 3. Telkom University.
- [4] Desenwa, G. 2013. *Perancangan Rute dan Penjadwalan Pendistribusian Produk FMCG Di PT XYZ Bandung Menggunakan Metode Algoritma Tabu Search*. Journal Industrial Services Vol. 3. Telkom University.
- [5] Suprayogi, 2003. *Algoritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem with Multiple*.