

APLIKASI ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMUM DISTRIBUSI BBM PADA PT. BURUNG LAUT

*Ant Colony System Algorithm Application to Determining Optimum Distribution Routes of Fuel
on PT. Burung Laut*

F. S. TUTUPARY¹, M. W. TALAKUA², Y. A. LESNUSSA³

¹Alumni Jurusan Matematika FMIPA UNPATTI

^{2,3}Jurusan Matematika FMIPA UNPATTI

Jl. Ir. M. Putuhena, KampusUnpatti, Poka-Ambon, Maluku

E-mail: ¹filiatutupary@yahoo.co.id; ²ocat_talakua@yahoo.com; ³yopi_a_lesnussa@yahoo.com

ABSTRAK

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu komoditas penting bagi masyarakat Indonesia. BBM didistribusikan melalui angkutan laut. Salah satu perusahaan armada laut yang bekerja dalam pendistribusian BBM ini adalah PT. Burung Laut, yaitu dengan mengoperasikan kapal tanker MT. Citra Bintang. Kapal ini mendistribusikan BBM dari kota Ambon ke 13 lokasi di sekitarnya. Namun dalam pendistribusiannya, kapal ini tidak memiliki rute yang pasti, yaitu menggunakan sistem *tramper*. Untuk itu penelitian ini memberikan usulan penggunaan algoritma *Ant Colony System* khususnya dalam menyelesaikan kasus *Traveling Salesman Problem (TSP)* pada PT. Burung Laut. Dengan menggunakan sistem *tramper*, jarak rute yang harus ditempuh untuk pendistribusian BBM sejauh 5.798 mil dalam waktu 3,37 minggu. Sedangkan dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System*, jarak rute pendistribusian BBM dapat ditempuh sejauh 5.262 mil dengan waktu tempuh 3,09 minggu.

Kata kunci: *Pendistribusian BBM, PT Burung Laut, Ant Colony System, Traveling Salesman Problem*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu Negara kepulauan yang terdiri dari ribuan pulau dihubungkan dengan laut dan samudera. Sebagai Negara kepulauan, terpenuhinya setiap komoditas seperti sandang, pangan, papan, dan komoditas-komoditas lain dari setiap daerah sangat penting, demi pemerataan pembangunan dan menunjang kebutuhan hidup masyarakat. Salah satu komoditas yang penting adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM telah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat Indonesia untuk kehidupannya sehari-hari, seperti memasak, bahan bakar kendaraan, dan lain sebagainya. Oleh karena itu BBM harus didistribusikan secara merata keseluruh wilayah kepulauan Indonesia, tentunya dengan menggunakan angkutan laut. Karena selain biaya yang dikeluarkan tidak sebesar angkutan udara, angkutan laut pun memiliki kapasitas angkut yang lebih besar dibandingkan dengan angkutan udara. Salah satu perusahaan pelayaran yang memanfaatkan angkutan laut ini adalah PT. Burung Laut.

Salah satu armada kapal pada PT. Burung Laut yaitu kapal tanker MT. Citra Bintang. Kapal ini digunakan untuk mengangkut BBM dari beberapa pulau yang terletak di provinsi Maluku dengan menyewakannya kepada pihak PT. Pertamina Cabang Ambon. PT. Pertamina di daerah Maluku dalam mendistribusikan BBM yaitu depot asal berasal dari Ambon, sementara depot tujuannya ada sebanyak 13 tujuan, yaitu Dobo, Tual, Masohi, Wayame, Merauke, Saumlaki, Fakfak, Kaimana, Sanana, Tobelo, Namlea, Ternate dan Labuha. Dalam pendistribusiannya kapal ini akan memenuhi permintaan BBM dari daerah-daerah tersebut. Namun, kapal ini tidak memiliki rute yang pasti.

Untuk itu dalam penulisan ini akan ditentukan rute yang optimal dalam pendistribusian BBM pada PT. Burung Laut dengan algoritma *Ant Colony System* untuk masalah *Traveling Salesman Problem (TSP)*, yaitu akan dicari jalur terpendek, dimana kapal harus menuju ke semua depot tujuan dan kembali lagi ke depot asal.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat studi kasus, yang disusun berdasarkan rujukan pustaka dengan mempelajari beberapa literatur yang berhubungan dengan penelitian, kemudian dianalisis untuk mencari mencari solusi dan menuangkannya secara sistematis kedalam suatu penulisan ilmiah. Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut : Analisis graf dan algoritma semut yang berkaitan dengan masalah TSP, data antar pelabuhan yang dilalui oleh kapal MT. Citra Bintang, dan menyelesaikan masalah TSP pada PT. Bintang Laut dengan algoritma semut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Burung Laut merupakan suatu perusahaan pelayaran nasional yang bergerak dalam bidang jasa angkutan laut (dalam dan luar negeri) dan keagenan pelayaran. Bisnis utama perusahaan adalah melayani jasa pengangkutan muatan cair, seperti: BBM (Bahan Bakar Minyak), Gula Cair (*Molasses*) dan CPO (*Crude Palm Oil*). Salah satu konsumen yang menggunakan jasa angkutan laut PT. Burung Laut adalah PT. Pertamina Cabang Ambon.

Pada tahun 2009, PT. Burung Laut membeli kapal MT. Citra Bintang, dengan pengoperasiannya disewakan kepada pihak PT. Pertamina Cabang Ambon dengan sistem *time charter* yang melayani 13 depot tujuan yaitu Dobo, Tual, Masohi, Wayame, Merauke, Saumlaki, Fakfak, Kaimana, Sanana, Tobelo, Namlea, Ternate, dan Labuha, dengan depot asal adalah Ambon. Muatan yang diangkut MT. Citra Bintang ada 3 jenis yaitu premium, solar atau HSD, dan kerosin untuk keperluan pihak PT. Pertamina di depot tujuan.

Spesifikasi kapal tanker MT. Citra Bintang adalah sebagai berikut:

Nama kapal : MT. Citra Bintang
 Kapasitas muat tangki : 2899,87 KL
 Kecepatan Kapal : 10 Knot (11,51 mil/jam) pada saat *Laden/Bermuatan*
 10,5 Knot (12,09 mil/jam) pada saat *Ballast/Kosong*

Rata-rata kecepatan pompa : 177,925 KL/jam

Dalam melakukan pendistribusian, kapal ini belum memiliki rute yang pasti. Kapal ini menggunakan sistem *tramper*, dimana kapal bergerak tanpa penjadwalan terlebih dahulu yaitu dengan melayani depot tujuan yang membutuhkan BBM paling dominan. Dalam pembahasan ini akan dilakukan pembagian *cluster* daerah pendistribusian BBM berdasarkan lokasi dan permintaan BBM pada depot tujuan, juga mencari rute terpendek pada masing-masing *cluster* dengan menggunakan *Ant Colony System* (ACS). Untuk pembagian *cluster* dan pencarian rute terpendek pada proses pendistribusian BBM dengan menggunakan ACS, diperlukan 3 data utama dalam penyelesaiannya, yaitu:

1. Data Permintaan BBM

Berikut data yang menunjukkan rata-rata permintaan BBM setiap bulan pada masing-masing depot tujuan.

Tabel 1. Rata-rata Permintaan BBM Setiap Depot Tujuan

Depot Tujuan	Kebutuhan BBM per Bulan (KL)	Depot Tujuan	Kebutuhan BBM per Bulan (KL)
Merauke	2588,46	Saumlaki	1036,73
Ternate	1320,07	Labuha	852,53
Tual	1207,32	Sanana	657,70
Tobelo	1116,77	Dobo	610,02
Kaimana	1076,76	Masohi	569,27
Namlea	463,14	Fak-Fak	547,81

2. Jarak Antar Pelabuhan

Berikut merupakan jarak pelabuhan antar pelabuhan pada masing-masing depot:

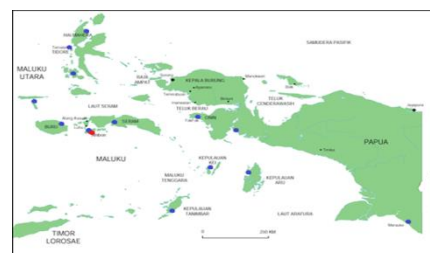
Tabel 2.

Data Jarak Tempuh Antar Pelabuhan dalam Satuan Mil

Bagian a							
	Ambon	Dobo	Tual	Wavame	Masohi	Merauke	Saumlaki
Ambon	0	453	325	75	62	850	335
Dobo	453	0	110	515	410	466	235
Tual	325	110	0	416	311	559	190
Wavame	75	515	416	0	133	932	435
Masohi	62	410	311	133	0	869	171
Merauke	850	466	559	932	869	0	609
Saumlaki	335	235	190	435	171	609	0
Fak-Fak	310	242	175	373	242	310	366
Kaimana	391	155	348	460	335	565	348
Sanana	186	621	534	149	224	1093	578
Tobelo	430	683	621	404	364	1149	739
Namlea	87	534	435	43	134	1031	469
Ternate	323	160	584	329	315	1118	696
Labuha	240	95	174	224	215	1062	596
Bagian b							
	Fak-Fak	Kaimana	Sanana	Tobelo	Namlea	Ternate	Labuha
Ambon	310	391	186	430	87	323	240
Dobo	242	155	621	683	534	160	95
Tual	175	348	534	621	435	584	174
Wavame	373	460	149	404	43	329	224
Masohi	242	335	224	364	134	315	215
Merauke	310	565	1093	1149	1031	1118	1062
Saumlaki	366	348	578	739	469	696	596
Fak-Fak	0	112	310	450	373	450	366
Kaimana	112	0	546	546	472	286	185
Sanana	310	546	0	298	112	286	185
Tobelo	450	546	298	0	356	160	95
Namlea	373	472	112	356	0	286	185
Ternate	450	286	286	160	286	0	112
Labuha	366	185	185	95	185	112	0

3. Peta Lokasi

Pada penelitian ini peta lokasi berfungsi sebagai alat bantu dalam menghitung jarak antar lokasi yang akan ditempuh. Peta lokasi dari tiap-tiap depot dapat dilihat pada gambar berikut.



Ket :
 ● : depot asal
 ● : depot tujuan

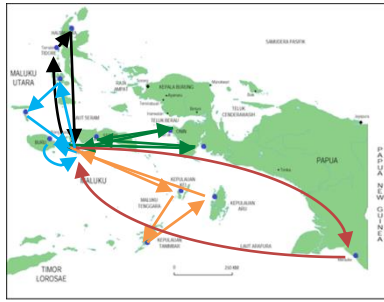
Gambar 1. Peta Lokasi Pendistribusian BBM oleh Kapal MT. Citra Bintang

A. Perhitungan Jarak Rute Distribusi BBM dengan Menggunakan Sistem *Tramper*

Sistem yang digunakan oleh perusahaan dalam melakukan pendistribusian BBM ke depot tujuan adalah melalui sistem *tramper*, dimana depot yang dilayani terlebih dahulu adalah depot tujuan dengan permintaan terbanyak.

Berdasarkan permintaan masing-masing depot tujuan pada Tabel 1, kapasitas muat kapal yaitu sebesar 2899,87 KL dan letak geografisnya, 13 depot tujuan

dibagi menjadi 5 cluster. Jika BBM didistribusikan dengan menggunakan sistem *tramper*, maka rute pada setiap cluster adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Pendistribusian BBM Menggunakan Sistem *Tramper*

Ket :

- : Cluster I (Ambon–Merauke–Ambon)
- : Cluster II (Ambon–Ternate–Tobelo–Ambon)
- : Cluster III (Ambon–Tual–Saumlaki–Dobo–Ambon)
- : Cluster IV (Ambon–Kaimana–Masohi–Fak–Fak–Ambon)
- : Cluster V (Ambon–Labuha–Sanana–Wayame–Namlea–Ambon)

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada masing-masing cluster, kapal akan mendistribusikan BBM di depot yang memiliki permintaan terbesar lebih dahulu, kemudian menuju ke depot yang memiliki permintaan besar berikutnya berdasarkan muatan BBM yang masih tersisa, dan seterusnya hingga semua permintaan masing-masing depot di dalam tiap cluster terpenuhi. Jarak perjalanan masing-masing cluster dalam satuan mil dan total rata-rata permintaan per bulan sebagai berikut:

Cluster I (Ambon–Merauke–Ambon)

Jarak = 850 + 850 = 1700

Permintaan = 2588,46 KL

Cluster II (Ambon–Ternate–Tobelo–Ambon)

Jarak = 323 + 160 + 430 = 913

Permintaan = 1320,07 KL + 1116,77 KL = 2436,84 KL

Cluster III (Ambon–Tual–Saumlaki–Dobo–Ambon)

Jarak = 325 + 190 + 235 + 453 = 1203

Permintaan = 1207,32 KL + 1036,73 KL + 610,02 KL = 2854,07 KL

Cluster IV (Ambon–Kaimana–Masohi–Fak–Fak–Ambon)

Jarak = 391 + 335 + 242 + 310 = 1278

Permintaan = 1076,76 KL + 569,27 KL + 547,81 KL = 2193,84 KL

Cluster V (Ambon–Labuha–Sanana–Wayame–Namlea–Ambon)

Jarak = 240 + 185 + 149 + 43 + 87 = 704

Permintaan = 852,53 KL + 657,70 KL + 558,88 KL + 463,14 KL = 2532,25 KL

Jadi, jumlah jarak perjalanan yang ditempuh oleh kapal MT. Citra Bintang dengan menggunakan sistem

tramper adalah 1700 + 913 + 1203 + 1278 + 704 = 5798 mil.

Berdasarkan data kecepatan kapal, rata-rata kecepatan pompa kapal dan jarak antar pelabuhan pada Tabel 2, waktu keseluruhan dari pelayaran dapat diketahui dari persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Waktu keseluruhan} &= \text{waktu perjalanan ke depot tujuan} \\ &+ \text{waktu penyaluran muatan} + \text{waktu} \\ &+ \text{perjalanan ke depot asal} \\ &= \frac{\text{Jumlah jarak perjalanan ke depot – depot tujuan}}{11,51 \text{ mil/jam}} \\ &+ \frac{\text{banyaknya muatan}}{177,925 \text{ KL/jam}} \\ &+ \frac{\text{Jarak perjalanan ke depot asal}}{12,09 \text{ mil/jam}} \end{aligned}$$

Berikut merupakan perhitungan waktu untuk seluruh pelayaran dari masing-masing cluster:

Cluster I (Ambon–Merauke–Ambon)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{850 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2588,46 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{850 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right) \\ &= 73,85 \text{ jam} + 14,55 \text{ jam} + 70,31 \text{ jam} \\ &= 158,71 \text{ jam} = 6,61 \text{ hari} \\ &= 6 \text{ hari } 14 \text{ jam } 38 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cluster II (Ambon–Ternate–Tobelo–Ambon)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{483 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2436,84 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{430 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right) \\ &= 41,96 \text{ jam} + 13,7 \text{ jam} + 35,57 \text{ jam} \\ &= 91,23 \text{ jam} = 3,8 \text{ hari} = 3 \text{ hari } 19 \text{ jam } 12 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cluster III (Ambon–Tual–Saumlaki–Dobo–Ambon)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{750 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2854,07 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{453 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right) \\ &= 65,16 \text{ jam} + 16,04 \text{ jam} + 37,47 \text{ jam} \\ &= 118,67 \text{ jam} = 4,94 \text{ hari} \\ &= 4 \text{ hari } 22 \text{ jam } 34 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cluster IV (Ambon–Kaimana–Masohi–Fak–Fak–Ambon)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{968 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2193,84 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{310 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right) \\ &= 84,1 \text{ jam} + 12,33 \text{ jam} + 25,64 \text{ jam} \\ &= 122,07 \text{ jam} = 5,09 \text{ hari} \\ &= 5 \text{ hari } 2 \text{ jam } 10 \text{ menit} \end{aligned}$$

Cluster V (Ambon–Labuha–Sanana–Wayame–Namlea–Ambon)

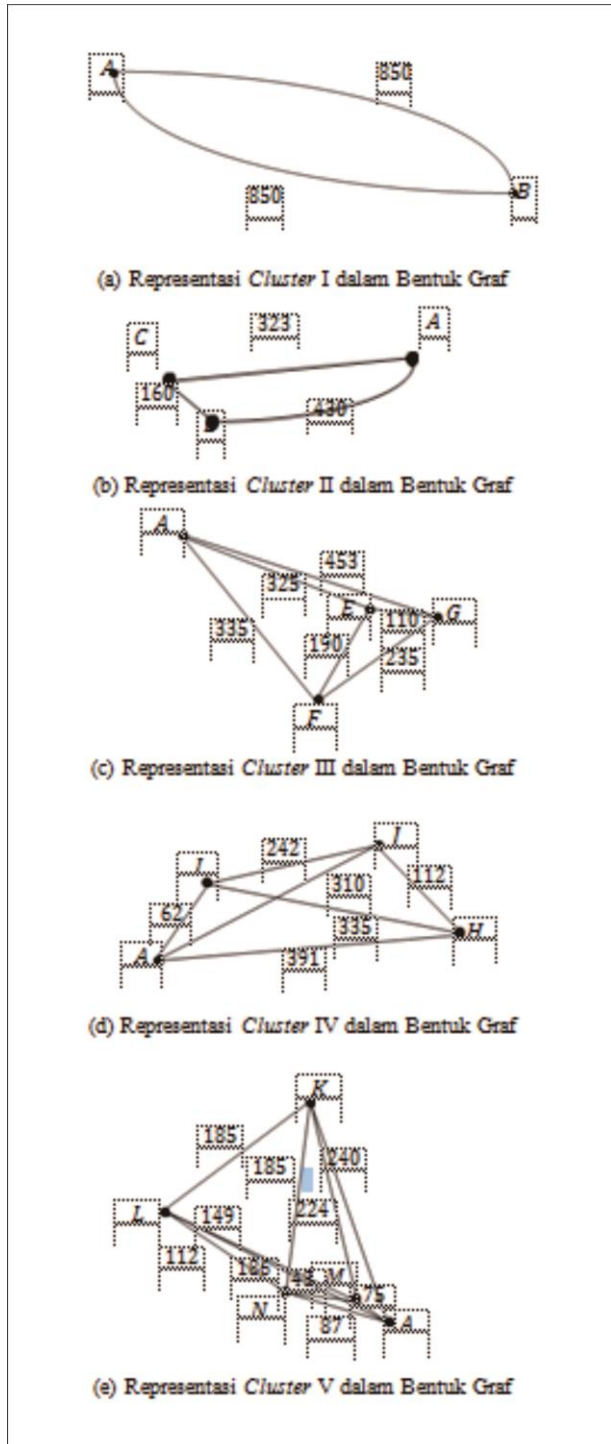
$$\begin{aligned} &= \left(\frac{617 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2532,25 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{87 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right) \\ &= 53,61 \text{ jam} + 14,23 \text{ jam} + 7,2 \text{ jam} \\ &= 75,04 \text{ jam} = 3,13 \text{ hari} = 3 \text{ hari } 3 \text{ jam } 7 \text{ menit} \end{aligned}$$

Sehingga, total lamanya perjalanan yang ditempuh kapal MT. Citra Bintang dengan menggunakan sistem *tramper* adalah

$$\begin{aligned} &= 158,71 \text{ jam} + 91,23 \text{ jam} + 118,67 \text{ jam} + \\ &+ 122,07 \text{ jam} + 75,04 \text{ jam} \\ &= 565,72 \text{ jam} = 3,37 \text{ minggu} \\ &= 3 \text{ minggu } 2 \text{ hari } 14 \text{ jam } 10 \text{ menit} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Jarak Rute Distribusi BBM dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony System (ACS)

Berdasarkan pembagian *cluster*, sudah terdapat 5 *tour* yang harus ditempuh oleh kapal MT. Citra Bintang. Berikut representasinya dalam graf



Gambar 3

Keterangan Gambar 3:
 A : Ambon (depot asal) F : Saumlaki K : Labuha
 B : Merauke G : Dobo L : Sanana
 C : Ternate H : Kaimana M : Wayame
 D : Tobelo I : Masohi N : Namlea
 E : Tual J : Fak-Fak

Pada *Cluster I* dan *Cluster II* tidak perlu dicari jarak terpendeknya karena terdiri dari < 4 depot tujuan, sehingga rute manapun yang diambil, jarak tempuhnya tetap sama. Sedangkan diketahui terdapat $\frac{(4-1)!}{2} = 3$ sirkuit Hamilton pada *Cluster III* dan *Cluster IV*, serta $\frac{(5-1)!}{2} = 12$ sirkuit Hamilton pada *Cluster V*.

Jadi, di dalam pembahasan ini akan dicari rute terpendek pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System*.

Karena metode ini merupakan metode multi agen, maka kita misalkan terdapat 3 agen (semut) yang akan menempuh masing-masing *cluster* untuk mencari rute terpendeknya. Terdapat tiga tahapan dalam menghitung jarak rute terpendek dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System*, yaitu:

1. Tahap pemilihan titik yang akan dituju

Pada tahap ini kapal yang ditempatkan pada titik *t* memilih menuju ke titik *v* dengan menggunakan persamaan (1).

$$temporary(t, u) = [\tau(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$v = \max\{[\tau(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta\} \dots \dots \dots (1)$$

$$\eta(t, u_i) = \frac{1}{jarak(t, u_i)}$$

Contoh perhitungan:

Misalnya pada *Cluster III*, titik awal kapal pertama untuk menjalani *turnya* berawal dari Ambon.

a. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal untuk menghitung invers jarak ($\eta(t, v)$) antar tiap depot tujuan berdasarkan Tabel 2 sebagai berikut:

$$\eta(t, v) = \frac{1}{jarak(t, u_i)}$$

Contoh perhitungan antar tiap depot tujuan berdasarkan Tabel 2 pada titik $\eta(A, H)$:

$$\eta(A, H) = \frac{1}{jarak(A, H)} = \frac{1}{391} = 0,00256$$

Hasil keseluruhan dari invers jarak ($\eta(t, v)$) pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. Invers Jarak ($\eta(t, v)$) pada *Cluster III*

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0,00000	0,00308	0,00299	0,00221
Tual	0,00308	0,00000	0,00526	0,00909
Saumlaki	0,00299	0,00526	0,00000	0,00426
Dobo	0,00221	0,00909	0,00426	0,00000

Tabel 4. Invers Jarak ($\eta(t, v)$) pada *Cluster IV*

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0,00000	0,00256	0,01613	0,00323
Kaimana	0,00256	0,00000	0,00299	0,00893
Masohi	0,01613	0,00299	0,00000	0,00413
Fak-Fak	0,00323	0,00893	0,00413	0,00000

Tabel 5. Invers Jarak ($\eta(t, v)$) pada *Cluster V*

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0,00000	0,00417	0,00538	0,01333	0,01149
Labuha	0,00417	0,00000	0,00541	0,00446	0,00541
Sanana	0,00538	0,00541	0,00000	0,00671	0,00893
Wayame	0,01333	0,00446	0,00671	0,00000	0,02326
Namlea	0,01149	0,00541	0,00893	0,02326	0,00000

Nilai dari semua *pheromone* (τ_0) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang sangat kecil. Pada contoh perhitungan penelitian ini nilai *pheromone* awal pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* masing-masing adalah 0,0002, 0,0003 dan 0,0003, yang diperoleh dari persamaan:

$$\tau_0 = \frac{1}{n(C^{nn})}$$

dimana n adalah banyaknya titik pada *tour*, dan C^{nn} adalah kemungkinan jarak *tour* terpendek yang diperoleh dari metode *nearest neighborhood heuristic*. Penetapan nilai *pheromone* awal dimaksudkan agar tiap-tiap sisi memiliki nilai ketertarikan untuk dikunjungi oleh tiap-tiap semut. Nilai *pheromone* untuk semua titik pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 6.
Pheromone Awal (τ_0) pada Tiap Titik di *Cluster III*

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Labuha	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Sanana	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Wayame	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Namlea	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

b. Tahap pemilihan titik yang akan dituju

Dalam pemilihan titik selanjutnya yang dituju, pertama-tama dilakukan penetapan dari nilai $\beta = 2$, yaitu parameter perhitungan untuk mendapatkan nilai yang optimal dalam ACS. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *temporary*(t, u) berdasarkan persamaan (1) serta nilai probabilitas berdasarkan persamaan (2) dari titik awal yaitu Ambon (t) ke titik selanjutnya yang belum dilalui (u).

Tabel 7.
Pheromone Awal (τ_0) pada Tiap Titik di *Cluster IV*

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Tual	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Saumlaki	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Dobo	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

Tabel 8.
Pheromone Awal (τ_0) pada Tiap Titik di *Cluster V*

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Kaimana	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Masohi	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Fak-Fak	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

Nilai *temporary* digunakan untuk menentukan titik-titik yang akan dituju selanjutnya. Contoh perhitungan serta hasil perhitungan nilai *temporary* dan nilai probabilitas dari titik Ambon (A) ke Kaimana (H) pada *Cluster IV* dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{temporary}(t, u) = [\tau_0(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\begin{aligned} \text{temporary}(A, H) &= [\tau_0(A, H)] \cdot [\eta(A, H)]^\beta \\ &= [0,0003] \cdot [0,00256]^2 \\ &= 0,01962 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\text{Probabilitas}(r, u) = \frac{[\tau_0(t, v)] \cdot [\eta(t, v)]^\beta}{\sum_{i=1}^n [\tau_0(t, u_i)] \cdot [\eta(t, u_i)]^\beta}$$

$$\text{Probabilitas}(A, H) = \frac{0,01962 \times 10^{-7}}{0,83128 \times 10^{-7}} = 0,02361$$

Hasil perhitungan *temporary* dan probabilitas dari titik awal yaitu Ambon (A) pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 9.
Hasil Perhitungan *Temporary* dan Probabilitas dari Titik Awal Ambon (A) pada *Cluster III*

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
<i>Temporary</i> ($\times 10^{-7}$)	0	0,01894	0,01782	0,00975
Probabilitas	0,00000	0,40718	0,38324	0,20958
Probabilitas akumulatif	0	0,40718	0,79042	1

Tabel 10.
Hasil Perhitungan *Temporary* dan Probabilitas dari Titik Awal Ambon (A) pada *Cluster IV*

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
<i>Temporary</i> ($\times 10^{-7}$)	0	0,01962	0,78044	0,03122
Probabilitas	0,000000	0,02361	0,93884	0,03755
Probabilitas akumulatif	0	0,02361	0,96245	1

Untuk memilih persamaan yang tepat sebagai acuan dalam pemilihan lokasi selanjutnya dibangkitkan suatu bilangan acak (q) sebesar 0,1 dan suatu bilangan pembatas (q_0) sebesar 0,9, yang artinya semut melakukan proses eksploitasi dengan probabilitas 90% dan proses eksplorasi 10% (Bauer, n.d). Penentuan lokasi yang akan dituju berdasarkan persamaan (1), yaitu dengan melihat hasil *temporary* yang paling besar. Sehingga depot tujuan selanjutnya yang terpilih pada *Cluster III* adalah Tual (E), *Cluster IV* adalah Masohi (I), sedangkan pada *Cluster V* adalah Wayame (M).

Tabel 11.
Hasil Perhitungan *Temporary* dan Probabilitas dari Titik Awal Ambon (A) pada *Cluster V*

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
<i>Temporary</i> ($\times 10^{-7}$)	0	0,05208	0,08672	0,53333	0,39635
Probabilitas	0	0,04874	0,08116	0,49915	0,37095
Probabilitas akumulatif	0	0,04874	0,12990	0,62905	1

2. Tahap pembaruan *pheromone* (τ) lokal
Setelah kapal berpindah ke depot tujuan selanjutnya, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pembaruan

pheromone (τ) secara lokal dengan menggunakan persamaan (2).

$$\tau(t, v) \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau(t, v) + \rho \cdot \Delta\tau(t, v) \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta\tau(t, v) = \frac{1}{L_{nn} \cdot c}$$

dimana:

L_{nn} = panjang *tour* yang diperoleh

c = jumlah lokasi

ρ = parameter dengan nilai 0 sampai 1

$\Delta\tau$ = perubahan *pheromone*

Dalam memperbaharui *pheromone* secara local dibutuhkan suatu parameter (ρ) sebesar 0,1. Contoh perhitungan pada *Cluster III* serta hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$\Delta\tau(A, E) = \frac{1}{325 \cdot 4} = \frac{1}{1300} = 0,00077$$

$$\tau(A, E) \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_0(A, E) + \rho \cdot \Delta\tau(A, E)$$

$$\tau(A, E) \leftarrow (1 - 0,1) \cdot 0,0002 + 0,1 \cdot 0,00077$$

$$\tau(A, E) \leftarrow 0,00026$$

Hasil pembaharuan *pheromone* (τ) lokal untuk $\tau(A, E)$, $\tau(A, I)$ dan $\tau(A, M)$ di masing-masing *cluster* dapat dilihat pada Tabel 12, Tabel 13 dan Tabel 14 dengan tulisan yang dicetak miring dan dicetak tebal.

Tabel 12.

Nilai *Pheromone* (τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal untuk $\tau(A, E)$ pada *Cluster III*

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0,0002	0,00026	0,0002	0,0002
Tual	0,00026	0,0002	0,0002	0,0002
Saumlaki	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Dobo	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

Tabel 13.

Nilai *Pheromone* (τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal untuk

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0,0003	0,0003	0,00067	0,0003
Kaimana	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Masohi	0,00067	0,0003	0,0003	0,0003
Fak-Fak	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

Tabel 14.

Nilai *Pheromone* (τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal untuk $\tau(A, M)$ pada *Cluster V*

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0,0003	0,0003	0,0003	0,00054	0,0003
Labuha	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Sanana	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Wayame	0,00054	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Namlea	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003

Dengan proses yang sama, hasil keseluruhan pembaharuan *pheromone* local oleh semut pertama dalam sekali jalan untuk *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* masing-masing ditunjukkan oleh Tabel 15, Tabel 16 dan Tabel 17.

Tabel 15.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster III* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Pertama

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0.00020	0.00026	0.000205	0.00020
Tual	0.00026	0.00020	0.00020	0.00024
Saumlaki	0.000205	0.00020	0.00020	0.00022
Dobo	0.00020	0.00024	0.00022	0.00020

Tabel 16.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster IV* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Pertama

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0.00030	0.000304	0.00067	0.00030
Kaimana	0.000304	0.00030	0.00030	0.00033
Masohi	0.00067	0.00030	0.00030	0.00035
Fak-Fak	0.00030	0.00033	0.00035	0.00030

Tabel 17.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster V* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Pertama

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0.00030	0.000301	0.00030	0.00054	0.00030
Labuha	0.000301	0.00030	0.00032	0.00030	0.00030
Sanana	0.00030	0.00032	0.00030	0.00030	0.00036
Wayame	0.00054	0.00030	0.00030	0.00030	0.00044
Namlea	0.00030	0.00030	0.00036	0.00044	0.00030

Ternyata semut pertama mendapat lintasan dengan total panjang lintasan pada masing-masing *cluster* sebagai berikut:

Cluster III

Rute : Ambon –Tual –Dobo–Saumlaki – Ambon

Panjang lintasan : 1005 mil

Cluster IV

Rute : Ambon –Masohi–Fak-Fak– Kaimana–Ambon

Panjang lintasan : 807 mil

Cluster V

Rute : Ambon – Wayame – Namlea – Sanana – Labuha – Ambon

Panjang lintasan : 655 mil

Berikut merupakan hasil keseluruhan pembaharuan *pheromone* local oleh semut ke dua dalam sekali jalan untuk *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* masing-masing ditunjukkan oleh Tabel 18, Tabel 19 dan Tabel 20.

Tabel 18.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster III* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Kedua

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0.0002	0.00031	0.000209	0.00020
Tual	0.00031	0.00020	0.00020	0.00027
Saumlaki	0.000209	0.00020	0.00020	0.00023
Dobo	0.0002	0.00027	0.00023	0.00020

Tabel 19.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster IV* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Kedua

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0.00030	0.000305	0.00101	0.00030
Kaimana	0.000305	0.00030	0.00030	0.00036
Masohi	0.00101	0.00030	0.00030	0.00040
Fak-Fak	0.00030	0.00036	0.00040	0.00030

Tabel 20.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster V* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Kedua

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0.00030	0.000301	0.00030	0.00075	0.00030
Labuha	0.000301	0.00030	0.00033	0.00030	0.00030
Sanana	0.00030	0.00033	0.00030	0.00030	0.00041
Wayame	0.00075	0.00030	0.00030	0.00030	0.00057
Namlea	0.00030	0.00030	0.00041	0.00057	0.00030

Ternyata semut kedua pun mendapat lintasan yang sama dengan semut pertama, dengan total panjang lintasan yang sama pula dengan semut pertama.

Berikut merupakan hasil keseluruhan pembaharuan *pheromone* local oleh semut ketiga dalam sekali jalan untuk *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* masing-masing ditunjukkan oleh Tabel 21, Tabel 22 dan Tabel 23.

Tabel 21.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster III* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Ketiga

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0.00020	0.00035	0.000213	0.00020
Tual	0.00035	0.00020	0.00020	0.00030
Saumlaki	0.000213	0.00020	0.00020	0.00025
Dobo	0.00020	0.00030	0.00025	0.00020

Tabel 22.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster IV* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Ketiga

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0.00030	0.00031	0.00131	0.00030
Kaimana	0.00031	0.00030	0.00030	0.00038
Masohi	0.00131	0.00030	0.00030	0.00044
Fak-Fak	0.00030	0.00038	0.00044	0.00030

Tabel 23.

Nilai *Pheromone* (τ) di *Cluster V* Setelah Mengalami Pembaharuan Lokal oleh Semut Ketiga

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0.00030	0.0003014	0.00030	0.00094	0.00030
Labuha	0.0003014	0.00030	0.00035	0.00030	0.00030
Sanana	0.00030	0.00035	0.00030	0.00030	0.00045
Wayame	0.00094	0.00030	0.00030	0.00030	0.00068
Namlea	0.00030	0.00030	0.00045	0.00068	0.00030

Ternyata semut ketiga juga mendapat lintasan yang sama dengan semut pertama dan kedua, dengan total panjang lintasan yang sama pula. Jadi dapat disimpulkan bahwa tidak ada lagi jalur terpendek pada masing-masing *cluster* selain yang ditemukan oleh semut pertama, kedua, maupun ketiga.

3. Tahap pembaharuan *pheromone* (τ) global

Setelah Tahap 1 dan 2 telah selesai untuk mendapatkan rute dan setiap depot tujuan yang dikunjungi telah mengalami pembaharuan *pheromone* secara lokal, maka tahap berikutnya adalah melakukan pembaharuan *pheromone* secara global. Hanya saja depot tujuan yang dapat diperbaharui secara global hanyalah depot tujuan yang menghasilkan rute dengan jarak terpendek. Pembaharuan *pheromone* secara global dilakukan berdasarkan persamaan (3):

$$\tau(t, v) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \tau(t, v) + \alpha \cdot \Delta\tau(t, v) \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta\tau(t, v) = \begin{cases} L_{gb}^{-1} & \text{jika } (t, v) \in \text{tur terbaik} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

- dimana:
- $\tau(t, v)$ = nilai *pheromone* akhir setelah mengalami pembaharuan lokal
 - L_{gb} = panjang jalur terpendek pada akhir siklus
 - α = parameter dengan nilai 0 sampai 1
 - $\Delta\tau$ = perubahan *pheromone*

Pada *Cluster III*, setelah semut pertama, kedua maupun ketiga melewati tahap 1 dan tahap 2, maka rute yang dihasilkan adalah Ambon – Tual – Dobo – Saumlaki – Ambon. Dari rute tersebut didapat panjang jalur yaitu 1005 mil, dan jalur ini merupakan panjang jalur terpendek. Maka contoh perhitungan pembaharuan *pheromone* globalnya adalah sebagai berikut:

$$\alpha = 0,1$$

$$L_{gb} = 1005$$

Nilai *pheromone* akhir:

- o Untuk (t, v) yang merupakan bagian dari rute terpendek

$$\Delta\tau(t, v) = L_{gb}^{-1} = (1005)^{-1} = 0,001$$

Contohnya pembaharuan *pheromone* global untuk *pheromone* $\tau(A, E)$ di *Cluster III*:

$$\tau(A, E) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \tau(A, E) + \alpha \cdot \Delta\tau$$

$$\tau(A, E) \leftarrow (1 - 0,1) \cdot (0,00035) + (0,1 \cdot 0,001)$$

$$\tau(A, E) \leftarrow 0,00042$$

- o Untuk (t, v) yang bukan merupakan bagian dari rute terpendek

$$\Delta\tau(t, v) = 0$$

Contohnya pembaharuan *pheromone* global untuk *pheromone* $\tau(A, G)$ di *Cluster III*:

$$\tau(A, G) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot \tau(A, G) + \alpha \cdot \Delta\tau$$

$$\tau(A, G) \leftarrow (1 - 0,1) \cdot 0,0002 + (0,1 \cdot 0)$$

$$\tau(A, G) \leftarrow 0,00018$$

Hasil pembaharuan *pheromone* global pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dapat dilihat pada Tabel 24, Tabel 25 dan 26.

Tabel 24.

Nilai *Pheromone*(τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Global pada *Cluster III*

	Ambon	Tual	Saumlaki	Dobo
Ambon	0,00018	0,00042	0,00029	0,00018
Tual	0,00042	0,00018	0,00018	0,00037
Saumlaki	0,00029	0,00018	0,00018	0,00032
Dobo	0,00018	0,00037	0,00032	0,00018

Tabel 25.

Nilai *Pheromone* (τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Global pada *Cluster IV*

	Ambon	Kaimana	Masohi	Fak-Fak
Ambon	0,00027	0,00040	0,00130	0,00027
Kaimana	0,00040	0,00027	0,00027	0,00047
Masohi	0,00130	0,00027	0,00027	0,00052
Fak-Fak	0,00027	0,00047	0,00052	0,00027

Tabel 26.

Nilai *Pheromone* (τ) Setelah Mengalami Pembaharuan Global pada *Cluster V*

	Ambon	Labuha	Sanana	Wayame	Namlea
Ambon	0,00027	0,00042	0,00027	0,001	0,00027
Labuha	0,00042	0,00027	0,00047	0,00027	0,00027
Sanana	0,00027	0,00047	0,00027	0,00027	0,00056
Wayame	0,001	0,00027	0,00027	0,00027	0,00076
Namlea	0,00027	0,00027	0,00056	0,00076	0,00027

Jadi, berikut merupakan rute optimal pendistribusian BBM pada *Cluster III*, *Cluster IV* dan *Cluster V* dalam bentuk graf. Jalur optimal pendistribusian BBM yang pada peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rute Optimal Pendistribusian BBM oleh Kapal MT. Citra Bintang dengan Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*

Keterangan Gambar 5:

- : *Cluster I* (Ambon – Merauke – Ambon)
- : *Cluster II* (Ambon–Ternate –Tobelo –Ambon)
- : *Cluster III* (Ambon–Tual–Dobo–Saumlaki–Ambon)
- : *Cluster IV* (Ambon–Masohi–Fak-Fak–Kaimana–Ambon)
- : *Cluster V* (Ambon–Wayame–Namlea–Sanana –Labuha– Ambon)

Dimana jarak perjalanan masing-masing *cluster* dalam satuan mil dan total rata-rata permintaan per bulannya adalah sebagai berikut:

Cluster I (Ambon – Merauke – Ambon)

Jarak = 920 + 920 = 1840

Permintaan = 2588,46 KL

Cluster II (Ambon – Ternate – Tobelo – Ambon)

Jarak = 334 + 184 + 437 = 955

Permintaan = 1320,07 KL + 1116,77 KL = 2436,84 KL

Cluster III (Ambon – Tual – Dobo – Saumlaki – Ambon)

Jarak = 325 + 110 + 235 + 335 = 1005

Permintaan = 1207,32 KL + 610,02 KL + 1036,73 KL = 2854,07 KL

Cluster IV (Ambon–Masohi–Fak-Fak–Kaimana– Ambon)

Jarak = 62 + 242 + 112 + 391 = 807

Permintaan = 569,27 KL + 547,81 KL + 1076,76 KL = 2193,84 KL

Cluster V (Ambon–Wayame– Namlea– Sanana –Labuha– Ambon)

Jarak = 75 + 43 + 112 + 185 + 240 = 655

Permintaan = 558,88 KL + 463,14 KL + 657,70 KL + 852,53 KL = 2532,25 KL

Jadi, jumlah jarak perjalanan yang ditempuh oleh kapal MT. Citra Bintang adalah 1840 + 955 + 1005 + 807 + 655 = 5262 mil, dengan total rata-rata permintaan pada masing-masing *cluster* tidak melebihi kapasitas muat kapal. Sehingga jika ada depot yang melakukan penambahan permintaan, maka masih memungkinkan untuk dipenuhi.

Berikut merupakan perhitungan waktu untuk seluruh pelayaran dari masing-masing *cluster*:

Cluster I (Ambon – Merauke – Ambon)

$$= \left(\frac{920 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2588,46 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{920 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right)$$

$$= 79,93 \text{ jam} + 14,55 \text{ jam} + 76,1 \text{ jam}$$

$$= 170,58 \text{ jam} = 7,1 \text{ hari} = 7 \text{ hari } 2 \text{ jam } 24 \text{ menit}$$

Cluster II (Ambon – Ternate – Tobelo – Ambon)

$$= \left(\frac{518 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2436,84 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{437 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right)$$

$$= 45 \text{ jam} + 13,7 \text{ jam} + 36,15 \text{ jam}$$

$$= 94,85 \text{ jam} = 3,95 \text{ hari} = 3 \text{ hari } 22 \text{ jam } 48 \text{ menit}$$

Cluster III (Ambon – Tual – Dobo – Saumlaki – Ambon)

$$= \left(\frac{670 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2854,07 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{335 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right)$$

$$= 58,21 \text{ jam} + 16,04 \text{ jam} + 27,71 \text{ jam}$$

$$= 101,96 \text{ jam} = 4,25 \text{ hari} = 4 \text{ hari } 6 \text{ jam}$$

Cluster IV (Ambon–Masohi–Fak-Fak–Kaimana–Ambon)

$$= \left(\frac{416 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2193,84 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{391 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right)$$

$$= 36,14 \text{ jam} + 12,33 \text{ jam} + 32,34 \text{ jam}$$

$$= 80,81 \text{ jam} = 3,37 \text{ hari} = 3 \text{ hari } 8 \text{ jam } 53 \text{ menit}$$

Cluster V (Ambon–Wayame–Namlea–Sanana–Labuha– Ambon)

$$= \left(\frac{415 \text{ mil}}{11,51 \text{ mil/jam}} \right) + \left(\frac{2532,25 \text{ KL}}{177,925 \text{ KL/jam}} \right) + \left(\frac{240 \text{ mil}}{12,09 \text{ mil/jam}} \right)$$

$$= 36,06 \text{ jam} + 14,23 \text{ jam} + 19,85 \text{ jam}$$

$$= 70,14 \text{ jam} = 2,92 \text{ hari} = 2 \text{ hari } 22 \text{ jam } 5 \text{ menit}$$

Sehingga, total lamanya perjalanan yang ditempuh kapal adalah

$$= 170,58 \text{ jam} + 94,85 \text{ jam} + 101,96 \text{ jam} + 80,81 \text{ jam} + 70,14 \text{ jam}$$

$$= 518,34 \text{ jam} = 3,09 \text{ minggu}$$

$$= 3 \text{ minggu } 15 \text{ jam } 7 \text{ menit}$$

Dapat dibandingkan bahwa rute ini dapat mendistribusikan BBM dalam waktu yang lebih singkat, yaitu 3,09 minggu, juga dengan jarak rute yang lebih pendek daripada sebelumnya, yaitu 5262 mil, daripada dengan menggunakan sistem *tramper* yang memakan waktu 3,37 minggu, dan memiliki jarak rute yang lebih panjang yaitu 5798 mil. Dengan demikian, kegiatan pendistribusian akan lebih efisien dan dapat menekan pengeluaran biaya, serta meningkatkan kualitas pelayanan bagi masyarakat.

KESIMPULAN

Diperoleh rute rute perjalanan kapal MT. Citra Bintang milik PT. Burung Laut dalam mendistribusikan BBM dari Ambon ke 13 depot tujuan dengan menggunakan system *tramper* kurang efektif dibandingkan dengan usulan rute dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System*. Pemilihan rute dengan menggunakan *Ant Colony System* menghasilkan rute dengan jarak tempuh sepanjang 5.262 mil dengan waktu berlayar selama 3,09 minggu, dimana semua permintaan dari depot tujuan terpenuhi tanpa melebihi kapasitas muat kapal. Sedangkan rute sebelumnya dalam melakukan pendistribusian memakan waktu 3,37 minggu dan jarak rute yang ditempuh adalah 5.798 mil. Dengan demikian algoritma *Ant Colony System* dapat memangkas jarak sebesar 536 mil dan lebih menghemat waktu sebanyak 0,28 minggu, atau sekitar 1 hari 23 jam 2 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Dorigo, M. dan Gambardella, L. M. (1997). *Ant Colonies for the Traveling Salesman Problem*. London: Cambridge.
- Fernandez, A., Handoyo, E. dan Saomantri, M. "Pembangunan Aplikasi Penyusunan Jadwal Kuliah Menggunakan Algoritma Semut". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro*, Semarang.
- Hindriyanto. Pengantar Optimisasi. [Online]. Tersedia: <http://hindriyanto.wordpress.com/2010/10/23/pengantar-optimisasi/>. [10 Februari 2014]
- Leksono, Agus. (2009). Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) Untuk Menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Skripsi Sarjana pada FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang.
- Lintasan dan Sirkuit Hamilton. [Online]. Tersedia: <http://kuliahsi.blogspot.com/2010/07/lintasan-dan-sirkuit-hamilton.html?m=1>. [11 Februari 2014].
- Lintasan Hamilton. [Online]. Tersedia: http://id.m.wikipedia.org/wiki/Lintasan_Hamilton [11 Februari 2014].
- Manurung, Dorkas Taruli. (2009). Penentuan Rute Distribusi BBM Untuk Menentukan Jalur yang Optimal dan Biaya yang Optimum dengan Metode *Structural Equation Modeling* di PT. Burung Laut. Skripsi Sarjana pada FT Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Mindaputra, Eka. (2009). Penggunaan Algoritma *Ant Colony System* dalam *Traveling Salesman Problem* (TSP) pada PT. Eka Jaya Motor. Skripsi Sarjana pada FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mutakhiroh, I., Indrato dan Hidayat, T. (2007). "Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut". *Jurnal Pemrograman dan Teori Informatika Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.
- Suryadi, D. *Teori dan Algoritma Graph*.
- Yuwono, B., Aribowo, A.S. dan Wardoyo S.B. (2009). "Implementasi Algoritma Koloni Semut Pada Proses Pencarian Jalur Terpendek Jalan Protokol di Kota Yogyakarta". *Jurnal Teknik Informatika UPN "Veteran" Yogyakarta*.

