

## **A STUDY OF FUEL PRODUCT SUPPLYING IN EAST REGION WITH MARINE INVENTORY ROUTING BASIC CONCEPT**

Betty Ariani  
Program Studi Teknik Perkapalan  
Universitas Muhammadiyah Surabaya  
Email : betty.ariani@gmail.com

### **Abstract**

Distance is the problem of fuel product supplying in our country especially in east region. The scheduling of distribution was not optimize. There was no attention in time management, it made uncertainty in supplying and availability of fuel product. This research was planning about the ship route and time scheduling in order to ensure availability of fuel product in east region. The prospect and result of this research is optimize solutions in time delivery, the quantity of fuel product, and the best ship route. The manual scenario with genetic Algorithm has 10 populations, 8 generations, 40% cross over probability, and 1% mutation probability. And the best solutions are 1<sup>st</sup> ship route are Kupang – Atapupu – Dilli – Kalabahi – Kupang and 2<sup>sc</sup> ship route are Kupang – Larantuka – Reo dan Kupang with 3135 in costs.

*Key words : Schedulling, Optimize, Inventory Routing, depot of fuel product, Genetic Algorithm.*

### **1.PENDAHULUAN**

Manajemen transportasi yang efektif sangat diperlukan dalam menentukan prosedur suplai dan distribusi suatu produk. Perencanaan transportasi yang baik secara langsung akan berdampak pada biaya total yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendistribusikan produk – produknya. Secara sederhana untuk mengurangi biaya total yang diakibatkan oleh transportasi dapat dicapai dengan mengoptimalkan rute yang ditempuh oleh tiap angkutan dengan cara memilih rute dengan jarak terpendek. PT Pertamina melayani kebutuhan bahan bakar minyak untuk seluruh nusantara, dalam pendistribusiannya banyak kendala yang muncul dimana terkadang suplai salah satu atau beberapa jenis bahan bakar minyak terlambat atau kurang. Tidak dipungkiri bahwa jarak dan penjadwalan distribusi masih kurang optimal. Permasalahan lain yang muncul adalah kapal tanker dengan

multi kompartemen dan tiga jenis produk hingga memaksa sejumlah kapal tanker harus melakukan multi trip jika permintaan lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas kapal. Nilai permintaan yang berbeda – beda menimbulkan permasalahan jika tingkat utilisasi tangki pengangkut rendah. Penjadwalan kapal sejauh ini hanya berdasarkan pada nilai permintaan saat ini saja dan intuisi dari perencana penjadwalan kapal, perusahaan hanya melakukan estimasi kebutuhan tanker secara aggregate dengan membandingkan total ECC pada tonnage requirement dan total ECC pada available tanker. Penelitian ini menargetkan didapatkannya rute terbaik dan estimasi biaya sehingga dapat dipakai sebagai bahan kajian dan pertimbangan PT.Pertamina untuk melakukan upaya penjadwalan yang lebih sistematis dengan tetap mempertimbangkan aspek ketersediaan bahan bakar minyak pada masing – masing depo, rute terefektif, ketepatan waktu dan

tercukupinya permintaan masing – masing depo. Adapun area yang dijadikan target adalah wilayah timur yang meliputi Waingapu, Atapupu, Dilli, Kalabahi, Larantuka, Maumere, Ende dan Reo. Dengan depo pusat sebagai penyuplai adalah Kupang. Ditentukan periode distribusi adalah bulanan dan penempatan jenis bahan bakar minyak pada masing – masing kompartemen kapal telah ditetapkan pihak perusahaan ( dedicated compartement ).

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Transportasi laut memberikan kontribusi yang sangat besar bagi perekonomian dunia dimana pengangkutan barang merupakan bagian terpenting dalam bisnis transportasi laut. Lebih dari tujuh miliar ton barang dikirim lewat jalur laut pada setiap tahunnya. Bisnis ini mencapai puncaknya pada tahun 2005 [1].

Permasalahan dalam integrasi penentuan rute dan ketersediaan stok dikenal dengan nama IRP ( Inventory Routing Problem ). IRP dapat dikatakan sebagai pengembangan VRP dimana dalam VRP jumlah produk yang didistribusikan tergantung dari order yang dilakukan oleh konsumen dalam satu periode [2]. Pada awal kemunculannya VRP maupun IRP lebih banyak diaplikasikan untuk memecahkan masalah pada transportasi darat. Namun saat ini dapat dijumpai pula pada transportasi laut dimana kapal dipakai sebagai sarana angkutan sehingga dikenal pula Marine Inventory Routing Problem [3]. Permasalahan VRP memiliki pembagian beberapa kategori antara lain :

- ✓ Split and Delivery  
Memiliki karakteristik bahwa satu konsumen dapat disuplai oleh beberapa atau lebih dari satu buah kendaraan ( vehicle ).
- ✓ Multiple trips

Memiliki karakteristik bahwa semua kendaraan memungkinkan untuk menempuh lebih dari satu rute dalam satu periode operasinya.

- ✓ Multiple Product & Multiple Compartement

Memiliki karakteristik jika beberapa produk dapat diangkut oleh sebuah kendaraan yang memiliki beberapa kompartemen untuk memisahkan masing – masing produk dari ketercampuran. Sehingga muncul pembagian kendaraan dengan istilah homogeneous dan heterogeneous fleet dimana keduanya memiliki perbedaan pada kapasitas.

Adanya perbedaan antara masalah penentuan rute dan penjadwalan kendaraan di darat dan dilaut adalah sebagai berikut : [3].

- ✓ Kapal memiliki karakteristik operasi ( kapasitas, kecepatan bongkar muat ) yang berbeda antara satu dengan yang lainnya termasuk struktur biayanya.
- ✓ Lingkungan penjadwalan tergantung pada modus operasi kapal
- ✓ Kapal dioperasikan sepanjang waktu sedangkan kendaraan darat biasanya tidak beroperasi di malam hari sehingga kapal tidak memiliki periode tunda dalam operasinya.

*Ship Routing* terdiri dari dua suku kata yang terdefinisi sebagai *shipping* berarti pengangkutan barang yang dilakukan oleh kapal, *routing* merupakan penempatan urutan dari kapal ke pelabuhan, sedangkan *scheduling* artinya pengaturan waktu dari berbagai kegiatan yang berhubungan dengan rute kapal [3]. Ada empat kategori permasalahan yaitu : pemodelan sistem transportasi, pelayaran rutin, tramp shipping dan industri. Pendapat lain membagi menjadi strategi perencanaan kapal (desain

dan sistem armada yang optimal ), pengaturan strategi penjadwalan kapal pada industrial dan tramp shipping, pengaturan pada liner shipping dan kajian lain yang berhubungan dengan permasalahan ship routing [5]. Ship routing memberikan solusi terhadap pemilihan rute pelayaran saja tanpa mempertimbangkan faktor kapasitas permintaan konsumen, yang didapat hanyalah bagaimana mencari jalur terpendek dari semua yang akan dituju dengan pertimbangan minimalisasi biaya. Namun sebenarnya proses penjadwalan memiliki nilai ketidakpastian yang tinggi dikarenakan faktor eksternal yang mempengaruhi seperti masalah cuaca, kerusakan teknis kapal, dan tingkat konsumsi manusia yang berubah setiap saat. Hingga untuk sementara proses optimasi pada penelitian inipun mengabaikan pengaruh faktor diatas.

Ada beberapa metode pendekatan penyelesaian masalah inventory routing yang biasa dipakai antara lain sebagai berikut :

✓ Metode Decomposition

Metode ini dikenal sebagai metode Dantzig – wolf decompositions menyelesaikan dengan terlebih dahulu membagi master problem menjadi sub problem. Pada masalah inventory routing ini masalah dipecah menjadi 2 sub yaitu permasalahan rute kapal dan ketersediaan barang. Dengan menyelaraskan hasil penyelesaian antara kedua sub permasalahan tersebut kita dapatkan constraint / batasan tambahan untuk master problem. Target solusi pertama adalah meminimalisasikan biaya operasional untuk rute masing – masing kapal sedangkan solusi kedua dengan penentuan urutan pelabuhan yang disinggahi berdasarkan

kapasitas muatan. Kemudian dibuatlah pemodelan yang memuat kedua sub permasalahan diatas. Kelemahan dari metode ini adalah proses penyelesaian terlalu panjang, dan kurang tepat untuk permasalahan optimasi kombinasi.

✓ Metode Program Matematika

Sangat sulit diaplikasikan terutama karena kompleksitas permasalahan, menyangkut banyak pemilihan pelabuhan dan kemungkinan rute yang dipilih. Pada intinya jika kita ingin memakai program ini maka ada dua hal yang harus dicari jawabannya yaitu bagaimana mencari semua kemungkinan rute pada banyak pelabuhan dan bagaimana cara kita memilih rute dengan objective function terbaik.

✓ Algoritma Genetika

Keuntungan penggunaan algoritma sangat jelas terlihat dari kemudahan implementasi dan kemampuannya untuk menemukan solusi yang bagus dan bisa diterima secara tepat untuk masalah berdimensi tinggi. Algoritma sangat berguna dan efisien untuk masalah dengan karakteristik ruang masalah sangat besar, kompleks dan sulit dipahami; tidak tersedianya analisa matematika yang memadai; ketika metode – metode konvensional sudah tidak mampu lagi menyelesaikan masalah dan jika solusi yang diharapkan tidak harus paling optimal tetapi cukup bagus atau bisa diterima.

**3.METODOLOGI PENELITIAN**

a. Data di lapangan

Adapun data – data yang diperlukan sebagai dasar perencanaan antara lain adalah data jarak antar depo, data kapasitas storage depo, tingkat konsumsi rata – rata dan juga kapal pengangkut :

Tabel 1 Data Jarak Antar Depo

	Kp g	At p	Dli	Kl b	Lrt	Mr e	Re o	Nd e	Wn g
Kpg	0								
Atp	118	0							
Dli	180	55	0						
Klb	140	63	96	0					
Lrt	130	12 9	17 5	11 8	0				
Mre	218	29 5	25 5	19 4	12 0	0			
Reo	348	29 9	32 0	27 4	21 8	12 4	0		
Nde	140	19 2	24 0	18 5	93	93	25 2	0	
Wn g	201	26 5	31 1	19 8	25 4	25 4	13 5	99	0

Depo jarak antara depo pusat dengan depo daerah lain maupun data jarak antar depo menjadi dasar perhitungan waktu tempuh pengiriman produk bbm.

Tabel 2 Data kapasitas storage dan tingkat konsumsi rata – rata

Depo	Bensin		Kerosin		Solar	
	max	rate	max	rate	max	rate
Kpg	4912	336	8484	389	12122	715
Atp	293	41	481	53	577	54
Dli	1099	50	236	26.25	2003	129.4
Klb	96	7	288	16	506	15
Lrt	182	15	360	30	474	30
Mre	1170	31.3	1109	34.5	2237	49.2
Reo	278	17	571	57.3	963	48.2
Nde	1114	22.9	1114	39	2227	44.6
Wgp	1103	17	1100	28	2209	40

Kapasitas storage depo memiliki batas maksimum, ketika proses perencanaan awal semua depo diasumsikan penuh. Tingkat konsumsi rata – rata menggambarkan banyaknya pemakaian masing – masing jenis produk.

Tabel 3 Data Kapal Pengangkut

no	Nama	DWT	kecepatan
1	Putri Tiga	2274	10
2	Putri Jelita	2892	10
3	Kerta Dua	3500	10
4	Andika Ass	6500	12
5	Mundu	3500	11
6	Karmila	6500	10

Kapal yang dipakai diasumsikan merupakan satu jenis ( homogenous fleet ) yaitu memiliki persamaan karakteristik pada kecepatan dan kapasitas. Kecepatan kapal disumsikan sama sebesar 10 knot sedangkan kapasitas dapat dipilih dengan pembagian kompartemen menjadi tiga.

b. Deskripsi Sistem

Pola distribusi terpusat dengan depo pusat penyuplai dinotasikan 0 yang kemudian bertanggung jawab terhadap tercukupinya 8 depo lain yang dinotasikan sebagai 1,2,...,8. Masing – masing depo daerah memiliki tingkat permintaan yang berbeda terhadap jenis pada tiap periode pengiriman dan kapasitas storage yang berbeda. Diasumsikan depo pusat selalu mampu memenuhi tiap permintaan yang ada pada planning horizon.

Biaya transportasi meliputi biaya tetap (fixed cost ) berupa sewa kapal dan variabel cost berupa biaya transportasi dari depo yang dituju berdasarkan jarak.

Keseluruhan perencanaan pengiriman tergantung pula pada kapasitas total kapal, dimana peletakan produknya pada kompartemen yang telah ditentukan. Penentuan termasuk jenis dan jumlah produk yang dibawa.

c. Persamaan Matematis

Objective function :

Menemukan rute yang memiliki nilai biaya ( cost ) yang paling rendah dengan waktu tempuh yang terpendek.

Constraint Factor :

- Permintaan untuk masing – masing produk tidak melebihi kapasitas pada ruang muat kapal untuk masing – masing produk.
- Waktu tempuh untuk masing – masing depo tidak melebihi nilai ketahanan stok untuk masing – masing produk.
- Setiap depo harus hanya dilayani oleh satu kapal
- Kapal tidak boleh singgah lebih dari satu kali ke depo yang sama dalam satu periode pengiriman. Dilakukan gruppung terhadap permintaan pada produk untuk depo yang sama.
- Satu rute dilakukan oleh 1 kapal

D.Representasi dalam Algoritma Genetika

#### *Pendefinisian individu*

Definisi individu adalah menyatakan sebuah kombinasi keadaan yang menunjukkan sebuah solusi. Pada permasalahan ini individu direpresentasikan sebagai bentuk array dimana nama kolom berisikan nomer depo dan isi kolom adalah nomer rute dimana 1 rute = 1 kapal.

Depo 1 2 3 4 5 6 7 8

Rute 1 1 2 3 2 1 3 2

Berarti :

Rute 1 = depo 1 2 6

Rute 2 = depo 3 5 8

Rute 3 = depo 4 7

Sehingga didapatkan hasil banyak rute = banyak kapal = 3

Waktu tempuh masing – masing rute = dihitung berdasar jarak tempuh ditambah

waktu bongkar muat yang dibuat selama enam jam.

Panjang rute = dihitung dari depo pusat

Biaya operasional = didapat dari penjumlahan sewa kapal dan biaya operasional kapal per jarak tempuhnya.

#### *Proses penentuan fungsi evaluasi/fitness*

Kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performasinya. Fungsi fitness permasalahan ini adalah

$$F = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$

Dimana nilai fitness merupakan hasil inverse dari panjang rute 1 hingga ke n, dengan n adalah banyak kapal minimum yang diperlukan

#### *Proses pembangkitan populasi baru*

Populasi awal dibangkitkan secara acak dengan menentukan beberapa parameter yaitu :

- ✓ Tingkat permintaan dari masing – masing depo untuk semua jenis produk
- ✓ Rute yang terbentuk sekaligus representasi banyak kapal

#### *Proses penentuan seleksi*

Dilakukan dengan cara :

- ✓ Dilakukan perhitungan terhadap nilai fitness masing – masing individu
- ✓ Hitung total fitness semua individu
- ✓ Hitung probabilitas masing – masing individu
- ✓ Dari probabilitas dihitung jatah masing – masing individu pada angka 1 – 100

- ✓ Bangkitkan bilangan random 1 – 100
- ✓ Dari bilangan random yang sudah dihasilkan ditentukan individu mana yang terpilih dalam proses seleksi.

*Proses cross over dan mutasi*

Proses ini untuk melakukan modifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu yang sama. Probabilitas cross over antara 0,6 – 0,95.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengolahan data akan dibuat rancangan sistem model optimasi dengan tampilan yang terdiri atas :

- a. Data depo yang memiliki entity kapasitas maksimum storage, nilai inisial inventory per periode, tingkat konsumsi rata – rata harian.
- b. Data kapal yang memiliki entity biaya dan kapasitas. Biaya terdiri atas biaya sewa dan operasional per jaraknya sedangkan kapasitas terbagi atas nilai kompartemen yang dedicated.
- c. Proses penentuan jumlah minimal kapal per periode yang dihitung dari nilai permintaan tertinggi jenis produk terhadap kapasitas kapal
- d. Proses penentuan ppulasi awal berdasar inputan jumlah minimal kapal dan depo yang harus disuplai.
- e. Proses genetika algoritma dengan inputan jumlah populasi, nilai probabilitas crossover dan mutasi
- f. Hasil optimasi yang memperlihatkan total biaya optimum dengan gambaran rute dan waktu tempuh dari masing – masing kapal.

Berikut skenario perhitungan manual untuk 10 populasi, 8 generasi  $pc = 40\%$  dan  $pm = 1\%$

Tabel 4 Populasi awal

	kromosom	fitness
V1	2 1 1 1 0 2 0 0	0.0002436
V2	2 2 2 2 0 2 0 0	0.0000000
V3	2 1 1 1 0 2 0 0	0.0002436
V4	1 1 2 1 0 2 0 0	0.0002590
V5	1 2 2 2 0 2 0 0	0.0002702
V6	1 2 2 2 0 2 0 0	0.0002702
V7	1 1 1 1 0 1 0 0	0.0000000
V8	1 2 1 2 0 2 0 0	0.0002617
V9	1 1 2 2 0 2 0 0	0.0003034
V10	1 1 1 2 0 1 0 0	0.0000000
	Total fitness	0.0018519

Kromosom dengan nilai fitness 0 dianggap bukan solusi sehingga tidak terlibat untuk selanjutnya.

Tabel 5 Kromosom Hasil Seleksi

Kromosom Hasil	Kromosom asal	fitness
V1'	V9	0.0003034
V3'	V4	0.0002590
V4'	V6	0.0002702
V5'	V6	0.0002702
V6'	V9	0.0003034
V8'	V4	0.0002590
V9'	V1	0.0002436

Kromosom hasil seleksi inilah yang berhak melakukan proses cross over dan mutasi

Tabel 6 Kromosom Hasil Cross Over

Kromosom hasil Crossover	Fitness
V1'	0.0003034
V3'	0.0002590
V4'	0.0002702
V5''	0.0002702
V6''	0.0002702
V8'	0.0003034
V9'	0.0002436

Tabel 7 Kromosom Hasil Mutasi

	Kromosom setelah mutasi	fitness
V1'	1 1 2 2 0 2 0 0	0.0003034
V3*	1 2 2 1 0 2 0 0	0.0002478
V4'	1 2 2 2 0 2 0 0	0.0002702
V5''	1 1 2 2 0 2 0 0	0.0002702
V6''	1 2 2 2 0 2 0 0	0.0002702
V8'	1 1 2 1 0 2 0 0	0.0003034
V9'	2 1 1 1 0 2 0 0	0.0002436

Nilai fitness tertinggi = 0.0003034

Nilai fitness terendah = 0.0002436

Nilai representasi diatas dipakai sebagai dasar populasi awal untuk generasi selanjutnya. Proses yang dilakukan sama dengan nilai probabilitas crossover dan mutasi tidak boleh berbeda untuk satu evolusi. Berikut hasil akumulasi dari 10 generasi berturut – turut :

Tabel 8 Rekap Hasil 10 Generasi

generasi	kromosom	terbaik	terburuk	rerata
1	11220200	0.0003034	0.0002436	0.0002725
2	12220200	0.0003034	0.0002436	0.0002747
3	11220200	0.0002702	0.0002436	0.0002638
4	11210200	0.0002702	0.0002617	0.0002660
5	11120200	0.0003189	0.0002617	0.0002784
6	11120200	0.0003189	0.0002617	0.0002930
7	11120200	0.0003189	0.0002436	0.0002923
8	11120200	0.0003189	0.0002436	0.0002031

Hasil optimal akhir adalah :

Rute kapal 1

Kupang – Atapupu – Dilli –Kalabahi – Kupang

Rute kapal 2

Kupang – Larantuka – Reo – Kupang

Total biaya = 3135

## 5. KESIMPULAN

- Semakin tinggi nilai probabilitas pindah silang, semakin cepat struktur baru diperkenalkan dalam populasi. Akan tetapi jika terlalu tinggi justru dapat menghilangkan unjuk kerja yang baik sehingga populasi tidak bisa meningkatkan unjuk kerja lagi.
- Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi, tiap unit dasar dalam struktur mempunyai kemungkinan tertentu untuk dipertukarkan
- Dengan skenario manual 1 yang dilakukan untuk 10 populasi dengan 8 generasi dengan probabilitas cross over 25% dan probabilitas mutasi 1

% didapatkan hasil Hasil optimal akhir adalah

Rute kapal 1

Kupang – Atapupu – Dilli –Kalabahi – Kupang

Rute kapal 2

Kupang – Larantuka – Reo – Kupang

Total biaya = 3135

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Suprayogi dan Setiawan komara, A *Sequential Insertion Algorithm for Solving A Distribution Problem of Fuel Product*, Proceeding of JSPS-DGHE Seminar on Marine Transportation Engineering, pp 332 – 229, 2006
- Moin NH and Salhi S, *Inventory Routing Problems: A Logistical Overview*, Journal of the Operations research Society 58, pp 1185 – 1194, 2007
- Ronen D, *Marine Inventory Routing: Shipment Planning*, Journal of Operation Research Society 53, pp 108-114, 2002
- Campbell A.M and Savelsberg M.W.P, *A Decomposition Approach For The Inventory Routing Problem*, Transportation Science 38 (4), pp 488-502, 2004
- Christiansen, M *Decomposition of a Combined Inventory and Time Constrained Ship Routing Problem*, Transportation Science 33, pp 249 - 259, 1990
- A.A B Dinariyana, Yamato Matsukura H, Maytouch U, *Marine Inventory Routing for Multy Commodity Petroleum Product in a Hub and Spokes Network*, AEARU-ICASS Joint Workshop, pp 367 – 370, 2007.

7. Tamer F abdelmaguid, Maged M Dessouky, *A Genetic Algorithm Approach to the Integrated Inventory Distribution Problem*, Transportation Research, 2007.
8. Ricardo Giesen, Juan Carlos Munos, *Multy Item Inventory Routing Problem for Ship Distribution of Liquid oil Bulk Product*, Transport and Logistic Engineering Departement Pontificia Universidad Catolica de Chile.
9. Sri Kusuma Dewi, Hari Purnomo, *Penyelesaian Masalah Optimasi Dengan Teknik Heuristik*, Graha Ilmu, pp 223 – 250, 2007.



