

**PENERAPAN ALGORITMA *SEQUENTIAL INSERTION*
DALAM PENDISTRIBUSIAN BBM DI KAWASAN TIMUR INDONESIA
(STUDI KASUS PADA PT. PERTAMINA UPMS VIII TERMINAL TRANSIT
WAYAME-AMBON)**

D. B. Paillin

Program Studi Tek. Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon
email : dani_ti_fatek@yahoo.co.id

Erlon Wattimena

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

ABSTRAK

Permasalahan pendistribusian dimana kendaraan pengangkut berangkat dari satu depot menuju ke beberapa destination point dengan melewati beberapa rute dan kembali ke depot yang sama lebih dikenal dengan istilah Vehicle Routing Problem (VRP). VRP merupakan permasalahan NP-Hard Combinatorial artinya semakin banyak ukuran permasalahan atau variabelnya, maka usaha untuk melakukan komputasi juga akan meningkat secara eksponensial. Hal ini yang melatar belakangi dilakukan penelitian ini dengan menerapkan algoritma Sequential Insertion dalam memecahkan permasalahan VRP untuk menentukan rute yang optimum (minimum kendaraan dan durasi waktu) dalam pendistribusian BBM di kawasan timur Indonesia dengan karakteristik VRP with heterogeneous fleet of vehicle, VRP with multiple trips, VRP with split deliveries, VRP with multiple products and multiple compartments.

Kata kunci : *Vehicle Routing Problem (VRP), VRP with heterogeneous fleet of vehicle, VRP with multiple trips, VRP with split deliveries, VRP with multiple products and multiple compartments, sequential insertion.*

ABSTRAK

Problems distribution where the transport vehicle departs from depot to get to some destination point by passing through multiple routes and come back to the same depot better known as the Vehicle Routing Problem (VRP) . VRP is an NP - hard problem Combinatorial means more size or variable problem , efforts to make computing will also increase exponentially . This is the background of this research by applying algorithms Sequential Insertion resolve the problems of VRP to determine the optimum (minimum of vehicles and duration) in the distribution of fuel in the eastern region of Indonesia with the characteristics of VRP with heterogeneous fleet of vehicles , VRP with multiple trips , VRP with split deliveries , VRP with multiple products and multiple compartments .

Kata kunci : *Vehicle Routing Problem (VRP), VRP with heterogeneous fleet of vehicle, VRP with multiple trips, VRP with split deliveries, VRP with multiple products and multiple compartments, sequential insertion.*

PENDAHULUAN

Secara geografis kawasan timur Indonesia sebagian besar terdiri dari pulau-pulau dan perairan. Kondisi ini tentu menjadi tantangan bagi PT. Pertamina dalam menjalankan tugas penyediaan dan pendistribusiannya. Salah satu tantangan tersebut adalah bagaimana menentukan rute kapal tanker dari satu terminal transit / *supply point* ke sembilan belas depot / *destination point* yang ada dalam wilayah distribusinya (Saumlaki, Tual, Dobo, Merauke, Kaimana, Fak-fak, Bula, Masohi, Namlea, Sanana,

Labuha, Tobelo, Ternate, Sorong, Manokwari, Biak, Serui, Nabire, dan Jayapura). Penentuan rute tersebut ditujukan untuk mengoptimalkan jarak tempuh dan waktu tempuh guna meningkatkan efisiensi perusahaan melalui biaya distribusi yang minimal.

Penentuan rute pendistribusian BBM di Kawasan Timur Indonesia ini tergolong dalam permasalahan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Suprayogi (2003) memberikan beberapa contoh variasi dari VRP, antara lain:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. VRP with multiple trips: | 6. VRP with delivery dan pick-up |
| 2. VRP with time window | 7. VRP with multiple depots |
| 3. VRP with split deliveries | 8. VRP with heterogeneous fleet of vehicle |
| 4. VRP with multiple products | 9. Stochastic VRP |
| 5. Periodic VRP | 10. Dynamic VRP |

Berdasarkan varian VRP diatas, Paillin (2009) pernah menyelesaikan varian VRP with a heterogeneous fleet of vehicle, split delivery VRP with multiple trips, multiple products and multiple compartments pada pendistribusian BBM dari PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran (UPms) VIII Terminal Transit-Wayame. dengan menggunakan algoritma genetika dalam mencari solusi permasalahan. Tetapi perlu diingat bahwa VRP termasuk dalam permasalahan *NP-Hard* kombinatorial, artinya semakin banyak ukuran permasalahan atau variabelnya, maka usaha untuk melakukan komputasi juga akan meningkat secara eksponensial (Paillin, 2009).

Dengan latar belakang diatas, penelitian ini akan mengembangkan algoritma *sequential insertion* dalam menemukan solusi optimum. *Sequential insertion* dipilih karena teknik ini cepat dalam memberikan solusi dan mudah untuk diimplementasikan, selain itu algoritma *sequential insertion* akan berusaha untuk menghasilkan jumlah kendaraan (tur) sekecil mungkin dengan memanfaatkan kapasitas kendaraan sebanyak mungkin (Pinnoi, 2000) dalam Mahaputra (2006).

LANDASAN TEORI

Vehicle Routing Problem (VRP)

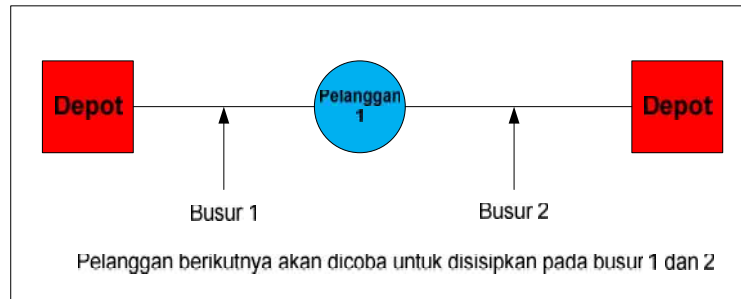
Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan dalam sistem distribusi yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, untuk sekelompok kendaraan yang diketahui kapasitasnya, agar dapat memenuhi permintaan *costumer* dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui. Suatu rute yang optimal adalah rute yang memenuhi berbagai kendala operasional, yaitu memiliki total jarak dan waktu perjalanan yang ditempuh terpendek dalam memenuhi permintaan *costumer* serta menggunakan kendaraan dalam jumlah yang terbatas (Rahmi dan Murti, 2013). Berikut ini adalah karakteristik dari permasalahan dalam VRP yaitu :

1. Perjalanan kendaraan berawal dan berakhir dari dan ke depot awal.
2. Ada sejumlah tempat yang semuanya harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya tepat satu kali.
3. Jika kapasitas kendaraan sudah terpakai dan tidak dapat melayani tempat berikutnya, kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan melayani tempat berikutnya, dan

Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak tempuh kendaraan dengan mengatur urutan tempat yang harus dikunjungi beserta kapan kembalinya kendaraan untuk mengisi kapasitasnya lagi

Algoritma Sequential Insertion

Algoritma heuristic Insertion ini sangat terkenal sebab metode ini sangat cepat dalam memberikan solusi, mudah untuk diimplementasikan, dan mudah dikembangkan untuk menangani pembatas-pembatas sulit. Prinsip dasar dari algoritma *sequential insertion* adalah mencoba menyisipkan pelanggan diantara semua busur (*edge*) yang ada pada rute saat ini. Busur ini didefinisikan sebagai lintasan yang menghubungkan secara langsung satu lokasi dengan satu lokasi yang lain.

Penyisipan Pelanggan Pada *Sequential Insertion*

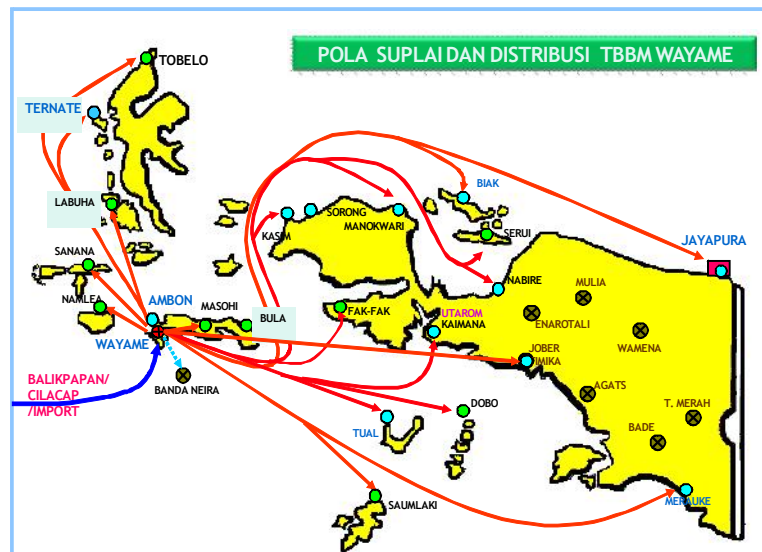
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran (UPms) VIII Terminal Transit Wayame-Ambon. Adapun metode yang digunakan dalam menganalisis data-data yang diperoleh untuk mendapatkan pola rute kapal tanker yang optimal untuk pendistribusian BBM di kawasan timur Indonesia adalah dengan menggunakan algoritma *sequential insertion*. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut : 1) Pengembangan model pemecahan masalah 2) Perancangan *software* 3) Verifikasi solusi hasil komputasi *software* 4) Analisa hasil 5) kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Sistem Distribusi BBM di UPms VIII PT. Pertamina

Pendistribusian BBM di Region VIII PT. Pertamina dilakukan melalui laut dengan menggunakan kapal tanker. Terdapat tiga jenis produk BBM (Premium, kerosin, dan solar) yang harus disuplai ke 19 depot tujuan dari TBBM Wayame. Sembilan depot tersebut adalah sebagai berikut; Biak, Bula, Dobo, Fakfak, Jayapura, Kaimana, labuha, Manokwari, Masohi, Merauke, Nabire, Namlea, Sanana, Saumlaki, Serui, Sorong, Ternate, Tobelo, dan Tual. Pola distribusi dan suplai TBBM Wayame dapat dilihat pada gambar 1. Pola Suplai dan Distribusi TBBM Wayame.



Pola Suplai dan Distribusi TBBM Wayame

Setiap depot tujuan memiliki kapasitas maksimal yang berbeda untuk menyimpan produk BBM. Kapasitas simpan tergantung pada kapasitas tangki timbun yang dimiliki depot tersebut untuk tiap produk BBM. Sedangkan untuk daya tahan (lama waktu ketersediaan stok BBM) masing-masing depot penerima tergantung dari besarnya kapasitas tangki timbun dibagi dengan konsumsi per hari depot tersebut. Data kapasitas tangki timbun (*safe capacity*), konsumsi per hari (*throughput*), dan daya tahan tiap depot pelanggan untuk masing-masing produk BBM dapat dilihat pada tabel 1. *Safe Capacity*, *Throughput*, dan Daya Tahan Masing-masing Depot Pelanggan

No	Depot	Premium			Kerosin			Solar		
		Safe Cap (kl)	Trhpt (kl/Hari)	Daya Tahan (Hari)	Safe Cap (kl)	Trhpt (kl/Hari)	Daya Tahan (Hari)	Safe Cap (kl)	Trhpt (kl/Hari)	Daya Tahan (Hari)
1	Masohi	781	22.9	34.1	581	35.0	16.6	491	26.5	18.5
2	Tual	1169	19.4	60.3	1189	24.2	49.1	9206	95.1	96.8
3	Dobo	189	7.9	23.9	682	16.7	40.8	1546	34.2	45.2
4	Kaimana	518	12.7	40.8	514	5.5	93.5	2206	39.3	56.1
5	Bula	684	8.0	85.5	367	12.5	29.4	367	10.2	36.0
6	Saumlaki	687	10.3	66.7	581	19.0	30.6	1538	63.1	24.4
7	Merauke	2460	63.3	38.9	1696	34.2	49.6	4385	164.5	26.7
8	Namlea	677	16.6	40.8	526	13.0	40.5	976	16.1	60.6
9	Sanana	477	10.1	47.2	682	14.7	46.4	681	14.3	47.6
10	Labuha	680	15.5	43.9	592	15.9	37.2	1716	20.5	83.7
11	Ternate	2354	83.0	28.4	2348	94.1	25.0	5631	248.2	22.7
12	Tobelo	685	43.7	15.7	748	22.5	33.2	2094	65.1	32.2
13	Sorong	2560	94.3	27.1	3987	65.0	61.3	12418	465.2	26.7
14	Manokwari	1172	53.9	21.7	1190	22.2	53.6	2363	63.4	37.3
15	Serui	972	24.7	39.4	482	14.5	33.2	872	19.5	44.7
16	Nabire	768	47.4	16.2	478	21.8	21.9	1527	47.7	32.0
17	fak-fak	486	16.4	29.6	482	15.6	30.9	2019	17.7	114.1
18	Biak	2200	34.3	64.1	6500	20.1	323.4	10300	70.9	145.3
19	Jayapura	4502	183.3	24.6	2093	91.8	22.8	10672	291.0	36.7

Moda transportasi yang digunakan yaitu kapal tanker yang heterogen, dengan jumlah yang tidak terbatas (Jika dalam kasus yang dipecahkan memiliki tur melebihi jumlah kapal tersedia, maka kelebihan kapal tersebut diasumsikan dipenuhi dengan sewa tambahan), sehingga permasalahan ini termasuk *heterogeneous fleet size vehicles*. Total muatan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas angkut kapal.

Kapal tanker dapat melakukan lebih dari satu trip atau rute dalam satu horizon perencanaan, sehingga termasuk dalam permasalahan *multiple trips*. Pada saat perencanaan, posisi awal kapal harus berada di depot pengirim (TBBM Wayame). Pada saat ini Pertamina menggunakan 26 kapal tanker untuk pengiriman ke 19 depot tujuan dengan kapasitas tanker berbeda-beda sesuai jenis kapal tanker tersebut. Kapasitas muat produk dalam satu kapal telah ditentukan presentasi muatnya dan kompartemen yang digunakan bersifat *dedicated compartment*, yang artinya kompartemen yang ada telah dikhususkan untuk memuat satu produk dan tidak dapat digunakan untuk memuat produk yang berbeda jika sewaktu-waktu terjadi peningkatan permintaan. Kecepatan rata-rata kapal tanker yang digunakan adalah 8.5 knot/jam. Spesifikasi data kapal dapat dilihat pada tabel 2.

Spesifikasi Data Kapal

No	Tipe Kapal	Bobot	Jumlah	Presentasi Kapasitas Muat		
				Premium	Kerosin	Solar
1	Bulk Lighter	<1500 Ton	6	30%	20%	50%
2	Small Tanker I	1500-3000 Ton	9			
3	Small Tanker II	3000-5000 Ton	5			
4	Medium Range	5000-10000 Ton	6			

Total waktu yang diperlukan untuk menjalani satu rute terdiri dari waktu perjalanan, waktu *loading*, waktu *discharging* dan waktu *setup*. *Loading* dan *discharging* untuk ketiga produk minyak tidak dilakukan bersamaan, setelah produk minyak yang satu selesai dialirkan ke/dari tanker, baru produk minyak lain yang dialirkan ke/dari tanker (Pailin, 2009). Waktu *loading* dan *discharging* tergantung *flow rate* pompa yang tersedia yaitu 150-200 kl/jam, sehingga dalam penelitian ini digunakan kecepatan *loading* dan *discharging* sebesar 200 kl/jam.

Waktu *setup* di dermaga adalah total waktu yang dipergunakan ketika tanker sampai di dermaga, sampai siap dilakukan *loading* dan *discharging* ditambah waktu yang dipergunakan setelah *loading* dan *discharging* untuk mempersiapkan keberangkatan (Pailin, 2009). Total waktu *setup* di setiap pelabuhan adalah sebesar 2 jam dan dimasukkan kedalam waktu penyelesaian tur, sedangkan waktu tempuh merupakan waktu yang dibutuhkan kapal untuk mencapai tiap titik tujuan (hasil bagi jarak antar titik dengan kecepatan rata-rata kapal).

Jarak antar lokasidepot adalah simetris, artinya jarak dari lokasi $a - b$ sama dengan jarak dari $b - a$. Jarak antar depot dalam mil laut (*nautical mile*) dapat dilihat pada tabel 3 (Matriks Jarak Antar Depot Tujuan (Mil Laut)). Dalam penelitian ini juga, waktu tempuh berbanding linier dengan jarak, selain itu tidak ada *constraint* arus laut dan faktor alam lainnya sehingga rute apapun dapat dilalui.

Matriks Jarak Antar Depot Tujuan (Mil Laut)

AMBON																				
78	MASOHI																			
325	285	TUAL																		
410	365	115	DOBO																	
400	347	130	135	KAIMANA																
285	230	202	280	255	BULA															
380	384	215	250	326	360	SAUMLAKI														
860	803	532	490	560	710	547	MERAUKE													
80	122	417	465	460	225	428	900	NAMLEA												
180	230	483	542	563	300	547	984	115	SANANA											
230	300	458	518	478	238	561	1017	203	180	LABUHA										
320	335	582	677	625	370	688	1098	265	210	90	TERNATE									
445	480	598	659	618	383	824	1247	385	360	245	150	TOBELO								
332	390	379	470	445	216	521	833	274	357	223	303	308	SORONG							
545	570	575	620	585	340	807	1067	465	541	399	489	420	185	MANOKWARI						
660	690	710	722	700	490	812	1112	625	618	540	619	570	330	150	SERUI					
700	720	690	725	724	554	84	1107	652	621	497	686	600	375	170	103	NABIRE				
282	245	160	212	180	106	403	678	329	400	330	420	450	218	501	553	503	FAKFAK			
631	660	695	680	665	454	780	1132	594	667	533	692	530	310	116	110	148	626	BIAK		
940	996	992	1060	1020	770	1193	1440	890	1017	883	1015	828	660	425	320	391	858	291	JAYAPURA	

Horison Perencanaan dan *Demand* Tiap Depot

Horison perencanaan berfungsi membatasi total waktu penyelesaian tur. Horison perencanaan ditetapkan berdasarkan daya tahan terkecil depot pelanggan. Berdasarkan data pada tabel 1, daya tahan terkecil berada pada depot Tobelo untuk produk premium yaitu 15.7 hari. Dengan demikian horison perencanaan dalam penelitian ini ditetapkan selama 15 hari. Sedangkan untuk pengiriman, tergantung dari kebutuhan depot tujuan selama horison perencanaan tersebut. *Demand* tiap depot ditentukan berdasarkan

besarnya konsumsi per hari dikali dengan lama horison perencanaan. *Demand* tiap depot dapat dilihat pada tabel 4.

Demand Tiap Depot Selama Horison Perencanaan 15 Hari

No	Depot	Demand (Kl)			Total
		Premium	Kerosin	Solar	
1	Masohi	343.5	525.0	397.5	1266.0
2	Tual	291.0	363.0	1426.5	2080.5
3	Dobo	118.5	250.5	513.0	882.0
4	Kaimana	190.5	82.5	589.5	862.5
5	Bula	120.0	187.5	153.0	460.5
6	Saumlaki	154.5	285.0	946.5	1386.0
7	Merauke	949.5	513.0	2467.5	3930.0
8	Namlea	249.0	195.0	241.5	685.5
9	Sanana	151.5	220.5	214.5	586.5
10	Labuha	232.5	238.5	307.5	778.5
11	Ternate	1245.0	1411.5	3723.0	6379.5
12	Tobelo	655.5	337.5	976.5	1969.5
13	Sorong	1414.5	975.0	6978.0	9367.5
14	Manokwari	808.5	333.0	951.0	2092.5
15	Serui	370.5	217.5	292.5	880.5
16	Nabire	711.0	327.0	715.5	1753.5
17	fak-fak	246.0	234.0	265.5	745.5
18	Biak	514.5	301.5	1063.5	1879.5
19	Jayapura	2749.5	1377.0	4365.0	8491.5
Total		11515.5	8374.5	26588	46477.5

Sepanjang horison perencanaan, setiap depot tujuan boleh dikunjungi lebih dari satu kali oleh lebih dari satu kapal, sehingga termasuk dalam permasalahan *split delivery*.

Pengembangan Perangkat Lunak

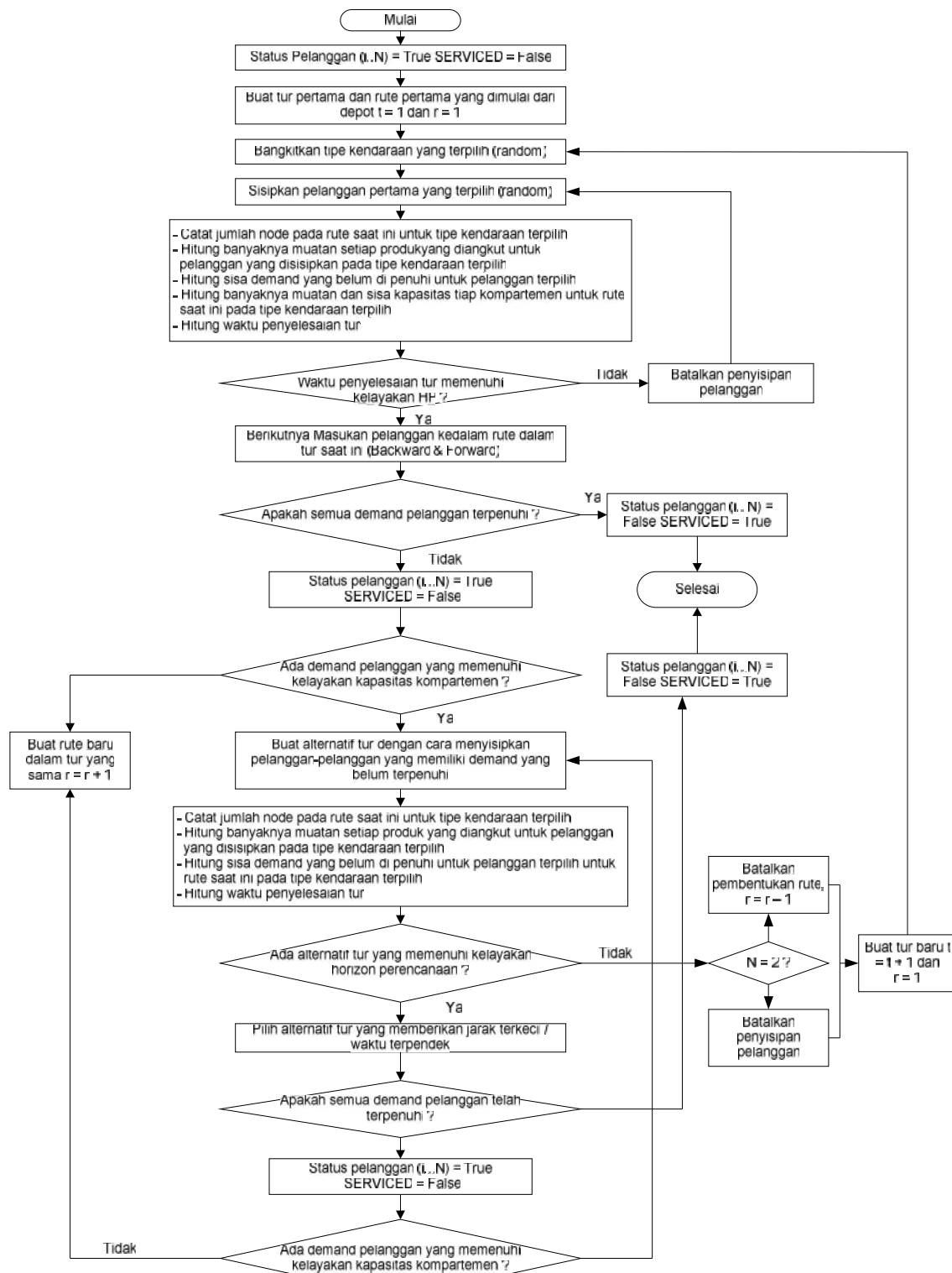
VRP merupakan permasalahan *NP-Hard* kombinatorial yang sangat rumit untuk diuji secara manual. Oleh karena itu dalam penelitian ini dibuat sebuah perangkat lunak untuk memudahkan pencarian solusi dengan cara komputasi. Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah hasil komputasi atau solusi terbaik dapat diperoleh dalam waktu yang sangat cepat.

Perangkat lunak tersebut dikembangkan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Visual Basic 6.0 pada perangkat komputer dengan spesifikasi :

Processor : Intel Core 2 Duo 3.07 GHz
Memory : DDR3 2 GB
Operation System : Windows 7 Home Premium

Pengembangan *Sequential Insertion*

Algoritma *sequential insertion* yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan sistem *forward pass* dan *backward pass* dalam penyisipan pelanggan. Berikut adalah diagram alir pembentukan solusi dengan menggunakan algoritma *sequential insertion* (Gambar 2).

Diagram Alir *Sequential Insertion*

Hasil Komputasi

Hasil komputasi merupakan alternatif solusi optimum dari perhitungan perangkat lunak yang dibangun untuk pemecahan karakteristik VRP *fleetmix vehicle*, *multiple trips*, *split delivery*, *multiple product* dan *multiple compartments* dengan menggunakan algoritma *sequential insertion*. Karena hasil dari setiap percobaan berbeda-beda maka perlu dilakukan analisa kestabilan solusi. Dalam penelitian ini, dipakai 5 replikasi untuk melihat kestabilan solusi yang dihasilkan. Nilai tiap replikasi dapat dilihat pada tabel 5.

Hasil Perhitungan Solusi Optimal Dengan Menggunakan Perangkat Lunak

Replikasi	Kapal (NV)					Total Durasi (Jam)	RCT (Jam)	Fungsi Tujuan
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4	Jumlah			
1	6	3	2	3	14	4499.95	96.63	221799.99
2	5	3	6	0	14	4623.01	133.30	216849.21
3	0	4	4	3	11	3494.07	96.54	216397.63
4	5	6	3	1	15	4663.36	131.75	226865.35
5	5	3	0	5	13	3866.78	118.12	221546.72
Rata-rata					13.40	4229.43	115.27	220691.78
St. Deviasi					1.517	521.6921707	18.049	4280.101192
Koofisien Variansi					0.113	0.123347987	0.1566	0.019394022

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa nilai koefisien variansi untuk fungsi tujuan yang ingin dicapai dari model penentuan rute dalam penelitian ini telah mendekati nol, sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi yang dihasilkan dari setiap percobaan dikatakan stabil. Sedangkan untuk penentuan banyaknya replikasi yang dibutuhkan didasarkan pada model *relative error* yang diambil dari Harrell, et.al (2004).

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2}) s}{\left(\frac{re}{(1 + re)} \right) \bar{x}} \right]^2$$

Dengan :

n' = Jumlah replikasi yang dibutuhkan
 = Tingkat kesalahan yang diizinkan (5 %)

s = Simpangan baku

re = *relative error* (10 %)

\bar{x} = Nilai rata-rata (Dicoba dengan $n = 5$ replikasi)

Dari model diatas, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$n' = \left[\frac{(1.96) 4280.101192}{\left(\frac{0.1714}{(1 + 0.1714)} \right) 220691.78} \right]^2$$

$$n' = \left[\frac{8388.998337}{32291.76282} \right]^2$$

$$n' = [0.259787562]^2$$

$$n' = 0.067489577 \quad 1 \text{ Replikasi}$$

Hasil perhitungan menunjukkan $n' < n$ (5 replikasi), dengan demikian kelima replikasi yang dipakai dinyatakan cukup untuk pengujian model pemecahan masalah dalam penelitian ini.

Analisis Hasil *Sequential Insertion* Dalam Pendistribusian Minyak di UPms VIII (Maluku, Maluku Utara dan Papua)

Tujuan utama yang ingin dicapai melalui model pemecahan masalah dengan menggunakan algoritma *sequential insertion* adalah :

1. Meminimalkan jumlah tur (kapal)
2. Meminimalkan waktu durasi tur total
3. Meminimalkan waktu durasi tur maksimum

Untuk menghindari proses pencarian secara *lexicographic*, maka pemenuhan ketiga tujuan dilakukan secara bersamaan menggunakan pendekatan *weighted sum* dengan pemberian bobot pada masing-masing tujuan (Priyandari, 2007). Secara matematis, tujuan VRP-FMVM-TSDMPMC dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Min } Z = W_1 \cdot NV + W_2 \cdot TDT + W_3 \cdot MDT$$

Dengan

NV = Jumlah kapal

TDT = Waktu total durasi tur

RCT = Waktu durasi tur maksimum

W_1, W_2, W_3 = Bobot untuk masing-masing tujuan NV , TDT , dan RCT

Penentuan nilai bobot tiap tujuan menggunakan bobot dari penelitian Mahaputra (2006) yaitu untuk W_3 sebesar 0.00005, W_2 sebesar 0.4 sedangkan untuk W_1 ditentukan berdasarkan tipe kapal. Untuk kapal tipe 1 diberikan bobot 10000, kapal tipe 2 diberikan bobot 15000, kapal tipe 3 diberikan 20000 dan kapal tipe 4 diberikan bobot 25000.

Berdasarkan model matematis fungsi tujuan diatas maka akan dipilih solusi yang paling layak sebagai hasil algoritma *sequential insertion* dalam pendistribusian minyak di UPms VIII (Maluku, Maluku Utara dan Papua). Tabel 5 memperlihatkan bahwa hasil percobaan ketiga merupakan solusi yang paling layak untuk diterapkan. Replikasi ketiga dipilih karena memiliki nilai fungsi tujuan terbaik yaitu 216397.63. Untuk waktu penyelesaian tiap tour solusi terpilih dapat dilihat pada Gambar 3.



Grafik diatas juga memperlihatkan bahwa jam kerja tiap kapal yang dihasilkan lebih merata, hal ini dapat dilihat dari rata-rata waktu penyelesaian tur yang ditunjukkan dalam grafik waktu penyelesaian tur pada gambar. Beban kerja yang merata tentunya akan berimplikasi pada biaya yang lebih optimal.

Jika dibandingkan dengan situasi nyata pendistribusian saat ini yang menggunakan 26 kapal, solusi yang dihasilkan *sequential insertion* hanya menggunakan 11 kapal dengan total waktu penyelesaian tur 3494,069 jam. Solusi ini juga memperlihatkan bahwa rata-rata waktu penyelesaian tur berkurang dari 360 jam menjadi 317.64 jam dengan durasi tur maksimum yaitu 353.84 jam.

Perbandingan Kondisi *Existing* dan Solusi yang Dihasilkan *Sequential Insertion*

Tipe Kapal	Kondisi <i>Existing</i>	Solusi yang Dihasilkan
Tipe 1	6	0
Tipe 2	9	4
Tipe 3	5	4
Tipe 4	6	3
Jumlah	26	11
Waktu Penyelesaian Tur Maksimal	360 jam	353.84 jam

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Algoritma *sequential insertion* yang dikembangkan mampu menghasilkan rute yang dapat meminimasi jumlah tur / kapal pengangkut maupun waktu durasi tur dalam pendistribusian BBM pada unit pemasaran VIII (Maluku, Maluku Utara, Papua, dan Papua Barat) dengan karakteristik VRP with *heterogeneous fleet of vehicle*, VRP with *multiple trips*, VRP with *split deliveries*, VRP with *multiple products and multiple compartments*, (VRP-FMVTSDMPMC). Jika dibandingkan dengan kondisi *existing* saat ini, solusi yang dihasilkan mampu meminimasi jumlah kapal yang dipakai yaitu dari 26 kapal menjadi 11 kapal dengan waktu durasi berkurang dari 360 jam menjadi 353.8439 jam.
2. Algoritma yang dikembangkan juga dapat digunakan untuk menemukan rute yang optimum jika terjadi peningkatan *demand* sebesar 25-50 % ataupun perubahan horizon perencanaan selama 13-14 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Harrel. C., Ghosh. B.K., Bowden. R.O. (2004), *Simulation using Promodel, Second edition.*, Mc Graw Hill.
- Mahaputra, M.S. (2006), *Pemecahan Masalah Penentuan Rute Kendaraan yang Mempertimbangkan Multiple Trips, Time Windows, dan Simultaneous Pick-Up and Delivery Dengan Menggunakan Algoritma Genetik*, Tesis S2 Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Paillin, D.B. (2009). *Pemecahan Vehicle Routing Problem Dengan Karakteristik Fleet Mix Vehicle, Multiple Trips, Split Delivery, Multiple Products Dan Multiple Compartments Menggunakan Teknik Genetic Algorithm*, Thesis, Industrial Engineering and Management Institut Teknologi, Bandung.
- Priyandari. Y. (2007). *Teknik Tabu Search untuk Penentuan Rute Kendaraan yang Mempertimbangkan Rute Majemuk, Time Windows, serta Pengantaran dan Pengambilan Simultan*, Thesis, Industrial Engineering and Management Institut Teknologi, Bandung.
- Rahmi Y., dan Murti A., 2013, Penerapan Metode Saving Matrix Dalam Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Premium di SPBU Kota Malang, Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 04, no.01, hh 17-26
- Suprayogi (2003), Vehicle routing problem: definition, variants, and application, *Proceeding Seminar Nasional Perencanaan Sistem industri 2003 (SPNSI 2003)*, Bandung.
- www.pertamina.com