

## Optimasi Rute Kapal untuk Distribusi *Spare parts* Menggunakan *Vehicle routing problem* dengan Algoritma *Tabu Search*

Jorge Osatti Muladi<sup>1</sup>, Kevin Kristiansyah Dezzano<sup>1</sup>, Azhar Febrianto<sup>1</sup>, Adji Candra Kurniawan<sup>1</sup>, Nanda Ruswandi<sup>1\*</sup>, A.A.N. Perwira Redi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Logistics Engineering, Universitas Pertamina, Jl Teuku Nyak Arief, South Jakarta 12220, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Binus Graduate Program, Binus University, Jl. Kebon Jeruk Raya No. 27, Kebon Jeruk, West Jakarta 11530, Indonesia

### Abstrak

Penentuan rute distribusi yang baik akan berpengaruh pada efisiensi jarak tempuh suatu moda transportasi yang akan digunakan. Pada penelitian ini dilakukan optimasi rute kapal dalam mendistribusikan produk berupa *spare parts* yang dibutuhkan oleh 11 kilang minyak milik PHE ONWJ yang tersebar di laut utara Pulau Jawa. *Spare parts* yang akan didistribusikan dikategorikan menjadi 3 jenis, yaitu *small*, *medium*, dan *large* berdasarkan berat dari *spare part* tersebut. Untuk mendapatkan rute distribusi yang minimum, pada penelitian ini digunakan metode eksak dan metode metaheuristik yaitu algoritma *Tabu Search*. Hasil yang didapatkan berupa rata-rata jarak ditempuh dari semua periode distribusi dan semua jenis material. Hasil eksperimen menunjukkan rata-rata total jarak rute yang dikirimkan sebesar 1008,4 km untuk metode *Tabu Search* dan sebesar 993,1 km untuk metode eksak, menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* menghasilkan solusi yang cukup baik meskipun belum mampu menghasilkan solusi optimal seperti metode eksak. Hal ini dikarenakan solusi terbaik adalah jarak distribusi terpendek yang diperlukan oleh kapal untuk memenuhi seluruh kebutuhan *platform*. Meskipun belum menghasilkan solusi optimal, *Tabu Search* dapat menghasilkan rute distribusi *spare part* yang cukup baik, sehingga total jarak tempuh kapal dekat dengan biaya distribusi minimum.

**Kata kunci:** *Vehicle routing problem*; Optimasi; *Tabu Search*

### Abstract

*Determination of a good distribution route will affect the efficiency of the mileage of a transportation mode to be implemented. In this research, optimization of ship routes in distributing products in the form of spare parts required by 11 PHE ONWJ oil refineries distributed across the northern sea of Java Island. The spare parts to be distributed are categorized into 3 types, namely small, medium and large based on the weight of the spare part. To get the minimum distribution route, the exact method and the metaheuristic method are used using the Tabu Search algorithm. The results obtained are in the form of the average distance traveled from all periods and all types of material sent as far as 1008.4 Km for the Tabu Search method and as far as 993.1 Km for the Exact method, indicating that the Tabu Search method is not able to reach the optimal solution. Despite the optimality, Tabu Search results is still considerably generating a good result due to the small differences of its results compared to the exact method.*

**Keywords:** *Vehicle routing problem*; Optimization; *Tabu Search*

\*Corresponding author

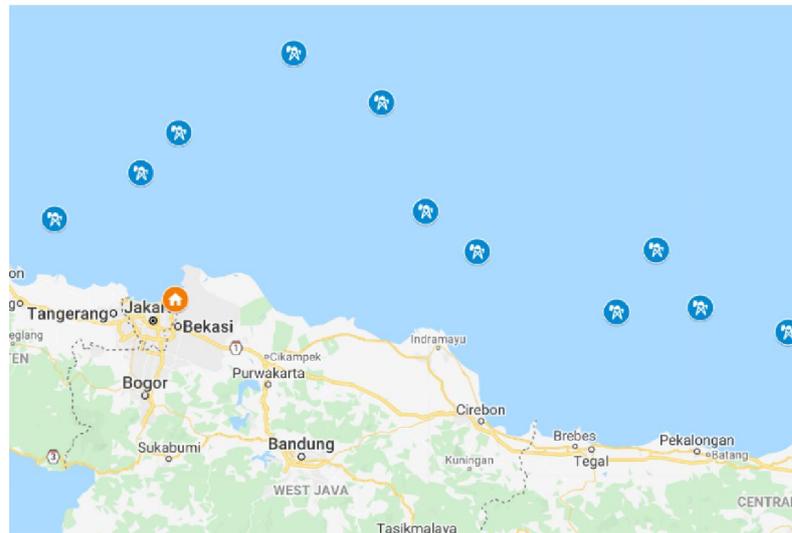
Alamat email: nanda.ruswandi@gmail.com

<https://doi.org/10.35261/gijtsi.v1i01.4316>

Diterima tgl 22 Oktober 2020; Disetujui tgl 21 November 2020; Terbit online tgl 30 November 2020

## Pendahuluan

Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi di Indonesia masih tinggi yakni sekitar 85 persen. Hal tersebut tentu berbanding jauh dengan kebutuhan dari sumber energi terbarukan yang hanya 15 persen [1]. Dalam mengatasi kebutuhan bahan bakar yang terus meningkat ini, PT. Pertamina (Persero) melalui salah satu anak perusahaannya, PT. Pertamina Hulu Energi (PHE), telah berhasil memproduksi minyak dan gas bumi sebanyak 218.258 barel minyak per hari (boepd) atau 100,1 persen dari target sebanyak 218.000 boepd per Agustus 2019 [2].



**Gambar 1.** Peta gudang dan kilang minyak PHE ONWJ

PHE memiliki sebelas kilang minyak yang tersebar di seluruh penjuru Laut Jawa. Seluruh kilang minyak milik PHE seperti terlihat pada Gambar 1 perlu dipelihara kualitas dan performanya sehingga kilang minyak tersebut dapat memproduksi minyak mentah secara optimal. Banyak aspek yang harus diperhatikan untuk memastikan produksi kilang tetap dalam keadaan terbaik, diantaranya adalah menjaga ketersediaan *spare parts* untuk kilang minyak [3]. *Spare parts* yang dapat disimpan di kilang itu sendiri jumlahnya terbatas. Sehingga transportasi *spare parts* menjadi kegiatan rutin yang dilakukan perusahaan setiap minggunya.

Penentuan rute kapal merupakan hal penting dalam membuat keputusan dalam distribusi. Selain biaya pembelian *spare part*, pemindahan barang dari gudang sampai ke kilang juga memerlukan biaya yang tinggi. Optimasi rute kapal dapat mengurangi biaya distribusi dengan menyusun penjadwalan dan rute perjalanan kapal terbaik untuk meminimalkan jarak dan waktu dengan memperhatikan muatan kapal dan kebutuhan setiap kilangnya

Penentuan rute kapal yang memiliki beberapa tujuan dengan memperhatikan waktu, jarak, kebutuhan kilang, jenis produk, dan kapasitas kapal akan membuat kompleksitas permasalahan menjadi sangat tinggi sehingga sulit untuk dicari solusinya menggunakan pendekatan metode Eksak. Permasalahan rute kapal ini termasuk *NP-Hard Problem*. Permasalahan dengan kompleksitas *NP-Hard* sering menggunakan metode *metaheuristik* untuk pencarian solusinya [4]–[6]. Pendekatan *metaheuristik* dapat digunakan untuk merencanakan rute kapal sehingga jumlah armada dan jarak yang ditempuh kapal dapat lebih efisien.

Permasalahan penentuan rute kapal ke kilang-kilang PHE ini kemudian dapat dirumuskan sebagai permasalahan *Vehicle routing problem* (VRP) dan diselesaikan dengan pendekatan *metaheuristik* karena VRP bersifat *NP-Hard Problem*. Salah satu metode *metaheuristik* adalah algoritma *Tabu Search*. Algoritma *Tabu Search* merupakan salah satu metode terbaik yang dapat diimplementasikan pada VRP dibandingkan metode lain seperti algoritma *Simulated*

*Annealing*, *Genetic Search*, *Ant System* dan *Neural Network* karena memiliki *running time* yang cepat dengan solusi mendekati optimal [7].

Pada artikel tentang *Metaheuristics for the Capacitated VRP* yang ditulis oleh Gendreau [8] dilakukan perbandingan antara enam algoritma metaheuristik yaitu *Simulated Annealing (SA)*, *Deterministic Annealing (DA)*, *Tabu Search (TS)*, *Genetic Algorithms (GA)*, *Ant Systems (AS)*, dan *Neural Networks (NN)*. Perbandingan tersebut memperlihatkan dari ke enam algoritma tersebut *Tabu Search* merupakan algoritma paling efektif untuk menyelesaikan masalah CVRP.

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *vehicle routing problem* diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh : Putri [9] yang membahas tentang penggunaan metode heuristik untuk *Vehicle routing problem with Time Window (VRPTW)* dengan menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*. Rini [10] dimana digunakan algoritma *Palgunadi* untuk kasus VRP *Single Product* dan *Multi Product*. Mussafi & Sulistiono [11] dimana penelitian bertujuan untuk meminimalkan biaya transportasi melalui penentuan rute optimal kendaraan menggunakan algoritma *Tabu Search*. Normasari & Warangga [12] menerapkan konsep *Vehicle routing problem with Compartments (VRPC)* dengan aplikasi AMPL dengan menggunakan *mathematical programming solver* CPLEX untuk menentukan rute optimal sehingga didapatkan jarak minimum.

Berdasarkan penjelasan di atas, peneliti akan melakukan penelitian untuk mencari rute terpendek dari distribusi *spare parts* ke seluruh kilang milik PHE ONWJ menggunakan metode Eksak dan metode metaheuristik menggunakan algoritma *Tabu Search*. Pada penyelesaian dengan metode eksak, penelitian ini mengadopsi model yang dibuat oleh Normasari & Warangga [12] dengan beberapa penyesuaian. Kemudian hasil yang didapatkan dari kedua metode tersebut akan dibandingkan berdasarkan total jarak tempuh. Diharapkan rute yang didapatkan dapat dijadikan sarana dalam mengevaluasi sistem yang telah ditetapkan untuk meningkatkan efisiensi kegiatan distribusi *spare parts* di kilang milik PHE ONWJ.

## Studi Pustaka

*Tabu Search* adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search* [13]. *Tabu Search* memperbaiki performansi *local search* dengan memanfaatkan penggunaan struktur *memory*. *Tabu Search* diperkenalkan pertama kali oleh Glover [7] pada tahun 1970-an. Algoritma *Tabu Search* menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Selain itu, metode ini mengingat sebagian solusi yang pernah ditemui dan melarang untuk menggunakan solusi yang telah ditelusuri untuk menghindari pengulangan yang sia-sia. *Tabu Search* menggunakan struktur *memory* yang disebut *Tabu List* untuk menyimpan atribut dari sebagian *move* (langkah transisi dari satu solusi ke solusi yang lain) yang telah diterapkan pada iterasi-iterasi sebelumnya. *Tabu List* digunakan untuk menolak solusi-solusi yang memenuhi atribut tertentu agar proses pencarian tidak berulang-ulang pada daerah solusi yang sama dan untuk menuntun proses pencarian menelusuri solusi-solusi yang belum pernah dikunjungi.

### *Komponen Tabu Search*

*Tabu Search* memiliki lima komponen utama, yaitu *Tabu List*, *Tabu Restriction*, *Aspiration Criteria*, *Stopping Rule*, dan *Stopping Rule*. *Tabu List* merupakan memori jangka pendek yang digunakan untuk menyimpan beberapa atribut dan *move* yang sedang dilakukan untuk menentukan status *tabu* di *move* selanjutnya. *Tabu Restriction* merupakan kriteria untuk menentukan status *move* yang *tabu*. Ada beberapa arahan yang dapat digunakan untuk membuat *Tabu Restriction*. Misalnya untuk *2-interchange mechanism* dan *2-consecutive node interchange mechanism*, *move* dikatakan *tabu* jika konsumen *i* dan *j* dan konsumen *i* dan *s* kembali ke rute semula. *Aspiration Criteria* mengesampingkan status *tabu* dari sebuah *move* yang merupakan *tabu active* dan membuat *move* tersebut diijinkan jika *move* tersebut

menghasilkan solusi terbaik baru. *Stopping Rule* merupakan aturan atau kriteria untuk menghentikan seluruh proses *Tabu Search*.

Komponen lainnya yang perlu diketahui terkait TS adalah skema *Tabu Tenure*. Durasi suatu atribut dikatakan *tabu active*, setelah melewati *Tabu Tenure* ini maka atribut tersebut tidak lagi *tabu active*. Skema yang digunakan untuk melakukan control *Tabu Tenure* adalah Skema *Fixed TS (F-tabu)*, Skema *Robust TS (Rb-tabu)*, dan Skema *Periodic TS (P-tabu)*. Skema *Fixed TS (F-tabu)* merupakan cara yang pertama kali dikenal dan digunakan untuk menerapkan nilai tertentu selama proses. Skema *Robust TS (Rb-tabu)* menggunakan nilai tertentu secara acak pada kisaran tertentu. Selama pencarian nilai tertentu secara periodik berubah setelah melakukan sebanyak  $m$  iterasi. Nilai  $m$  didapat secara acak. Terakhir, skema *Periodic TS (P-tabu)* menerapkan nilai tertentu yang berubah secara periodik dari nilai yang kecil hingga besar. Perubahan tersebut dilakukan setelah melakukan iterasi sebanyak  $m$  iterasi.

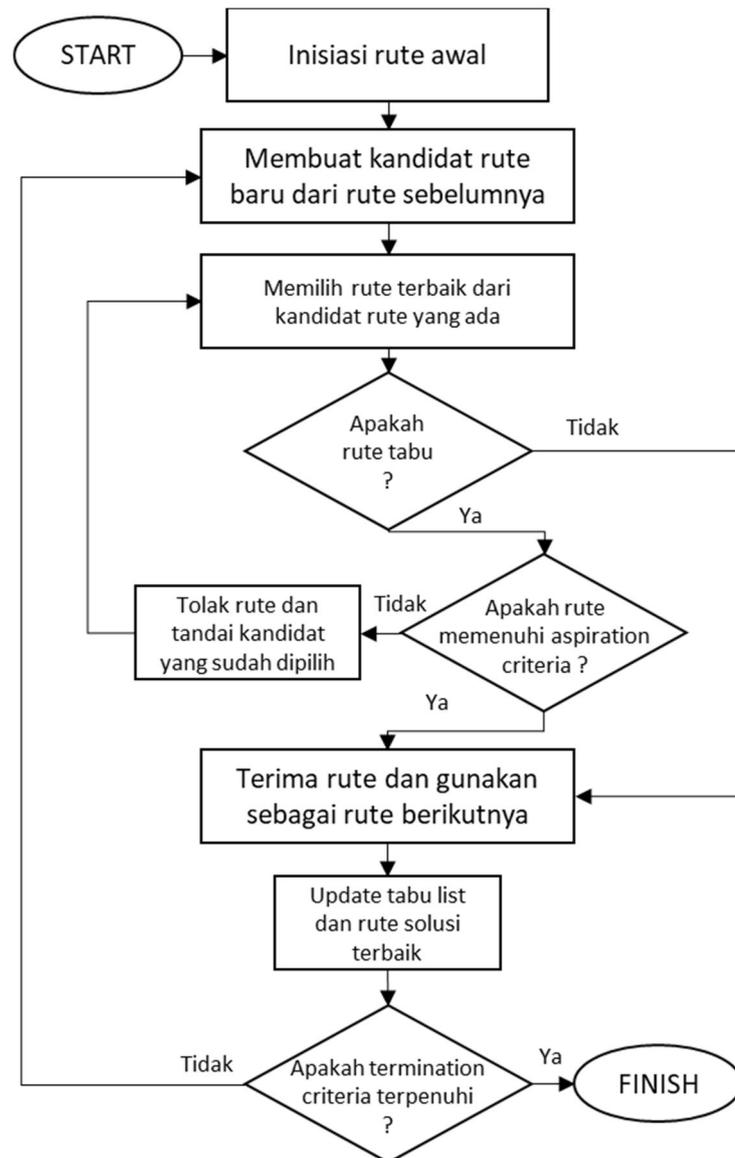
### **Struktur Tabu Search**

*Tabu Search* memiliki lima komponen utama, yaitu *Tabu List*, *Tabu Restriction*, *Aspiration Criteria*, *Stopping Rule*, dan *Stopping Rule*. *Tabu List* merupakan memori jangka pendek yang digunakan untuk menyimpan beberapa atribut dan *move* yang sedang dilakukan untuk menentukan status *tabu* di *move* selanjutnya. *Tabu Restriction* merupakan kriteria untuk menentukan status *move* yang *tabu*. Ada beberapa arahan yang dapat digunakan untuk membuat *Tabu Restriction*. Misalnya untuk *2-interchange mechanism* dan *2-consecutive node interchange mechanism*, *move* dikatakan *tabu* jika konsumen  $i$  dan  $j$  dan konsumen  $i$  dan  $s$  kembali ke rute semula. *Aspiration Criteria* mengesampingkan status *tabu* dari sebuah *move* yang merupakan *tabu active* dan membuat *move* tersebut diijinkan jika *move* tersebut menghasilkan solusi terbaik baru. *Stopping Rule* merupakan aturan atau kriteria untuk menghentikan seluruh proses *Tabu Search*

Komponen lainnya yang perlu diketahui terkait TS adalah skema *Tabu Tenure*. Durasi suatu atribut dikatakan *tabu active*, setelah melewati *Tabu Tenure* ini maka atribut tersebut tidak lagi *tabu active*. Skema yang digunakan untuk melakukan control *Tabu Tenure* adalah Skema *Fixed TS (F-tabu)*, Skema *Robust TS (Rb-tabu)*, dan Skema *Periodic TS (P-tabu)*. Skema *Fixed TS (F-tabu)* merupakan cara yang pertama kali dikenal dan digunakan untuk menerapkan nilai tertentu selama proses. Skema *Robust TS (Rb-tabu)* menggunakan nilai tertentu secara acak pada kisaran tertentu. Selama pencarian nilai tertentu secara periodik berubah setelah melakukan sebanyak  $m$  iterasi. Nilai  $m$  didapat secara acak. Terakhir, skema *Periodic TS (P-tabu)* menerapkan nilai tertentu yang berubah secara periodik dari nilai yang kecil hingga besar.

### **Diagram alir algoritma Tabu Search**

Diagram alir algoritma *Tabu Search* diilustrasikan pada Gambar 2. Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan dengan algoritma *Tabu Search* adalah melakukan inisialisasi rute awal. Setelah rute awal dibuat catat semua kemungkinan rute selanjutnya berdasarkan jarak tempuh, rute dengan jarak terdekat dipilih untuk lanjut ke proses selanjutnya. Kemudian dilakukan pengecekan apakah rute yang dipilih masuk *tabu list*. Jika tidak maka rute tersebut akan diterima. Jika termasuk dalam *tabu list*, jarak tempuh rute akan dibandingkan dengan *aspiration criteria*. Jika nilai jarak tempuh lebih sedikit dibandingkan dengan *aspiration criteria* maka rute tersebut ditolak dan *tabu list* diperbarui kemudian kembali lagi ke tahap membuat daftar rute selanjutnya. Jika jarak tempuh lebih besar dibandingkan *aspiration criteria* maka rute tersebut diterima dan dilakukan pembaruan *tabu list* dan *aspiration criteria*. Kemudian dilakukan pengecekan apakah *stopping criteria* sudah terpenuhi atau belum, jika belum maka kembali lagi ke proses membuat daftar rute selanjutnya. Jika *stopping criteria* sudah terpenuhi maka algoritma sudah selesai.



Gambar 2. Diagram alir algoritma *Tabu Search*

## Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi awal yang dilakukan langsung di PHE ONWJ Marunda *Shorebase*. Dilanjutkan dengan pendahuluan dimana ditentukan tujuan dan batasan masalah. Kemudian dilakukan studi literatur yang berhubungan dengan masalah diiringi dengan tinjauan pustaka atas literatur yang diambil.

Penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan data baik data primer maupun sekunder, dimana data primer diambil melalui observasi langsung dan wawancara dengan pihak-pihak terkait. Data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data pengiriman barang dari gudang ke kilang di tahun 2019, jadwal pengiriman barang, armada pengiriman yang digunakan dan jenis *spare parts* yang dibutuhkan tiap kilang. Jenis *spare parts* terbagi ke dalam 3 jenis yaitu *small*, *medium*, dan *large*. Kategori *small* merupakan barang atau material yang memiliki berat di bawah 500 kg. Kemudian, *medium* merupakan barang atau material yang memiliki berat antara 500 kg dan 2000 kg. Kategori *large* merupakan barang atau material yang memiliki berat di atas 2000 kg.

Kemudian data sekunder yang dibutuhkan adalah sistem pengiriman barang, gambaran perusahaan, dan penelitian terdahulu terkait permasalahan yang sedang dihadapi. Tahap berikutnya adalah pengolahan data dimana peneliti akan membuat matriks jarak antara depot dengan seluruh *node*, menentukan kebutuhan setiap *node* untuk setiap bulan dan pengimplementasian model matematis dari VRP. Berikut adalah model matematis yang digunakan dalam penelitian ini:

*Objective function:*

$$\text{Minimize } \sum_i^V \sum_j^V \sum_k^V c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

*Subject to:*

$$\sum_j^V x_{0jk} \leq 1; \forall k \quad (2)$$

$$\sum_i^V x_{ihk} - \sum_j^V h_{jk} = 0; \forall k, h \quad (3)$$

$$x_{ihk} + x_{jik} \leq 1; \forall i, j, k \quad i, j \in \{0\} \quad (4)$$

$$\sum_i^V \sum_k^K x_{ijk} \geq 1; \forall j \quad (5)$$

$$\sum_k^K x_{ijk} = 0; \forall i \quad (6)$$

$$\sum_r^R \sum_m^M y_{rmk} \leq |M|; \forall k \quad (7)$$

$$\sum_r^R y_{rmk} \leq 1 \quad \forall m, k \quad (8)$$

$$\sum_j^V z_{jrk} \leq \sum_m^M C_{rmk} y_{rmk}; \forall r, k \quad (9)$$

$$\sum_k^K z_{jrk} = d_{jr}; \forall j, r \quad (10)$$

$$z_{jrk} \leq d_{jr} \sum_i^V x_{ijk}; \forall j, r, k \quad (11)$$

$$\sum_i^V (sd_{ik} + t_{ij}) x_{ijk} = sa_{jk}; \forall j, k \quad (12)$$

$$sa_{jk} \geq a_j \sum_i^V x_{ijk}; \forall j, k \quad j \in \{0\} \quad (13)$$

$$sa_{jk} + f_j \sum_i^V x_{ijk} = sd_{jk}; \forall j, k \quad j \in \{0\} \quad (14)$$

$$sd_{jk} \leq b_j; \forall j, k \quad (15)$$

$$x_{ijk}, y_{rmk} = \{0, 1\} \quad (16)$$

$$z_{jrk}, sd_{jk}, sa_{jk} \geq 0 \quad (17)$$

Keterangan *variable*:

$V$  = Set titik depot dan konsumen ( $h, i, j = 0, \dots, V$ )

$K$  = Set kendaraan ( $k = 1, \dots, K$ )

$R$  = Set produk ( $r = 1, \dots, R$ )

$M$  = Set kompartemen ( $m = 1, \dots, M$ )

$C_{rmk}$  = Kapasitas produk  $r$  yang dapat tertampung di kompartemen  $m$  pada kendaraan  $k$

$c_{ijk}$  = Biaya perjalanan dari titik  $i$  ke titik  $j$  oleh kendaraan  $k$

$t_{ij}$  = Waktu tempuh dari titik  $i$  ke titik  $j$

$f_j$  = *Service time* di titik  $j$

$d_{jr}$  = Jumlah *demand* produk  $r$  di titik  $j$

$a_j$  = Waktu awal pelayanan titik  $j$

$b_j$  = Waktu akhir pelayanan titik  $j$

$x_{ijk}$  :  $x_{ijk} = 1$  jika kendaraan  $k$  bergerak dari titik  $i$  ke titik  $j$

$x_{ijk} = 0$  apabila lainnya

$y_{rmk}$  :  $y_{rmk} = 1$  jika terisi produk  $r$  di kompartemen  $m$  pada kendaraan  $k$

$y_{rmk} = 0$  apabila lainnya

$z_{jrk}$  = Jumlah produk  $r$  yang dialokasikan ke titik  $j$  oleh kendaraan  $k$

$sd_{jk}$  = Waktu keberangkatan kendaraan  $k$  dari titik  $j$

$sa_{jk}$  = Waktu kedatangan kendaraan  $k$  di titik  $j$

## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan menggunakan software *Visual Studio* untuk menemukan solusi melalui pendekatan metaheuristik dan AMPL untuk melalui metode Eksak, diperoleh hasil sebagai berikut.

### Hasil Penentuan Rute Distribusi

**Tabel 1.** Perbandingan optimasi *Tabu Search* dengan eksak kategori *Small* (km)

		September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
<i>Best Obj</i>	<i>Tabu Search</i>	1056,2	1002,2	1056,2	1002,2	1056,2	1002,2
	Eksak	1002	1002	1002	1002	1002	1002

**Tabel 2.** Perbandingan optimasi *Tabu Search* dengan eksak kategori *Medium* (km)

		September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
<i>Best Obj</i>	<i>Tabu Search</i>	1002,2	1002,2	1002,2	1002,2	1056,2	1002,2
	Eksak	1002	1002	1002	1002	1002	1002

**Tabel 3.** Perbandingan optimasi *Tabu Search* dengan eksak kategori *Large* (km)

		September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
<i>Best Obj</i>	<i>Tabu Search</i>	1000	1000	1002,2	1056,2	941	909
	Eksak	1000	1000	1002	1002	941	909

Hasil eksperimen perbandingan algoritma *Tabu Search* dan eksak dapat dilihat pada Tabel 1-3. Didapatkan bahwa metode *Tabu Search* dan Eksak memiliki *best objective* untuk total jarak ditempuh yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan perbedaan metode yang digunakan akan berbanding lurus dengan hasil yang didapat. Dari 6 periode yang diolah datanya, total jarak tempuh cenderung lebih besar ketika material berukuran *small* dikirimkan, diikuti oleh material berukuran *medium*, dan material berukuran *large*.

Perbedaan signifikan didapatkan ketika metode *Tabu Search* digunakan untuk mencari total jarak ditempuh dibanding menggunakan metode Eksak yang pada total jarak ditempuh cenderung sama, bahkan tidak jauh berbeda walaupun jenis material yang dikirimkan berbeda. Rata-rata jarak ditempuh dari semua periode dan semua jenis material yang dikirimkan menghasilkan sejauh 1008,4 Km untuk metode *Tabu Search* dan untuk metode Eksak sejauh 993,1 Km. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* menghasilkan solusi yang cukup baik meskipun belum mampu menghasilkan solusi optimal seperti metode Eksak. Hal ini dikarenakan solusi terbaik adalah jarak distribusi terpendek yang diperlukan oleh kapal untuk memenuhi seluruh kebutuhan *platform*. Meskipun belum menghasilkan solusi optimal, *Tabu Search* dapat menghasilkan rute distribusi spare part yang cukup baik, sehingga total jarak tempuh kapal dekat dengan biaya distribusi minimum.

Pada penentuan rute kapal, baik yang mengangkut material berjenis *small*, *medium*, maupun *large* pada setiap bulannya tidak ditemukan rute yang sama ketika dibandingkan dari metode *Tabu Search* dan Eksak. Perbedaan yang terletak pada penggunaan kedua metode ini dapat dikatakan cukup jauh berbeda, seperti pada penentuan rute di bulan September untuk kapal pengangkut material jenis *small* dimulai dari Depot-Central-Echo-Foxtrot-Papa-Zulu-Uniform-Mike Mike-Lima-KL-Bravo-Depot untuk metode *Tabu Search*, dan dimulai dari Depot-Bravo-Central-Echo-Foxtrot-Papa-Zulu-Uniform-Mike Mike-Lima-KL-Depot untuk metode Eksak. Perbedaan yang cukup jauh berbeda ini dikarenakan hasil dari perhitungan dari algoritma yang berbeda, yang berhubungan dengan total jarak yang ditempuh dari kapal tersebut, atau dapat dikatakan rute yang optimal adalah rute yang total jarak yang ditempuh lebih kecil atau lebih minimal.

### **Hasil Parameter Tuning**

Parameter *Tuning* dilakukan melalui tiga fase yakni fase diversifikasi, fase standar dan interaktif. Fase diversifikasi merupakan perbaikan nilai *Tabu Tenure* dari nilai sebelumnya yang diterapkan sebanyak 1 kali. Selanjutnya adalah fase standar dengan menetapkan dan menggunakan nilai *Tabu Tenure* awal yaitu 15 dan diterapkan sebanyak 3 kali. Terakhir adalah fase interaktif, dimana fase diversifikasi dan fase standar diulang hingga terlihat perbedaan dari keduanya. Fase ini diterapkan sebanyak 3 kali. Hasil dari parameter *Tuning* untuk nilai *Tabu Tenure* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil parameter *Tuning*

	Nilai <i>Tabu Tenure</i>	
<i>Best Obj</i>	15 (Standar)	2 (Diversifikasi)
<i>Time (s)</i>	0,2	0,1

Berdasarkan hasil dari Parameter *Tuning*, diperoleh sedikit perbedaan antara waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan solusi terbaik. Setelah melakukan pengulangan sebanyak 5 kali, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan dengan *Tabu Tenure* = 2 berubah dari 0.2 ke 0.1 sedangkan *Tabu Tenure* = 15 membutuhkan waktu yang sama yaitu 0,2 detik setelah 3 kali diterapkan. Hal ini membuktikan bahwa nilai *Tabu Tenure* dapat berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan untuk menghasilkan solusi terbaik.

### **Kesimpulan**

Perbandingan antara kedua metode yang telah dilakukan pada *best objective* dan rute perjalanan kapal menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, dengan rata-rata jarak ditempuh dari semua periode dan semua jenis material yang dikirimkan sejauh 1.008,4 Km untuk metode *Tabu*

*Search* dan sejauh 993,1 Km untuk metode Eksak, menunjukkan bahwa metode *Tabu Search* menghasilkan solusi yang cukup baik meskipun belum mampu menghasilkan solusi optimal seperti metode Eksak. Hal ini dikarenakan solusi terbaik adalah jarak distribusi terpendek yang diperlukan oleh kapal untuk memenuhi seluruh kebutuhan *platform*. Rute terpendek yang dapat ditempuh kapal dari depot untuk memenuhi seluruh kebutuhan *platform* adalah Depot-KL-Lima-Mike-Uniform-Zulu-Papa-Foxtrot-Echo-Central-Bravo-Depot dengan total jarak 1002 km. Untuk penelitian selanjutnya disarankan disarankan agar dapat lebih memperhatikan dataset yang digunakan bersamaan dengan model matematis berupa algoritma yang akan digunakan pula, agar dapat menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda dari perbandingan yang dilakukan.

Penelitian ke depan dapat mempertimbangkan improvement metode *Tabu Search* sedemikian hingga dapat menghasilkan solusi yang sama dengan nilai optimal minimal pada data berukuran kecil. Sehingga metode tersebut dapat meyakinkan pengguna untuk diaplikasikan pada data yang berukuran lebih besar. Selain itu penelitian berikutnya juga perlu mempertimbangkan kondisi rute distribusi kapal dengan mempertimbangkan titik permintaan yang lebih banyak yang mungkin terjadi pada studi kasus lainnya.

### Daftar Pustaka

- [1] P. S. Nurfadilah, “Kebutuhan Sektor Energi 85 Persen Masih Bergantung Pada BBM,” *Kompas.com*, 2018. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/09/12/100900326/kebutuhan-sektor-energi-85-persen-masih-bergantung-pada-bbm> (accessed Nov. 26, 2020).
- [2] D. E. Issetiabudi, “Produksi Migas Pertamina Hulu Energi (PHE) Lampau Target - Ekonomi Bisnis.com,” *Bisnis.com*, 2019. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190923/44/1151215/produksi-migas-pertamina-hulu-energi-phe-lampau-target> (accessed Nov. 26, 2020).
- [3] R. A. Fadhil, E. G. Prabowo, and A. A. N. P. Redi, “Penentuan Lokasi Distribution Center dengan Metode P-Median di PT Pertamina EP,” *J. Manaj. Ind. dan Logistik*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [4] A. A. N. Redi, P. Jewpanya, A. C. Kurniawan, S. F. Persada, R. Nadlifatin, and O. A. C. Dewi, “A Simulated Annealing Algorithm for Solving Two-Echelon *Vehicle routing problem* with Locker Facilities,” *Algorithms*, vol. 13, no. 9, p. 218, 2020.
- [5] Winarno and A. A. N. P. Redi, “Analisa Perbandingan Metode Simulated Annealing dan *Large Neighborhood Search* untuk Memecahkan Masalah Lokasi dan Rute Kendaraan Dua Eselon,” *J. Manaj. Ind. dan Logistik*, vol. 4, no. 1, pp. 35–46, 2020.
- [6] A. A. N. P. Redi *et al.*, “Simulated annealing algorithm for solving the capacitated *vehicle routing problem*: A case study of pharmaceutical distribution,” *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [7] F. Glover, “Parametric *tabu-search* for mixed integer programs,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 33, no. 9, pp. 2449–2494, 2006.
- [8] M. Gendreau, G. Laporte, and J.-Y. Potvin, “Metaheuristics for the capacitated VRP,” in *The vehicle routing problem*, SIAM, 2002, pp. 129–154.
- [9] D. A. P. Putri, “*Vehicle routing problem* Dengan Time Window Untuk Multiple Product Dan Multiple Route Menggunakan Algoritma Sequential Insertion,” *J. Tek. Ind.*, vol. 17, no. 1, pp. 22–30, 2016.
- [10] I. T. Rini, “Algoritma Palgunadi untuk menyelesaikan single dan multi product *vehicle routing problem*,” in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2015, pp. 431–443.
- [11] N. S. M. Mussafi, M. Sulistiono, and others, “Rancang Bangun *Vehicle routing problem* Menggunakan Algoritma *Tabu Search*,” *J. Fourier*, vol. 4, no. 2, p. 43656, 2015.

- [12] N. M. E. Normasari and A. F. Warangga, “Mathematical Model of *Vehicle routing problem* With Compartment, Split Delivery, Multi Product, And Time Windows,” *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 25–34, 2019.
- [13] V. F. Yu, A. A. N. P. Redi, C. Halim, and P. Jewpanya, “The path cover problem: Formulation and a hybrid metaheuristic,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 146, p. 113107, 2020.