



**Ranah Research:**  
Journal of Multidisciplinary Research and Development



082170743613    [ranahresearch@gmail.com](mailto:ranahresearch@gmail.com)    <https://jurnal.ranahresearch.com>

E-ISSN: [2655-0865](https://doi.org/10.38035/rrj.v6i6)  
DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i6>  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Perancangan Rute Optimal Distribusi Kargo Bahan Bakar Minyak dengan Metode Brute - Force Untuk Meminimasi Biaya Konsumsi Bahan Bakar Minyak Perusahaan Pelayaran PT XYZ

Brissa Tiodora<sup>1</sup>, Pratya Poeri Suryadhini<sup>2</sup>, Nopendri<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Indonesia, [brissatiodora@gmail.com](mailto:brissatiodora@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Indonesia, [pratya@telkomuniversity.ac.id](mailto:pratya@telkomuniversity.ac.id)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Indonesia, [nopendri@telkomuniversity.ac.id](mailto:nopendri@telkomuniversity.ac.id)

Corresponding Author: [brissatiodora@gmail.com](mailto:brissatiodora@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract:** TSP of fuel oil distribution using tankers, the projected route search often does not contain the most minimal mileage, which can lead to adverse results such as significant additional costs. This research analyzes four different routes using several iterative proposals to reduce travel distance, time, and fuel costs compared to actual conditions. Problem solving is carried out using the Brute-Force method which enumerates all permutation results. The analysis results show that all proposed iterations were able to provide significant reductions in all three aspects. The four research routes achieved optimization results of 21,7% compared to the actual route modeling. This optimization proves that the iterative methods applied can substantially improve operational efficiency. Therefore, the determination of the tanker route must consider all the possibilities required in determining the route. The optimal route created is expected to have a new model with the aim of minimizing fuel costs based on the smallest distance and time calculations.

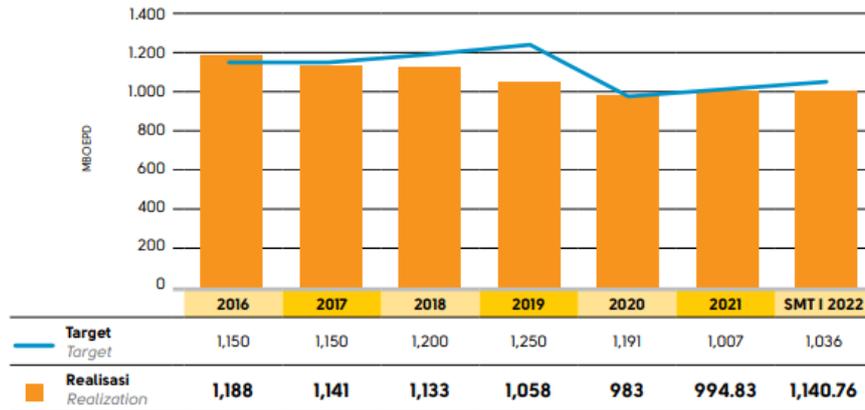
**Keyword:** Traveling Salesman Problem, Brute Force, Meminimasi Biaya Bahan Bakar Minyak, Optimalisasi rute

**Abstrak:** Permasalahan TSP pada distribusi bahan bakar minyak menggunakan tanker, pencarian rute yang diproyeksikan seringkali tidak mengandung jarak tempuh minimal, yang dapat mengakibatkan dampak buruk seperti biaya tambahan yang signifikan. Penelitian ini menganalisis empat rute berbeda dengan menggunakan beberapa proposal iteratif untuk mengurangi jarak tempuh, waktu, dan biaya bahan bakar dibandingkan dengan kondisi aktual. Penyelesaian permasalahan dilakukan dengan metode *Brute – Force* yang mengenumerasi semua hasil permutasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa semua iterasi yang diusulkan mampu memberikan pengurangan yang signifikan dalam ketiga aspek tersebut. Keempat rute penelitian mencapai hasil optimasi sebesar 21,7% dibandingkan dengan pemodelan rute aktual.

Optimasi ini membuktikan bahwa metode iteratif yang diterapkan dapat secara substansial meningkatkan efisiensi operasional. Oleh karena itu, penentuan rute tanker harus mempertimbangkan semua kemungkinan yang diperlukan dalam menentukan rute. Rute optimal yang dibuat diharapkan memiliki model baru dengan tujuan meminimalkan biaya bahan bakar berdasarkan perhitungan jarak dan waktu terkecil.

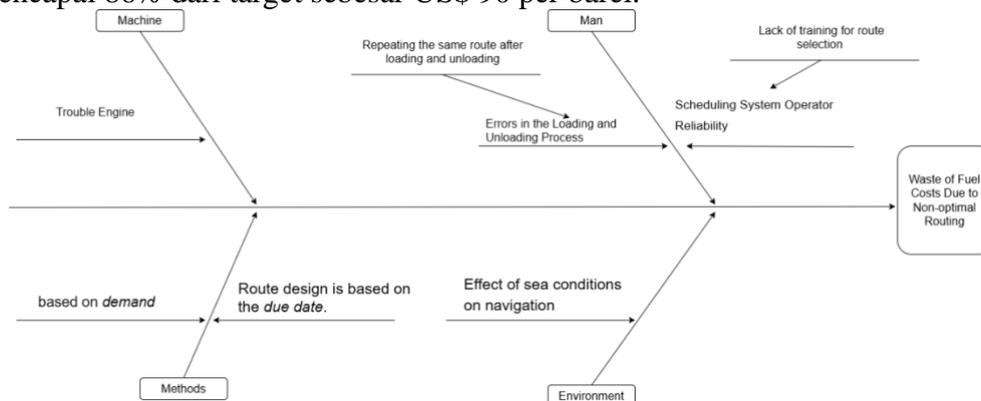
**Kata Kunci:** Traveling Salesman Problem, Brute Force, Meminimasi Biaya Bahan Bakar Minyak, Optimalisasi rute

**PENDAHULUAN**



**Gambar 1 Lifting Minyak dan Gas Bumi Semester 1 Tahun 2022 (Berdasarkan Laporan Tahunan Dirjen Minyak dan Gas Bumi)**

Berdasarkan Data Statistik Minyak dan Gas Bumi dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian dan Sumber Daya Mineral Semester I tahun 2022, *lifting* minyak dan gas bumi, Indonesia mengalami target dan realisasi yang berfluktuasi hingga tahun 2022. Menurut Ditjen Migas Gelar Rakor Realisasi *Lifting* Migas TW I Tahun 2023, kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya migas di tingkat nasional menghasilkan rata-rata *lifting* minyak bumi sebesar 590,41 ribu barel per hari atau mencapai 89% dari target, sementara *lifting* gas bumi mencapai 936,15 ribu barel setara minyak per hari atau 85% dari target. Sementara itu, harga rata-rata minyak mentah Indonesia (ICP) tercatat sebesar US\$ 77,54 per barel, mencapai 86% dari target sebesar US\$ 90 per barel.



**Gambar 2 Fishbone Permasalahan**

PT. X mempunyai beberapa permasalahan terkait pemborosan pada konsumsi bahan bakar yang berhubungan dengan penentuan rute optimal. Pemborosan konsumsi bahan bakar berkaitan dengan TSP yang diselesaikan dengan mengenumerasi semua hasil permutasi kemungkinan jalur yang tersedia. Gambar 2 menjelaskan bahwa permasalahan yang berkaitan dengan penentuan rute optimal terdiri atas beberapa faktor yaitu staff, mesin, metode, dan

lingkungan. Faktor dengan pengaruh kemungkinan terbesar ada pada metode yang didasari dengan permintaan oleh *charterer*.

**Tabel 1 Perbandingan Kondisi Rute**

| Identitas Rute | Kondisi Rute | Total Biaya BBM | Selisih Biaya BBM (US\$) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| Rute 3         | Aktual       | \$1.586.752     | <b>\$68.646</b>          |
|                | Target       | \$1.518.106     |                          |
| Rute 4         | Aktual       | \$9.763.534     | <b>\$377.919</b>         |
|                | Target       | \$8.149.763     |                          |

Tabel 1 menunjukkan perbandingan biaya BBM antara kondisi aktual dan target untuk dua rute yang berbeda. Pembuatan rute pada kapal tanker menunjukkan bahwa dari 2 rute distribusi bahan bakar minyak membutuhkan jarak dan waktu cukup banyak. Hal tersebut akan membuat konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Hal itu dapat di minimasi dengan adanya pencarian rute optimal yang akan mencari jarak dan waktu kapal yang paling kecil saat proses distribusi. Masalah tersebut dapat berdampak pada komponen yang dipertimbangkan saat penentuan rute. Maka dari itu, diharapkan penentuan rute kapal tanker oleh PT XYZ dapat mempertimbangkan kemungkinan yang diperlukan dalam penentuan rute. Sehingga pada akhirnya rute optimal yang dibuat akan memiliki model baru dengan tujuan untuk meminimalkan biaya bahan bakar berdasarkan kalkulasi jarak dan waktu yang paling kecil.

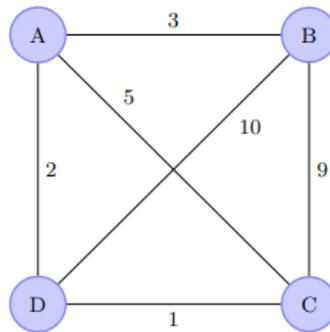
## METODE

Penentuan cara pengolahan data sampai dengan pencapaian hasil akhir dilakukan dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung saat observasi seperti jarak tempuh, waktu tempuh, dan pemantauan langsung kondisi kapal. Data sekunder diperoleh berdasarkan dokumen yang dimiliki perusahaan seperti jadwal distribusi aktual, harga bahan bakar, dll.

Transportasi berfungsi untuk memindahkan produk antara berbagai tahap dalam rantai pasokan. Menurut (Brodie, 1996), Kapal Tanker merupakan salah satu moda transportasi yang dirancang untuk mengangkut kargo dalam bentuk cairan berjumlah besar dan didalamnya terdapat beberapa ruang untuk memuat seluruh kargo. Perusahaan harus memutuskan jenis transportasi dari sumber pasokan akan langsung menuju titik permintaan atau melalui titik konsolidasi terlebih dahulu (Chopra & Meindl, 2007). Hal tersebut berkaitan erat pemodelan rute yang berkaitan erat dengan penjadwalan merupakan proses pengambilan keputusan sangat krusial (Kenneth R. Baker, 2019).

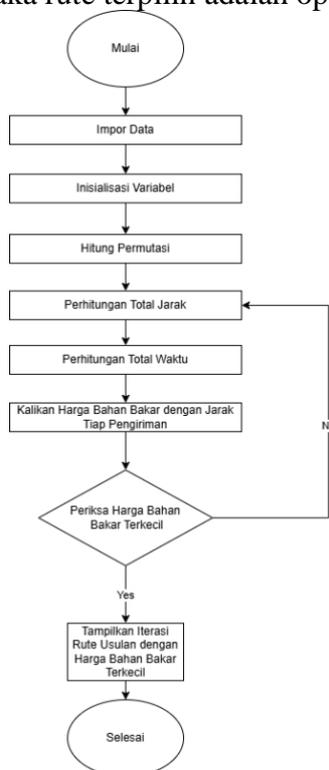
Permasalahan yang akan diselesaikan adalah mengenai pemilihan rute optimal berdasarkan biaya bahan bakar. Apabila rute semakin jauh maka biaya bahan bakar yang dikonsumsi akan semakin besar, hal itu berlaku sebaliknya. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah *Brute – Force Method*. Metode *brute-force* merupakan algoritma untuk menyelesaikan TSP yang melibatkan pembuatan semua kemungkinan rute dan menghitung jarak masing-masing, dengan tujuan menemukan rute terpendek sebagai solusi optimal (Rahman Saiyed, 2012). Tahap pengerjaan dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Menghitung total *tour* yang ada
2. Catat semua kemungkinan *tour*
3. Hitung jarak tiap *tour*
4. Pilih tur dengan jarak yang paling pendek, itu merupakan hasil optimal



**Gambar 3. Penerapan Metode Brute-Force**

Gambar 3 menunjukkan contoh sederhana dari masalah *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan 4 simpul (node) yang diwakili oleh titik A, B, C, dan D. Masing-masing simpul dihubungkan dengan jalur yang memiliki bobot tertentu, yang menunjukkan jarak atau biaya antara dua simpul. Opsi pertama, kapal bergerak dengan rute A-B-C-D-A menghasilkan jarak sebesar 15. Opsi kedua, kapal bergerak dari A-C-B-D-A yang menghasilkan jarak sebesar 26. Jika dilihat dari total jaraknya, maka rute terpilih adalah opsi pertama.



**Gambar 4. Alur Penyelesaian Masalah**

Gambar 4 merupakan alur proses perancangan. Proses dimulai dari titik awal dengan langkah pertama yaitu mengimpor data yang diperlukan untuk perhitungan, mengimpor data yang berisikan informasi lokasi, yaitu jarak dan waktu. Setelah data diimpor, variabel-variabel yang dibutuhkan dalam proses perhitungan diinisialisasi. Kemudian, hitung permutasi beserta jarak dan waktu total setiap kemungkinan iterasi. Penyelesaian permasalahan memiliki kemungkinan untuk tidak membutuhkan kendala *subtour* dan pertidaksamaan kombinasi (Shi & Zhang, 2021). Permasalahan *Traveling Salesman* (TSP) merupakan masalah klasik dalam matematika dan matematika terapan yang berhubungan dengan optimasi. Dalam konteks ini, TSP mencari solusi optimal untuk menentukan rute terpendek yang harus dilalui seorang penjual keliling agar dapat mengunjungi setiap kota sekali dan kembali ke kota asal dengan biaya atau jarak seminimal mungkin (Sianturi, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jarak Tempuh Pelabuhan

#### Jarak Tempuh Pelabuhan Rute 3

Tabel 2. Matriks Jarak Rute 3

| Jarak Rute 3 |         |           |          |         |        |
|--------------|---------|-----------|----------|---------|--------|
| ETM T.       | Maumere | Larantuka | Kalabahi | Atapupu | Kupang |
| Maumere      | 0       | 92        | 172      | 267     | 386    |
| Larantuka    | 92      | 0         | 106      | 201     | 321    |
| Kalabahi     | 172     | 106       | 0        | 66      | 139    |
| Atapupu      | 267     | 201       | 66       | 0       | 131    |
| Kupang       | 386     | 321       | 139      | 131     | 0      |

Tabel 2 merupakan pejabaran dari matriks 5x5 yang berisikan jarak antara depot pada rute distribusi 3. Pada distribusi 3, Kapal ELM T. melakukan distribusi kargo dari Pelabuhan Maumere, Pelabuhan Larantuka, Pelabuhan Kalabahi, Pelabuhan Atapupu, dan Pelabuhan Kupang. Wilayah distribusi 3, Nusa Tenggara Timur termasuk pada wilayah 4 untuk harga bahan bakar sebesar 1324,70 USD.

Tabel 3. Matriks Jarak Rute 4

| Jarak Rute 4    |          |             |                |           |                 |           |        |
|-----------------|----------|-------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|--------|
| MJS T.          | Fujairah | Khor Fakkan | Khor Al Zubair | Singapore | Tanjung Pelepas | Pengerang | Daesan |
| Fujairah        | 0        | 24          | 632            | 3294      | 3277            | 3309      | 5791   |
| Khor Fakkan     | 24       | 0           | 620            | 3302      | 3285            | 3317      | 5799   |
| Khor Al Zubair  | 632      | 620         | 0              | 3879      | 3862            | 3894      | 6376   |
| Singapore       | 3294     | 3302        | 3879           | 0         | 33              | 21        | 2503   |
| Tanjung Pelepas | 3277     | 3285        | 3862           | 33        | 0               | 48        | 2530   |
| Pengerang       | 3309     | 3317        | 3894           | 21        | 48              | 0         | 2490   |
| Daesan          | 5791     | 5799        | 6376           | 2503      | 2530            | 2490      | 0      |

Tabel 3 merupakan pejabaran dari matriks 7x7 yang berisikan jarak antara depot pada rute distribusi 4. Pada distribusi 4, Kapal MJS T. melakukan distribusi kargo internasional dari Pelabuhan Fujairah, Pelabuhan Khor Fakkan, Pelabuhan Khor Al Zubair, Pelabuhan Singapore, Pelabuhan Tanjung Pelepas, Pelabuhan Pengerang, dan Pelabuhan Daesan.

### Waktu Tempuh Pelabuhan

#### Waktu Tempuh Pelabuhan Rute 3

Tabel 4. Matriks Waktu Rute 3

| Waktu Rute 3 |         |           |          |         |        |
|--------------|---------|-----------|----------|---------|--------|
| ETM T.       | Maumere | Larantuka | Kalabahi | Atapupu | Kupang |
| Maumere      | 0       | 7.11      | 13.2     | 20.54   | 29.72  |
| Larantuka    | 7.11    | 0         | 8.17     | 15.48   | 24.72  |
| Kalabahi     | 13.2    | 8.17      | 0        | 5.04    | 10.56  |
| Atapupu      | 20.54   | 15.48     | 5.04     | 0       | 10.04  |
| Kupang       | 29.72   | 24.72     | 10.56    | 10.04   | 0      |

Tabel 4 memberikan informasi durasi perjalanan antara lima pelabuhan, yaitu Maumere, Larantuka, Kalabahi, Atapupu, dan Kupang. Dari analisis matriks, waktu tempuh terpendek adalah antara Kalabahi dan Atapupu dengan durasi 5,4 jam, sementara waktu tempuh terpanjang adalah antara Maumere dan Kupang dengan durasi 29,72 jam. Maumere memiliki waktu tempuh yang relatif panjang ke semua pelabuhan lain, dengan durasi terpendek ke Larantuka (7,11 jam) dan terpanjang ke Kupang (29,72 jam). Dari analisis ini, Kalabahi dan Atapupu terlihat memiliki konektivitas yang sangat efisien, sementara Maumere memiliki konektivitas yang relatif lebih lama.

**Tabel 5. Matriks Waktu Rute 4**

| Waktu Rute 4    |          |             |                |           |                 |           |        |
|-----------------|----------|-------------|----------------|-----------|-----------------|-----------|--------|
| MJS T.          | Fujairah | Khor Fakkan | Khor Al Zubair | Singapore | Tanjung Pelepas | Pengerang | Daesan |
| Fujairah        | 0        | 1,85        | 48,72          | 253,44    | 252             | 254,64    | 445,44 |
| Khor Fakkan     | 1,85     | 0           | 47,76          | 253,92    | 252,69          | 255,18    | 446,16 |
| Khor Al Zubair  | 48,72    | 47,76       | 0              | 298,32    | 297,06          | 229,52    | 490,56 |
| Singapore       | 253,44   | 253,92      | 298,32         | 0         | 2,52            | 1,68      | 192,56 |
| Tanjung Pelepas | 252      | 252,69      | 297,06         | 2,52      | 0               | 3,71      | 194,6  |
| Pengerang       | 254,64   | 255,18      | 229,52         | 1,68      | 3,71            | 0         | 191,52 |
| Daesan          | 445,44   | 446,16      | 490,56         | 192,56    | 194,6           | 191,52    | 0      |

Tabel 5 menunjukkan durasi perjalanan antara tujuh pelabuhan yaitu Fujairah, Khor Fakkan, Khor Al Zubair, Singapore, Tanjung Pelepas, Pengerang, dan Daesan, Secara keseluruhan, Fujairah dan Khor Fakkan memiliki konektivitas yang sangat efisien karena terletak di satu negara yang sama yaitu Uni Emirat Arab. Sedangkan Daesan merupakan pelabuhan dengan waktu tempuh terpanjang ke pelabuhan lainnya karena Korea Selatan terletak paling jauh dari negara lain yang ada di Rute 4.

**Model Matematis**

Indeks :

- i : Titik mulai distribusi
- j : Titik tujuan distribusi
- k : Kapal *Tanker* yang digunakan untuk distribusi
- m : Jumlah pelabuhan sumber
- n : Jumlah pelabuhan tujuan
- N : Titik pelabuhan
- $C_{ij}$  : Biaya bahan bakar (USD)
- $D_{ij}$  : Jarak tempuh (Nm)

a. Fungsi Tujuan :

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} D_{ij} \tag{1}$$

b. Variabel Keputusan

- Min Z : Meminimasi biaya konsumsi bahan bakar distribusi
- $X_{ij}$  : { 1, apabila ditemukan rute distribusi dari pelabuhan i ke j }  
 { 0, apabila tidak ditemukan rute distribusi pelabuhan i ke pelabuhan j }

c. Pembatas :

- Pembatas 1

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k X_{ijk} = 1, i \in \{n + 1, n + 2, \dots, n + m\} \tag{2}$$

- Pembatas 2

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^k X_{ijk} = 1, j \in \{n + 1, n + 2, \dots, n + m\} \tag{3}$$

- Pembatas 3

$$\sum_{j \in N}^k X_j \leq 1, \forall k \in k \quad (4)$$

- Pembatas 4

$$X_{ij} \in \{0,1\} \forall I,J \quad (5)$$

## Implementasi Program

**Tabel 6 Implementasi Program**

```
# Fungsi untuk menghitung biaya bahan bakar dari jarak total
def calculate_fuel_cost(distance_nm):
    return distance_nm * fuel_cost_per_nm

# Fungsi untuk menghitung waktu total dari rute yang
diberikan
def calculate_total_time(route):
    total_time = 0
    for i in range(len(route) - 1):
        total_time += time_hr[route[i]][route[i + 1]]
    total_time += time_hr[route[-1]][route[0]] # Kembali ke
pelabuhan awal
    return total_time

for i, perm in enumerate(all_permutations):
    route = [4] + list(perm) + [4] # Menambahkan Kupang
    sebagai titik awal dan akhir
    distance_nm = calculate_distance_nm(route)
    fuel_cost = calculate_fuel_cost(distance_nm)
    total_time = calculate_total_time(route)
    all_routes.append(route)
    all_distances_nm.append(distance_nm)
    all_fuel_costs.append(fuel_cost)
    all_times_hr.append(total_time)

    # Menampilkan setiap iterasi rute
    route_names = ' -> '.join([ports[idx] for idx in route])
    print(f"Iterasi {i + 1}: {route_names}, Jarak Total:
{distance_nm:.2f} nm, Biaya Bahan Bakar: {fuel_cost:.2f} USD,
Waktu Total: {total_time:.2f} jam")

# Membuat DataFrame untuk menampilkan hasil dalam bentuk
tabel
results = []
for i, route in enumerate(all_routes):
    route_names = ' -> '.join([ports[idx] for idx in route])
    results.append([f"Iterasi {i + 1}", route_names,
all_distances_nm[i], all_fuel_costs[i], all_times_hr[i]])

df = pd.DataFrame(results, columns=["Iterasi", "Rute", "Jarak
Total (nm)", "Biaya Bahan Bakar (USD)", "Waktu Total (jam)"])
pd.set_option('display.max_colwidth', None)
print("\nHasil Tabel:")
print(df)
```

```
optimal_distance_result = f"\nRute optimal berdasarkan jarak
total adalah: {' -> '.join(min_distance_route_names)}, dengan
Jarak Total: {min_distance:.2f} nm (Iterasi
{min_distance_index + 1})"
print(optimal_distance_result)
```

**Penjelasan :** Menurut (Misa, 2010), dalam pengolahan datanya, penggunaan *array* datang dengan fungsi dan metode bawaan untuk operasi seperti penjumlahan, perkalian, transpose, inversi, yang dapat menggunakan operasi matematika tersebut dengan mudah. Syntax program diatas merupakan cara untuk mendapatkan hasil rute optimal berdasarkan parameter jarak dan waktu yang menghasilkan iterasi dengan biaya bahan bakar setiap perjalanan.

**Hasil Pemrograman**

**Tabel 7. Hasil Program**

| Identitas Rute | Hasil Rute Optimal  |
|----------------|---|
| <b>Rute 1</b>  | Kupang -> Kalabahi -> Maumere -> Larantuka<br>-> Atapupu -> Kupang<br><br>Biaya Bahan Bakar: 973654.50 USD<br>Waktu Total: 56.39 jam<br>Jarak Total: 735.00 nm  |
| <b>Rute 2</b>  | Fujairah -> Khor Fakkan -> Khor Al Zubair -<br>> Pengerang -> Daesan -> Singapore -><br>Tanjung Pelepas -> Fujairah<br><br>Biaya Bahan Bakar: 8121932.50 USD<br>Waktu Total: 917.73 jam<br>Jarak Total: 19435.00 nm |

**Hasil Perhitungan Biaya**

1. Perhitungan Biaya Rute 3

**Tabel 8 Total Biaya Rute 3**

| Identitas Iterasi | Total Biaya Perjalanan |
|-------------------|------------------------|
| Iterasi 13        | \$973.655              |
| Iterasi 21        | \$973.655              |

$$n! = (n \times (n - 1) \times (n - 2) \times (n - m))$$

$$4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$$

Tabel 8 menampilkan tabel perhitungan biaya bahan bakar untuk Rute 3. Tabel ini terdiri dari 24 baris yang masing-masing mewakili satu entitas data atau perjalanan, dengan kolom-kolom yang mencakup biaya bahan bakar untuk lima kategori bahan bakar yang berbeda, serta total biaya bahan bakar untuk setiap perjalanan. Secara keseluruhan, tabel IV.34 memberikan gambaran rinci mengenai distribusi biaya bahan bakar untuk berbagai perjalanan di Rute 3. Total biaya yang paling kecil didapat dari iterasi nomor 13 dan iterasi nomor 21 yang bernilai sebesar US\$591.320. Hal itu dapat digunakan untuk analisis biaya operasional dan pengambilan keputusan yang terkait dengan efisiensi bahan bakar.

2. Perhitungan Biaya Rute 4

**Tabel 9 Total Biaya Rute 4**

| Identitas Iterasi | Total Biaya Perjalanan |
|-------------------|------------------------|
| Iterasi 17        | US\$8.121.933          |
| Iterasi 432       | US\$ 8.121.933         |

$$n! = (n \times (n - 1) \times (n - 2) \times (n - m))$$

$$6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 720$$

Perhitungan biaya bahan bakar pada Tabel 9 berjumlah 720 iterasi dengan alur yang berbeda. Dari analisis ini, telah dipilih bahwa rute dengan nomor iterasi 17 dan 432 memperlihatkan hasil paling minimum yaitu sebesar US\$8.121.933. Hal ini penting untuk mengidentifikasi rute optimal yang dapat menghemat biaya operasional.

**Perbandingan Kondisi Aktual**

**Tabel 10. Perbandingan Kondisi Rute**

| Rute   | Kondisi Rute | Total Jarak (Nm) | Total Waktu (Jam) | Total Biaya Konsumsi Bahan Bakar (\$USD) |
|--------|--------------|------------------|-------------------|--|
| Rute 3 | Aktual       | 1197,82          | 92,14             | \$1.586.752                              |
|        | Iterasi 10   | 1146             | 88,19             | \$1.518.106                              |
| Rute 4 | Aktual       | 15436,42         | 1187,42           | \$9.763.534                              |
|        | Iterasi 1    | 12885,00         | 991,12            | \$8.149.763                              |

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat bahwa setiap rute memiliki kondisi yang sama di model penelitian berdasarkan jenis iterasi yang sudah dicantumkan. Namun, ada perbedaan yang timbul karena beberapa parameter perusahaan yang tidak memungkinkan untuk dibahas pada penelitian ini, sehingga dibuat batasan yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal berdasarkan parameter yang setara. Tabel ini menggambarkan adanya perbedaan antara kondisi aktual pada perusahaan dan kondisi aktual pada pemodelan rute usulan.

**Tabel 11. Perbandingan Rute Aktual dan Optimal**

| Rute 3         |             | Rute 4         |             |
|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Identitas Rute | Total BBB   | Identitas Rute | Total BBB   |
| Iterasi 10     | \$1.518.106 | Iterasi 1      | \$8.149.763 |
| Iterasi 13     | \$973.654   | Iterasi 17     | \$8.121.933 |
| Iterasi 21     | \$ 973.655  | Iterasi 432    | \$8.121.933 |

Rute 3 memiliki rute terpilih sebanyak 2. Iterasi 10 berperan sebagai kondisi aktual perusahaan yang ada pada model dari rute 3, sedangkan Iterasi 1 berperan sebagai kondisi aktual perusahaan yang ada pada model dari rute 4. Terdapatnya selisih dikarenakan oleh perbedaan parameter perusahaan. Maka dari itu optimasi akan dilihat dari perbandingan Iterasi 10 dengan Iterasi 13 dan 21 sebagai opsi terpilih yang memiliki total biaya konsumsi bahan bakar paling kecil dari semua iterasi. Ini menunjukkan bahwa total biaya konsumsi bahan bakar berhasil dikurangi sebesar 54.312,7 USD. Maka dari itu optimasi akan dilihat dari perbandingan Iterasi 1 dengan Iterasi 17 dan 432 sebagai opsi terpilih yang memiliki total biaya konsumsi bahan bakar paling kecil dari semua iterasi. Ini menunjukkan bahwa total biaya konsumsi bahan bakar berhasil dikurangi sebesar 27.830 USD.

**KESIMPULAN**

Perancangan Rute Optimal pada Permasalahan *Traveling Salesman Problem (TSP)* di PT XYZ melibatkan 2 rute pengiriman. Parameter jarak dan waktu yang digunakan pada

penelitian ini berbanding lurus dengan biaya bahan bakar, sehingga operasi matematis penjumlahan yang digunakan sangat diperlukan untuk menghasilkan iterasi dengan angka absolut. Secara keseluruhan, iterasi yang diusulkan menunjukkan peningkatan efisiensi dalam mengurangi konsumsi biaya bahan bakar dibandingkan dengan kondisi aktual dalam pemodelan rute ini dan memiliki rata – rata penghematan sebesar US\$41.071,35 yang meminimasi pemborosan dengan rata - rata persentase optimasi sebesar 18,1%.

## **REFERENSI**

- Brodie, P. (1996). *COMMERCIAL SHIPPING HANDBOOK*.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management : strategy, planning, and operation*. Pearson Prentice Hall.
- Kenneth R. Baker. (2019). *Principles of Sequencing and Scheduling*.
- Misa, T. J. (2010). Interview: An interview with Edsger W. Dijkstra. In *Communications of the ACM* (Vol. 53, Issue 8, pp. 41–47). <https://doi.org/10.1145/1787234.1787249>
- Rahman Saiyed, A. (2012). The Traveling Salesman problem.
- Shi, Y., & Zhang, Y. (2021). The neural network methods for solving Traveling Salesman Problem. *Procedia Computer Science*, 199, 681–686. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.084>
- Sianturi, G. A. (2022). Penerapan Algoritma Brute Force dalam Pencarian Rute Optimal untuk Survei Kos di Bandung dengan Google Maps API. <http://jurusanku.com/utstraffic/>