

EFEKTIVITAS METODE *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* (TSP) PADA RUTE DISTRIBUSI (STUDI KASUS: GREEN HOUSE PAPRIKA, KABUPATEN BULELENG)

Ni Putu Kiran Rizkya Putri
Prodi D-III Manajemen Logistik
Politeknik Transportasi Darat Bali
kiranrputri@gmail.com

Kadek Ardhea Putri Rendra
Prodi D-III Manajemen Logistik
Politeknik Transportasi Darat Bali
ardheaputri04@gmail.com

Ni Putu Laksmi Pradnyaswari Dharma
Prodi D-III Manajemen Logistik Politeknik
Transportasi Darat Bali
laksmidharma750@gmail.com

Ahmad Soimun
Prodi D-III Manajemen Logistik
Politeknik Transportasi Darat Bali
soimun@poltradbali.ac.id

Abstract

Distribution affects operational costs of the company, this study aims to analyze and provide references to the selection of the best route with the Travelling Salesman Problem (TSP) method. Problem (TSP) method through Python programming with the Brute Force approach. This activity was carried out with a qualitative method by conducting interviews and surveys to the Green House farm location. survey to the Green House farm location Pancasari Village, Buleleng Regency. The processed data results from the calculation of the Traveling Salesman Problem (TSP) calculation with Python programming through Visual Studio Code obtained the shortest route the shortest route is (0, 1, 2, 3, 4, 5) traveling a total distance of 184.7 km with an estimated cost of Rp184,700. So, farmers at Green House Paprika can find out the determination of the optimal distance in their delivery route.

Keywords: *Brute Force, cost, distribution, Python, Traveling Salesman Problem (TSP)*

Abstrak

Distribusi mempengaruhi biaya operasional perusahaan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memberikan referensi pemilihan rute terbaik dengan metode *Travelling Salesman Problem* (TSP) melalui pemrograman Python dengan pendekatan *Brute Force*. Kegiatan ini dilaksanakan dengan metode kualitatif dengan melakukan wawancara dan survey ke lokasi pertanian Green House Paprika Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng. Hasil olahan data dari perhitungan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan pemrograman Python melalui *Visual Studio Code* memperoleh rute terpendek yaitu (0, 1, 2, 3, 4, 5) menempuh jarak total sejauh 184,7 km dengan perkiraan biaya Rp184.700. Maka, para petani di Green House Paprika dapat mengetahui penentuan jarak optimal dalam rute pengirimannya.

Kata-kata kunci: *biaya, Brute Force, distribusi, Python, Travelling Salesman Problem (TSP)*

PENDAHULUAN

Tujuan utama logistik yakni memastikan ketersediaan kebutuhan konsumen dan memastikan pengiriman barang tepat waktu (Aranski, 2022). Oleh karena itu, penentuan rute serta jadwal pengiriman yang efisien menjadi hal yang penting dalam proses distribusi kepada pelanggan (Kasih dan Maulidina, 2023). Khususnya, di daerah Bali yang banyak memiliki komoditas hasil pertanian, perlu adanya penentuan rute serta jadwal pengiriman yang efisien untuk mengoptimalkan proses distribusi kepada pelanggan.

Penelitian ini menyoroti pengaruh transportasi, khususnya efisiensi rute yang digunakan oleh petani paprika di Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng dengan menggunakan

metode *Travelling Salesman Problem (TSP)*. *Travelling Salesman Problem (TSP)* merupakan metode yang membantu menemukan rute terpendek dan efisien dalam pengiriman barang ke berbagai tujuan (Saputra, 2022). Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Karl Menger, seorang ahli matematika dan ekonomi pada tahun 1930-an (Wilson et al., 2015). Metode *Travelling Salesman Problem (TSP)* dapat digunakan dalam penyelesaian masalah distribusi yang berkaitan dengan optimalisasi rute, waktu tempuh, serta total waktu dan jarak tempuh (Zupemungkas, 2021).

Untuk mendapatkan solusi yang optimal, dapat menggunakan metode *Exact Solution* seperti metode *brute-force* atau metode *Branch and Bound*. Namun, jika menginginkan solusi yang lebih cepat, maka *Approximate Solution* seperti *Nearest Neighbor* dapat menjadi alternatif. Namun, kelemahan dari metode ini adalah hasil yang diberikan tidak selalu maksimal. Berdasarkan beberapa kasus dalam metode TSP dapat diselesaikan dengan beberapa metode yakni *Exact Solution* dan *Approximate Solution*. (Amozhita et al., 2019). *Exact Solution* merupakan penyelesaian masalah dengan memberikan solusi yang optimal (Paillin dan Tamaela, 2019).

Terdapat dua jenis pendekatan dalam metode ini, yakni *brute-force method* adalah pendekatan langsung dalam penyelesaian masalah yang berdasarkan konsep dan pernyataan masalah. Pada penentuan rute TSP, *brute-force* mengenumerasi semua kemungkinan jalur, menghitungnya, lalu memilih jalur yang paling optimal, efektif, dan efisien (Amozhita et al., 2019). Metode lainnya yaitu *Branch and Bound*, meminimalkan biaya dan mengoptimalkan proses distribusi, meski hanya terbatas pada masalah optimasi rute (Paillin dan Tamaela, 2019).

Pada metode *Approximate Solution* didefinisikan sebagai metode yang dapat digunakan untuk menentukan solusi serta algoritma untuk menyelesaikan permasalahan seara cepat dan tepat apabila solusi tidak ditemukan. Namun, karena menggunakan intuisi, maka metode ini tidak dapat menjamin solusi yang optimal. Metode ini biasanya digunakan dalam satu penyelesaian yaitu *Nearest Neighbor* (Paillin dan Tamaela, 2019).

Penelitian ini dilakukan di Green House Paprika Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng, yang memiliki empat titik perkebunan dengan luas dan tahap produksi yang bervariasi. Desa Pancasari, yang terletak 850 meter di atas permukaan laut, memiliki kondisi ideal untuk budidaya paprika, dengan target penjualan mencakup hotel, restoran, pasar tradisional, supermarket, hingga pengecer. Harga paprika merah bervariasi antara Rp10.000/kg hingga Rp150.000/kg, dengan puncak permintaan pada bulan Maret dan Desember.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan merekomendasikan rute terbaik menggunakan metode TSP melalui pemrograman Python dengan pendekatan *brute-force*. Harapan dari hasil penelitian ini adalah dapat mengurangi biaya operasional Green House Paprika serta menciptakan rute pengiriman yang efektif dan tidak berulang.

METODOLOGI PENELITIAN

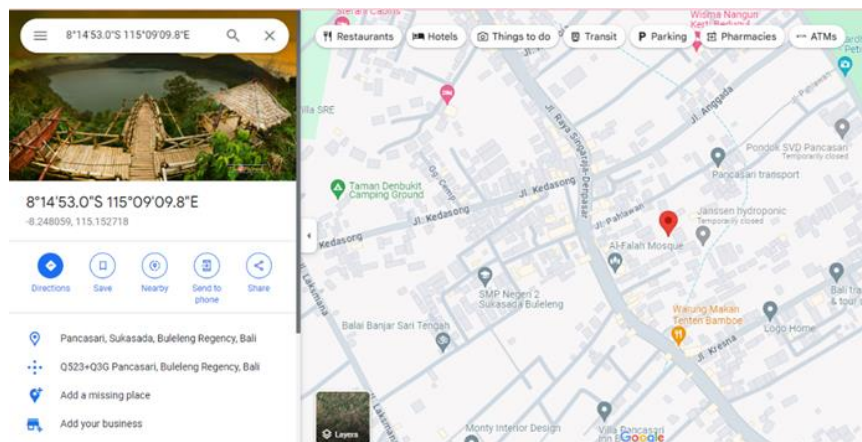
Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data, analisis data situasi waktu yang digunakan, analisis proses bisnis yang diterapkan dan analisis sarana distribusi paprika. Penelitian ini bersifat kuantitatif deskriptif.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dalam pengumpulan data. Penelitian dengan metode kualitatif dapat diartikan penelitian yang bersifat menyelidiki hingga memperoleh data yang tidak dapat diperoleh melalui prosedur statistik (Saputra, 2022). Metode kualitatif melibatkan pengumpulan data melalui wawancara, observasi atau survei, serta analisis dokumen dan data. Narasumber bernama Bapak Komang Tirta Amertha selaku pemilik Green House Paprika. Tujuan dari metode ini yaitu memahami secara mendalam mengenai fenomena atau analisis naratif dan deskriptif yang digali secara detail melalui pemahaman dan pengalaman dari narasumber.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian: Green House Paprika, Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng seperti pada Gambar 1. Penelitian dilakukan pada Kamis, 2 November 2023 dari pukul 08.00-16.00 WITA.



Gambar 1 Lokasi Green House Paprika

Analisis Data

Metode *brute-force* ini dapat diterapkan dengan memperhatikan jenis barang yang diangkut yaitu paprika. Paprika merupakan barang umum yang tidak memerlukan perlakuan khusus dalam proses pengangkutannya. Analisis pemrograman dilakukan dengan bantuan program bantu Python dengan Visual Studio Code. Karakteristik paprika sebagai komoditas yang tidak memerlukan perlakuan khusus, serta fleksibilitas bahasa pemrograman Python, menjadikan metode *brute-force* sebagai pilihan yang menarik untuk diterapkan dalam kasus distribusi Green House Paprika. Dengan menggunakan Python, kita dapat dengan cepat mengembangkan dan mengevaluasi berbagai solusi potensial, sehingga memungkinkan kita

untuk menemukan rute distribusi yang paling efisien.

Proses Bisnis

Analisis data dan proses bisnis yang dianalisis menguji metode *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari studi kasus proses distribusi produk paprika yang dihasilkan oleh Green House Paprika di Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng.

Tabel 1 Detail Lokasi dari Daftar Tujuan Pengiriman Paprika

No	Tujuan Pengiriman	Lokasi
1	Hotel D'lovina	Kalibukbuk, Jl. Mas Lovina, Kabupaten Buleleng, Bali
2	Krisna Oleh-Oleh Bali	Jl. Seririt- Singaraja, Temukus, Kec. Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali
3	Pasar Mengwi	Jl. Rama, Mengwi, Kec. Mengwi, Kabupaten Badung, Bali
4	Pasar Badung	Jl. Sulawesi, Dauh Puri Kangin, Pasar Badung, Kota Denpasar, Bali
5	Pasar Ubud	Jl. Raya Ubud, Ubud, Kecamatan Ubud, Kabupaten Gianyar, Bali

Green House ini belum memiliki rute tetap dan optimal dalam hal pengiriman sehingga memiliki risiko terjadinya perubahan rute atau penjadwalan pengiriman yang disesuaikan dengan permintaan konsumen.

Kendala yang mungkin timbul yaitu terjadinya kekurangan moda yang digunakan apabila terjadi permintaan mendadak oleh konsumen, keterlambatan pengiriman produk, kepadatan lalu lintas yang tidak dapat diprediksi. Green House Paprika bekerja sama dengan pengecer, hotel, pasar, dan supermarket oleh-oleh khas Bali.

Sarana Pendistribusian

Pendistribusian Green House Paprika di Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng menggunakan kendaraan berupa *pick-up truck*. Perbedaan kapasitas angkut dapat diakibatkan oleh adanya perbedaan sarana distribusi. Dalam tabel 2 dijabarkan mengenai spesifikasi dari kendaraan untuk mendistribusikan produk. Persiapan kendaraan sebelum mengirimkan barang ke lokasi tujuan adalah sekitar 10 menit, waktu ini digunakan untuk memeriksa keadaan kendaraan agar dapat beroperasi dengan baik, seperti membersihkan kendaraan, pemanasan mesin, pemeriksaan mesin, ban, serta lampu penerangan, memeriksa kemasan, serta keadaan barang yang akan dikirimkan.

Tabel 2 Spesifikasi Sarana Pendistribusian Green House Paprika di Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng

No	Jenis Kendaraan	Rata-Rata Kecepatan	Kapasitas	Jumlah
1	<i>Pick-up truck</i>	40 km/jam	3.500 kg	1

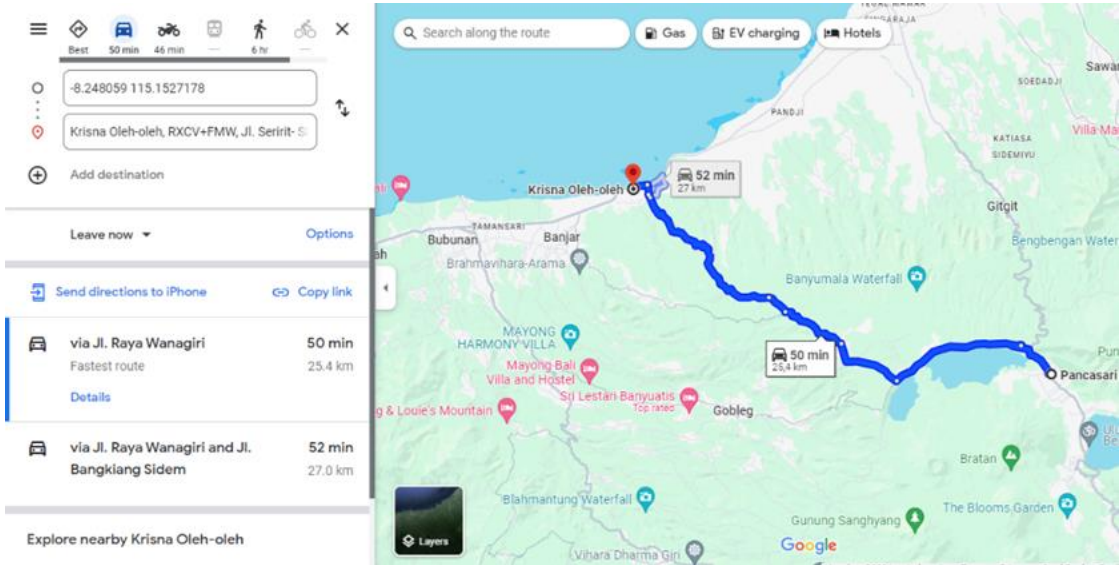
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengumpulan data, selanjutnya pengolahan dan pembahasan akan dijelaskan sebagai berikut.

Penentuan Jarak Lokasi

Pengiriman paprika dimulai dari UMKM Green House Paprika yang terletak di Desa Pancasari, Kabupaten Buleleng menuju ke beberapa lokasi pendistribusian pada lima titik

lokasi konsumen. Dari wawancara dan observasi atau survei, diperoleh data mengenai rute distribusi, yang mencakup beberapa komponen seperti titik asal, lokasi tujuan distribusi, rute yang biasa ditempuh, jarak, serta waktu tempuh yang diperlukan untuk mencapai tujuan. Dalam menentukan rute distribusi oleh Green House Paprika, proses pencarian jarak dilakukan dengan bantuan Google Maps. Berikut disajikan, proses pencarian jarak dengan Google Maps pada Gambar 2.



Gambar 2 Pencarian Jarak dengan Google Maps

Dari hasil pencarian jarak dengan Google Maps, dimasukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Jarak Tempuh dan Waktu dari Titik Asal ke Titik Tujuan

Titik Asal	Titik Tujuan	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)
Green House Paprika	Hotel D'lovina	Jl. Damai II	29,7	59
	Krisna Oleh-Oleh Bali	Jl. Wanagiri	25,4	50
	Pasar Mengwi	Jl. Raya Denpasar	37,4	61
	Pasar Badung	Jl. Raya Denpasar	53,0	93
	Pasar Ubud	Jl. Baturiti-Mekarsari	46,0	88

Analisis TSP

Untuk menghitung rute optimal menggunakan metode *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari matriks jarak dapat menggunakan algoritma *brute-force*. Penelitian ini menggunakan pendekatan *brute-force* dengan pemrograman Python. Tahapan perhitungan rute optimal sebagai berikut.

1. Instalasi *library itertools* dan *numpy*. *Itertools* adalah modul dalam Python yang menyediakan berbagai fungsi yang efisien untuk bekerja dengan iterasi. Dalam konteks kode yang diberikan, menggunakan *itertools.permutations* untuk menghasilkan semua kemungkinan urutan dari urutan pengiriman paprika, sedangkan *library numpy* merupakan modul yang sangat populer dalam Python untuk komputasi numerik yang menyediakan *array* multidimensi dan berbagai fungsi untuk bekerja secara efisien.

Dalam konteks kode yang diberikan, *numpy* digunakan untuk mendefinisikan dan memanipulasi matriks jarak.

2. Definisi Matriks Jarak

Penentuan rute distribusi oleh Green House Paprika, dengan melakukan proses pencarian jarak dilakukan dengan bantuan Google Maps. Setiap tujuan pengiriman diwakili dengan kode berupa angka (0,1,2,3,4,5). Selanjutnya, jarak antar tujuan pengiriman paprika direpresentasikan dengan matriks. Misalnya, jarak antara lokasi 0 dan lokasi 1 adalah 29,7 km.

Tabel 4 Matriks Jarak Antar tujuan Pengiriman Paprika

	0	1	2	3	4	5
0	0,0	29,7	25,4	37,4	53,0	46,0
1	29,7	0,0	5,6	66,9	82,4	76,2
2	25,4	5,6	0,0	62,6	78,2	72,0
3	37,4	66,9	62,6	0,0	15,8	17,3
4	53,0	82,4	78,2	15,8	0,0	25,0
5	46,0	76,2	72,0	17,3	25,0	0,0

Tabel 5 Lokasi dan Kode

LOKASI	KODE
Green House Paprika	0
Hotel D'lovina	1
Krisna Oleh-Oleh Bali	2
Pasar Mengwi	3
Pasar Badung	4
Pasar Seni Ubud	5

Fungsi untuk Menghitung Total Jarak dari Suatu Urutan Tujuan Pengiriman Paprika
Fungsi ini menerima sebuah rute dan matriks jarak, lalu menghitung total jarak untuk rute tersebut. *Loop for* digunakan untuk menambahkan jarak antara setiap pasangan lokasi berturut-turut dalam rute. Setelah *loop* selesai, tambahkan jarak untuk kembali ke kota awal, sehingga rutenya menjadi siklik.

3. Daftar Tujuan Pengiriman

Daftar semua tujuan diwakili oleh indeks 0 hingga 5 (karena ada 6 kota).

4. Penentuan Rute Terpendek

Penentuan Rute Terpendek dilakukan dengan pendekatan *brute-force itertools.permutations* menghasilkan semua permutasi atau urutan dari daftar kota. *Loop for iterates* melalui setiap permutasi atau rute yang mungkin. *calculate_total_distance(route, distance_matrix)* menghitung jarak total untuk rute saat ini. Jika jarak total untuk rute saat ini lebih kecil dari jarak minimal sebelumnya (*min_distance*), maka *update min_distance* dan *shortest_route*.

5. Pencetakan Hasil pada Terminal

Pencetakan rute terpendek dan jarak total terpendek yang ditemukan.

Coding Travelling Salesman Problem (TSP) pada pemrograman Python tertera pada Gambar 3 dan Gambar 4.

```

tsp3.py > ...
1  import numpy as np
2  import itertools
3
4  # Definisikan matriks jarak
5  distance_matrix = np.array([
6      [0, 29.7, 25.4, 37.4, 53, 46],
7      [29.7, 0, 5.6, 66.9, 82.4, 76.2],
8      [25.4, 5.6, 0, 62.6, 78.2, 72],
9      [37.4, 66.9, 62.6, 0, 15.8, 17.3],
10     [53, 82.4, 78.2, 15.8, 0, 25],
11     [46, 76.2, 72, 17.3, 25, 0]
12 ])
13
14 # Fungsi untuk menghitung total jarak dari suatu urutan kota
15 def calculate_total_distance(route, distance_matrix):
16     total_distance = 0
17     for i in range(len(route) - 1):
18         total_distance += distance_matrix[route[i], route[i + 1]]
19     # Tambahkan jarak untuk kembali ke kota awal
20     total_distance += distance_matrix[route[-1], route[0]]
21     return total_distance
22

```

Gambar 3 Perhitungan Jarak Total dengan metode TSP menggunakan pemrograman Python

Gambar 3 menunjukkan pemrograman TSP dengan Python, *coding* ini menggunakan beberapa *library* seperti *numpy* dan *itertools*. Dalam kode ini, *numpy* digunakan untuk mendefinisikan dan mengelola matriks jarak sedangkan *itertools.permutations*, digunakan untuk menghasilkan semua permutasi atau urutan mungkin yang dapat dibentuk dari elemen-elemen suatu kumpulan tanpa pengulangan. yang mungkin dari daftar tujuan. Hasil perhitungan jarak total dengan metode TSP menggunakan pemrograman Python, ditunjukkan pada Gambar 4.

```

tsp3.py > ...
22
23 # Daftar semua kota (0-indexed)
24 cities = list(range(len(distance_matrix)))
25
26 # Cari rute terpendek menggunakan pendekatan Brute Force
27 shortest_route = None
28 min_distance = float('inf')
29
30 for route in itertools.permutations(cities):
31     current_distance = calculate_total_distance(route, distance_matrix)
32     if current_distance < min_distance:
33         min_distance = current_distance
34         shortest_route = route
35
36 # Cetak hasilnya
37 print(f"Rute terpendek: {shortest_route}")
38 print(f"Jarak total: {min_distance} km")
39

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS

& C:/Users/hp/AppData/Local/Programs/Python/Python312/python.exe "c:/MLOG 2A/SEMESTER 4/KOMPUTASI LOGISTIK/EXPONENTIALSMOOTHING/tsp3.py"

Rute terpendek: (0, 1, 2, 3, 4, 5)
Jarak total: 184.7 km

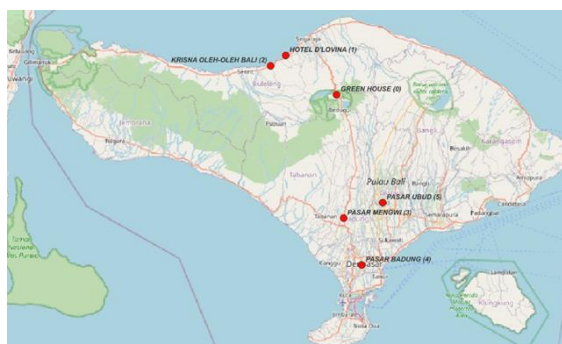
PS C:\MLOG 2A\SEMESTER 4\KOMPUTASI LOGISTIK\EXPONENTIALSMOOTHING> C:/Users/hp/AppData/Local/Programs/Python/Python312/python.exe "c:/MLOG 2A/SEMESTER 4/KOMPUTASI LOGISTIK/EXPONENTIALSMOOTHING/tsp3.py"

Rute terpendek: (0, 1, 2, 3, 4, 5)
Jarak total: 184.7 km

PS C:\MLOG 2A\SEMESTER 4\KOMPUTASI LOGISTIK\EXPONENTIALSMOOTHING>

Gambar 4 Hasil Perhitungan Jarak Total dengan metode TSP menggunakan pemrograman Python

Gambar 4 menunjukkan hasil dari pemrograman Python memperoleh rute terpendek yaitu (0, 1, 2, 3, 4, 5) dengan jarak total 184,7 km. Hasil dari pemrograman Python divisualisasikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Gambar Titik Lokasi Rute yang telah Ditentukan

Hasil dari perhitungan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan pemrograman Python melalui *Visual Studio Code* memperoleh rute terpendek yaitu (0, 1, 2, 3, 4, 5) yang dimulai dari Green House Paprika (0) sebagai titik awal perjalanan menuju ke Hotel D'Lovina (1) lalu ke Krisna Oleh-Oleh Bali (2), kemudian ke Pasar Mengwi (3). Selanjutnya ke Pasar Badung (4) dan ke lokasi terakhir yaitu Pasar Seni Ubud (5), lalu kembali ke Green House Paprika dengan jarak total yang diperoleh dari perhitungan dengan metode TSP melalui pendekatan *brute-force* yaitu sejauh 184,7 km. Dengan hal ini, para petani di Green House Paprika akan mengetahui penentuan jarak optimal dalam rute pengiriman dengan menggunakan metode TSP dan pendekatan *brute-force*.

Analisis Biaya Distribusi

Setelah mendapatkan jarak optimal, langkah berikutnya memperhitungkan biaya transportasi. Green House paprika berlokasi di Pulau Bali memiliki rata-rata biaya bahan bakar pertalite Rp10.000/liter untuk satu jenis sarana distribusi yaitu *pick-up truck*. *Pick-up truck* memiliki penampungan tangki bahan bakar 42 liter. Berikut merupakan rumus konversi biaya yang digunakan dengan formula (Wibawa, 2022).

$$\text{Biaya} = \text{Jarak} \times \frac{1}{10} \times 10.000 \quad (1)$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh biaya transportasi, ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Tabel Konversi Jarak ke Biaya

Awal	Tujuan	Jarak (km)	Kebutuhan BBM (liter)	Biaya (Rp)
0	1	29,7	2,1	29.700
1	2	5,6	0,5	5.600
2	3	62,6	6,2	62.600
3	4	15,8	1,5	15.800
4	5	25,0	2,5	25.000
5	0	46,0	4,6	46.000

Tabel 6 merupakan jarak antar lokasi dan biaya yang diperlukan dari satu titik ke titik lainnya. Titik 0 mewakili Green House Paprika ke titik 1 yang mewakili Hotel D'Lovina dengan biaya transportasi Rp29.700, sehingga biaya distribusi dengan rute 0-1-2-3-4-5-0 sebesar Rp184.700.

Jika penelitian ini dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan bantuan *software Excel Solver* dan *Evolutionary Algorithm* (EA) dengan metode yang sama yaitu TSP. EA didefinisikan sebagai suatu algoritma untuk permasalahan optimasi berdasarkan Teori Darwin mengenai kemampuan manusia dalam beradaptasi di alam dengan baik (Christata dan Primadasa, 2023). Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan total jarak tempuh yang sama, yaitu 184,7 km dengan rute yang berbeda.

Rute yang dihasilkan dengan *Excel Solver* tidak efektif jika digunakan untuk pengiriman paprika, karena lokasi pertama yang disarankan lebih jauh dari gudang dibandingkan dengan lokasi kedua. Akibatnya, rute tersebut tidak mendukung efisiensi biaya operasional *Green House* Paprika. Maka dari itu, penelitian ini berfokus pada pengoptimalan jarak dan biaya pengiriman paprika, sehingga kualitas paprika dapat terjaga serta kapasitas atau kelancaran proses pengiriman ke lokasi tujuan dapat tercapai (Hudori Madusari, 2017).

KESIMPULAN

Rute optimal menggunakan metode *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari matriks jarak dapat menggunakan algoritma *brute-force*. Hasil dari perhitungan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan pemrograman Python melalui *Visual Studio Code* memperoleh rute terpendek yaitu (0, 1, 2, 3, 4, 5) yang dimulai dari *Green House* Paprika (0) sebagai titik awal perjalanan menuju ke Hotel D’Lovina (1) lalu ke Krisna Oleh-Oleh Bali (2), kemudian ke Pasar Mengwi (3). Selanjutnya ke Pasar Badung (4) dan ke lokasi terakhir yaitu Pasar Seni Ubud (5), lalu kembali ke *Green House* Paprika dengan jarak total yang diperoleh yaitu sejauh 184,7 km dengan perkiraan biayadistribusi sebesar Rp 184.700. Dengan hal ini, para petani di *Green House* Paprika dapat menentukan jarak optimal dalam rute pengiriman melalui metode TSP dengan pendekatan *brute-force*. Maka, petani *Green House* dapat mempertimbangkan rute ini untuk melakukan pengoptimalan terhadap biaya yang dikeluarkan serta rute terpendek yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Amozhita, K. K., Suyitno, A., dan Mashuri. 2019. *Menyelesaikan Travelling Salesman Problem (TSP) dengan Metode Dua Sisi Optimal pada PT. Es Malindo Boyolali*. *Unnes Journal of Mathematics*, 8 (1): 20–29.
- Aranski, A. W. 2022. *Optimization of The Smallest Road Using The Traveling Salesman Problem (TSP) Method*. *International Journal of Information System & Technology Akreditasi*, 6 (158): 159–166.
- Christata, B. R. dan Primadasa, R. 2023. *Penentuan Rute Pengiriman Es Batu Menggunakan Nearest Neighbor dan Excel Solver*. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 3(2): 62–73.
- Hudori, M. dan Madusari, S. 2017. *Penentuan Rute Angkutan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Yang Optimal Dengan Metode Saving Matrix*. *Jurnal Citra Widya*

- Edukasi, 9 (1): 25–39.
- Kasih, P. H. dan Maulidina, Y. 2023. *Penentuan Rute Pengiriman untuk Meminimasi Jarak Tempuh Transportasi menggunakan Metode Saving Matrix*. Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, 9 (1): 53–62.
- Paillin, D. B. dan Tamaela, M. 2019. *Analisis Pola Rute Distribusi Paket pada PT.Pos Indonesia (Persero) Ambon dengan Menggunakan Metode Travelling Salesman Problem dan Differential Evolution*. ARIKA, 13 (2): 75–86.
- Saputra, W. D. 2022. *Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (Studi Kasus: JNE Balige)*. G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan, 6 (2): 159–165.
- Wibawa, C. 2022. *Optimalisasi Rute Wisata di Yogyakarta Menggunakan Metode Travelling Salesman Person dan Algoritma Brute Force*. Jurnal Teknik dan Science, 1 (3): 59–65.
- Wilson, A., Sibaroni, Y., dan Ummah, I. 2015. *Analisis Penyelesaian Traveling Salesman Problem Dengan Metode Brute Force Menggunakan Graphic Processing Unit*. E-Proceeding of Engineering, 2 (1): 1874-1883.
- Zupemungkas, H. O. dan Handayani, W. 2021. *Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (TSP) untuk Meminimasi Biaya Distribusi*. Eqien: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis, 8 (2): 163–178.