

Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode *Traveling Salesman Problem* (Studi Kasus: JNE Balige)

Devis Wawan Saputra^{1✉}

¹ Manajemen Rekayasa, Institut Teknologi Del, Laguboti, Sumatera Utara, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 05-08-2022

Direvisi : 20-08-2022

Diterima : 25-08-2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau sebuah permasalahan dalam menemukan solusi optimum pada Travelling Salesman Problem (TSP). *Traveling Salesman Problem* (TSP) merupakan persoalan optimasi untuk menemukan rute perjalanan terpendek bagi salesman atau individu yang akan mengunjungi beberapa lokasi, dan kembali ke lokasi awal keberangkatan. Tujuan penelitian ini adalah menelaah tentang pencarian rute terpendek pada JNE Balige dengan syarat setiap alamat hanya dapat dikunjungi satu kali kecuali alamat asal. Penelitian ini membahas tentang algoritma Branch and Bound dalam menyelesaikan persoalan jarak minimum pengantaran yang dilakukan JNE di Kecamatan Balige. Algoritma *Branch and Bound* yang diterapkan pada studi kasus layanan JNE di Kecamatan Balige (*Traveling Salesman Problem*) menghasilkan solusi rute perjalanan terpendek yaitu 1→3→5→6→4→2→7→1. Total waktu tempuh minimum yang diperoleh sebesar 36 menit dengan 6 percabangan (*branch*).

Kata Kunci:

Lokasi, *Travelling Salesman Problem*, Algoritma *Branch and Bound*

Keywords :

Location, Traveling Salesman Problem, Branch and Bound Algorithm

ABSTRACT

This study aims to review a problem in finding the optimal solution to the Traveling Salesman Problem (TSP). The Traveling Salesman Problem (TSP) is an optimization problem to find the shortest travel route for a salesman or individual who will visit several locations, and return to the initial departure. The purpose of this study is to examine the shortest route on JNE Balige with the condition that each address can only be visited once except the original address. This study discusses the Branch and Bound algorithm in solving the minimum delivery problem carried out by JNE in Balige District. The Branch and Bound algorithm applied to the case study of JNE services in Balige District (Traveling Salesman Problem) resulted in the solution of the shortest route, namely 1→3→5→6→4→2→7→1. The total minimum travel time obtained is 36 minutes with 6 branches.

Corresponding Author :

Devis Wawan Saputra

Manajemen Rekayasa, Institut Teknologi Del

Jl. Sisingamangaraja, Sitoluama, Laguboti, Sumatera Utara, Indonesia

Email: devis.simanjuntak@del.ac.id

PENDAHULUAN

Balige merupakan salah satu kecamatan yang sedang mengalami perkembangan di banyak sektor, salah satunya adalah sektor pengiriman dan logistik. Perusahaan layanan pengiriman dan logistik meningkat seiring dengan peningkatan jumlah *online shop* atau belanja

jarak jauh. Pendistribusian barang adalah aktivitas yang sering dilakukan dalam kehidupan. Eksplorasi jalur terpendek sudah diimplementasikan dalam banyak sektor guna mengoptimalkan performa suatu sistem seperti mengurangi biaya atau mempercepat proses berjalan. Salah satu faktor yang mempengaruhi masyarakat menggunakan layanan pengiriman barang dibandingkan mengantar barang yang akan dikirimkan secara mandiri adalah jarak yang jauh serta penyebaran masyarakat yang luas. Kecamatan Balige merupakan kecamatan yang memiliki banyak jenis layanan pengiriman dan logistik.

PT. Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) adalah perusahaan yang beroperasi dalam sektor logistik dan distribusi barang di Indonesia. JNE mempunyai cabang di setiap kota di seluruh Indonesia. JNE Balige memiliki 6 titik pengantaran/pengiriman. Suatu sistem yang mampu memperpendek waktu tempuh diperlukan untuk mendistribusikan barang dari *center* ke pelanggan di banyak titik. Permasalahan tersebut memiliki *network model* yang serupa dengan permasalahan pada pedagang kaki lima atau disebut *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Algoritma yang digunakan dalam permasalahan penentuan rute terpendek tidak dapat langsung ditetapkan yang paling optimal untuk semua kasus, karena algoritma yang mempunyai optimasi yang paling tinggi untuk suatu kasus belum tentu juga dapat digunakan dan mempunyai optimasi yang tinggi untuk kasus yang lain (Amozhita et al., 2019). Setiap kondisi permasalahan yang ada diperlukan optimasi yang mencakup waktu tempuh untuk mencapai tujuan mengoptimalkan jarak tempuh yang paling pendek. Penelitian ini mencakup perhitungan antara algoritma *branch and bound* untuk menyelesaikan masalah *Travelling Salesman Problem (TSP)* di JNE Balige.

Terdapat 6 alamat yang harus dilewati oleh seorang kurir JNE di Balige dan harus kembali ke alamat pertama kali kurir memulai pengantaran. Oleh karena itu, perlu diketahui jarak terpendek agar kurir dapat mengantar dari kantor/pusat ke semua lokasi lalu kembali dengan jarak atau waktu minimum. Metode TSP seringkali diterapkan dalam sejumlah penelitian dengan bermacam algoritma dengan tujuan mengoptimalkan sumber daya yang akan dialokasikan dalam proses pengantaran/distribusi barang sampai saat ini. Penelitian yang dilakukan Rohman, dkk (2020) menggunakan algoritma genetika dalam menyelesaikan TSP pada kasus pendistribusian barang. Penelitian Rohman menjelaskan bahwa hasil perhitungan menggunakan algoritma genetika menghasilkan nilai yang optimum, tetapi waktu proses algoritma semakin lama jika nilai n lokasi semakin besar. Sedangkan penelitian Saleh, dkk (2015) menggunakan algoritma *cheapest insertion heuristic* untuk memecahkan permasalahan TSP pada kasus pendistribusian barang. Kinerja algoritma dinilai dengan parameter jarak yang memiliki satuan meter, berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa penyelesaian menggunakan algoritma *cheapest insertion heuristic* menurunkan total jarak tempuh. Selanjutnya Wilson, dkk (2015) menerapkan algoritma *brute-force* dengan teknik *exhaustive search* TSP guna menyelesaikan masalah komputasi yang memiliki kompleksitas tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian Wilson, dkk menjelaskan bahwa dengan menggunakan algoritma *exhaustive search* dapat dilakukan pengubahan jumlah pencarian rute, yaitu dengan diketahui bahwa setengah dari rute perjalanan diperoleh dari hasil pencerminan setengah rute yang lain, yakni dengan mengganti arah rute perjalanan. Selain itu, penelitian Lattan, dkk (2021) melakukan percobaan kinerja algoritma *branch and bound* dan *cheapest insertion heuristic* untuk menyelesaikan TSP. Berdasarkan hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa algoritma *branch and bound* menghasilkan rute yang paling optimal dibandingkan dengan algoritma *cheapest insertion heuristic*. Dari peninjauan literatur kemajuan implementasi beberapa algoritma tersebut, algoritma yang telah terbukti lebih efisien untuk memperoleh solusi optimal adalah *branch and bound*. Kelebihan algoritma *branch and bound* dari algoritma lainnya adalah mempunyai kompleksitas algoritma $(n-1)!$ dengan n = jumlah titik/kota yang tidak memerlukan waktu yang lama untuk menemukan solusi optimal. Pihak kurir dapat mengoptimalkan jumlah sumber daya (waktu tempuh dan jarak tempuh) yang dimiliki untuk mengirimkan barang sampai ke tujuan.

METODE PENELITIAN

Traveling Salesperson Problem (TSP)

Traveling Salesperson Problem (TSP) merupakan suatu masalah dengan tujuan untuk menemukan rute terpendek yang nantinya dapat dilewati oleh kurir yang akan berhenti dan mengunjungi beberapa lokasi tujuan tanpa harus melewati lokasi yang sudah dilewati secara terus menerus (Perdana, 2022; Selatan, 2018). Berdasarkan beberapa kasus dalam *Traveling Salesperson Problem*, maka kasus tersebut dapat diselesaikan dengan beberapa tipe seperti:

1. *Exact Solution*, yang merupakan solusi yang dihasilkan dengan tipe yang optimal pada permasalahan yang diberikan. Metode ini dibagi menjadi dua bagian yakni:
 - a. *Brute – Force Method*
Metode ini merupakan metode dengan memecahkan masalah tertentu dengan memeriksa semua kemungkinan kasus dalam kategori lambat.
 - b. *Branch and Bound*
Metode ini merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mencari jalur/rute terpendek. Algoritma ini akan melakukan perhitungan secara rekursif yaitu pemecahan masalah hingga terkecil serta algoritma ini juga akan melakukan pencatatan biaya minimum sehingga dapat memperkirakan nilai yang optimal (Triyanto et al., 2015).
2. *Approximate Solution*, yang merupakan suatu pendekatan untuk menentukan solusi yang tepat pada suatu permasalahan yang diberikan serta dapat diperoleh dari algoritma yang didesain untuk menyelesaikan sebuah permasalahan secara cepat atau juga mencari pendekatan solusi jika tidak ditemukan. Metode ini juga menggunakan dasar intuisi hingga memperoleh solusi secara cepat, namun tidak dapat menjamin solusi yang optimal. Metode ini juga dibagi kedalam satu penyelesaian yang disebut *Nearest Neighbor*.

Algoritma Branch and Bound

Algoritma *branch and bound* didefinisikan dengan mekanisme menggunakan algoritma dimana node (kota) yang ditimbulkan pada awalnya merupakan node yang bertetangga dengan node awal, dan dilanjutkan dengan proses penetapan nilai batas atas dan batas bawah untuk menyelesaikan optimasi (Paillin & Tupan, 2018).

Langkah penyelesaian masalah TSP menggunakan algoritma *branch and bound* (Auliasari et al., 2018), antara lain:

1. Membuat matriks (C_{ij}) dari tiap node berukuran $n \times n$, dengan n = jumlah dari node awal dan seluruh node yang akan dikunjungi. Tiap elemen dari matriks C_{ij} adalah waktu dari node i ke node j , sedangkan i dan j adalah simpul.
2. Setiap elemen pada baris atau kolom dikurangi dengan nilai terkecil pada baris atau kolom tersebut.
3. Proses pengurangan elemen matriks (reduksi) akan menentukan nilai batas simpul akar $c(R)$ yang diperoleh dari penjumlahan semua elemen pengurangan sebelumnya. Selanjutnya, matriks hasil reduksi untuk simpul akar R telah terbentuk (matriks A).
4. Kemudian jika dimisalkan S adalah anak simpul dari akar R sehingga sisi (R,S) dalam pohon status, maka berikut langkah yang dilakukan pada matriks A .
 - a. Mengganti seluruh elemen nilai pada baris I dan kolom j menjadi nilai ∞
 - b. Mengganti elemen $A(j,1)$ menjadi nilai ∞
 - c. Mengurangi elemen matriks (reduksi) A seperti pada langkah 2 dan 3 untuk memperoleh matriks lain contohnya matriks B
 - d. Mencari nilai bobot terkecil dalam setiap simpul
5. Ulangi pengulangan elemen matriks (reduksi) berkelanjutan sampai membentuk pohon status yang terdiri dari nilai batas kecil.
6. Mengurutkan rute sesuai dengan simpul yang telah diperoleh.

Data Analisis

Berdasarkan solusi metode yang telah dijelaskan diatas, dengan demikian deskripsi kasus *Traveling Salesperson Problem* dengan tipe *Branch and Bound* yang diangkat sebagai berikut. Seorang Kurir JNE yang hendak akan mengantar pesanan para customer yang terdiri kedalam 6 lokasi. Kurir akan bergerak mengantar pesanan customer sesuai dengan jarak yang optimal. Kurir akan bergerak dari Kantor JNE Balige yang terletak di Jln. Patuan Nagari No 10, Sangkar Nihuta, Balige, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara. Adapun 6 lokasi yang akan dituju oleh Kurir JNE yaitu:

- Lokasi 1: Kompi Senapan A Yonif 125 Balige, Jln Serma Muda Balige.
- Lokasi 2: SMA Bintang Timur Balige, Jln Pastor Sybrandus Van Rossum Balige.
- Lokasi 3: Jln Gereja HKBP Tampubolon Balige.
- Lokasi 4: Jln Dr. Term. Simatupang (Bank Sumut)
- Lokasi 5: Jln Patuan Anggi (Toko Conny Tampubolon)
- Lokasi 6: Jln Dr. T.D. Pardede (PLN Ranting Balige)

Data diperoleh dari JNE Balige. Proses memperoleh data jarak dilakukan dengan menggunakan bantuan Google Maps (www.google.co.id/maps) untuk mendapatkan jarak antar lokasi secara lebih akurat tanpa harus menghabiskan sejumlah biaya dan waktu dalam pencariannya. Berikut data estimasi waktu tempuh yang diperoleh dalam satuan menit.

Tabel 1. Waktu antar lokasi yang dituju kurir JNE di Kecamatan Balige

| | Kantor JNE | Lokasi 1 | Lokasi 2 | Lokasi 3 | Lokasi 4 | Lokasi 5 | Lokasi 6 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Kantor JNE | 0 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Lokasi 1 | 9 | 0 | 9 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| Lokasi 2 | 3 | 14 | 0 | 9 | 5 | 5 | 6 |
| Lokasi 3 | 9 | 3 | 12 | 0 | 5 | 6 | 8 |
| Lokasi 4 | 3 | 4 | 7 | 5 | 0 | 1 | 3 |
| Lokasi 5 | 4 | 6 | 7 | 7 | 2 | 0 | 3 |
| Lokasi 6 | 2 | 7 | 6 | 7 | 2 | 2 | 0 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membentuk matriks waktu tempuh

Berdasarkan hasil analisis waktu tempuh menggunakan bantuan GoogleMaps, selanjutnya dibentuk matriks waktu tempuh. Dalam tahap ini dibentuk matriks waktu yang digunakan untuk diproses hingga terbentuk matriks kesempatan. Pengujian hasil optimalisasi waktu tempuh dengan menerapkan teknik pengolahan *branch and bound* menggunakan parameter total waktu. Matriks waktu terdiri dari data yang mengacu pada data rute pengantaran/pengiriman kurir JNE di Kecamatan Balige, matriks waktu yang dibentuk ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks waktu antar lokasi yang dituju kurir JNE di Kecamatan Balige

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 9 | 0 | 9 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 3 | 14 | 0 | 9 | 5 | 5 | 6 |
| 4 | 9 | 3 | 12 | 0 | 5 | 6 | 8 |
| 5 | 3 | 4 | 7 | 5 | 0 | 1 | 3 |
| 6 | 4 | 6 | 7 | 7 | 2 | 0 | 3 |
| 7 | 2 | 7 | 6 | 7 | 2 | 2 | 0 |

Keterangan:

- 1 : Kantor JNE
- 2 : Lokasi 1
- 3 : Lokasi 2
- 4 : Lokasi 3
- 5 : Lokasi 4
- 6 : Lokasi 5
- 7 : Lokasi 6

Mereduksi matriks waktu

Setelah matriks jarak terbentuk yang ditunjukkan pada Tabel 2, maka matriks tersebut akan direduksi. Proses reduksi dilakukan dengan mengurangi semua nilai pada baris atau kolom terpilih secara berkelanjutan hingga terdapat nilai 0 pada baris atau kolom tersebut dan mendapatkan simpul akar (*root*) serta menghasilkan pohon status yang terdiri dari simpul-simpul. Berdasarkan pohon status yang diperoleh, rute dengan waktu tempuh minimal adalah rute dengan urutan melalui simpul 1 – 3 – 5 – 6 – 4 – 2 – 7 – 1. Rute distribusi kurir dengan jarak terpendek dimulai dari Kantor JNE Balige – Jln. Pastor Sybrandus Van Rossum Balige – Jln. Dr. Term. Simatupang – Jln. Patuan Anggi – Jln. Gereja HKBP Tampubolon Balige – Jln. Serma Muda Balige – Jln. Dr. T.D. Pardede – Kantor JNE Balige.

Menentukan batas bawah dari total bobot minimum *tour*

$$\begin{bmatrix} \infty & 6 & 3 & 6 & 2 & 2 & 2 \\ 9 & \infty & 9 & 3 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 14 & \infty & 9 & 5 & 5 & 6 \\ 9 & 3 & 12 & \infty & 5 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 7 & 5 & \infty & 1 & 3 \\ 4 & 6 & 7 & 7 & 2 & \infty & 3 \\ 2 & 7 & 6 & 7 & 2 & 2 & \infty \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \infty & 4 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & \infty & 6 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 11 & \infty & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 6 & 0 & 9 & \infty & 2 & 3 & 5 \\ 2 & 3 & 6 & 4 & \infty & 0 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 5 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 5 & 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \infty & 4 & 1 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & \infty & 6 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 11 & \infty & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 6 & 0 & 9 & \infty & 2 & 3 & 5 \\ 2 & 3 & 6 & 4 & \infty & 0 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 5 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & 5 & 4 & 5 & 0 & 0 & \infty \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \infty & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & \infty & 5 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 11 & \infty & 6 & 2 & 2 & 3 \\ 6 & 0 & 8 & \infty & 2 & 3 & 5 \\ 2 & 3 & 5 & 4 & \infty & 0 & 2 \\ 2 & 4 & 4 & 5 & 0 & \infty & 1 \\ 0 & 5 & 3 & 5 & 0 & 0 & \infty \end{bmatrix}$$

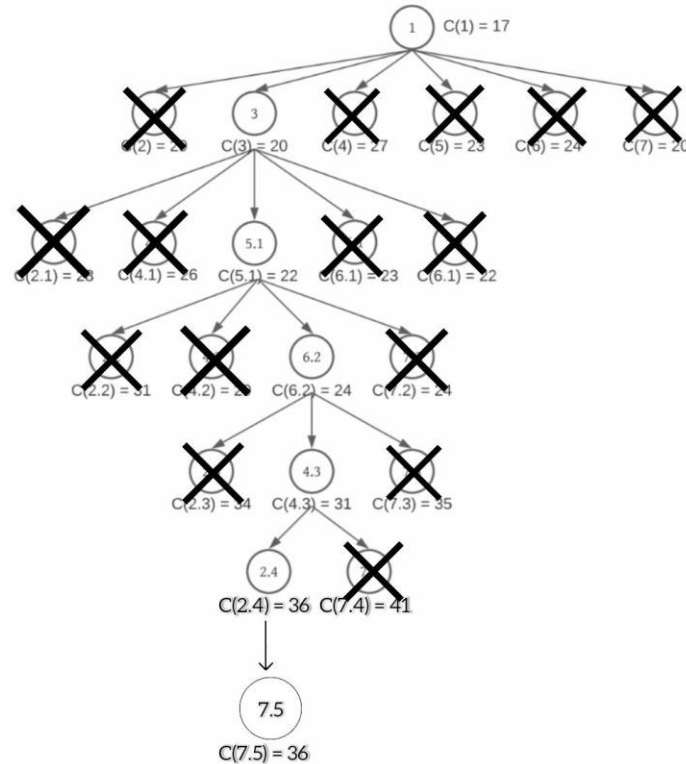
Karena semua baris dan kolom sudah memuat paling sedikit satu nol, maka matriks tersebut sudah menjadi matriks tereduksi dengan total elemen pengurang sebanyak:

$$2 + 3 + 3 + 3 + 1 + 2 + 2 + 1 = 17$$

Elemen pengurang tersebut diperoleh dari banyaknya jumlah elemen pada baris dan kolom yang dikurangkan. Angka 17 menandakan bahwa nilai tersebut merupakan batas bawah dari total bobot minimum *tour* tersebut.

Setelah mendapatkan elemen pengurang, dilanjutkan dengan melakukan iterasi. Iterasi 1 mencari nilai C(1), C(2), C(3), C(4), C(5), C(6), dan C(7) dengan mengulang pengurangan elemen matriks berlanjut dan pohon status dengan nilai batas kecil terbentuk. Nilai terkecil terdapat pada C(3) dan C(7) sebesar 20. Karena C(3) dan C(7) menghasilkan nilai yang sama, maka kita asumsikan bahwa yang dipilih adalah nilai dari C(3). Iterasi 2 mencari nilai C(2.1), C(4.1), C(5.1), C(6.1) dan C(7.1) dengan mengulang pengurangan elemen matriks berlanjut dan pohon status dengan nilai batas kecil terbentuk. Nilai terkecil terdapat pada C(5.1) dan C(7.1) sebesar 22. Karena C(5.1) dan C(7.1) memiliki nilai yang sama, maka kita asumsikan bahwa yang dipilih adalah nilai dari C(5.1).

Selanjutnya Iterasi 3 mencari nilai $C(2.2)$, $C(4.2)$, $C(6.2)$ dan $C(7.2)$ dengan mengulang pengurangan elemen matriks berlanjut dan pohon status dengan nilai batas kecil terbentuk. Nilai terkecil terdapat pada $C(6.2)$ dan $C(7.2)$ sebesar 22. Karena $C(6.2)$ dan $C(7.2)$ memiliki nilai yang sama, maka kita asumsikan bahwa yang dipilih adalah nilai dari $C(6.2)$. Iterasi 4 mencari nilai $C(2.3)$, $C(4.3)$ dan $C(7.3)$ dengan mengulang pengurangan elemen matriks berlanjut dan pohon status dengan nilai batas kecil terbentuk. Nilai terkecil terdapat pada $C(4.3)$ sebesar 31. Iterasi 5 mencari nilai $C(2.4)$ dan $C(7.4)$ dengan mengulang pengurangan elemen matriks berlanjut dan pohon status dengan nilai batas kecil terbentuk. Nilai terkecil terdapat pada $C(2.4)$ sebesar 36. Iterasi 6 mencari nilai $C(7.5)$ terkecil dan diperoleh nilai sebesar 36.



Gambar 1. Pohon Status Hasil Iterasi VI

Maka diperoleh rute terpendek dengan waktu terkecil yaitu 1 – 3 – 5 – 6 – 4 – 2 – 7 dengan waktu tempuh 36 menit. Simpul 7 memiliki cabang lagi sehingga simpul 7 dikatakan sebagai simpul daun. Jika semua proses sudah selesai, bunuh semua simpul lain yang nilai *cost* nya lebih besar dari simpul daun. Kita sudah mendapatkan rute terpendek dan bobot minimumnya.

KESIMPULAN

Algoritma Branch and Bound yang diterapkan pada studi kasus layanan JNE di Kecamatan Balige (*Traveling Salesman Problem*) menghasilkan solusi optimum yaitu sebanyak enam percabangan yang menghasilkan rute perjalanan terpendek dengan waktu tempuh 36 menit yaitu dari Kantor JNE Balige – Jln. Pastor Sybrandus Van Rossum Balige – Jln. Dr. Term. Simatupang – Jln. Patuan Anggi – Jln. Gereja HKBP Tampubolon Balige – Jln. Serma Muda Balige – Jln. Dr. T.D. Pardede – Kantor JNE Balige (1 – 3 – 5 – 6 – 4 – 2 – 7). Sedangkan waktu tempuh yang diperlukan tanpa menggunakan metode TSP mencapai 46 menit untuk mengunjungi enam lokasi tersebut. Dari hasil pembahasan yang telah didapatkan dan pembahasan penelitian sebelumnya maka selanjutnya disarankan untuk peneliti yang ingin mengembangkan penelitian dengan topik yang berkaitan agar menggunakan algoritma yang lain dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP) (algoritma *brute-force*, algoritma semut, atau genetika).

DAFTAR PUSTAKA

- Amozhita, K. K., Suyitno, A., & 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.
- Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 16(1), 15. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v16i1.6109>
- Lattan, B. W., Tupan, J. M., & Paillin, D. B. (2021). Pemecahan Traveling Salesmen Problem Menggunakan Teknik Branch and Bound Dan Cheapest Insertion Heuristic. *I Tabaos*, 1(1), 13–22. <https://doi.org/10.30598/i-tabaos.2021.1.1.13-22>
- Paillin, D. B., & Tupan, J. M. (2018). *Optimasi Rute Distribusi Produk Nestle Menggunakan Metode Branch and Bound dan Two-Way Exchange Improvement Heuristic (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri – Ambon)*. *April*, 156–162.
- Perdana, R. W. (2022). *Expert System Troubleshooting Shortest Route Finding Using Traveling Salesman Problem (TSP)*. 6(158), 9–16.
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, A., & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73>
- Saleh, K., Helmi, & Prihandono, B. (2015). Penentuan Rute Terpendek Dengan Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus: PT. Wicaksana Overseas International Tbk. Cabang Pontianak). *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 04(3), 295–304.
- Selatan, J. (2018). *Penerapan Algoritma Nearest Neighbour untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem*. XX(1), 101–106.
- Triyanto, F., Adianto, H., & Susanty, S. (2015). *Usulan Rancangan Rute Distribusi Gas LPG 3 Kg Menggunakan Metode Heuristik dan Metode Branch and Bound di PT X **. 03(03), 194–205.
- Wilson, A., Sibaroni, Y., & Ummah, I. (2015). Analisis Penyelesaian *Traveling Salesman Problem* Dengan Metode Brute Force Menggunakan Graphic Processing Unit. *E-Proceeding of Engineering*, 2(1), 1874–1883.