

TRAVELING SALESMAN PROBLEM DALAM MENYELESAIKAN RUTE OPTIMAL PENGIRIMAN AIR MINUM ISI ULANG

Andri Azmul Fauzi^{1*}, Eko Sulistyono²

¹Program Studi Matematika, Universitas Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia

²Program Studi Matematika, Institut Teknologi Batam, Batam, Indonesia

andriazmulfauzi@unwmaram.ac.id, eko@iteba.ac.id

*Corresponding author

ABSTRAK

Optimasi merupakan suatu langkah untuk memperoleh penyelesaian yang terbaik dari suatu permasalahan. Dalam menyelesaikan suatu kasus optimasi, biasanya dibutuhkan kajian terkait pemrograman linear ataupun pemrograman integer. Contoh aplikasi dari pemrograman linear dan pemrograman integer adalah masalah transportasi, Vehicle Routing Problem, dan Traveling Salesman Problem. Banyak contoh kasus yang dapat dikaitkan dengan Traveling Salesman Problem. Salah satunya adalah pengantaran air minum isi ulang. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah menentukan rute pengiriman optimal dalam pengiriman air minum isi ulang dengan menggunakan metode Nearest Neighbor.

Kata Kunci: Optimasi, Traveling Salesman Problem

ABSTRACT

Optimization is a step to obtain the best solution of a problem. In solving an optimization case, it is needed a study related to linear programming or integer programming. The examples of applications of linear programming and integer programming are transportation problem, Vehicle Routing Problem, and Traveling Salesman Problem. Many examples of cases that can be associated with Traveling Salesman Problem. One of them is the delivery of refill drinking water. Based on this, the purpose of this study was to determine the optimal delivery route in the delivery of refill drinking water using the Nearest Neighbor method.

Keywords: Optimization, Traveling Salesman Problem

1. PENDAHULUAN

Optimasi merupakan suatu langkah untuk memperoleh penyelesaian yang terbaik dari suatu permasalahan. Penyelesaian ini bergantung dengan keinginan yang berupa nilai maksimal ataupun minimal. Dalam menyelesaikan suatu kasus optimasi, biasanya dibutuhkan kajian terkait pemrograman linear ataupun pemrograman integer. Pemrograman linear adalah masalah optimasi dengan fungsi objektifnya merupakan linear dan variabel kendala terdiri dari persamaan linear maupun persamaan tak linear. Pemrograman linear dapat dimodelkan sebagai berikut:

Fungsi Objektif

$$\max c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Terhadap kendala

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vdots \\ & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m \\ & x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \dots, \quad x_n \geq 0 \end{aligned}$$

dengan a_{ij} , b_i dan c_i merupakan bilangan real, dan x_i merupakan suatu variabel dimana solusi dari variabel tersebut dapat berupa bilangan real tertentu [1].

Berbeda dengan pemrograman linear yang solusinya merupakan bilangan real tertentu. Solusi pemrograman integer selalu berupa bilangan bulat. Pemrograman integer merupakan persoalan pemrograman linear dengan solusi optimalnya berupa bilangan bulat [2]. Secara umum pemrograman integer dapat dimodelkan sebagai berikut:

Fungsi Objektif

$$\max c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$$

Terhadap kendala

$$\begin{aligned} & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ & \vdots \\ & a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m \\ & x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \dots, \quad x_n \geq 0 \\ & x_i \text{ merupakan bilangan bulat} \end{aligned}$$

dengan a_{ij} , b_i dan c_i merupakan bilangan real, dan x_i merupakan suatu variabel [3]. Jika diperhatikan tidak terdapat perbedaan antara permasalahan antara pemrograman linear dan pemrograman integer. Perbedaannya hanya terletak pada solusinya saja. Solusi pada kasus pemrograman linear dapat berupa bilangan desimal sedangkan solusi pada kasus pemrograman integer berupa bilangan bulat.

Contoh aplikasi dari pemrograman linear dan pemrograman integer adalah masalah transportasi yang berkaitan dengan pengiriman barang [4], *Vehicle Routing Problem* yang berkaitan dengan meminimalkan jarak dalam pengiriman barang [1], dan *Traveling Salesman Problem* berkaitan dengan rute perjalanan terpendek dan harus kembali ke tempat asal. *Traveling Salesman Problem* merupakan permasalahan seorang sales yang harus mengunjungi beberapa kota untuk menjual dagangannya dan harus kembali ke kota asalnya [5]. Selain dengan menggunakan pemrograman integer, *Traveling Salesman Problem* dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor Heuristic*. Banyak contoh kasus yang dapat dikaitkan dengan *Traveling Salesman Problem*. Salah satunya adalah pengantaran air minum isi ulang.

Air minum merupakan kebutuhan yang tidak dapat dihindari bagi masyarakat saat ini. Kebutuhan air minum yang ada di masyarakat berbeda-beda. Untuk memenuhi kebutuhan air minum, banyak masyarakat mengkonsumsi air minum dalam kemasan. Saat ini air minum dalam kemasan bagi masyarakat semakin mahal sehingga terdapat alternatif air minum isi ulang [6]. Harga air minum isi ulang relatif murah dibandingkan air minum dalam kemasan. Sehingga banyak depot air minum isi ulang bermunculan dengan harga yang bervariasi, dimulai dari Rp. 5000 hingga Rp. 50.000.

Dalam memenuhi kebutuhan masyarakat, depot air minum isi ulang mengirimkan air minum isi ulang kepada sejumlah pelanggan. Lokasi pelanggan yang berbeda-beda mengakibatkan pengiriman air minum isi ulang harus disusun urutannya sehingga tidak terjadi pemborosan dalam hal pengiriman. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah menentukan rute pengiriman optimal dalam pengiriman air minum isi ulang dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor*.

2. METODE

Terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Pertama adalah melakukan identifikasi terkait permasalahan yang diteliti. Selanjutnya melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Kemudian mengumpulkan data yang berkaitan dengan permasalahan. Selanjutnya melakukan analisa terhadap data yang telah diperoleh dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan. Terdapat dua metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu wawancara dan observasi [7]. Wawancara merupakan suatu proses tanya jawab yang dilontarkan oleh seseorang terhadap narasumber untuk mendapatkan informasi. Sedangkan observasi merupakan suatu teknik yang dilakukan dengan melakukan pengamatan secara teliti dengan melakukan pencatatan secara sistematis [8].

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengiriman air minum isi ulang dari suatu depot menuju beberapa pelanggan. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara terhadap pemilik depot air minum isi ulang, terdapat 7 lokasi pengiriman air minum isi ulang yang telah menjadi pelanggan tetap. Berikut ini disajikan tabel permintaan air minum isi ulang dari sejumlah pelanggan

Tabel 1. Jumlah Permintaan Pelanggan

No	Nama Pelanggan	Jumlah Permintaan (Buah)
1	Pelanggan 1 (P1)	10
2	Pelanggan 2 (P2)	15
3	Pelanggan 3 (P3)	7
4	Pelanggan 4 (P4)	13
5	Pelanggan 5 (P5)	12
6	Pelanggan 6 (P6)	18
7	Pelanggan 7 (P7)	15

Selanjutnya diberikan data jarak antara depot dan beberapa pelanggan yang disajikan dalam Tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Jarak Depot dan Pelanggan (Km)

	Depot	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Depot	0	18	11	6	16	5	23	19
P1	18	0	26	8	30	2	12	12
P2	11	26	0	3	21	23	15	15
P3	6	8	3	0	21	4	16	29
P4	16	30	21	21	0	17	30	11
P5	5	2	23	4	17	0	22	2
P6	23	12	15	16	30	22	0	20
P7	19	12	15	29	11	2	20	0

Algoritme yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritme *Nearest Neighbor*. Terdapat beberapa langkah dalam menyelesaikan algoritme *Nearest Neighbor* [9] diantaranya adalah

1. Menentukan titik depot pusat dan lokasi yang dikunjungi
2. Membuat matriks jarak yang berguna dalam menggambarkan lokasi yang dikunjungi beserta jarak antar lokasi

3. Langkah selanjutnya melihat lokasi yang dikunjungi dengan jarak terpendek. Setelah mengunjungi satu lokasi, selanjutnya mengunjungi lokasi lainnya yang belum dikunjungi dengan memperhatikan jarak terpendeknya.
4. Perhitungan nilai optimal dilakukan dengan menjumlahkan jarak yang ditempuh hingga kembali ke lokasi awal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

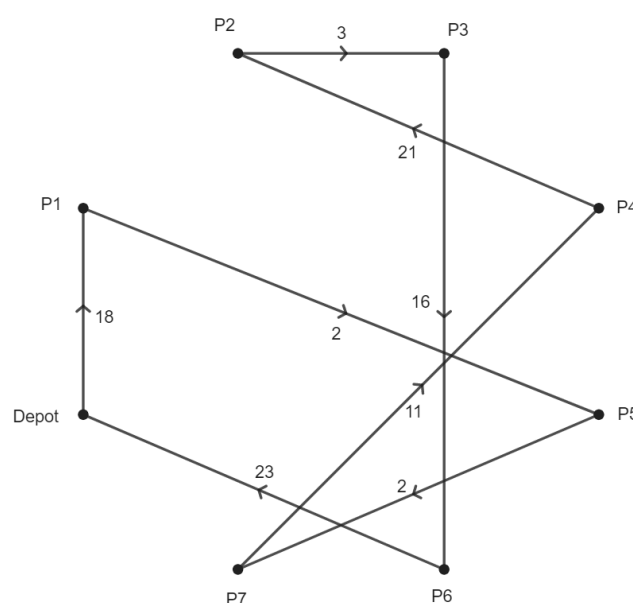
Berdasarkan algoritme yang dituliskan Suryani (2018), algoritme *Nearest Neighbor* dapat dikembangkan lagi dengan memperhatikan titik awal lokasi lainnya yang dikunjungi. Sehingga algoritme dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi awal dan lokasi yang dikunjungi
2. Membuat matriks jarak
3. Mengunjungi sebarang lokasi
4. Mengunjungi lokasi yang belum dikunjungi dengan jarak terdekat. Kemudian mengulangi langkah ini sampai seluruh kota dikunjungi dan kembali ke lokasi awal
5. Menghitung total jarak yang ditempuh
6. Mengulangi langkah 3 dengan lokasi kunjungan awal yang berbeda hingga seluruh lokasi kunjungan dipilih
7. Menentukan total jarak minimal yang ditempuh

Lokasi awal yang digunakan adalah depot dan lokasi yang dikunjungi adalah sejumlah pelanggan dengan nama P1, P2, P3, P4, P5, P6, dan P7. Matriks jarak antara depot dan sejumlah pelanggan dapat dilihat pada Tabel 2. Dalam menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* dengan algoritme *Nearest Neighbor* dapat dimulai dengan mengunjungi sebarang lokasi. Permasalahan terbagi menjadi 7 kasus dengan penyelesaiannya masing-masing.

Kasus 1

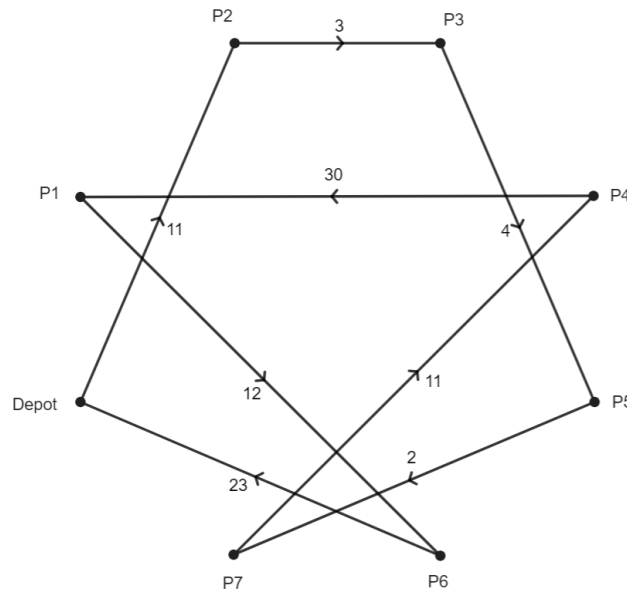
Kasus 1 dilakukan dengan mengunjungi P1 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P1-P5-P7-P4-P2-P3-P6-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 96 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 1. Rute Perjalanan Kasus 1

Kasus 2

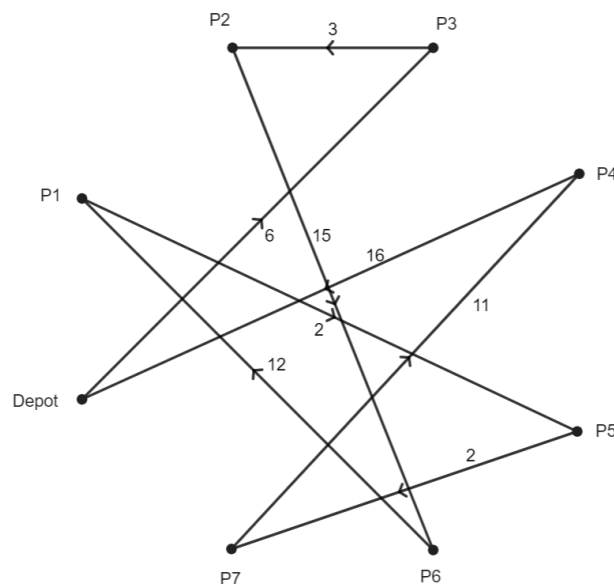
Kasus 2 dilakukan dengan mengunjungi P2 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P2-P3-P5-P7-P4-P1-P6-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 96 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 2. Rute Perjalanan Kasus 2

Kasus 3

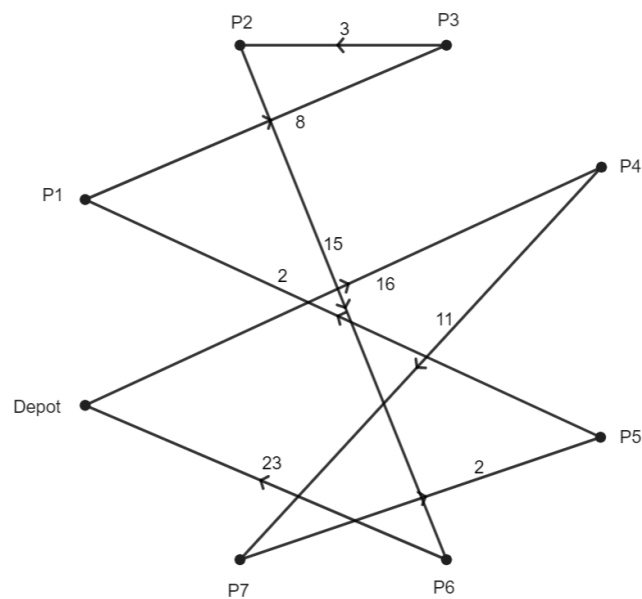
Kasus 3 dilakukan dengan mengunjungi P3 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P3-P2-P6-P1-P5-P7-P4-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 67 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 3. Rute Perjalanan Kasus 3

Kasus 4

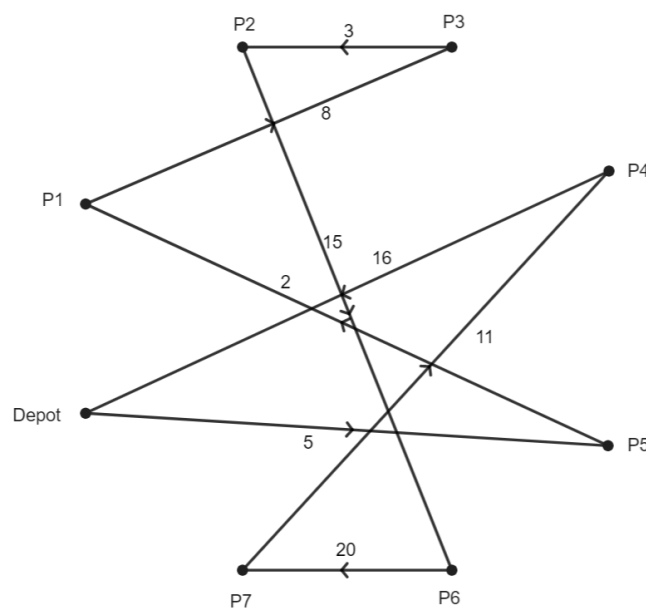
Kasus 4 dilakukan dengan mengunjungi P4 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P4-P7-P5-P1-P3-P2-P6-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 80 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 4. Rute Perjalanan Kasus 4

Kasus 5

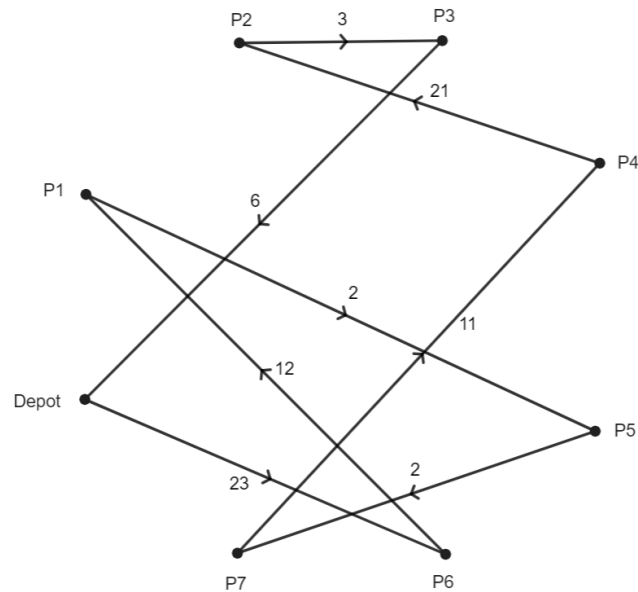
Kasus 5 dilakukan dengan mengunjungi P5 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P5-P1-P3-P2-P6-P7-P4-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 80 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 5. Rute Perjalanan Kasus 5

Kasus 6

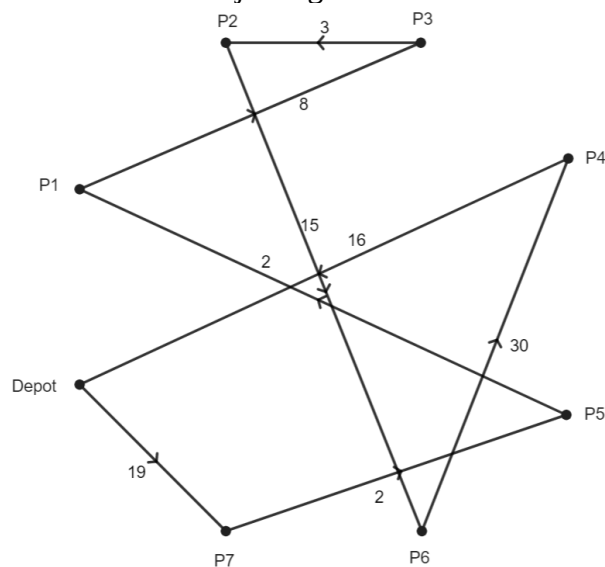
Kasus 6 dilakukan dengan mengunjungi P6 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P6-P1-P5-P7-P4-P2-P3-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 80 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 6. Rute Perjalanan Kasus 6

Kasus 7

Kasus 7 dilakukan dengan mengunjungi P7 kemudian mengunjungi lokasi terdekat lainnya. Rute perjalanan yang dilakukan adalah depot-P7-P5-P1-P3-P2-P6-P4-depot. Total jarak yang ditempuh adalah 95 Km. Berikut ini disajikan gambar berdasarkan hasil rute perjalanan



Gambar 7. Rute Perjalanan Kasus 7

Selanjutnya disajikan tabel rangkuman kasus 1 hingga kasus 7

Tabel 3. Rute Perjalanan dan Jarak Tempuh

No	Nama	Rute	Jarak yang Ditempuh (Km)
1.	Kasus 1	depot-P1-P5-P7-P4-P2-P3-P6-depot	96
2.	Kasus 2	depot-P2-P3-P5-P7-P4-P1-P6-depot	96
3.	Kasus 3	depot-P3-P2-P6-P1-P5-P7-P4-depot	67
4.	Kasus 4	depot-P4-P7-P5-P1-P3-P2-P6-depot	80
5.	Kasus 5	depot-P5-P1-P3-P2-P6-P7-P4-depot	80

6.	Kasus 6	depot-P6-P1-P5-P7-P4-P2-P3-depot	80
7.	Kasus 7	depot-P7-P5-P1-P3-P2-P6-P4-depot	95

Berdasarkan kasus 1 sampai kasus 7 dapat dilihat bahwa rute terpendek terjadi pada kasus 3 dengan total jarak 67 Km. Depot harus melakukan pengiriman menuju pelanggan 3 dahulu. Selanjutnya menuju ke pelanggan 2, setelah itu berlanjut menuju pelanggan 6. Kemudian melanjutkan perjalanan menuju pelanggan 1. Setelah itu depot melakukan perjalanan menuju pelanggan 5 dilanjutkan ke pelanggan 7 dan pelanggan 4. Setelah selesai mengantarkan air minum isi ulang di pelanggan 4, depot harus kembali ke lokasi awal depot.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa rute pengiriman optimal air minum isi ulang terjadi pada kasus 3 dengan total jarak yang ditempuh sejauh 67 Km. Rute tersebut dimulai dari depot menuju ke pelanggan 3, dari pelanggan 3 menuju ke pelanggan 2, dari pelanggan 2 menuju ke pelanggan 6, dari pelanggan 6 menuju ke pelanggan 1, dari pelanggan 1 menuju ke pelanggan 5, dari pelanggan 5 menuju ke pelanggan 7, dari pelanggan 7 menuju ke pelanggan 4, dan kemudian kembali menuju ke depot.

5. REFERENSI

- [1] E. S. Sulistyono, "Model Rute Perjalanan Minimal Dengan Menggunakan Vehicle Routing Problem Pada PT X," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 293–299, Jul. 2022, doi: 10.47233/jteksis.v4i2.497.
- [2] S. D. Purba and F. Ahyaningsih, "INTEGER PROGRAMMING DENGAN METODE BRANCH AND BOUND DALAM OPTIMASI JUMLAH PRODUKSI SETIAP JENIS ROTI PADA PT. ARMA ANUGERAH ABADI," 2020.
- [3] L. A. Wolsey, *Integer programming*, Second. John Wiley & Son, 2021.
- [4] B. P. Silalahi, E. Sulistyono, and F. Bukhari, "Paradox in The d-Dimensional Fixed Charge Transportation Problem and Algorithm for Finding The Paradox," *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, vol. 18, no. 2, pp. 329–336, 2022, doi: 10.18187/pjsor.v18i2.2807.
- [5] I. Sutoyo, "Penerapan Algoritma Nearest Neighbour untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem," vol. XX, no. 1, 2018.
- [6] F. Mairizki, "ANALISA KUALITAS AIR MINUM ISI ULANG DI SEKITAR KAMPUS UNIVERSITAS ISLAM RIAU," *Jurnal Katalisator*, vol. 2, no. 1, p. 9, Apr. 2017, doi: 10.22216/jk.v2i1.1585.
- [7] K. Khana Amozhita, A. Suyitno, and dan Mashuri, "MENYELESAIKAN TRAVELLING SALESMAN PROBLEM DENGAN METODE DUA SISI OPTIMAL PADA PT. ES MALINDO BOYOLALI," 2019. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [8] H. Khaatimah and R. Wibawa, "EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN COOPERATIVE INTEGRATED READING AND COMPOSITION TERHADAP HASIL BELAJAR," 2017.
- [9] Suryani, D. K. R. Kuncoro, and L. D. Fathimahhayati, "1456-3597-1-SM," *Profisiens*, vol. 6, no. 1, pp. 41–49, 2018.