

## Penyelesaian TSP Distribusi LPG dengan Algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion*

Jasmine Najwa Raihana<sup>1</sup>, Wahyuda<sup>2</sup>, Ridzky Zul Asdr<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda 75119

Email: [najwareihana28@gmail.com](mailto:najwareihana28@gmail.com)

### ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan penyedia energi gas, khususnya Liquefied Petroleum Gas (LPG), yang mendistribusikan produknya ke berbagai wilayah di Kalimantan Timur, termasuk Samarinda. Namun, proses distribusi masih belum efisien karena penentuan rute pengiriman bergantung pada pengalaman supir tanpa perencanaan sistematis, sehingga mengakibatkan jarak tempuh dan biaya operasional yang tinggi. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan rute distribusi LPG dengan menerapkan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion* untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya bahan bakar. Data jarak antarlokasi diperoleh melalui Google Maps dan diolah dalam bentuk matriks jarak sebelum dihitung menggunakan kedua algoritma. Hasil menunjukkan bahwa algoritma *Nearest Neighbor* menghasilkan total jarak tempuh 574,61 km, memotong jarak sebesar 40,98 km (6,657%) dari jarak awal 615,59 km, dengan biaya bahan bakar Rp1.869.193,01 dan penghematan Rp133.306,99. Sementara itu, algoritma *Insertion* memberikan hasil lebih optimal dengan jarak 524,05 km, pengurangan 91,54 km (14,870%), serta biaya bahan bakar Rp1.704.722,50 dan penghematan sebesar Rp297.777,50. Dengan demikian, algoritma *Insertion* terbukti lebih efektif dalam menyelesaikan permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP) pada distribusi LPG, serta berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan distribusi LPG di PT XYZ.

**Kata Kunci:** Distribusi, Penentuan Rute, *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Nearest Neighbor*, *Insertion*

### ABSTRACT

PT XYZ is a gas energy provider company, especially Liquefied Petroleum Gas (LPG), which distributes its products to various regions in East Kalimantan, including Samarinda. However, the distribution process is still inefficient because determining the delivery route depends on the driver's experience without systematic planning, resulting in high travel distances and operational costs. This study aims to optimise the LPG distribution route by applying the *Nearest Neighbour* and *Insertion* algorithms to minimise travel distance and fuel costs. Distance data between locations was obtained through Google Maps and processed as a distance matrix before being calculated using both algorithms. The results show that the *Nearest Neighbour* algorithm produces a total travel distance of 574.61 km, cutting the distance by 40.98 km (6.657%) from the initial distance of 615.59 km, with fuel costs of Rp1,869,193.01 and savings of Rp133,306.99. Meanwhile, the *Insertion* algorithm provides more optimal results with a distance of 524.05 km, a reduction of 91.54 km (14.870%), and fuel costs of Rp1,704,722.50 and savings of Rp297,777.50. Thus, the *Insertion* algorithm is proven to be more effective in solving the *Travelling Salesman Problem* (TSP) in LPG distribution, and contributes to improving operational efficiency and reliability of LPG distribution at PT XYZ.

**Keywords:** Distribution, Route Determination, *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Nearest Neighbor*, *Insertion*

### Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu, kebutuhan manusia terus mengalami peningkatan. Kebutuhan tersebut sangat erat kaitannya dengan pemanfaatan sumber daya alam sebagai upaya pemenuhannya. Salah satu kebutuhan penting bagi makhluk hidup di bumi adalah bahan bakar, yang menjadi sumber energi utama untuk berbagai keperluan. Di antara berbagai jenis bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). LPG merupakan salah satu yang paling vital, terutama di Indonesia. *Liquefied Petroleum*

Gas (LPG), sebagian besar terdiri dari komponen propana dan butana [1]. Gas ini memiliki massa jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan LNG. Bentuk zat yang berada dalam tabung LPG sebenarnya ialah cair, namun pada suhu dan tekanan normal, LPG yang keluar dari tabung akan berubah menjadi gas[2]. LPG umumnya menjadi pilihan utama untuk kebutuhan domestik, komersial, dan industri karena bersifat serbaguna. LPG menjadi alternatif energi yang menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil konvensional, baik dari segi efisiensi, dampak kesehatan, maupun lingkungan[3].

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang aktif dalam mendistribusikan LPG di wilayah Kalimantan Timur, khususnya Samarinda dan sekitarnya. Dengan kantor yang berlokasi di Jl. Dr. Sutomo dan gudang di Jl. H. M. Ardans (Ringroad 3), perusahaan ini mendukung kebutuhan energi rumah tangga dan industri melalui penyediaan LPG dalam berbagai ukuran tabung, seperti 3 kg, 5,5 kg, 12 kg, dan 50 kg. Selain menjual produk, PT XYZ juga terlibat langsung dalam kegiatan distribusi ke berbagai wilayah, termasuk Samarinda, Loa Kulu, Muara Kaman, Sanga Sanga, Sebulu, Anggana, Muara Badak, dan Tenggarong Seberang, guna menjamin pasokan gas yang stabil dan mudah diakses oleh masyarakat. Distribusi adalah proses yang menguraikan jalur yang dilalui oleh barang-barang dari produsen atau penjual hingga mencapai tangan konsumen akhir [4]. Kegiatan distribusi berfungsi untuk memindahkan hasil produksi dengan baik, lancar, aman, dan efisien. Jika proses distribusi tidak berlangsung dengan baik, maka pembelian, penjualan, dan pemasaran tidak akan sampai ke tujuan atau konsumen[5].

Namun, di balik luasnya jaringan distribusi tersebut, proses pengiriman yang dilakukan masih belum efisien. Salah satu permasalahan utamanya adalah ketergantungan perusahaan pada pengalaman pribadi sopir dalam menentukan rute pengiriman, tanpa adanya perencanaan rute yang terstruktur. Hal ini kerap mengakibatkan jarak tempuh yang tidak optimal dan pemborosan operasional. Selain itu, luasnya cakupan wilayah pelanggan menambah tantangan dalam penentuan rute distribusi yang ideal. Hingga saat ini, perusahaan belum menerapkan strategi perencanaan rute secara formal. Sopir hanya diberikan daftar pelanggan harian tanpa petunjuk rute, sehingga sering kali memilih jalur berdasarkan perkiraan sendiri. Sistem distribusi yang dilakukan perusahaan belum optimal karena dalam proses pendistribusian hanya berusaha memenuhi permintaan dari setiap pelanggan tanpa mempertimbangkan jarak dan waktu tempuh pendistribusian antar pelanggan[6]. Kondisi ini menunjukkan adanya *research gap*, yaitu belum adanya pendekatan sistematis berbasis algoritma dalam perencanaan rute distribusi LPG di lingkungan perusahaan dengan karakteristik operasional serupa. Padahal, penerapan algoritma heuristik yang sederhana namun efektif berpotensi besar dalam meningkatkan efisiensi logistik perusahaan dan dapat direplikasi di sektor industri lain yang menghadapi permasalahan distribusi multi-titik.

Agar distribusi lebih optimal, rute pengiriman perlu dirancang secara terstruktur. Jaringan distribusi yang efisien dapat menekan biaya dan meningkatkan daya tanggap terhadap permintaan konsumen[7]. Dalam kondisi ideal, distribusi LPG harus mampu meminimalkan jarak tempuh dan biaya operasional. Untuk itu, diperlukan pemilihan rute yang efisien, proses yang sederhana, dan pengiriman yang cepat, sehingga pesanan sampai tepat waktu dengan biaya lebih rendah[8]. Penentuan rute pengiriman yang optimal juga dapat membuat produk dapat diterima oleh konsumen dengan cepat, hal tersebut juga mampu meningkatkan keunggulan kompetitif dari suatu perusahaan[9]. Pendekatan ini bersifat general dan dapat diadopsi oleh industri lain yang memiliki sistem distribusi multi-titik, seperti logistik *e-commerce*, distribusi farmasi, hingga layanan pengumpulan sampah, sehingga menjadikannya relevan secara praktis dan aplikatif lintas sektor.

Penelitian ini menawarkan solusi dengan menerapkan dua algoritma optimasi rute, yaitu *Nearest Neighbor* dan *Insertion*, untuk menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP) sebuah permasalahan logistik klasik yang bertujuan menemukan rute terpendek dengan mengunjungi setiap lokasi satu kali dan kembali ke titik awal[10]. Penyelesaian permasalahan TSP dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa algoritma untuk menyelesaikan permasalahan pada kehidupan sehari-hari, seperti penjadwalan rute pengambilan surat dari kantor pos, pengaturan rute pengantaran koran, dan pendistribusian barang[11]. Kegagalan dalam menentukan rute terpendek dapat memberikan dampak besar terhadap efisiensi penggunaan sumber daya, yang pada akhirnya dapat memicu peningkatan biaya bahan bakar, memperpanjang waktu pengiriman, serta menurunkan efektivitas operasional secara menyeluruh[12]. Penyelesaian eksak untuk masalah TSP adalah mengharuskan perhitungan terhadap semua kemungkinan sirkuit yang dapat diperoleh, kemudian memilih sirkuit terbaik dengan jarak total atau biaya yang paling minimum[13].

*Nearest Neighbor* merupakan teknik heuristik yang sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, termasuk penentuan rute[14]. Algoritma *Nearest Neighbor* banyak digunakan karena sesuai untuk permasalahan rute di mana penyebaran titik-titik pengiriman yang berbeda dan berjauhan dalam satu area pengiriman[15]. Algoritma *Nearest Neighbor* digunakan sebagai penentu jarak rute terpendek dengan jarak yang paling dekat antara satu pelanggan dengan pelanggan lainnya. *Nearest Neighbor* memiliki tujuan menentukan rute terpendek sebagai upaya agar jalur distribusi dapat dilakukan secara optimal[16].

Sedangkan algoritma *Insertion* digunakan untuk membentuk tur (perjalanan) dengan cara bertahap membangun rute terpendek dengan bobot minimal. Algoritma *Insertion* adalah sebuah metode yang

digunakan untuk membentuk tur (perjalanan) dengan cara bertahap membangun rute terpendek dengan bobot minimal. Algoritma ini bekerja dengan menambahkan titik-titik baru satu per satu ke dalam rute yang sedang dibangun[17]. Kedua algoritma ini mempunyai keunikan masing-masing dalam menyelesaikan permasalahan TSP, sehingga melalui implementasi dan perbandingan kedua algoritma ini, penelitian bertujuan menemukan jalur pengiriman yang paling efisien dalam hal jarak dan konsumsi bahan bakar[10]. Hasil dari studi ini diharapkan dapat membantu PT XYZ menyederhanakan operasi logistiknya dan meningkatkan keandalan distribusi LPG bagi konsumen.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ yang berlokasi di Jl. Dr. Sutomo, Kelurahan Sidodadi, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur.

### Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, dikumpulkan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian di PT XYZ berisi mengenai profil perusahaan, jarak tempuh dari gudang ke pelanggan serta jarak antar pelanggan berdasarkan Google Maps, rute awal yang dilalui, jenis kendaraan, jenis bahan bakar, rata-rata penggunaan bahan bakar, dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan. Data sekunder penelitian di PT XYZ terdiri dari nama dan alamat pelanggan.

### Pengolahan Data

#### 1. Membuat matriks jarak

Jarak antara gudang ke pelanggan dan juga antar pelanggan disusun ke dalam satu matriks, yaitu matriks jarak[18]. Penentuan jarak antar titik dalam matriks dilakukan dengan menggunakan Google Maps untuk mendapatkan jarak dalam bentuk kilometer[12]. Hal ini dilakukan untuk membantu perhitungan rute optimal yang harus ditempuh oleh kendaraan.

#### 2. Perhitungan Algoritma *Nearest Neighbor*

Algoritma *Nearest Neighbor* adalah metode awal yang diperkenalkan untuk mengatasi *Traveling Salesman Problem* (TSP). Cara kerja prosedur *nearest Neighbor* adalah pemilihan lokasi pelanggan berdasarkan jarak terdekat dari lokasi terakhir. Pada metode ini, peraturannya adalah menuju ke pelanggan terdekat yang belum dikunjungi[19]. Algoritma ini memecahkan masalah TSP dengan membandingkan jarak antara titik data untuk mengidentifikasi titik tetangga terdekat. J. G. Skellam adalah tokoh pertama yang memperkenalkan algoritma ini, yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh P. J. Clark dan F. C. Evans[20]. Adapun langkah-langkah dalam menentukan rute terpendek menggunakan algoritma *Nearest Neighbor*, yaitu sebagai berikut[16]:

- a. Dipilih salah satu titik sebagai titik awal,
- b. Dipilih titik tujuan yang akan dikunjungi berikutnya dengan pertimbangan hanya memilih titik yang memiliki jarak terdekat dengan titik yang sebelumnya dikunjungi, dan
- c. Setelah seluruh titik dikunjungi atau terhubung, ditutup rute perjalanan dengan kembali ke titik asal.

#### 3. Perhitungan Algoritma *Insertion*

Algoritma ini bertujuan untuk mempersingkat jarak pendistribusian dengan cara menyisipkan titik ke dalam *subtour* jalur distribusi sebagai upaya menentukan jarak optimal[21]. Algoritma *insertion* mengatasi masalah TSP dengan menambahkan kota baru ke dalam *subtour* yang sudah ada, dengan prioritas pada kota yang menghasilkan penambahan bobot (jarak) paling kecil pada rute tersebut[22]. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai langkah penyelesaian menggunakan algoritma *Insertion*[23]:

- a. Dimulai dari kota pertama yang dihubungkan dengan kota terakhir,
- b. Dibuat *subtour* antara dua titik, sebuah *subtour* didefinisikan sebagai rute perjalanan yang dimulai dan berakhir pada titik yang sama, dengan mengunjungi sejumlah lokasi yang telah ditentukan,
- c. Ganti salah satu hubungan (*arc*) antara dua titik dengan dua *arc*, yaitu *arc* (*i,j*) menjadi *arc* (*i,k*) dan *arc* (*k,j*), di mana *k* diambil dari kota yang belum masuk dalam *subtour*, dengan penambahan jarak terkecil. Jarak ini diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$S = C_{(i,k)} + C_{(k,j)} - C_{(i,j)} \quad (1)$$

- d. Ulangi langkah ke c hingga seluruh titik dikunjungi.

#### 4. Perhitungan Efisiensi Jarak

Pada perhitungan efisiensi, perbandingan rute dilakukan untuk memberikan gambaran kepada perusahaan mengenai potensi penghematan jarak dan biaya jika menggunakan algoritma tertentu.

Tujuan utamanya adalah agar perusahaan bisa mengevaluasi rute yang selama ini diterapkan, sehingga dapat menekan pengeluaran operasional[24].

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Rute Awal}-\text{Rute Usulan}}{\text{Rute Usulan}} \times 100\% \quad (2)$$

5. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Perhitungan biaya bahan bakar dilakukan dengan mengetahui total jarak setelah dilakukan penentuan rute menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion*. Ketentuan dalam perhitungan total biaya bahan bakar ialah diketahui total jarak, konsumsi bahan bakar (kilometer per liter), dan harga bahan bakar per liter[25]. Biaya bahan bakar diperhitungkan dengan cara berikut:

$$\text{Biaya bahan bakar} = \frac{\text{Total jarak}}{\text{Jumlah kilometer per 1 liter bahan bakar}} \times \text{Harga bahan bakar} \quad (3)$$

## Hasil Dan Pembahasan

### Data pelanggan

Data pelanggan untuk mengetahui jumlah titik yang perlu dilalui dalam proses distribusi dan menentukan titik-titik pengantaran yang akan dikunjungi sehingga proses penentuan rute distribusi, berupa kode dan alamat pelanggan. Data yang diamati pada penelitian ini ialah data pelanggan yang dilayani oleh perusahaan pada November 2024 sebanyak 35 pelanggan, dengan kode A ialah titik awal atau gudang PT XYZ.

Tabel 1. Data pelanggan

| Alamat                                                     | Kode |
|------------------------------------------------------------|------|
| Jl. Nusyirwan Ismail, Lok Bahu, Sungai Kunjang             | A    |
| Jl. Wahid Hasyim, Sempaja Selatan                          | B    |
| Jl. Bukit Alaya, Sungai Pinang Dalam, Sungai Pinang        | C    |
| Jl Wahid Hasyim I                                          | D    |
| Jl. Ciptomangun Kusumo, Keledang River, Samarinda Seberang | E    |
| Jl. Abdul Wahab Syahrane, Sempaja Selatan, Samarinda Utara | F    |
| Jl. Bhayangkara, Kecamatan Samarinda Kota                  | G    |
| Jl. Kuranji, Gn. Kelua, Samarinda Ulu                      | H    |
| Jl. Abdul Wahab Syahrane, Air Hitam, Samarinda Ulu         | I    |
| Jl. Pangeran Suryanata                                     | J    |
| Jl. Kadrie Oening, Air Hitam, Samarinda Ulu                | K    |
| Jl. M Said, Lok Bahu, Sungai Kunjang                       | L    |
| Jl. Dr. Sutomo, Sidodadi, Samarinda Ulu                    | M    |
| Jl. Dr. Sutomo, Sidodadi, Samarinda Ulu                    | N    |
| Jl. Rapak Indah, Loa Bakung                                | O    |
| Jl. Abdul Wahab Syahrane 4                                 | P    |
| Jl. Dr. Sutomo, Sidodadi, Samarinda Ulu                    | Q    |
| Jl. M Said, Lok Bahu, Sungai Kunjang                       | R    |
| Jl Abdul Wahab Syahrane                                    | S    |
| Jl. Pahlawan, Dadi Mulya (Ruko Permata Kaltim)             | T    |
| Jl. Pangeran Suryanata                                     | U    |
| Jl. Pangeran Suryanata                                     | V    |
| Jl. M Said                                                 | W    |
| Jl. Polder, Air Hitam, Samarinda Ulu                       | X    |
| Jl. Kemakmuran, Sungai Pinang Dalam                        | Y    |
| Jl. Air Terjun, Sempaja Utara, Kec. Samarinda Utara        | Z    |
| Jl Abdul Wahab Syahrane                                    | AA   |
| Jl. Syahrane Dahlan                                        | BB   |
| Jl. Ciptomangun Kusumo, Gunung Panjang, Samarinda Seberang | CC   |
| Jl. Ir. H. Juanda, Sidodadi, Samarinda Ulu                 | DD   |
| Jl. Dr. Sutomo, Sidodadi, Samarinda Ulu                    | EE   |
| Jl. Abdul Wahab Syahrane, Gn Kelua, Samarinda Ulu          | FF   |
| Jl. Kulintang, Dadi Mulya, Samarinda Ulu                   | GG   |
| Jl. Ahmad Yani no.4, Temindung Permai                      | HH   |
| Jl. HM Ardans II                                           | II   |
| Jl Pahlawan, Dadi Mulya, Kecamatan Samarinda Ulu           | JJ   |

#### Data rute awal

Data rute distribusi awal pada PT XYZ diperoleh melalui wawancara dengan para supir perusahaan yang sehari-hari menjalankan pengiriman LPG. Data rute awal ini digunakan sebagai perbandingan untuk mencari rute distribusi yang paling optimal menggunakan metode *Nearest Neighbor* dan *Insertion*.

**Tabel 2.** Data rute awal

| Minggu ke-         | Hari/Tanggal             | Urutan Rute                      | Jarak (km)    |
|--------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1                  | Jumat, 1 November 2024   | A-F-FF-X-D-B-DD-G-L-R-A          | 38,26         |
|                    | Sabtu, 2 November 2024   | A-BB-DD-K-II-B-F-EE-GG-G-Y-A     | 56,1          |
|                    | Senin, 4 November 2024   | A-Z-II-DD-G-T-N-R-CC-A           | 63,68         |
|                    | Selasa, 5 November 2024  | A-E-BB-O-DD-K-AA-P-C-Y-G-J-Z-A   | 87,2          |
|                    | Rabu, 6 November 2024    | A-V-K-DD-HH-Q-B-R-A              | 42,8          |
|                    | Kamis, 7 November 2024   | A-N-G-FF-S-X-DD-Y-B-W-A          | 40,9          |
| 2                  | Jumat, 8 November 2024   | A-E-R-DD-K-HH-C-B-P-D-II-A       | 60,6          |
|                    | Sabtu, 9 November 2024   | A-C-F-FF-DD-D-G-JJ-T-EE-II-L-A   | 47,62         |
|                    | Senin, 11 November 2024  | A-J-K-DD-I-G-II-A                | 39,9          |
|                    | Selasa, 12 November 2024 | A-B-II-FF-DD-M-T-L-A             | 36,6          |
|                    | Rabu, 13 November 2024   | A-O-DD-FF-P-H-GG-N-Q-J-A         | 46,23         |
|                    | Kamis, 14 November 2024  | A-C-Y-HH-M-G-N-X-I-DD-U-V-II-W-A | 55,7          |
| <b>Total Jarak</b> |                          |                                  | <b>615,59</b> |

#### Data kendaraan transportasi

Kendaraan atau armada yang digunakan yaitu berupa mobil Mitsubishi Colt L300 dengan daya angkut maksimal hingga 2.345 kg, yang setara dengan kapasitas muatan 80 tabung gas berukuran 12 kg. Diketahui pula konsumsi bahan bakar sebesar 4,10 km/liter.



**Gambar 1.** Kendaraan transportasi

#### Data biaya

Data biaya distribusi diperoleh total jarak yang ditempuh kendaraan dalam pendistribusian produk selama periode 2 minggu, yaitu sebesar 615,59 km. PT XYZ biasanya menggunakan bahan bakar solar non subsidi dengan harga Rp13.350 per liter pada periode November 2024. Mengacu pada rasio konsumsi kendaraan sebesar 4,10 km per liter, jarak 615,59 km akan memerlukan sekitar 150 liter bahan bakar. Dengan harga solar non subsidi tersebut, total biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk distribusi dalam dua minggu dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Biaya bahan bakar} = 150 \text{ liter} \times \text{Rp}13.350/\text{liter} = \text{Rp}2.002.500$$

#### Matriks Jarak

Perhitungan jarak antar pelanggan dilakukan dengan bantuan aplikasi Google Maps, dengan gudang (A) sebagai titik awal. Data yang dikumpulkan mencakup jarak dari gudang ke masing-masing pelanggan serta jarak antar pelanggan. Berdasarkan data tersebut, disusun matriks jarak yang memuat seluruh titik distribusi yang dianalisis. Matriks ini berfungsi untuk menunjukkan jarak (dalam satuan kilometer) antara setiap lokasi.

Tabel 3. Matriks jarak

|    | A   | B   | C   | D   | E    | F    | G   | H    | I    | J   | K   | L    | M    | N    | O   | P    | Q    | R    | S    | T    | U   | V   | W   | X    | Y   | Z   | AA   | BB  | CC   | DD  | EE   | FF   | GG   | HH  | II  | JJ  |     |
|----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| A  | 0   | 10  | 12  | 9,5 | 16   | 10   | 9,8 | 8,4  | 8,2  | 9,6 | 6,6 | 1,9  | 8,7  | 11   | 5,4 | 11   | 11   | 1,9  | 8,3  | 10   | 7,2 | 9   | 3,3 | 7,8  | 10  | 14  | 8,5  | 13  | 11   | 8   | 8,6  | 8    | 9,3  | 9,2 | 8,5 | 10  |     |
| B  | 12  | 0   | 4,3 | 2,9 | 15   | 1,6  | 6   | 3,7  | 3,6  | 10  | 5,2 | 12   | 4,6  | 6,2  | 11  | 1,5  | 6,2  | 12   | 3,4  | 6    | 8,6 | 10  | 10  | 10   | 4,4 | 6,2 | 4,9  | 3,3 | 17   | 15  | 5,6  | 4,6  | 3,7  | 5,3 | 5,1 | 1,8 | 5,8 |
| C  | 17  | 4,3 | 0   | 5,3 | 14   | 4,1  | 4,8 | 4,2  | 6,1  | 12  | 5,3 | 16   | 4,4  | 5    | 11  | 4,3  | 5    | 12   | 5,9  | 4,8  | 10  | 12  | 12  | 5,5  | 2,3 | 9,1 | 5,8  | 16  | 14   | 5,7 | 4,3  | 6,3  | 3,9  | 2,9 | 6,1 | 4,6 |     |
| D  | 12  | 2,4 | 5   | 0   | 13   | 2,1  | 4   | 1,7  | 4,1  | 10  | 3,3 | 10   | 2,6  | 4,1  | 9,4 | 2    | 4,2  | 10   | 3,9  | 4    | 8,2 | 10  | 9,7 | 3,7  | 3,7 | 7,3 | 3,7  | 15  | 13   | 3,8 | 2,5  | 4,3  | 3,3  | 3,1 | 4,7 | 3,7 |     |
| E  | 11  | 15  | 14  | 12  | 0    | 13   | 9,1 | 11   | 11   | 14  | 10  | 8,7  | 10   | 10   | 6,6 | 14   | 10   | 8,7  | 11   | 10   | 12  | 14  | 8,1 | 10   | 12  | 19  | 11   | 1,9 | 0,17 | 9,4 | 11   | 11   | 10   | 12  | 14  | 9,9 |     |
| F  | 14  | 1,6 | 4,1 | 2,6 | 13   | 0    | 5,7 | 3,4  | 2    | 10  | 3,7 | 12   | 4,3  | 5,8  | 9,4 | 0,45 | 5,8  | 12   | 1,8  | 5,6  | 8,5 | 10  | 10  | 2,8  | 6   | 6,4 | 1,7  | 15  | 13   | 4   | 4,2  | 2,2  | 4,9  | 4,8 | 3,4 | 5,4 |     |
| G  | 12  | 6   | 4,8 | 3,6 | 9,5  | 5,6  | 0   | 2,4  | 4,1  | 10  | 3,4 | 8,5  | 1,4  | 1,3  | 7,4 | 5,5  | 1,3  | 8,5  | 4,2  | 1,1  | 8,3 | 10  | 7,9 | 3,7  | 4   | 11  | 4,4  | 12  | 9,6  | 3,8 | 1,5  | 1,5  | 1,1  | 3,2 | 8,7 | 0,9 |     |
| H  | 10  | 3,7 | 4,2 | 1,3 | 11   | 3,3  | 2,4 | 0    | 2,3  | 8,4 | 1,7 | 10   | 1,2  | 2,6  | 7,8 | 3,2  | 2,6  | 10   | 2,5  | 2,4  | 6,5 | 8,2 | 8,1 | 2    | 2,6 | 8,6 | 2,7  | 13  | 11   | 2,1 | 1    | 2,2  | 1,7  | 1,8 | 5,5 | 2,2 |     |
| I  | 10  | 3,6 | 6,1 | 3,5 | 11   | 2    | 4,1 | 2,4  | 0    | 8,3 | 1,6 | 10   | 2,7  | 4,2  | 7,7 | 2,5  | 4,6  | 10   | 0,18 | 4,1  | 6,5 | 8,2 | 8,1 | 0,8  | 4,2 | 8,4 | 0,35 | 13  | 11   | 2   | 2,6  | 0,16 | 3,3  | 3,2 | 5,4 | 3,8 |     |
| J  | 9,1 | 8,9 | 10  | 8,1 | 13   | 8,8  | 8,4 | 7    | 6,8  | 0   | 5,2 | 9,5  | 7,3  | 9,2  | 12  | 9,2  | 9,5  | 6,9  | 9    | 3    | 4,7 | 7,6 | 6,4 | 8,8  | 13  | 8,7 | 15   | 13  | 6,6  | 7,2 | 6,6  | 7,9  | 7,8  | 7,1 | 8,8 |     |     |
| K  | 8,5 | 5,2 | 5,3 | 2,9 | 10   | 3,6  | 3,4 | 1,8  | 1,6  | 6,7 | 0   | 8,4  | 2,1  | 3,6  | 7,2 | 4,1  | 3,7  | 8,4  | 1,8  | 3,5  | 4,8 | 6,5 | 6,5 | 1,3  | 3,6 | 10  | 1,9  | 12  | 11   | 1,4 | 1,9  | 1,4  | 2,8  | 2,6 | 4,7 | 3,6 |     |
| L  | 1,9 | 12  | 16  | 10  | 9,3  | 12   | 8,5 | 10   | 8,6  | 11  | 8,5 | 0    | 9,1  | 9,7  | 4   | 11   | 9,7  | 0,01 | 8,8  | 9,8  | 9,1 | 11  | 1,4 | 8,3  | 11  | 16  | 9,1  | 11  | 9,5  | 7,4 | 9,1  | 8,6  | 9,8  | 11  | 10  | 9,3 |     |
| M  | 8,7 | 4,6 | 4,4 | 2,2 | 11   | 4,3  | 1,4 | 1,2  | 2,7  | 8,9 | 2,1 | 10   | 0    | 1,8  | 8,2 | 4,2  | 1,8  | 9,1  | 2,9  | 1,7  | 6,9 | 8,9 | 8,5 | 2,4  | 2,8 | 9,5 | 3,1  | 13  | 11   | 2,5 | 0,19 | 2,6  | 0,95 | 1,8 | 6,4 | 1,4 |     |
| N  | 11  | 4,7 | 4,6 | 2,3 | 11   | 4,3  | 1,5 | 1,1  | 2,8  | 8,8 | 2,2 | 9,2  | 0,08 | 0    | 8,3 | 4,2  | 0,03 | 9,2  | 3    | 1,5  | 7   | 8,7 | 8,7 | 2,5  | 2,7 | 9,6 | 3,1  | 13  | 11   | 2,5 | 0,27 | 2,6  | 0,75 | 1,9 | 7,9 | 1,2 |     |
| O  | 5,4 | 11  | 11  | 9   | 7,3  | 9,4  | 7,4 | 7,8  | 7,7  | 11  | 7,2 | 3,4  | 8,1  | 8,7  | 0   | 10   | 8,5  | 3,4  | 7,8  | 8,2  | 9,3 | 11  | 3,4 | 7    | 9,4 | 16  | 8    | 8,4 | 7,4  | 6,4 | 8    | 7,5  | 8,3  | 8,4 | 11  | 8   |     |
| P  | 12  | 1,4 | 4,3 | 2,5 | 13   | 0,45 | 5,6 | 3,3  | 2,5  | 9,7 | 4,1 | 11   | 4,2  | 5,7  | 10  | 0    | 5,7  | 11   | 2,3  | 5,5  | 7,8 | 9,6 | 9,5 | 3,3  | 5,9 | 6,3 | 2,1  | 16  | 14   | 4,5 | 4,1  | 2,6  | 4,8  | 4,7 | 3,2 | 5,3 |     |
| Q  | 11  | 4,7 | 4,3 | 2,2 | 11   | 4,3  | 1,4 | 1,1  | 2,8  | 8,9 | 2,1 | 9,2  | 0,1  | 1,6  | 8,5 | 4,2  | 0    | 9,2  | 2,9  | 1,4  | 6,9 | 8,7 | 8,6 | 2,5  | 2,7 | 9,5 | 3,1  | 13  | 11   | 2,5 | 0,24 | 2,7  | 0,7  | 1,9 | 8,2 | 1,2 |     |
| R  | 1,9 | 12  | 16  | 10  | 9,3  | 12   | 8,5 | 10   | 10   | 11  | 8,5 | 0,01 | 9,1  | 9,9  | 3,4 | 11   | 9,7  | 0    | 8,8  | 9,5  | 9,1 | 11  | 1,4 | 8,3  | 11  | 16  | 10   | 11  | 9,4  | 7,4 | 11   | 8,5  | 9,8  | 9,6 | 10  | 9,6 |     |
| S  | 10  | 3,4 | 5,9 | 3,7 | 11   | 1,8  | 4,2 | 2,6  | 0,18 | 8,5 | 1,8 | 8,9  | 2,9  | 4,8  | 7,9 | 2,3  | 4,8  | 8,9  | 0    | 4,6  | 6,6 | 8,4 | 8,3 | 0,95 | 4,4 | 8,3 | 0,16 | 13  | 11   | 2,2 | 2,8  | 0,35 | 3,5  | 3,4 | 5,2 | 4   |     |
| T  | 11  | 4,9 | 4,7 | 2,4 | 11   | 4,5  | 1,7 | 1,3  | 3    | 9   | 2,3 | 11   | 0,26 | 0,18 | 8,4 | 4,4  | 0,21 | 9,4  | 3,2  | 0    | 7,2 | 8,9 | 8,8 | 2,6  | 2,9 | 9,7 | 3,3  | 13  | 11   | 2,7 | 0,45 | 2,8  | 0,9  | 2,1 | 7,6 | 1,4 |     |
| U  | 7,2 | 11  | 12  | 10  | 15   | 11   | 10  | 8,8  | 8,6  | 1,9 | 7   | 11   | 9,1  | 11   | 11  | 11   | 11   | 11   | 8,8  | 11   | 0   | 1,7 | 9,4 | 8,3  | 11  | 15  | 9    | 17  | 15   | 8,4 | 9,1  | 8,5  | 9,8  | 9,6 | 8,9 | 11  |     |
| V  | 11  | 11  | 12  | 9,8 | 15   | 11   | 11  | 8,7  | 8,5  | 1,7 | 6,9 | 11   | 9    | 11   | 14  | 11   | 11   | 11   | 8,7  | 11   | 4,7 | 0   | 9,3 | 7,8  | 11  | 15  | 8,8  | 17  | 15   | 8,3 | 8,9  | 8,3  | 9,6  | 9,5 | 8,8 | 10  |     |
| W  | 3,3 | 10  | 12  | 9,4 | 8,7  | 10   | 7,9 | 8,1  | 8,1  | 12  | 7,4 | 1,4  | 8,5  | 10   | 3,4 | 11   | 9,1  | 1,4  | 8,2  | 9,2  | 11  | 12  | 0   | 7,7  | 10  | 16  | 8,4  | 11  | 8,8  | 6,8 | 8,5  | 7,9  | 7,9  | 9   | 9,6 | 8,7 |     |
| X  | 9,8 | 4,4 | 5,5 | 3,2 | 11   | 2,8  | 3,7 | 2    | 0,8  | 8   | 1,3 | 8,4  | 2,3  | 3,9  | 7,4 | 3,3  | 3,9  | 8,4  | 0,95 | 3,7  | 6,1 | 8,1 | 7,7 | 0    | 3,9 | 9,2 | 1,1  | 13  | 11   | 1,7 | 2,3  | 0,7  | 3    | 2,8 | 6,2 | 3,5 |     |
| Y  | 12  | 6,2 | 2,3 | 3,7 | 12   | 6,1  | 3,2 | 2,6  | 4,3  | 10  | 3,6 | 11   | 2,8  | 3,3  | 9,4 | 6    | 3,3  | 11   | 4,4  | 3,1  | 8,4 | 10  | 10  | 3,9  | 0   | 11  | 4,5  | 14  | 12   | 4   | 2,7  | 4,1  | 2,3  | 1,2 | 8   | 3,3 |     |
| Z  | 16  | 4,9 | 9,2 | 7,8 | 20   | 6,4  | 11  | 8,6  | 8,4  | 14  | 10  | 16   | 9,5  | 11   | 16  | 6,3  | 11   | 16   | 8,3  | 11   | 13  | 14  | 14  | 9,2  | 11  | 0   | 8,1  | 22  | 20   | 10  | 9,4  | 8,6  | 10   | 10  | 5,8 | 10  |     |
| AA | 11  | 3,3 | 5,8 | 3,9 | 11   | 1,7  | 4,4 | 2,7  | 0,35 | 7,1 | 1,9 | 10   | 3    | 4,5  | 8,1 | 2,1  | 4,6  | 10   | 0,16 | 4,4  | 6,8 | 8,5 | 8,4 | 1,1  | 4,6 | 8,1 | 0    | 13  | 12   | 2,3 | 2,9  | 0,5  | 3,7  | 3,5 | 5   | 4,1 |     |
| BB | 13  | 17  | 16  | 14  | 1,9  | 15   | 11  | 13   | 13   | 16  | 12  | 11   | 12   | 12   | 8,4 | 15   | 12   | 11   | 13   | 12   | 14  | 16  | 9,9 | 12   | 14  | 21  | 13   | 0   | 1,8  | 11  | 12   | 12   | 12   | 13  | 15  | 12  |     |
| CC | 11  | 15  | 14  | 12  | 0,17 | 13   | 9,3 | 11   | 11   | 14  | 10  | 8,8  | 11   | 10   | 6,8 | 13   | 10   | 8,8  | 11   | 10   | 12  | 14  | 8,2 | 11   | 12  | 20  | 11   | 1,8 | 0    | 9,6 | 11   | 11   | 10   | 12  | 14  | 10  |     |
| DD | 9,7 | 5,9 | 6   | 3,7 | 9    | 4,4  | 3,8 | 2,5  | 2,4  | 7,8 | 1,7 | 6,7  | 2,9  | 4,2  | 5,7 | 4,8  | 4,2  | 6,7  | 2,5  | 4,1  | 6   | 7,7 | 6,1 | 2    | 4,4 | 11  | 2,7  | 11  | 9,2  | 0   | 2,8  | 2,2  | 3,5  | 3,4 | 7,2 | 3,8 |     |
| EE | 10  | 4,4 | 4,3 | 2   | 11   | 4,1  | 1,9 | 0,85 | 2,5  | 8,6 | 1,9 | 9    | 0,55 | 2,1  | 8   | 4    | 2,1  | 10   | 2,7  | 1,9  | 6,7 | 8,4 | 8,3 | 2,2  | 2,7 | 9,3 | 2,9  | 13  | 11   | 2,3 | 0    | 2,4  | 1,2  | 1,6 | 6,3 | 1,7 |     |
| FF | 10  | 3,7 | 6,3 | 3,3 | 11   | 2,2  | 1,9 | 2,2  | 0,16 | 8,2 | 1,4 | 8,6  | 2,5  | 4    | 7,6 | 2,6  | 4,1  | 8,5  | 0,35 | 3,9  | 6,3 | 8   | 7,9 | 0,65 | 4   | 8,6 | 0,5  | 13  | 11   | 1,8 | 2,4  | 0    | 3,2  | 3   | 5,5 | 3,6 |     |
| GG | 12  | 5,7 | 3,9 | 3,3 | 10   | 5,4  | 0,9 | 2,2  | 3,8  | 9,9 | 2,8 | 9,3  | 1,1  | 1    | 8,3 | 5,3  | 1    | 9,3  | 4    | 0,85 | 8   | 9,7 | 7,9 | 3,5  | 2,3 | 11  | 4,2  | 12  | 10   | 3,6 | 1,3  | 3,7  | 0    | 1,3 | 7,1 | 0,7 |     |
| HH | 12  | 5,6 | 2,7 | 3,4 | 13   | 5,4  | 3,3 | 2,8  | 4,4  | 11  | 3,8 | 11   | 2,8  | 3,5  | 9,9 | 5,3  | 3,5  | 11   | 4,6  | 1,1  | 8,6 | 10  | 10  | 4,1  | 2,1 | 10  | 4,8  | 15  | 13   | 4,2 | 2,9  | 4,3  | 2,5  | 0   | 6,9 | 3,1 |     |
| II | 8,5 | 1,8 | 6,1 | 4,7 | 15   | 3,4  | 8,7 | 5,5  | 5,4  | 7,1 | 4,7 | 10   | 6,4  | 7,9  | 12  | 3,2  | 8    | 10   | 5,2  | 7,6  | 7,9 | 8,8 | 9,6 | 6,2  | 8   | 5,8 | 5    | 15  | 14   | 7,2 | 6,3  | 5,5  | 7,1  | 6,9 | 0   | 7,5 |     |
| JJ | 11  | 5,1 | 5   | 2,7 | 10   | 4,8  | 1   | 1,6  | 3,2  | 9,3 | 3,6 | 9,6  | 0,5  | 0,4  | 8,4 | 4,7  | 0,45 | 9,4  | 3,4  | 0,27 | 7,4 | 9,1 | 9   | 2,9  | 2,9 | 11  | 3,6  | 12  | 11   | 3   | 0,7  | 3,1  | 0,25 | 2,3 | 7,5 | 0   |     |

Penentuan Rute Algoritma Nearest Neighbor

Penentuan urutan pelanggan dalam rute distribusi PT XYZ dilakukan dengan metode *Nearest Neighbor*. Proses ini dimulai dari titik depot awal atau gudang, kemudian mencari pelanggan dengan jarak terdekat dari gudang. Langkah penentuan rute terpendek dengan algoritma *Nearest Neighbor* menggunakan data permintaan pada Jum'at, 1 November 2024 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik awal, yaitu gudang PT XYZ (A), sebagai awal perhitungan rute,
2. Memilih pelanggan terdekat dari gudang, yakni pelanggan L atau R dengan jarak 1,9 km. Dalam kasus ini, dipilih pelanggan L sebagai tujuan pertama,
3. Melanjutkan pencarian pelanggan terdekat secara berurutan dari titik terakhir yang dikunjungi hingga semua pelanggan terlayani: L → R → DD → X → FF → F → B → D → G, dan
4. Menutup rute dengan kembali ke gudang, yaitu dari pelanggan terakhir (G) kembali ke A sejauh 12 km. Total jarak tempuh untuk rute pengantaran pada Jumat, 1 November 2024 adalah 34,41 km.

Hasil pembentukan rute dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil rute distribusi nearest neighbor

| Minggu ke-         | Hari/Tanggal             | Urutan Rute                      | Jarak (km) |
|--------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|
| 1                  | Jumat, 1 November 2024   | A-L-R-DD-X-FF-F-B-D-G-A          | 34,1       |
|                    |                          | A-R-L-DD-X-FF-F-B-D-G-A          |            |
|                    | Sabtu, 2 November 2024   | A-K-DD-EE-GG-G-Y-F-B-II-BB-A     | 54         |
|                    | Senin, 4 November 2024   | A-R-DD-T-N-G-II-Z-CC-A           | 60,85      |
|                    | Selasa, 5 November 2024  | A-O-DD-K-G-Y-C-P-AA-J-Z-E-BB-A   | 84,6       |
|                    | Rabu, 6 November 2024    | A-R-DD-K-HH-Q-B-V-A              | 42,8       |
| 2                  | Kamis, 7 November 2024   | A-W-DD-X-FF-S-B-G-N-Y-A          | 38,5       |
|                    | Jumat, 8 November 2024   | A-R-DD-K-HH-C-B-P-D-II-E-A       | 50,3       |
|                    | Sabtu, 9 November 2024   | A-L-DD-FF-G-JJ-T-EE-D-F-II-C-A   | 45,62      |
|                    | Senin, 11 November 2024  | A-K-DD-I-G-II-J-A                | 39,4       |
|                    | Selasa, 12 November 2024 | A-L-DD-FF-M-T-B-II-A             | 30,9       |
|                    | Rabu, 13 November 2024   | A-O-DD-FF-H-GG-N-Q-P-J-A         | 41,93      |
|                    | Kamis, 14 November 2024  | A-W-DD-X-I-M-G-N-HH-Y-C-II-U-V-A | 51,3       |
| Total Jarak Tempuh |                          |                                  | 574,05     |

Efisiensi Jarak Algoritma Nearest Neighbor

Perbandingan dilakukan terhadap total jarak tempuh rute awal dan rute algoritma *Nearest Neighbor* yang digunakan. Persentase penghematan jarak dihitung menggunakan rumus yang telah disajikan pada Persamaan 2. Berikut merupakan contoh perhitungan persentase penghematan jarak tempuh pengantaran Jum'at, 1 November 2024:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \frac{38,26 - 34,41}{38,26} \times 100\% \\ &= 10,063\%\end{aligned}$$

**Tabel 5.** Persentase penghematan jarak dengan metode nearest neighbor

| Minggu ke-                     | Hari                     | Jarak (km)    | % Penghematan |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 1                              | Jumat, 1 November 2024   | 34,41         | 10,063        |
|                                | Sabtu, 2 November 2024   | 54            | 3,743         |
|                                | Senin, 4 November 2024   | 60,85         | 4,44          |
|                                | Selasa, 5 November 2024  | 84,6          | 2,982         |
|                                | Rabu, 6 November 2024    | 42,8          | 0             |
|                                | Kamis, 7 November 2024   | 38,5          | 5,868         |
| 2                              | Jumat, 8 November 2024   | 50,3          | 16,997        |
|                                | Sabtu, 9 November 2024   | 45,62         | 4,200         |
|                                | Senin, 11 November 2024  | 39,4          | 1,253         |
|                                | Selasa, 12 November 2024 | 30,9          | 15,574        |
|                                | Rabu, 13 November 2024   | 41,93         | 9,301         |
|                                | Kamis, 14 November 2024  | 51,3          | 7,899         |
| <b>Total Jarak Keseluruhan</b> |                          | <b>574,61</b> | <b>6,657</b>  |

#### **Penentuan Rute Algoritma Insertion**

Metode *Insertion* bekerja dengan menyisipkan rute ke dalam *subtour* jalur distribusi, sehingga menghasilkan rute yang lebih efisien. Langkah-langkah metode *Insertion* untuk menentukan rute pengantaran optimal pada Jumat, 1 November 2024 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *subtour* awal berupa dua titik dengan jarak terpendek dari gudang A, yaitu  $A \rightarrow L \rightarrow A$ , dengan jarak tempuh 3,81 km.
2. Menyisipkan titik terdekat berikutnya, yaitu pelanggan R. Karena semua opsi penyisipan menghasilkan jarak yang sama, dipilih rute  $A \rightarrow L \rightarrow R \rightarrow A$ .
3. Menyisipkan pelanggan DD dengan menghitung penambahan jarak menggunakan Persamaan 1. Berikut merupakan contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned}S &= C_{a-dd} + C_{dd-l} - C_{a-l} = 8 + 6,7 - 2,9 = \mathbf{12,8} \\ S &= C_{l-dd} + C_{dd-r} - C_{l-r} = 7,4 + 6,7 - 0,01 = \mathbf{14,09} \\ S &= C_{r-dd} + C_{dd-a} - C_{r-a} = 7,4 + 9,7 - 1,9 = \mathbf{15,2}\end{aligned}$$

Hasil terbaik diperoleh saat DD disisipkan di awal, membentuk rute  $A \rightarrow DD \rightarrow L \rightarrow R \rightarrow A$  dengan total jarak 16,61 km.

4. Melanjutkan proses penyisipan untuk pelanggan tersisa menggunakan kriteria penambahan jarak terkecil.
5. Rute akhir yang diperoleh adalah  $A \rightarrow X \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow B \rightarrow FF \rightarrow G \rightarrow DD \rightarrow L \rightarrow R \rightarrow A$  dengan total jarak tempuh 32,71 km.

**Tabel 6.** Hasil rute distribusi insertion

| Minggu ke-                | Hari                     | Urutan Rute                      | Jarak (km)    |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1                         | Jumat, 1 November 2024   | A-X-D-F-B-FF-G-DD-L-R-A          | 32,71         |
|                           | Sabtu, 2 November 2024   | A-K-F-B-II-Y-GG-G-EE-DD-BB-A     | 52,6          |
|                           | Senin, 4 November 2024   | A-II-Z-G-T-N-DD-CC-R-A           | 48,98         |
|                           | Selasa, 5 November 2024  | A-J-K-AA-Z-P-C-Y-G-DD-E-BB-O-A   | 69,4          |
|                           | Rabu, 6 November 2024    | A-V-K-B-HH-Q-DD-R-A              | 40,8          |
|                           | Kamis, 7 November 2024   | A-B-X-S-FF-G-N-Y-DD-W-A          | 35            |
| 2                         | Jumat, 8 November 2024   | A-K-D-HH-C-B-II-P-DD-E-R-A       | 48,7          |
|                           | Sabtu, 9 November 2024   | A-II-C-F-D-EE-JJ-T-G-FF-DD-L-A   | 39,87         |
|                           |                          | A-II-F-D-C-EE-JJ-T-G-FF-DD-L-A   |               |
| 2                         | Senin, 11 November 2024  | A-K-DD-G-I-II-J-A                | 37,5          |
|                           | Selasa, 12 November 2024 | A-II-B-FF-T-M-DD-L-A             | 29,26         |
|                           | Rabu, 13 November 2024   | A-J-FF-P-GG-N-Q-H-DD-O-A         | 38,93         |
|                           | Kamis, 14 November 2024  | A-U-V-II-X-I-HH-C-Y-M-G-N-DD-W-A | 50,3          |
| <b>Total Jarak Tempuh</b> |                          |                                  | <b>524,05</b> |

### Efisiensi Jarak Algoritma Insertion

Perbandingan dilakukan terhadap total jarak tempuh rute awal dan sesudah penerapan algoritma *Insertion* yang digunakan. Persentase penghematan jarak dihitung menggunakan rumus yang telah disajikan pada Persamaan 2. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan persentase penghematan jarak tempuh untuk periode pengantaran Jum'at, 1 November 2024 menggunakan metode *Insertion*:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \frac{38,26 - 32,71}{38,26} \times 100\% \\ &= 14,506\%\end{aligned}$$

**Tabel 7.** Persentase penghematan jarak dengan metode insertion

| Minggu ke-                     | Hari                     | Jarak (km)    | % Penghematan |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 1                              | Jumat, 1 November 2024   | 32,71         | 14,506        |
|                                | Sabtu, 2 November 2024   | 52,6          | 6,239         |
|                                | Senin, 4 November 2024   | 48,98         | 23,084        |
|                                | Selasa, 5 November 2024  | 69,4          | 20,413        |
|                                | Rabu, 6 November 2024    | 40,8          | 4,673         |
|                                | Kamis, 7 November 2024   | 35            | 14,425        |
| 2                              | Jumat, 8 November 2024   | 48,7          | 19,637        |
|                                | Sabtu, 9 November 2024   | 39,87         | 16,275        |
|                                | Senin, 11 November 2024  | 37,5          | 6,015         |
|                                | Selasa, 12 November 2024 | 29,26         | 20,055        |
|                                | Rabu, 13 November 2024   | 38            | 15,791        |
|                                | Kamis, 14 November 2024  | 50,3          | 9,695         |
| <b>Total Jarak Keseluruhan</b> |                          | <b>524,05</b> | <b>14,870</b> |

### Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Berdasarkan hasil penentuan rute distribusi menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion*, maka besar biaya bahan bakar yang diperlukan dapat diperhitungkan menggunakan Persamaan 3. Diketahui total jarak tempuh distribusi menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* sebesar 576,94 km, total jarak tempuh distribusi menggunakan algoritma *Insertion* sebesar 524,05 km, rasio bahan bakar sebesar 4,10 km/liter, dan harga bahan bakar per liter sebesar Rp13.350. Berikut merupakan perhitungan biaya bahan bakar menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion*.

#### 1. Algoritma *Nearest Neighbor*

$$\begin{aligned}\text{Biaya bahan bakar} &= \frac{574,61 \text{ km}}{4,10 \text{ km/liter}} \times \text{Rp}13.350 \\ &= 140,01 \text{ km} \times \text{Rp}13.350 \\ &= \text{Rp}1.869.193,01\end{aligned}$$

#### 2. Algoritma *Insertion*

$$\begin{aligned}\text{Biaya bahan bakar} &= \frac{524,05 \text{ km}}{4,10 \text{ km/liter}} \times \text{Rp}13.350 \\ &= 127,69 \text{ km} \times \text{Rp}13.350 \\ &= \text{Rp}1.704.722,50\end{aligned}$$

### Analisis Jarak Tempuh

Pada pengurutan rute distribusi menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* didapatkan total jarak tempuh sebesar 574,61 km. Dengan demikian algoritma ini mampu memangkas jarak tempuh perusahaan sebesar 40,98 km dari total rute awal di wilayah Samarinda atau menghemat 6,657% dari total jarak tempuh awal perusahaan. Sementara itu, pada penentuan rute pelanggan berdasarkan metode *Insertion* didapatkan total jarak yaitu sebesar 524,05 km, sehingga kondisi distribusi menjadi lebih efisien dengan pengurangan jarak tempuh sebesar 91,54 km atau 14,870% dari total jarak tempuh awal perusahaan. Dari kedua metode tersebut didapatkan total jarak paling optimal dengan penggunaan algoritma *Insertion* berdasarkan perbandingan kedua pendekatan tersebut.

### Analisis Biaya Bahan Bakar

Analisis biaya bahan bakar untuk mengukur efisiensi pengeluaran operasional, berdasarkan total jarak tempuh dari kedua algoritma. Rincian perbandingan disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Perbandingan biaya bahan bakar

| no | Metode | Total Jarak | Total Biaya | Penghematan | % Penghematan |
|----|--------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|----|--------|-------------|-------------|-------------|---------------|



|   |                         | Tempuh (km) | Bahan Bakar    | Biaya        |        |
|---|-------------------------|-------------|----------------|--------------|--------|
| 1 | Rute Awal               | 615,59      | Rp2.002.500,00 | -            | -      |
| 2 | <i>Nearest Neighbor</i> | 574,61      | Rp1.869.193,01 | Rp133.306,99 | 6,657  |
| 3 | <i>Insertion</i>        | 524,04      | Rp1.704.722,50 | Rp297.777,50 | 14,870 |

Pada pengurutan rute distribusi menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* didapatkan total jarak tempuh sebesar 574,61 km. Algoritma ini mampu memangkas jarak tempuh perusahaan sebesar 40,98 km dan berdampak juga terhadap pengurangan biaya bahan bakar menjadi sebesar Rp1.869.193,01 atau 6,657% dari biaya bahan bakar pada rute awal. Pada penentuan rute pelanggan berdasarkan metode *Insertion* didapatkan total jarak yaitu sebesar 524,05 km, di mana didapatkan pengurangan biaya bahan bakar yang lebih efisien, menjadi sebesar Rp1.704.722,50 atau penghematan sebesar 14,870%.

## Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data di PT XYZ, diperoleh kesimpulan bahwa penerapan algoritma *Nearest Neighbor* dan *Insertion* terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional. Algoritma *Nearest Neighbor* menghasilkan total jarak tempuh 574,61 km, menghemat 40,98 km (6,657%) dari rute awal, serta menurunkan biaya bahan bakar menjadi Rp1.869.193,01. Beberapa contoh rute yang dihasilkan antara lain: A-L-R-DD-X-FF-F-B-D-G-A (34,1 km) pada 1 November 2024. Sementara itu, algoritma *Insertion* memberikan hasil yang lebih optimal dengan jarak tempuh 524,05 km, penghematan 91,54 km (14,870%), dan biaya bahan bakar sebesar Rp1.704.722,50. Rute pada 1 November misalnya, menjadi A-X-D-F-B-FF-G-DD-L-R-A dengan jarak tempuh 32,71 km. Hal ini menegaskan bahwa algoritma *Insertion* tidak hanya lebih efisien dalam mengurangi jarak, tetapi juga lebih unggul dalam menekan biaya operasional distribusi. Perusahaan disarankan menerapkan hasil penelitian ini langsung ke sistem distribusi untuk mengoptimalkan rute, sehingga menghemat jarak tempuh dan biaya bahan bakar. Hasil ini memberikan implikasi nyata bagi pengambilan keputusan manajemen distribusi di PT XYZ, khususnya dalam merancang rute pengiriman berbasis data yang lebih efisien dan terukur. Dengan mengadopsi algoritma *Insertion*, perusahaan dapat merencanakan pengiriman harian secara sistematis tanpa bergantung pada intuisi sopir, sehingga meningkatkan konsistensi operasional dan mengurangi risiko pemborosan.

## Daftar Pustaka

- [1] R. Sayyida dan S. Akhmaddhian, "Penegakan Hukum terhadap Pelaku Tindak Pidana Pengoplos Tabung Gas LPG Bersubsidi," *Log. J. Multidiscip. Stud.*, vol. 13, no. 01, hal. 1–7, 2022, doi: 10.25134/logika.v13i01.2558.
- [2] M. A. Prasetyo dan N. Paramytha, "Pengembangan Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG dengan Teknologi IoT dan Sensor MQ5," *J. Ampere*, vol. 8, no. 2, hal. 103–115, 2023, doi: 10.31851/ampere.v8i2.9240.
- [3] M. Z. Arifin, B. T. Meitasari, A. D. Akmal, dan Y. Amrozi, "Konfigurasi Jaringan Supply Chain Pada Distribusi Gas Lpg 3 Kg Di Indonesia," *JITMI*, vol. 4, no. 1, hal. 1–9, 2021, [Daring]. Tersedia pada: [www.edm.go.id](http://www.edm.go.id)
- [4] A. Rozalina, S. Uslianti, dan P. Anggela, "Optimasi Rute Distribusi Dengan Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritmasweep Pada Pd.Xyz Di Pontianak," *J. Tek. Ind. Univ. Tanjungpura*, vol. 4, no. 1, hal. 45–50, 2020.
- [5] M. A. Aulia, L. S. Fajhriana, F. Aziz, dan M. Fauzi, "Perencanaan Distribusi Produk Gas Pt.Rebbak Trolis Lestari Menggunakan Metode Distribution Requirement Planning (Drp)," *J. Bayesian J. Ilm. Stat. dan Ekon.*, vol. 2, no. 1, hal. 1–14, 2022, doi: 10.46306/bay.v2i1.12.
- [6] T. Juniarto, F. Mawasandi, dan hmad N. Faiz, "Permasalahan Travelling Salesman Problem Pengiriman Paket Pada Perusahaan Ekspedisi Xyz Di Kota Palembang," *J. Transform. Hum.*, vol. 7, no. 7, hal. 39–52, 2024.
- [7] S. Kristina, R. D. Sianturi, dan R. Husnadi, "Penerapan Model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Google OR-Tools untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF)," *J. Telemat.*, vol. 15, no. 2, hal. 101–106, 2021, doi: 10.61769/telematika.v15i2.359.
- [8] I. A. Setiani dan Lukmandono, "Optimasi Rute Distribusi Obat Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Dengan Menggunakan Metode Saving Matrix," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, hal. 87–94, 2021.
- [9] B. R. Christata dan R. Primadasa, "Penentuan Rute Pengiriman Es Batu Menggunakan Nearest

- Neighbor Dan Excel Solver,” *Jointech Umk*, vol. 1, no. 1, hal. 11–17, 2020.
- [10] R. P. Sinaga dan F. Marpaung, “Perbandingan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Dan Nearest Neighbor Dalam Menyelesaikan Traveling Salesman Problem,” *J. Ris. Rumpun Mat. Dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 2, no. 2, hal. 238–247, 2023, doi: 10.55606/jurrimipa.v2i2.1614.
- [11] W. A. F. B dan S. Rosnafi, “Product Distribution Route using Nearest Neighbor Algorithm Rute Pendistribusian Barang dengan Algoritma Nearest Neighbor,” vol. 4, no. July, hal. 894–900, 2024.
- [12] R. S. Utami, R. Arifin, R. D. Lufika, R. Dio, dan H. Vicarlo, “Penerapan Algoritma Evolutionary dan Nearest Neighbor untuk Optimasi Rute Distribusi,” vol. 05, no. 02, hal. 84–93, 2024.
- [13] S. Rohman, L. Zakaria, A. Asmiati, dan A. Nuryaman, “Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung,” *J. Mat. Integr.*, vol. 16, no. 1, hal. 61, 2020, doi: 10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73.
- [14] S. Martono dan H. L. H. S. Warnars, “Penentuan Rute Pengiriman Barang Dengan Metode Nearest Neighbor,” *Petir*, vol. 13, no. 1, hal. 44–57, 2020, doi: 10.33322/petir.v13i1.869.
- [15] D. S. Oetomo, R. F. Ramdhani, dan A. P. Abdi, “Penentuan Rute Pengiriman Produk Dengan Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode Saving Matrik Dan Nearest Neighbour Di Pt. Aisyah Berkah Utama,” *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 22, no. 1, hal. 130–145, 2022, doi: 10.36275/stsp.v22i1.477.
- [16] V. A. Perdana, Z. F. Hunusalela, dan A. T. Prasasty, “Penerapan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Dalam Menentukan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pada PT. XYZ,” *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind. Univ. Kadiri (JATI UNIK)*, vol. 4, no. 2, hal. 91–105, 2021.
- [17] Suparmi, H. Suyitno, dan I. Rosyida, “Pengoptimalan Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Saving Matrix Dan Nearest Insertion,” *UNNES J. Math.*, vol. 9, no. 2, hal. 49–57, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujmUJM9>
- [18] P. Lestari, A. Hasibuan, dan B. Harahap, “Analisis Penentuan Rute Distribusi menggunakan Metode Nearest Neighbor di PT Medan Juta Rasa Tanjung Morawa,” *Fact. J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 1, hal. 26–32, 2022, doi: 10.56211/factory.v1i1.110.
- [19] N. Nurjanah, H. Setiadi, dan M. Azizah, “Penentuan Rute Distribusi Produk Pangan Komersial Pada Perusahaan Xyz Menggunakan Metode Saving Matrix,” *J. Logistik Bisnis*, vol. 12, no. 02, hal. 38–41, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/index>
- [20] W. A. F. B, S. Rosnafi, N. N. Sari, dan J. E. Simarmata, “Product Distribution Route using Nearest Neighbor Algorithm Rute Pendistribusian Barang dengan Algoritma Nearest Neighbor,” *MALCOM Indones. J. od Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 3, hal. 894–900, 2024.
- [21] B. H. Purnomo, N. N. Novijanto, dan C. W. Ramadhan, “Analisis rute distribusi dengan jarak tempuh terpendek pada produk air mineral dalam kemasan (AMDK) (studi kasus CV. XYZ),” *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 17, no. 3, hal. 674–683, 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i3.15862.
- [22] M. V. Andriansyah, R. A. Darajatun, dan D. N. Rinaldi, “Optimalisasi Pendistribusian Dengan Metode Travelling Salesman Problem Untuk Menentukan Rute Terpendek Di Pt Xyz,” *Tekmapro J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 16, no. 2, hal. 84–95, 2021, doi: 10.33005/tekmapro.v16i2.264.
- [23] M. A. S. Nur dan B. Rahadjeng, “Kombinasi Algoritma Branch and Bound dan Cheapest Insertion Heuristic dalam Menyelesaikan Asymmetric Travelling Salesman Problem,” *MATHunesa J. Ilm. Mat.*, vol. 9, no. 2, hal. 351–358, 2021, doi: 10.26740/mathunesa.v9n2.p351-358.
- [24] A. Yustavia, L. L. Salomon, dan H. J. Kristina, “Analisis Penentuan Rute Distribusi Optimal Dengan Pendekatan Manajemen Transportasi Dan Distribusi Di Cv. Expedisi Mitra Mandiri,” *J. Mitra Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, hal. 126–134, 2022, doi: 10.24912/jmti.v1i2.21248.
- [25] L. E. Marpaung, J. Arifin, dan W. Winarno, “Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings,” *J. Media Tek. dan Sist. Ind.*, vol. 6, no. 2, hal. 76, 2022, doi: 10.35194/jmtsi.v6i2.1784.