

Optimasi Rute Distribusi BBM di SPBU Beririsan Wilayah Kabupaten Cikampek Menggunakan Anylogistix

¹Natasya Sondang Panjaitan dan ²Yelita Anggiane Iskandar
^{1,2}Program Studi Teknik Logistik, Universitas Pertamina, Jakarta

E-mail: ¹102420111@student.universitaspertamina.ac.id,
²yelita.ai@universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

PT Pertamina Regional Jawa Bagian Barat (JBB) melakukan pengalihan 16 SPBU dari titik pengiriman (*supply*) yang awalnya di *Fuel Terminal* Cikampek ke *Integrated Terminal* Jakarta di Plumpang pada tahun 2022. Menyesuaikan perubahan ini, perusahaan ingin mengetahui rute terbaik untuk pendistribusian BBM ke 16 SPBU beririsan tersebut dan menentukan *supply point* yang tepat agar diketahui kebijakan yang tepat terkait penyaluran BBM. Sebelumnya, proses pengiriman BBM dari *Fuel Terminal* Cikampek untuk 16 SPBU beririsan tersebut belum pernah dipetakan dengan rute yang memperhatikan variabel seperti jarak ataupun biaya sehingga untuk menjawab permasalahan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan penentuan rute optimal dengan membandingkan hasil optimasi distribusi antara kedua *supply point* yaitu *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang menggunakan model *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW) dengan fitur *Transportation Optimization* (TO) pada perangkat lunak Anylogistix. Hasil eksperimen setiap skenario dipengaruhi oleh batasan-batasan yang telah ditetapkan sebagai parameter TO berupa alokasi permintaan yang berbeda-beda. Skenario 2 menghasilkan total biaya bahan bakar yang paling optimal yang mengalokasikan 5 SPBU ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang, dan 11 SPBU lainnya dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 3.555,39 km, dengan alokasi permintaan C1, C2, C4, C5, dan C12 ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang sedangkan C3, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C13, C14, C15, dan C16 ke *Fuel Terminal* Cikampek dengan total biaya bahan bakar sebesar US\$ 447,3 atau setara dengan Rp7.080.781. Selain itu, diketahui bahwa semakin banyak SPBU yang dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek, maka akan semakin besar jarak tempuh yang akan dilalui oleh kendaraan dalam melakukan distribusi BBM. Penelitian juga menunjukkan bahwa jarak tempuh tidak selalu berbanding lurus dengan biaya bahan bakar yang dikeluarkan.

Kata kunci: Distribusi BBM, CVRPTW, Anylogistix, *Transportation Optimization*, Biaya Bahan Bakar.

ABSTRACT

PT Pertamina Regional West Java (JBB) transferred 16 gas stations from the delivery point (supply) which was initially at the Cikampek Fuel Terminal to the Jakarta Integrated Terminal in Plumpang in 2022. Adapting to this change, the company wants to know the best route for distributing fuel to the 16 gas stations intersecting these and determine the right supply point so that the right policy regarding fuel distribution is known. Previously, the process of sending fuel from the Cikampek Fuel Terminal to 16 intersecting gas stations had never been mapped with a route that took into account variables such as distance or cost, so to answer this problem, in this research, the optimal route was determined by comparing the distribution optimization results between the two supply points, namely Fuel Cikampek Terminal and Integrated Jakarta Passenger Terminal use the Capacitated

Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) model with the Transportation Optimization (TO) feature in the Anylogistix software. The experimental results for each scenario are influenced by the constraints that have been set as TO parameters in the form of different demand allocations. Scenario 2 produces the most optimal total fuel costs which allocate 5 gas stations to the Jakarta Plumpang Integrated Terminal, and 11 other gas stations are met by the Cikampek Fuel Terminal with a total distance of 3,555.39 km, with demand allocations of C1, C2, C4, C5, and C12 to the Jakarta Plumpang Integrated Terminal while C3, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C13, C14, C15, and C16 to the Cikampek Fuel Terminal with a total fuel cost of US\$ 447.3 or the equivalent of IDR7, 080,781. Apart from that, it is known that the more gas stations filled by the Cikampek Fuel Terminal, the greater the distance traveled by vehicles in distributing fuel. Research also shows that mileage is not always directly proportional to fuel costs incurred.

Keywords: Fuel Distribution, CVRPTW, Anylogistix, Transportation Optimization, Fuel Costs.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara besar yang memiliki julukan sebagai negara kepulauan terbesar di dunia karena pulau-pulau di Indonesia tersebar dari Sabang hingga Merauke. Hal ini menjadi kebanggaan sekaligus tantangan bagi Indonesia. Dengan luas wilayah yang sangat besar, Indonesia memerlukan adanya pola dan sistem distribusi barang dan jasa agar merata hingga ke seluruh pelosok negeri. Salah satu contoh besar yaitu pada proses distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia. Indonesia menjadi negara distribusi paling rumit di dunia dalam mendistribusikan Bahan Bakar Minyak (BBM) ke seluruh pelosok negeri. Sehingga perlu adanya upaya yang cukup besar dalam proses distribusi BBM yang sangat kompleks mulai dari proses *upstream*, *midstream*, dan *downstream*.

Kebutuhan BBM di Indonesia saat ini menjadi hal yang sangat penting. Hal ini disebabkan karena BBM menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat. BBM merupakan sumber energi dalam sektor produksi dan juga penggerak roda perekonomian di Indonesia. Kebutuhan BBM yang tinggi dapat dibuktikan dengan besarnya jumlah penjualan BBM di Indonesia setiap tahun. Dilansir data dari (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2021), jumlah penjualan BBM

yang terus meningkat setiap tahun sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.

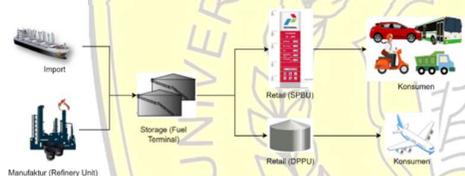


Gambar 1. Penjualan BBM di Indonesia 2016-2021

Kegiatan pendistribusian BBM berfokus pada proses *downstream* sehingga strategi pendistribusian BBM harus terus diperbarui mengikuti pembangunan infrastruktur, moda transportasi, dan kondisi jalan yang dilalui (Supardi, 2020). Pola distribusi BBM yang dimiliki oleh PT Pertamina saat ini tergolong masih memerlukan perbaikan ditambah lagi Indonesia menjadi negara dengan jaringan distribusi BBM paling rumit di dunia, maka fungsi dan strategi dari PT Pertamina menjadi penentu dalam proses distribusi ini.

PT Pertamina (Persero) memiliki anak perusahaan, salah satunya yaitu PT Pertamina Patra Niaga yang bertanggung jawab dalam mengatur dan mengawasi proses pendistribusian BBM sampai ke tangan masyarakat. Dalam mencapai

tujuan kemudahan pendistribusian BBM dan gas bumi ke seluruh pelosok negeri khususnya wilayah Jakarta dan Jawa Barat, maka PT Pertamina (Persero) membentuk PT Pertamina Regional Jawa Bagian Barat (JBB). Peran yang dilakukan oleh PT Pertamina Regional JBB berada pada bidang penyediaan dan pelayanan bahan bakar minyak maupun gas bumi, pemasaran hasil-hasil minyak dan gas bumi, produk-produk petrokimia dan produk-produk lainnya di wilayah Jakarta dan Jawa Barat. Wilayah yang menjadi cakupan PT Pertamina Regional JBB adalah *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang, *Fuel Terminal* Tanjung Gerem, *Fuel Terminal* Bandung Group Padalarang, *Fuel Terminal* Bandung Group Ujungberung, *Fuel Terminal* Tasikmalaya, *Integrated Terminal* Balongan, dan *Fuel Terminal* Cikampek.



Gambar 2. Aliran Proses Rantai Pasok BBM PT Pertamina Regional JBB

Aliran proses rantai pasok BBM pada PT Pertamina Regional JBB dapat dilihat pada Gambar 2. Pada proses distribusi BBM, kebutuhan dari masing-masing SPBU akan dipenuhi oleh masing-masing *supply point* yang telah ditentukan. Setelah melakukan proses wawancara dengan *stakeholder* terkait, ditemukan permasalahan pada proses pengiriman BBM pada 16 SPBU yang beririsan. Ke-16 SPBU tersebut dikatakan beririsan karena berada pada 2 (dua) cakupan *supply point* yaitu *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang.

Pada tahun 2022, PT Pertamina Regional JBB melakukan pengalihan 16 SPBU tersebut dari *supply point* *Fuel Terminal* Cikampek ke *Integrated*

Terminal Jakarta Plumpang karena ditemukan adanya indikasi keterlambatan pengiriman pada SPBU di wilayah Kabupaten Cikampek. Namun, PT Pertamina Regional JBB ingin mengetahui rute terbaik untuk pendistribusian BBM pada 16 SPBU beririsan tersebut dan menentukan *supply point* yang tepat dari sisi distribusi untuk mengetahui ketepatan dalam pengambilan kebijakan penyaluran BBM. Sebelumnya, proses pengiriman BBM pada wilayah Kabupaten Cikampek dikirim dari *Fuel Terminal* Cikampek untuk 16 SPBU beririsan tersebut, belum pernah dipetakan dengan rute yang memperhatikan variabel seperti jarak ataupun biaya. Penentuan rute setiap harinya hanya dilakukan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan dari awak mobil tangki (AMT). Permasalahan ini dapat didekati dengan model *Vehicle Routing Problem* (VRP). Sehingga, untuk menjawab permasalahan optimasi rute dan penentuan *supply point* yang tepat dari sisi distribusi maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk dengan membandingkan hasil optimasi distribusi antara kedua *supply point* yaitu *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang.

VRP adalah permasalahan optimasi kombinatorial untuk menentukan rute atau jalur pengiriman dalam mendistribusikan material atau barang. VRP terdiri dari beberapa jenis pengembangan berdasarkan batasan-batasan yang ada. Jenis VRP yang digunakan pada penelitian ini adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW). Pada jenis CVRPTW tersebut, batasan kapasitas dan jendela waktu akan menjadi faktor yang dipertimbangkan dalam optimasi. Salah satu media pengolahan data yang digunakan dalam permasalahan optimasi rute adalah Anylogistix yang bersifat fleksibel dan mampu membantu perusahaan dalam membandingkan

efisiensi dari skenario yang ada. Penelitian ini menggunakan salah satu fungsi dari Anylogistix yaitu *Transportation Optimization* (TO) yang dapat menghasilkan rute penyaluran BBM yang optimal. *Transportation Optimization* (TO) pada Anylogistix mampu mengoptimalkan rute pengiriman berdasarkan berbagai faktor, seperti jarak, waktu tempuh, kapasitas kendaraan, dan batasan lainnya serta dapat diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk memungkinkan pemodelan dan analisis yang lebih baik dari data spasial. Ini memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan informasi geografis untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam hal rute pengiriman.

Pemilihan rute distribusi yang optimal akan meningkatkan pola distribusi yang efisien sehingga dapat meminimumkan biaya yang dikeluarkan dan akan memengaruhi produktivitas mobil tangki serta dapat meminimalkan waktu operasional pada *Fuel Terminal*. Oleh karena itu penelitian ini akan menentukan rute pengiriman BBM dalam satu periode pengiriman untuk mendapatkan rute distribusi yang optimal dari SPBU yang beririsan di wilayah Kabupaten Cikampek dengan membandingkan hasil optimasi distribusi antara kedua *supply point* yaitu *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang menggunakan Anylogistix.

Rumusan Masalah

- a. Bagaimana rute optimal yang akan direkomendasikan terhadap sistem pendistribusian BBM untuk 16 SPBU terpilih di PT Pertamina Regional JBB dengan membandingkan hasil optimasi distribusi dari dua *supply point* antara *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang?

- b. Bagaimana dampak dari rute usulan pendistribusian BBM di PT Pertamina Regional JBB dengan membandingkan hasil optimasi distribusi dari dua *supply point* antara *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang terhadap perubahan jarak dan biaya bahan bakar?

Tujuan Penelitian

- a. Menentukan rute optimal terhadap sistem pendistribusian BBM untuk 16 SPBU terpilih di PT Pertamina Regional JBB dengan membandingkan hasil optimasi distribusi dari dua *supply point* antara *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang.
- b. Menghitung biaya bahan bakar sebagai dampak dari rute usulan pendistribusian BBM dari dua *supply point* antara *Fuel Terminal* Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang.

Ruang Lingkup

1. Batasan
 - a. Jumlah mobil tangki yang tersedia sudah mempertimbangkan kelas jalan yang dilalui.
 - b. Penelitian berfokus pada penyaluran BBM ke SPBU.
 - c. Jenis BBM yang diamati adalah jenis Peralite, Pertamina, dan solar.
 - d. Maksimal kompartemen masing-masing mobil tangki adalah 8 KL.
 - e. Pengiriman yang diperhitungkan adalah dalam jangka waktu 1 hari.
 - f. SPBU yang akan digunakan adalah 16 SPBU di daerah Kota Cikampek.
 - g. Data yang diolah merupakan data pada periode September

- 2023 yang merupakan data rekapitulasi terbaru.
- h. Data *demand* menggunakan data 1 bulan di periode September 2023 menggunakan *demand* rata-rata pada bulan tersebut.
2. Asumsi
- a. BBM yang diangkut harus dibawah atau sama dengan kapasitas mobil tangki dan kelebihan muatan BBM tidak diberlakukan.
 - b. Setiap SPBU yang menjadi titik pengiriman BBM pada penelitian ini bisa menerima mobil tangki dengan kapasitas 16 KL, 24 KL, dan 32 KL.
 - c. Jarak pengiriman bolak-balik BBM ke SPBU sama.
 - d. Mobil tangki yang digunakan selalu *ready*.
 - e. Kecepatan setiap mobil tangki adalah sebesar 50 km/jam.
 - f. Setiap SPBU yang menjadi titik pengiriman BBM pada penelitian ini bisa menerima mobil tangki dengan kapasitas 16 KL, 24 KL, dan 32 KL.

2. LANDASAN TEORI

Distribusi

Distribusi merupakan serangkaian mata rantai yang menghubungkan produsen dengan konsumen untuk menyalurkan produk/jasa sehingga barang/jasa tersebut sampai kepada konsumen dengan cara yang efisien dan mudah dijangkau (Sudjono, 2011). Proses distribusi yang optimal menjadi salah satu target perusahaan untuk dalam menyebarkan produk kepada konsumen. Sebuah perusahaan dikatakan memiliki saluran distribusi yang kompleks apabila penyebaran produk dan jangkauan daerah pemasaran yang dinaunginya luas (Ardiyanta, 2013). Pengiriman produk atau distribusi dapat dilakukan secara langsung dan melalui perantara atau dapat kedua-duanya, yang sama-sama

membutuhkan biaya. Contohnya yaitu, biaya pekerja, biaya bahan bakar, dan biaya sewa kendaraan. Oleh karena itu, semakin besar biaya distribusi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan maka akan berpengaruh secara linear terhadap harga jual dan volume penjualan dari produk tersebut (Rachman & Yuningsih, 2010).

Saluran distribusi dapat dibedakan menjadi 3, yang pertama saluran distribusi intensif di mana saluran distribusi ini bertujuan untuk memasarkan produk sebanyak dan seluas mungkin sehingga dapat menjangkau semua lokasi konsumen, yang kedua saluran distribusi selektif di mana produk hanya disalurkan oleh beberapa penyalur terpilih dan tidak semua lokasi dapat dijangkau, yang ketiga saluran distribusi eksklusif di mana produk hanya disalurkan oleh satu penyalur pada suatu daerah tertentu. Dalam hal ini, PT Pertamina Regional JBB menerapkan saluran distribusi eksklusif dalam penyaluran BBM ke SPBU.

Dalam pendistribusian BBM menggunakan mobil tangki, perusahaan harus melakukan pengukuran volume BBM yang akan dikirimkan ke masing-masing SPBU. Agar dapat menghindari tingkat kecurangan dan kecurigaan pada setiap SPBU, pengukuran volume BBM biasanya dilakukan secara manual dengan menggunakan tongkat meteran yang dimasukkan kedalam mobil tangki hingga mencapai dasar dari tangkinya.

Seluruh depot yang menjadi jangkauan PT Pertamina Regional JBB memasarkan beberapa jenis produk BBM seperti Peralite, Pertamax, biosolar, avtur, Dexlite, dan kerosin melalui jalur darat dan laut ke konsumennya. Proses pemasaran ini menggunakan mobil tangki dan kapal tanker yang memiliki kapasitas yang berbeda-beda, untuk memenuhi permintaan konsumennya setiap hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa

distribusi merupakan suatu proses untuk mengirimkan produk BBM yang dimuat dari depot dan menyalurkan BBM tersebut ke tangan konsumen dalam hal ini adalah SPBU dan Industri.

Vehicle Routing Problem

Permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1959 oleh Dantzig dan Ramser. Permasalahan VRP umumnya berkaitan dengan distribusi produk, atau pertukaran barang antara depot dan konsumen. Depot merupakan gudang yang berfungsi sebagai titik distribusi barang atau produk kepada pelanggan. Solusi yang diperoleh dari permasalahan VRP dalam penentuan sejumlah rute atau jalur, yang akan dilayani oleh kendaraan yang berasal dan berakhir pada depotnya. Berdasarkan rute tersebut, seluruh permintaan akan terpenuhi dan biaya distribusi yang dikeluarkan dapat mencapai titik minimal (Golden, 2008). Tujuan dari VRP adalah untuk meminimalkan biaya distribusi secara keseluruhan, mulai dari biaya transportasi terkait jarak dan biaya yang berhubungan dengan kendaraan. Selain itu, VRP juga bertujuan untuk menyeimbangkan rute pengiriman yang terhubung dengan waktu perjalanan kendaraan dan kapasitas kendaraan sehingga dapat meminimalisir keluhan dari konsumen karena pelayanan yang tidak sesuai atau kurang memuaskan.

Pada pemodelan dengan VRP, setiap pelanggan memiliki total permintaan masing-masing. Kendaraan hanya bisa mengunjungi titik tujuan sebanyak satu kali dan tidak diperbolehkan adanya pengulangan tujuan ke titik kunjungan yang sama kecuali depot atau titik awal keberangkatan. Dalam permasalahan VRP setiap kendaraan yang berangkat dari suatu depot, harus kembali ke depot lagi. Terdapat berbagai pendekatan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan

permasalahan VRP, salah satunya dengan pendekatan menggunakan metode metaheuristik yang digunakan dalam mencari solusi berupa beberapa kombinasi rute yang optimal dengan biaya dan jarak seminimal mungkin.

Dalam VRP terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai optimal dari fungsi tujuan. Faktor tersebut dapat berupa batasan atau pertimbangan yang harus diperhatikan seperti biaya operasional, jarak titik tujuan, jumlah kendaraan, atau armada yang digunakan, kapasitas kendaraan, jumlah permintaan dan faktor lainnya (Hermansyah, 2011).

Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window

Model *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window* atau biasa dikenal dengan CVRPTW merupakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang dapat digolongkan sebagai masalah NP-hard. VRP jenis ini mempunyai batasan kapasitas kendaraan dan rentang waktu (waktu awal dan waktu terakhir) pada setiap titiknya. Dalam CVRPTW, kendaraan harus berangkat dan kembali ke depo yang sama (Dornemann, 2023). CVRPTW hanya memperbolehkan suatu kendaraan mengantarkan barang ke suatu titik jika kapasitas kendaraan mencukupi untuk memenuhi permintaan di titik tersebut dan kendaraan dapat mencapai titik tersebut dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Apabila kendaraan tiba sebelum waktu mulai awal, maka kendaraan harus menunggu hingga waktu mulai awal. Kemudian apabila kendaraan sampai di titik simpul setelah waktu terakhir berakhir, maka kendaraan harus kembali ke titik sebelumnya atau kembali ke depo (Lukitasary, 2011). Model CVRP dalam bentuk formulasi matematis yang telah dikembangkan oleh (Normasari & Warangga, 2019) pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Set dan indeks model matematis:

V : Set titik depot dan konsumen ($h, i, j = 0, \dots, V$)

K : Set kendaraan ($k = 1, \dots, K$)

R : Set produk ($r = 1, \dots, R$)

M : Set kompartemen ($m = 1, \dots, M$)

Parameter:

C_{rmk} : Kapasitas yang dapat tertampung di kompartemen m pada kendaraan k

C_{ijk} : jarak perjalanan dari titik i ke titik j oleh kendaraan k

t_{ij} : Waktu tempuh dari titik i ke titik j

f_j : Service time di titik j

d_{jr} : Jumlah demand produk r di titik j

a_j : Waktu awal pelayanan titik j

b_j : Waktu akhir pelayanan titik j

Decision variables

$x_{ijk} = \begin{cases} 1: \text{jika kendaraan } k \text{ dijalankan dari titik } i \text{ ke } j \\ 0: \text{lainnya} \end{cases}$

$y_{rmk} = \begin{cases} 1: \text{jika terisi produk } r \text{ di kompartemen } m \text{ pada kendaraan } k \\ 0: \text{lainnya} \end{cases}$

z_{jrk} : Jumlah produk r yang dialokasikan ke titik j oleh kendaraan k

sd_{jk} : Waktu keberangkatan kendaraan k dari titik j

sa_{jk} : Waktu kedatangan kendaraan k di titik j

Dalam CVRPTW, fungsi objektif dinyatakan sebagai masalah optimasi tujuan tunggal, seperti yang telah ditulis oleh (Normasari & Warangga, 2019).

Objective function:

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_j x_{0jk} \leq 1; \forall k \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ihk} - \sum_i x_{hjk} = 0, \forall k, h \quad (3)$$

$$x_{ijk} + x_{jik} \leq 1; \forall i, j, k, i, j \setminus \{0\} \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} \geq 1; \forall j \quad (5)$$

$$\sum_k x_{ijk} = 0; \forall j \quad (6)$$

$$\sum_r \sum_m y_{rmk} \leq |M|; \forall k \quad (7)$$

$$\sum_r y_{rmk} \leq 1; \forall m, k \quad (8)$$

$$\sum_j z_{jrk} \leq \sum_m C_{rmk} y_{rmk}; \forall r, k \quad (9)$$

$$\sum_k z_{jrk} = d_{jr}; \forall j, r \quad (10)$$

$$z_{jrk} \leq d_{jr} \sum_i x_{ijk}; \forall j, r, k \quad (11)$$

$$\sum_i (sd_{ik} + t_{ij}) x_{ijk} = sa_{jk}; \forall j, k \quad (12)$$

$$sa_{jk} \geq d_{jr} \sum_i x_{ijk}; \forall j, k, j \setminus \{0\} \quad (13)$$

$$sa_{jk} + f_j \sum_i x_{ijk} = sd_{jk}; \forall j, k, j \setminus \{0\} \quad (14)$$

$$sd_{jk} \leq b_j; \forall j, k \quad (15)$$

$$x_{ijk}, y_{rmk} = \{0, 1\} \quad (16)$$

$$z_{jrk}, sd_{jk}, sa_{jk} \geq 0 \quad (17)$$

Fungsi pada persamaan (1) merupakan fungsi objektif penelitian mengenai minimasi total jarak tempuh dari seluruh kendaraan. Selanjutnya merupakan batasan (2) untuk memastikan jika kendaraan hanya dapat keluar dari depot sekali atau tidak digunakan sama sekali dalam pendistribusian. Batasan (3) memastikan keberlanjutan proses *routing* kendaraan dan seluruh kendaraan yang keluar dari depot kembali ke depot. Batasan (4) memastikan kendaraan tidak kembali ke titik sebelumnya yang sudah dikunjungi. Batasan (5) memastikan jika sesesetiap titik dapat dikunjungi oleh beberapa kendaraan. Batasan (6) memastikan tidak ada proses *loop* pada sesesetiap titik. Batasan (7) menyatakan jika kompartemen yang sudah terisi tidak dapat melebihi kapasitas dari kendaraan. Batasan (8) digunakan agar satu kompartemen hanya dapat digunakan untuk satu jenis produk. Batasan (9) menyatakan jika kuantitas produk yang berada pada setiap kendaraan tidak melebihi kapasitas kendaraan yang ditetapkan. Batasan (10) menentukan jika jumlah produk yang dikirim harus sesuai dengan demand pada sesetiap titik. Batasan (11) memastikan jika sesetiap produk hanya dapat dikirim saat kendaraan mengunjungi titik. Batasan

(12) memastikan jika waktu dari kedatangan kendaraan di titik sama dengan waktu keberangkatan pada titik sebelumnya ditambah dengan waktu tempuhnya. Batasan (13) memastikan jika sesetiap kendaraan tidak dapat mendahului dari waktu buka titik tujuan. Batasan (14) menjelaskan jika waktu kendaraan di titik sama dengan waktu kendaraan di titik tersebut lalu ditambah dengan service time pada titik tersebut. Batasan (15) menyatakan jika waktu keberangkatan kendaraan tidak dapat melampaui waktu tutup titik keberangkatan. Batasan (16) menyatakan variabel biner. Batasan (17) menyatakan variabel non-negatif.

Anylogistix

Anylogistix merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk optimasi rantai pasok. Anylogistix juga dapat digunakan untuk merancang, melakukan pengoptimalan dan menganalisis rantai pasok pada perusahaan atau organisasi dengan melakukan penggabungan pendekatan pengoptimalan analisis yang kuat dan teknologi simulasi yang komprehensif dan inovatif (Ivanov, 2018). Salah satu keunggulan yang dimiliki Anylogistix adalah memiliki kemudahan dalam penggunaannya dibandingkan dengan penggunaan analisis pada spreadsheet dan teknik pengoptimalan yang masih tradisional (Chandra, 2023). Selain itu, Anylogistix menyediakan alat untuk mengoptimalkan rute pengiriman dan jadwal pengiriman berdasarkan berbagai faktor, seperti jarak, waktu tempuh, kapasitas kendaraan, dan batasan lainnya serta dapat diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk memungkinkan pemodelan dan analisis yang lebih baik dari data spasial. Ini memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan informasi geografis untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam hal rute pengiriman. Saat ini sudah terdapat banyak perusahaan komersial, organisasi, pemerintahan, bahkan

lembaga pendidikan di seluruh dunia yang memutuskan untuk menggunakan Anylogistix dalam melakukan berbagai analisis, penentuan strategi dan manajemen rantai pasok.

Transportation Optimization

Transportation Optimization (TO) adalah cara menganalisis sistem distribusi pada *software* Anylogistix. TO menganalisis biaya distribusi atau biaya transportasi dan batasan-batasan yang ada untuk menghasilkan suatu rencana yang realistis untuk diterapkan sehingga seluruh jaringan transportasi menjadi lebih efisien (Gate, 2022). Analisis tersebut dapat membantu beberapa perusahaan distribusi, 3PL, dan konsultan transportasi dalam penggunaan TO. Selain itu, TO juga dapat digunakan untuk melakukan simulasi pada jaringan transportasi rantai pasok serta memberikan hasil dengan kondisi terbaik dan paling efisien (Wijanarko & Sepadyati, 2022).

TO berfokus pada optimasi dari transportasi yang digunakan. Terdapat beberapa batasan seperti kapasitas dari kendaraan pengangkut, jenis kendaraan, kecepatan saat melaju, dan waktu operasional. Eksperimen dari TO menghasilkan rute perjalanan dan jam bepergian dari kendaraan tersebut. TO menentukan rute perjalanan dengan berbagai batasan yang dibuat agar model optimasi transportasi sesuai dengan kondisi aktual tanpa mempertimbangkan beberapa hal seperti konstruksi jalan dan kondisi bangunan yang dituju.

Penelitian Terdahulu

Perbandingan sejumlah persamaan dan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 1, di mana belum ada penelitian yang mengambil objek yang sama kemudian penyelesaiannya dicari menggunakan optimasi dengan bantuan perangkat lunak Anylogistix.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

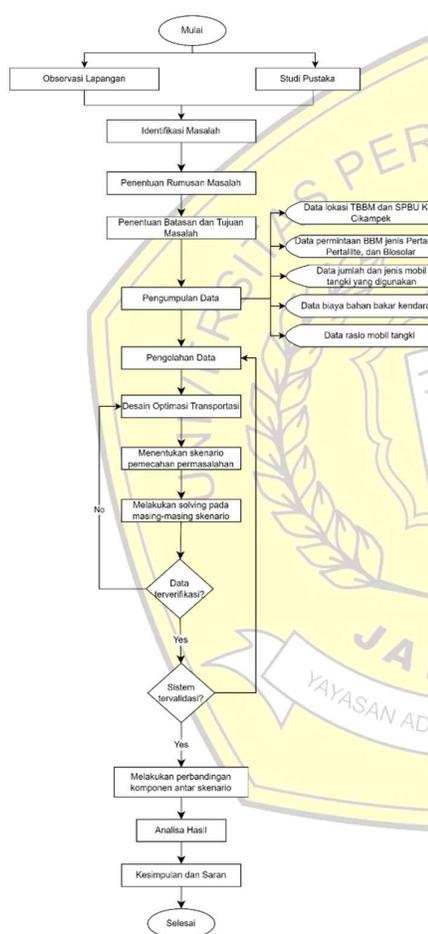
Karakteristik Penelitian	Penelitian Terdahulu					Penelitian Ini
	(Normasari & Warangga, 2019)	(Supardi, 2020)	(Nurlathifah, Ammar, Yuniaristanto, Pudjiantoro, & Sutopo, 2020)	(Febriandini, Yuniaristanto, & Sutopo, 2020)	(Ramadhani, Masrurroh, & Waluyo, 2021)	
<i>Objek Penelitian</i>						
Pertamax		V		V		V
Pertalite	V		V	V	V	V
Biosolar	V		V	V	V	V
<i>Tujuan Penelitian</i>						
Minimasi Jarak	V	V	V	V	V	V
Minimasi Biaya Distribusi	V	V	V	V	V	V
Minimasi Biaya Bahan Bakar				V	V	
<i>Batasan Penelitian</i>						
Batasan Waktu Pengiriman Produk			V	V		V
Kapasitas Kendaraan		V	V	V	V	V
<i>Model Penyelesaian</i>						
Multi Compartment, Split Delivery, Multi Product, And Time Windows - Vehicle Routing Problem	V					
Split Delivery Multi Trips, Multi Products and Compartments - Vehicle Routing Problem					V	
Multi Compartment - Vehicle Routing Problem		V	V	V	V	
Capacitated Vehicle Routing Problem						V
<i>Software yang digunakan</i>						
Excel Solver		V	V			
AMPL	V					
MATLAB				V		
Lingo					V	
Anylogistix						V

3. METODOLOGI

Metodologi digunakan untuk memperkuat argumen dari suatu teori menggunakan sumber dengan cara tertentu dalam suatu literasi, kemudian argumen tersebut dapat dianalisis

terhadap kebenarannya (Priyono, 2016). Penelitian ini berfokus pada permasalahan optimasi rute dan penentuan *supply point* yang tepat dari sisi distribusi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbandingan hasil optimasi rute pendistribusian BBM pada dari dua *supply point* antara *Fuel*

Terminal Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang. Metode yang tepat digunakan dalam penelitian ini adalah metode optimasi melalui bantuan *software* Anylogistix. Alur proses optimasi dengan bantuan *software* Anylogistix. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Untuk mengetahui alur penelitian yang akan dilakukan, Gambar 3 menunjukkan detail tahapan dari penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Optimasi Transportasi

Setelah dilakukan input seluruh data permintaan pada 16 SPBU di wilayah Kabupaten Cikampek beserta dua depot yang menjadi *supply point* yaitu *Fuel*

Terminal Cikampek dan *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dengan visualisasi jaringan *supply chain* sebagai berikut. Logo merah pada gambar sebagai DC dan logo biru sebagai *demand* di mana keduanya saling terhubung yang artinya model rantai pasok tersebut saling berhubungan seperti pada Gambar 4. Selain itu, tampilan peta GIS pada *software* Anylogistix memvalidasi model dengan menampilkan visual rute seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. *Supply Chain Network Validation* pada Anylogistix

Gambar 5. Visualisasi Jaringan Jalan GIS

Pengaturan batas segmen perjalanan telah divalidasi oleh tim divisi *supply and distribution* PT Pertamina Regional JBB sebelum diterapkan ke Anylogistix. Pada penelitian ini, terdapat 4 skenario yang diatur sebagai berikut.

Skenario 0 (*Baseline*)

Pada skenario 0 atau sebagai *baseline* dilakukan percobaan dengan tidak membagi *demand* pada kedua depot. Seluruh *demand* SPBU dipenuhi oleh *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang. Hasil dari skenario ini pada penggunaan TO Anylogistix menghasilkan total jarak tempuh sebesar 3.312,03 km dan total biaya bahan bakar sebesar US\$ 1.148,32 atataua setara dengan Rp18.177.972.

Skenario 1

Skenario 1 adalah kebalikan dari *baseline* yaitu dilakukan percobaan tanpa

membagi *demand* pada kedua depot juga tetapi seluruh *demand* atau SPBU dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek. Hasil dari skenario ini pada penggunaan TO Anylogistix adalah total jarak tempuh 1.822,51 km dan total biaya bahan bakar sebesar US\$ 615,4 atau setara dengan Rp9.741.923.

Skenario 2

Pada skenario 2 dilakukan percobaan dengan membagi *demand* berdasarkan rata-rata per hari. Dari hasil perhitungan, diperoleh rata-rata total *demand* per hari sebesar 22,43 KL. SPBU dengan *demand* di bawah rata-rata akan dialokasikan ke *Fuel Terminal* Cikampek dan *demand* di atas rata-rata akan dialokasikan ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang. Hasil dari skenario ini pada penggunaan TO Anylogistix adalah 5 SPBU dipenuhi oleh *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan 11 SPBU dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 3.555,39 km dan total biaya bahan bakar sebesar US\$ 447,3 atau setara dengan Rp7.080.781.

Skenario 3

Pada skenario 3 dilakukan percobaan dengan membagi *demand* berdasarkan rata-rata jarak SPBU ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang. Dari hasil perhitungan, diperoleh rata-rata jarak tersebut sebesar 25,66 km. SPBU dengan jarak di bawah rata-rata akan dialokasikan ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan jarak di atas rata-rata akan dialokasikan ke *Fuel Terminal* Cikampek. Hasil dari skenario ini pada penggunaan TO Anylogistix menghasilkan 8 SPBU yang dipenuhi oleh *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan 8 SPBU dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 2.888,75 km dan biaya bahan bakar sebesar US\$ 1021,22 atau setara dengan Rp16.165.924.

Skenario 4

Pada skenario 4 dilakukan percobaan dengan membagi *demand* berdasarkan rata-rata jarak SPBU ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang. SPBU dengan jarak di atas rata-rata akan dialokasikan ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan jarak di bawah rata-rata akan dialokasikan ke *Fuel Terminal* Cikampek. Hasil dari skenario ini pada penggunaan TO Anylogistix menghasilkan 8 SPBU dipenuhi oleh *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan 8 SPBU dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 2.988,82 km dan biaya bahan bakar sebesar US\$ 963,97 atau setara dengan Rp15.259.748.

Perbandingan Jarak Tempuh Antar Skenario

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, komponen jarak tempuh menjadi komponen yang perlu diminimalkan karna berpengaruh dengan biaya yang berhubungan dengan kendaraan sehingga dapat meminimalisir keluhan dari konsumen karena pelayanan yang tidak sesuai atau kurang memuaskan. Perbandingan komponen jarak tempuh antar skenario dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Jarak Tempuh Antar Skenario

Pengolahan data yang dilakukan memberikan hasil sebagai berikut. Dalam skenario 1, total jarak tempuh mencapai 3.312,03 km. Skenario 2 memberikan hasil total jarak tempuh sebesar 1.822,51 km. Pada skenario 3, hasil total jarak

tempuh diperoleh sebesar 3.555,39 km. Skenario 4 memberikan hasil total jarak tempuh sebesar 2.888,75 km. Sedangkan skenario 5, hasil total jarak tempuh diperoleh sebesar 2.988,82 km. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dianalisis bahwa semakin banyak SPBU yang dipenuhi oleh *Fuel Terminal Cikampek*, maka akan semakin besar jarak tempuh yang akan dilalui oleh kendaraan dalam melakukan distribusi BBM. Hal ini didukung oleh hasil yang diberikan oleh skenario 2 yang memberikan hasil total jarak tempuh terpendek yang signifikan jika dibandingkan dengan skenario 1.

Perbandingan Biaya Bahan Bakar Antar Skenario

Untuk memvisualisasikan hasil penelitian ini, perlu dilakukan perbandingan hasil biaya bahan bakar antar skenario agar dapat dicari skenario optimal di mana jumlah dan jenis mobil tangki yang digunakan menjadi pertimbangan penting. Perbandingan komponen biaya bahan bakar antar skenario dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil pengolahan data pada komponen biaya bahan bakar adalah sebagai berikut. Dalam skenario 1, total biaya bahan bakar mencapai Rp18.177.971,62. Skenario 2 memberikan hasil total biaya bahan bakar sebesar Rp9.741.922,795. Pada skenario 3, hasil total biaya bahan bakar diperoleh sebesar Rp7.080.781,39. Skenario 4 memberikan hasil total biaya bahan bakar sebesar Rp16.165.923,88. Sedangkan skenario 5, hasil total biaya bahan bakar diperoleh sebesar Rp15.259.747,74. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa skenario 3 memberikan hasil yang terendah jika dibandingkan dengan hasil dari skenario lainnya.

Pada skenario 3, *demand* di atas rata-rata dialokasikan ke *Integrated Terminal Jakarta Plumpang*, sehingga hanya SPBU tertentu dengan *demand*

tinggi saja yang akan dipenuhi oleh *Integrated Terminal Jakarta Plumpang* sedangkan SPBU sisanya akan dipenuhi oleh *Fuel Terminal Cikampek*. Skenario 3 menjadi usulan solusi optimal yang dipilih karena memiliki biaya bahan bakar terendah.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Biaya Bahan Bakar Antar Skenario

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil optimasi dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian adalah perancangan rute pada modul *Transportation Optimization Anylogistix* menggunakan metode kuantitatif yang menggunakan 4 skenario dengan alokasi *demand* yang berbeda. Data yang digunakan untuk fitur-fitur pada TO sebelumnya telah dikonfirmasi tingkat validitasnya terlebih dahulu dengan divisi *supply and distribution* PT Pertamina Regional JBB sehingga hasil simulasi relatif mewakili model yang nyata di lapangan.

Hasil *running* setiap skenario memberikan hasil yang berbeda-beda. Hal ini dapat dipengaruhi oleh batasan-batasan yang telah ditetapkan sebagai parameter TO berupa alokasi *demand* yang bervariasi pada setiap skenario. Total biaya bahan bakar pada skenario *baseline* sebesar Rp18.177.971,62, skenario 1 sebesar Rp9.741.922,795, skenario 2 sebesar Rp7.080.781,39, skenario 3 sebesar Rp16.165.923,88, dan skenario 4 sebesar Rp15.259.747,74. Jadi, dari hasil percobaan dapat disimpulkan

bahwa skenario 2 mempunyai total biaya yang paling optimal dengan mengalokasikan 5 SPBU ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan 11 SPBU dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 3.555,39 km. Meskipun skenario ini tidak menjadi skenario dengan total jarak tempuh terpendek, tetapi skenario ini menjadi skenario optimal. Jarak tempuh tidak selalu berbanding lurus dengan biaya bahan bakar yang akan dikeluarkan oleh kendaraan. Hal ini dibuktikan dengan hasil skenario 2 yang menunjukkan biaya paling rendah meskipun memiliki jarak tempuh yang cukup besar. Selain itu, dengan menerapkan skenario 2 maka perusahaan dapat menghemat biaya bahan bakar sebesar 61% dari keadaan *existing* saat ini yang ditunjukkan oleh skenario *baseline*. Alokasi *demand* paling optimal dicerminkan oleh skenario 2 sehingga rute optimal yang akan direkomendasikan terhadap sistem pendistribusian BBM untuk 16 SPBU beririsan di PT Pertamina Regional JBB adalah dengan mengalokasikan *demand* C1, C2, C4, C5, dan C12 ke *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang, dan C3, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C13, C14, C15, dan C16 ke *Fuel Terminal* Cikampek dengan total jarak tempuh sebesar 3.555,39 km dan total biaya bahan bakar sebesar US\$ 447,3 atau setara dengan Rp7.080.781. Pengiriman ini menggunakan 7 mobil tangki 16 KL, 6 mobil tangki 24 KL, dan 6 mobil tangki 32 KL dari *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan 7 mobil tangki 16 KL, 7 mobil tangki 24 KL, dan 6 mobil tangki 32 KL dari *Fuel Terminal* Cikampek.

Dampak dari rute usulan pendistribusian BBM di PT Pertamina Regional JBB dengan terhadap perubahan jarak dan biaya bahan bakar, antara lain: semakin banyak SPBU yang dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek, maka akan semakin besar jarak tempuh yang akan dilalui oleh kendaraan dalam melakukan distribusi BBM. Hal ini didukung oleh

hasil yang ditunjukkan oleh skenario 1 yang memberikan hasil total jarak tempuh terpendek yang signifikan jika dibandingkan dengan skenario 0 (*baseline*); semakin tinggi *demand* yang dimiliki SPBU, maka disarankan untuk dipenuhi oleh *Integrated Terminal* Jakarta Plumpang dan SPBU sisanya akan dipenuhi oleh *Fuel Terminal* Cikampek di mana skenario ini akan memberikan hasil dengan biaya bahan bakar yang rendah, yang dibuktikan oleh hasil yang skenario 2 yang memberikan hasil total biaya bahan bakar terendah dibandingkan dengan skenario lainnya.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Tri Awan Nusa Putra dari PT Pertamina Regional JBB yang telah memfasilitasi dilakukannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanta, O. (2013). Analisis Strategi Distribusi Untuk Meningkatkan Volume Penjualan pada PT Salama Nusantara. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. (2021). *Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021*. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi.
- Dornemann, J. (2023). Solving The Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows via Graph Convolutional Network Assisted Tree Search and Quantum. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*.
- Febriandini, I. F., Yuniaristanto, & Sutopo, W. (2020). Multi-Compartment Vehicle Routing Problem to Find the Alternative Distribution Route of Petroleum Product Delivery. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-9.

- Gate, M. (2022). *Transportation Optimization*. 2022: Logistics Management.
- Golden, B. S. (2008). *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. New York, USA: Springer.
- Hermansyah, B. (2011). *Penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP) Menggunakan Algoritma Genetika*. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Ivanov, D. (2018). *Supply Chain Simulation and Optimization with Anylogistix*. Berlin School of Economics and Law.
- Lukitasary, W. (2011). *Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows (CVRPTW) Dengan Menggunakan Algoritma Improved Ant Colony System (IACS) dan Algoritma Simulated Annealing (SA)*. Bandung: Universitas Telkom.
- Normasari, N. M., & Warangga, A. F. (2019). Mathematical Model of Vehicle Time Windows with Compartment, Split Delivery, Multi Product, and Time Windows. *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi (Angkasa)*, 25-35.
- Nurlathifah, E., Ammar, N., Yuniaristanto, Pudjiantoro, F. K., & Sutopo, W. (2020). Optimalisasi Rute Distribusi BBM dengan Penerapan Capacitated Vehicle Routing Problem dan Excel Solver di Kabupaten Magetan. *Teknoin*, 11.
- Priyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Surabaya: Zifatama.
- Rachman, G. G., & Yuningsih, K. (2010). Pengaruh Biaya Distribusi dan Saluran Distribusi Terhadap Volume Penjualan (Studi Pada Sari Intan Manunggal Knitting Bandung).
- Ramadhani, D. S., Masruroh, N. A., & Waluyo, J. (2021). Model of Vehicle Routing Problem with Split Delivery Multi Trips, Multi Products, and Compartments for Determining Fuel Distribution Routes. *ASEAN Journal of System Engineering, Vol. 5, No. 2*, 51-55, 1-5.
- Sudjono, S. (2011). Sistem Distribusi Berbasis Relationship: Kajian Penyempurnaan Penyaluran Pupuk Bersubsidi kepada Petani. 315.
- Supardi, E. (2020). Metode Saving Matrix Dalam Penentuan Rute Distribusi Premium di Depot SPBU. *Jurnal Logistik Bisnis*, 10.
- Wijanarko, & Sepadyati. (2022). Optimasi Rute Pengiriman Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows PT X. *Jurnal Tirta 10*, 2.