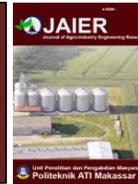




JAIER

Journal of Agro-industry Engineering Research



Penentuan Rute Kendaraan Dengan Jendela Waktu Untuk Distribusi Produk Oleh PT. X

Andi Muhammad Fiqri Achmad¹, Ismayati Sutina Azis², C. Elisa Martina Katili³

^{1,3}Jurusan Teknik Industri Agro, ²Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar

Received: 29 Mei 2023 Accepted: 21 Juni 2023 Published: 30 Juni 2023

Abstract. PT.X is a distributor company operating in Makassar City. PT. X has a distributor warehouse to store products to be distributed, and dozens of pharmacies spread in the city. Every day, PT. X must distribute products from warehouses to each pharmacy. The distribution fee can be optimized by improving the decision to determine the vehicle distribution route. In addition, the product distribution process to each pharmacy must also not cross the specified delivery time limit. If the distribution process has crossed the time limit, the product distribution cannot be done anymore, or the distribution must be done on the next day. Data analysis starts from the collection of primary data in the form of distribution system information, and secondary data in the form of distribution data in the form of the number of requests, the location of the pharmacy, the number and capacity of the vehicle, and the window of time. Furthermore, data processing is carried out by creating a mathematical model using Lingo 18 software. Mathematical models for vehicle route problems with time windows taken from the Model Desaulniers, et al (2014) in Toth and Vigo (2014). The resulting solution for 15 pharmacies is an optimal global solution with an optimal total cost of Rp. 66,800 with a computing time of 64.48 seconds.

Keyword: vehicle routing problem, MILP, time windows

Abstrak. PT.X adalah sebuah perusahaan distributor yang beroperasi di Kota Makassar. PT. X memiliki sebuah gudang distributor untuk menyimpan produk – produk yang akan didistribusikan, dan puluhan apotek yang tersebar didalam kota. Setiap hari, PT. X harus mendistribusikan produk – produk dari gudang ke tiap apotek. Biaya distribusi tersebut dapat dioptimalkan dengan memperbaiki keputusan penentuan rute distribusi kendaraan. Selain itu, proses distribusi produk ke tiap apotek juga tidak boleh melewati batas waktu pengantaran yang telah ditentukan. Apabila proses distribusi telah melewati batas waktu tersebut, maka distribusi produk tidak dapat dilakukan lagi, atau distribusi harus dilakukan dihari berikutnya. Analisis data dimulai dari pengumpulan data primer berupa informasi sistem distribusi, dan data sekunder berupa data distribusi berupa jumlah permintaan, lokasi apotek, jumlah dan kapasitas kendaraan, serta jendela waktu. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan membuat model matematis menggunakan software Lingo 18. Model matematis untuk masalah rute kendaraan dengan jendela waktu diambil dari model Desaulniers, dkk (2014) dalam Toth dan Vigo (2014). Solusi yang dihasilkan untuk 15 apotek merupakan solusi global optimal dengan total biaya optimal sebesar Rp 66.800 dengan waktu komputasi sebesar 64,48 detik.

Kata Kunci: masalah rute kendaraan, MILP, jendela waktu

1. Pendahuluan

PT.X adalah sebuah perusahaan distributor yang beroperasi di Kota Makassar. PT. X memiliki sebuah gudang distributor untuk menyimpan produk – produk yang akan didistribusikan, dan puluhan apotek yang tersebar didalam kota. Setiap hari, PT. X harus mendistribusikan produk – produk dari gudang ke tiap apotek. Pendistribusian produk dapat diukur dari terpenuhinya permintaan dari tiap apotek dan juga rendahnya biaya

*Corresponding author at: Politeknik ATI Makassar, Makassar, 90211, Indonesia

E-mail address: am_fiqri@atim.ac.id

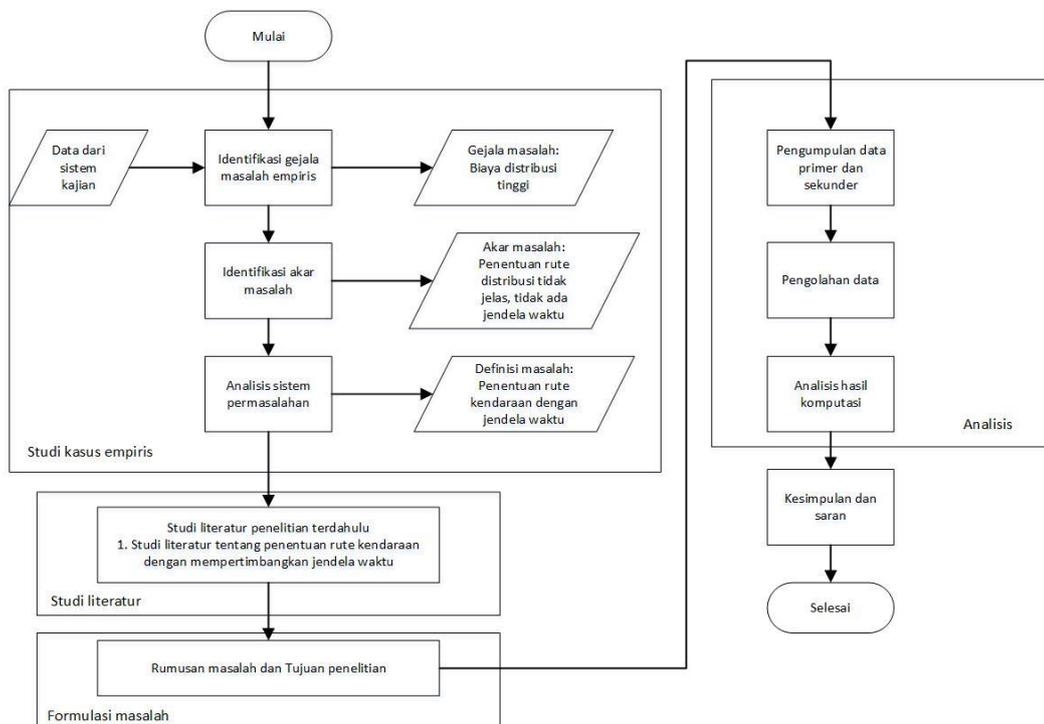
distribusi. Biaya distribusi tersebut dapat dioptimalkan dengan memperbaiki keputusan penentuan rute distribusi kendaraan. Apabila penentuan rute kendaraan tidak memiliki dasar yang jelas, maka akan menghasilkan solusi sub-optimal dan biaya akan meningkat.

Selain itu, proses distribusi produk ke tiap apotek juga tidak boleh melewati batas waktu pengantaran yang telah ditentukan. Apabila proses distribusi telah melewati batas waktu tersebut, maka distribusi produk tidak dapat dilakukan lagi, atau distribusi harus dilakukan dihari berikutnya. Masalah yang dialami oleh PT. X ini masuk dalam jenis masalah penentuan rute kendaraan atau *vehicle routing problem* (VRP). Salah satu karakteristik dari jenis masalah ini adalah adanya batasan kapasitas muatan yang dialami, termasuk juga batasan waktu. Oleh karena itu, penelitian ini akan menyelesaikan masalah penentuan rute kendaraan dengan mempertimbangkan jendela waktu apotek.

Sudah banyak penelitian terdahulu yang telah membahas masalah rute kendaraan dengan mempertimbangkan jendela waktu. [1] memecahkan masalah rute kendaraan dengan trip majemuk, jendela waktu, dan pengantaran – penjemputan simultan menggunakan algoritma genetika. [2] menyelesaikan masalah rute kendaraan heterogen, jendela waktu, produk dan penyimpanan majemuk serta faktor emisi kendaraan. [3] mengoptimasi rute pengiriman dengan jendela waktu menggunakan aplikasi *AnyLogistix*. [4] menyelesaikan masalah rute kendaraan dengan jendela waktu menggunakan algoritma *Sweep*. [5] menyelesaikan masalah rute kendaraan dengan jendela waktu dan kendaraan heterogen. [6] menggunakan model dasar penentuan rute kendaraan dengan jendela waktu.

2. Metodologi

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Alur penelitian

Penelitian dimulai dari studi kasus empiris, dengan mengidentifikasi gejala masalah, akar masalah dan sistem permasalahan. Selanjutnya dilakukan studi literatur tentang masalah yang akan diselesaikan. Setelah itu dilakukan formulasi masalah. Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menentukan rute kendaraan dengan mempertimbangkan jendela waktu?. Dari rumusan masalah tersebut, ditentukan lagi tujuan dari penelitian ini.

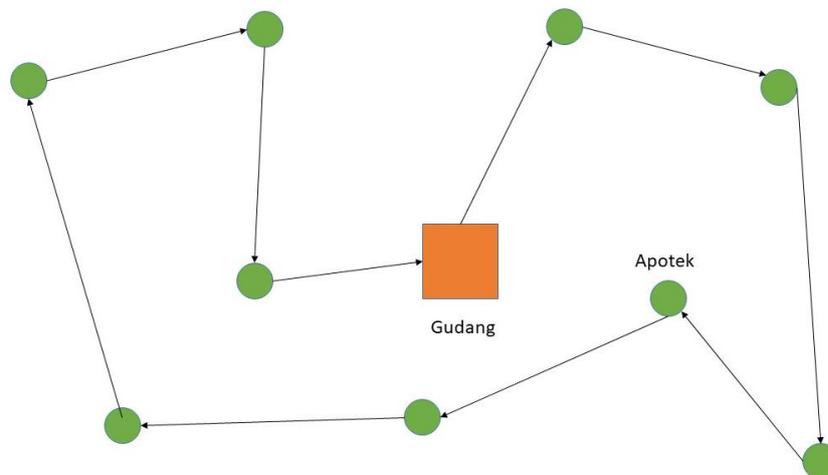
Setelah formulasi masalah, selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data dimulai dari pengumpulan data primer berupa informasi sistem distribusi, dan data sekunder berupa data distribusi berupa jumlah permintaan, lokasi apotek, jumlah dan kapasitas kendaraan, serta jendela waktu. Selanjutnya dilakukan pengolahan data

dengan membuat model matematis menggunakan *software* Lingo 18. Model matematis untuk masalah rute kendaraan dengan jendela waktu diambil dari model [6] dalam [7]. Langkah terakhir dalam analisis adalah analisis hasil komputasi dengan melihat perubahan solusi terhadap penambahan jumlah apotek, serta menampilkan solusi dari masalah. Bagian terakhir dari penelitian adalah menghasilkan kesimpulan dan saran terhadap masalah dan solusi yang telah dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Komponen sistem yang dibahas dalam penelitian ini adalah gudang distributor, apotek, dan kendaraan. Hubungan dari ketiga elemen tersebut adalah kendaraan berangkat dari gudang distributor dengan membawa produk sesuai jumlah permintaan dari apotek menuju ke setiap apotek dengan mempertimbangkan jendela waktu awal dan akhir pelayanan.

Formulasi matematis terbentuk dari hubungan grafik $G = (V, A)$ dengan V adalah *vertex* atau titik, dan A adalah *arc* atau garis. Titik dalam penelitian ini dapat dituliskan sebagai $Node = \{0, 1, 2, 3, \dots, n\}$ dimana 0 adalah lokasi gudang distributor, dan angka lainnya sampai n adalah kumpulan lokasi apotek. Garis yang menghubungkan seluruh titik adalah biaya perjalanan dan waktu tempuh perjalanan antar seluruh titik. Biaya perjalanan disimbolkan dengan CT , sedangkan waktu perjalanan disimbolkan dengan TT . Biaya perjalanan sendiri diperoleh dari jarak antar lokasi dalam $Node$ dikalikan dengan konsumsi bahan bakar kendaraan dan harga bahan bakar [8].



Gambar 1. Sistem distribusi

Kendaraan yang ditugaskan hanya satu jenis saja dengan jumlah 1 unit kendaraan. Kapasitas kendaraan disimbolkan dengan CV . Jumlah permintaan tiap apotek disimbolkan dengan QP . Waktu mulai pelayanan dan waktu selesai pelayanan masing – masing disimbolkan dengan $[ET, LT]$, dan waktu pelayanan disimbolkan dengan ST .



Gambar 2. Titik lokasi gudang dan apotek

Tabel 1. Indeks dan himpunan model

Index	Keterangan	Simbol
i	Gudang distributor	$Node\{0\} (I)$
j	Himpunan apotek	$Node\{1,2,3, \dots, i\} (J)$
k	Himpunan kendaraan	V
n	Himpunan seluruh titik	$Node\{0,1,2,3, \dots, n\} (N)$

Tabel 2. Parameter model matematis

Simbol	Keterangan
QP_j	Jumlah permintaan produk oleh apotek j
CV	Kapasitas kendaraan k
ST_j	Lama waktu pelayanan pada apotek j
$TT_{nn'}$	Waktu perjalanan dari titik n ke titik n'
ET_j	Waktu buka apotek j
LT_j	Waktu tutup apotek j
$CT_{nn'}$	Biaya perjalanan dari titik n ke titik n'

Tabel 3. Variable keputusan

Simbol	Keterangan
$X_{nn'k}$	Bernilai 1 jika terdapat perjalanan dari titik n ke n' menggunakan kendaraan k , dan 0 jika sebaliknya
A_{jk}	Total jumlah distribusi ke apotek j menggunakan kendaraan k
TW_{jk}	Waktu kedatangan kendaraan k di apotek j

Fungsi tujuan:

$$Min \sum_{k \in V} \sum_{n \in N} \sum_{n' \in N, n \neq n'} CT_{nn'} X_{nn'k}$$

1

Fungsi tujuan (1) bertujuan untuk meminimasi total biaya rute distribusi kendaraan.

Pembatas:

$$\sum_{k \in V} \sum_{n' \in N, n' \neq n} X_{nn'k} = 1; \quad \forall n \in N \tag{2}$$

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in J, j \neq i} X_{nn'k} = 1; \quad \forall i \in I \tag{3}$$

$$\sum_{k \in V} \sum_{i \in I, i \neq j} X_{nn'k} = 1; \quad \forall j \in J \tag{4}$$

$$A_{jk} \geq A_{nk} + QP_j - M(1 - X_{njk}); \quad \forall k \in V, \forall n \in N, \forall j \in J, n \neq j \tag{5}$$

$$QP_j \leq \sum_{k \in V} A_{jk} \leq \sum_{k \in V} \sum_{n \in N, n \neq j} X_{njk} CV_k; \quad \forall j \in J \tag{6}$$

$$TW_{jk} \geq TW_{nk} + ST_j + TT_{nj} - M(1 - X_{njk}); \quad \forall k \in V, \forall n \in N, \forall j \in J, n \neq j \tag{7}$$

$$\sum_{n \in N, n \neq j} X_{jnk} \leq TW_{jk} \leq LT_j \sum_{n \in N, n \neq j} X_{jnk}; \quad \forall j \in J, \forall k \in V \tag{8}$$

$$X_{nn'k} = \{0,1\}; \quad \forall n \in N, \forall n' \in N, n' \neq n, \forall k \in V \tag{9}$$

$$A_{jk} \geq 0; \quad \forall j \in J, \forall k \in V \tag{10}$$

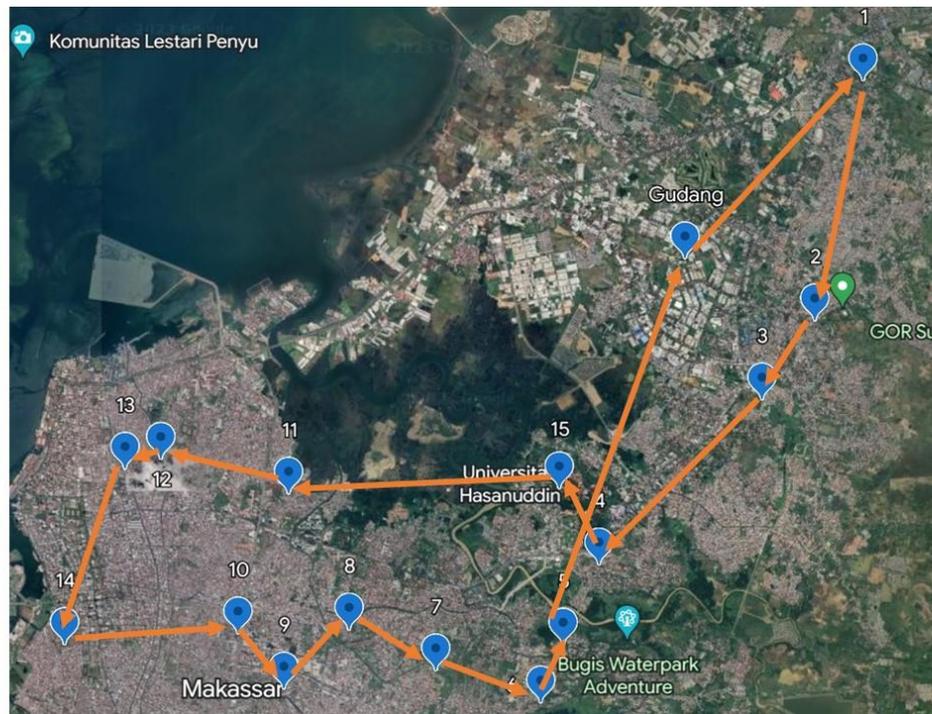
$$TW_{jk} \geq 0; \quad \forall j \in J, \forall k \in V \tag{11}$$

Pembatas (2) memastikan satu kendaraan hanya mengunjungi satu titik saja. Pembatas (3) memastikan rute dimulai dari gudang menuju ke seluruh titik selain gudang. Pembatas (4) memastikan rute dari seluruh titik kecuali gudang berakhir di gudang. Pembatas (5 - 6) merupakan pembatas subtur eliminasi. Pembatas (7 - 8) merupakan pembatas jendela waktu. Pembatas (9 - 11) merupakan pembatas variabel keputusan biner dan non negatif.

Tabel 4. Hasil pengolahan data

Jumlah Pelanggan	Biaya (Rp)	Waktu Komputasi (detik)
5	34.800	0,4
6	37.600	0,53
7	41.800	0,94
8	45.000	0,73
9	47.200	1,4
10	49.700	3,08
11	54.300	7,24
12	58.500	11,19
13	59.300	25,31
14	64.800	52,57
15	66.800	64,48

Berdasarkan Tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah apotek yang dikunjungi maka biaya distribusi juga akan semakin besar. Begitu juga untuk waktu komputasi, semakin banyak jumlah titik pengantaran, maka akan semakin besar juga waktu komputasi yang dibutuhkan.



Gambar 3. Rute terbentuk

Dari hasil olah data yang diperoleh, didapatkan rute optimal untuk masalah ini adalah: Gudang – 1 – 2 – 3 – 4 – 15 – 11 – 12 – 13 – 14 – 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – Gudang. Total biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp 66.800.

4. Kesimpulan

Permasalahan yang diteliti adalah penentuan rute kendaraan untuk distribusi obat dengan mempertimbangkan jendela waktu. Model matematis berbentuk *mix integer linear programming* (MILP). Solusi yang dihasilkan untuk 15 apotek merupakan solusi global optimal dengan total biaya optimal sebesar Rp 66.800 dengan waktu komputasi sebesar 64,48 detik.

Daftar Pustaka

- [1] S. Suprayogi, "Pemecahan Masalah Rute Kendaraan Dengan Trip Majemuk, Jendela Waktu Dan Pengantaran-Penjemputan Simultan Menggunakan Algoritma Genetika," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 2, hal. 95, 2017.
- [2] P. S. Muttaqin, E. B. Setyawan, dan N. Novitasari, "Masalah Rute Kendaraan Heterogen, Waktu Jendela, Produk dan Penyimpanan Majemuk Serta Mempertimbangkan Faktor Emisi Kendaraan," *KAIZEN Manag. Syst. Ind. Eng. J.*, vol. 3, no. 1, hal. 35, 2020.
- [3] W. Wijanarko dan N. Sepadyati, "Optimasi Rute Pengiriman Capacitated Vehicle Routing Problem...", *J. Titra*, vol. 10, no. 2, hal. 513–520, 2022.
- [4] D. S. Taptajani, "Implementasi Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows dengan Pendekatan Algoritma Sweep untuk Distribusi Pengangkutan Sampah," *J. Kalibr.*, vol. 19, no. 1, hal. 1–6, 2021.
- [5] E. Fatma dan S. Manurung, "Optimasi Biaya Transportasi Komponen dengan Batasan Jendela Waktu Layanan Sempit dan Kapasitas Kendaraan Beragam," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 7, no. 1, hal. 30, 2020.
- [6] G. Desaulniers, O. B. G. Madsen, dan S. Ropke, *Chapter 5: The Vehicle Routing Problem with Time Windows*. 2014.
- [7] P. Toth dan D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*. 2002.
- [8] A. M. F. Achmad dan A. P. Enggita, "Model Matematis Penentuan Lokasi Fasilitas Dan Rute Kendaraan Dengan Mempertimbangkan Jendela Waktu Dan Kendaraan Heterogen Terbatas Pada Sistem Pengelolaan Limbah." *JAIER*, Makassar, 2022.