
OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI MATRAS PADA PENYELESAIAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Oleh

Hester Patmawati¹, Yohanes Anton Nugroho²

^{1,2}Universitas Teknologi Yogyakarta

E-mail: ¹hesterpatma05@gmail.com, ²yohanesanton@uty.ac.id

Article History:

Received: 28-05-2022

Revised: 13-06-2022

Accepted: 27-06-2022

Keywords:

Supply Chain Management,
VRP, CVRP, Algoritma
Genetika, pendistribusian,
matras

Abstract: Pendistribusian merupakan salah satu proses penting pada proses bisnis yang menjadi bagian dari Supply Chain Management. Dalam proses pendistribusian sendiri sering terjadi berbagai macam kendala yang dapat mempengaruhi biaya pendistribusian. Kendala distribusi yang dialami oleh PT SMI dalam melakukan distribusi matras yang diproduksi kepada konsumen adalah kapasitas armada atau kendaraan yang belum memadai. Dengan pendistribusian kepada konsumen yang berada di seluruh Jawa tengah dan Yogyakarta, bahkan sudah merambah ke Jawa Barat. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh PT SMI, dapat dikategorikan sebagai kendala kapasitas dalam penentuan rute pengiriman atau CVRP memiliki banyak penyelesaian yang dapat diterapkan guna mendapat rute perjalanan yang lebih optimal. Metode Algoritma Genetik merupakan salah satu metode perhitungan metaheuristic dimana metode ini memiliki suatu mekanisme pencarian yang terinspirasi oleh proses evolusi biologis makhluk hidup. Dalam beberapa kasus dengan jenis VRP yang berbeda-beda dengan jarak dan waktu yang efisien yang dapat membangun distribusi dengan efektifitas dan efisiensi yang baik. Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat dilihat perbandingan hasil keseluruhan jarak tempuh pendistribusian matras spring bed. Dimana terdapat perbedaan jarak tempuh sebesar 1,65% atau 39,43 Km. Hal ini disebabkan pada kondisi awal pendistribusian dalam sekali pengiriman perusahaan menggunakan 6 kendaraan dengan kapasitas kurang dari 140 matras, sehingga 1 kendaraan bisa melakukan distribusi dua kali. Sedangkan pada rute usulan didapatkan skenario rute dengan memaksimalkan kapasitas dalam 1 kali pengiriman sehingga pendistribusian matras spring bed dapat dilakukan dengan lebih efisien dari rute sebelumnya.

PENDAHULUAN

Pendistribusian merupakan salah satu proses penting pada proses bisnis yang menjadi bagian dari Supply Chain Management. Dalam proses pendistribusian sendiri sering terjadi berbagai macam kendala yang berkaitan dengan jarak tempuh. Kendala yang biasa terjadi diantaranya adalah kapasitas angkut kendaraan, jumlah permintaan tiap lokasi yang berbeda, lokasi konsumen yang berbeda, dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan suatu cara penentuan rute distribusi agar dalam proses pendistribusian produk dapat lebih efektif dan efisien. (Qiao et al., 2020)

Kendala yang dialami oleh PT SMI dalam melakukan distribusi matras yang diproduksi kepada konsumen adalah kapasitas armada atau kendaraan yang belum memadai. PT SMI dalam melakukan pendistribusian produk matras spring bed kepada konsumen dengan menggunakan 4 truk dan 2 elsavek. Dengan kapasitas pengangkutan untuk 1 truk (colt diesel FE 73) dapat memuat 25-30 matras, sedangkan untuk 1 pick up (Hijet S89 zebra 1300 cc) mampu memuat 10-15 matras. Dengan pendistribusian kepada konsumen yang berada di seluruh Jawa tengah dan Yogyakarta, bahkan sudah merambah ke Jawa Barat. Akibat yang disebabkan oleh kendala dalam hal pendistribusian ini adalah pembengkakan biaya pengiriman yang terjadi karena bertambahnya jam kerja supir dan kernet, seperti yang terjadi pada tanggal 11 November 2021 dimana jumlah barang yang harus dikirimkan adalah sebanyak 170 matras pada kota-kota yang berbeda, dengan keterbatasan kapasitas kendaraan, seperti kendaraan pertama dengan kapasitas muatan 30 matras mengirimkan matras ke Magelang, Temanggung, Muntilan, dan Klaten sebanyak 30 matras, kendaraan ke dua memiliki kapasitas muatan 30 matras mengirimkan matras ke Purwodadi, Godong, Cepu sebanyak 22 matras, kendaraan ke tiga memiliki kapasitas muatan 30 matras mengirim ke Batang, Kendal, dan Pekalongan sebanyak 25 matras, kendaraan ke empat memiliki kapasitas muatan sebanyak 30 matras mengirim ke Demak, Jepara, Tayu, dan Pati sebanyak 28 matras, kendaraan kelima memiliki kapasitas 15 matras mengirim ke Sidareja dan Karang pucung sebanyak 10 matras, kendaraan keenam memiliki kapasitas muatan sebanyak 15 matras mengirim ke Ngaliyan, Bawen, Banyumanik, dan Ambarawa, dengan permintaan matras sebanyak 170 dan dengan muatan pada kendaraan yang kurang maksimal sehingga akan dilakukan distribusi ke 7 dan ke 8 untuk mengirim kan produk kepada konsumen. Hal ini lah yang menyebabkan terjadinya bertambahnya biaya untuk ekspedisi, serta kekecewaan pelanggan karena barang tidak dapat sampai dengan tepat waktu.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh PT SMI, dapat dikategorikan sebagai kendala kapasitas dalam penentuan rute pengiriman atau CVRP memiliki banyak penyelesaian yang dapat diterapkan guna mendapat rute perjalanan yang lebih optimal dan meminimasi biaya. Metode Algoritma Genetik merupakan salah satu metode perhitungan metaheuristic dimana metode ini memiliki suatu mekanisme pencarian yang terinspirasi oleh proses evolusi biologis makhluk hidup. Dalam beberapa kasus engan jenis VRP yang berbeda-beda dengan jarak dan waktu yang efisien yang dapat membangun distribusi dengan efektifitas dan efisiensi yang baik.

LANDASAN TEORI

1.1 Optimasi

Optimasi berasal dari kata bahasa Inggris optimization yang memiliki arti meminimumkan atau memaksimumkan sebuah fungsi yang telah diberikan untuk beberapa macam kendala. Permasalahan optimasi merujuk pada sebuah studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai maksimal atau minimal dari sebuah fungsi nyata. Terdapat banyak permasalahan yang direpresentasikan ke dalam sebuah kerangka permasalahan tersebut, misalnya biaya yang minimum, pendapatan yang maksimum dan lain sebagainya. (Nono et al., 2020)

Berdasarkan dari beberapa pengertian yang telah dijelaskan maka dapat diartikan optimasi merupakan suatu proses guna mencapai nilai yang minimal ataupun maksimal dari beberapa fungsi tujuan dengan melihat beberapa kendala yang telah diberikan.

1.2 Distribusi

Distribusi merupakan suatu kegiatan dengan cara memindahkan barang dari pihak supplier kepadapihak agen pada tahapan proses supply chain. Distribusi adalah kunci dari sebuah keuntungan yang akan diperoleh suatu perusahaan dikarenakan distribusi yang dilakukan dengan secara langsung dapat mempengaruhi biaya/cost dari supply chain dan kebutuhan terhadap agen tertentu. (Sitek et al., 2021)

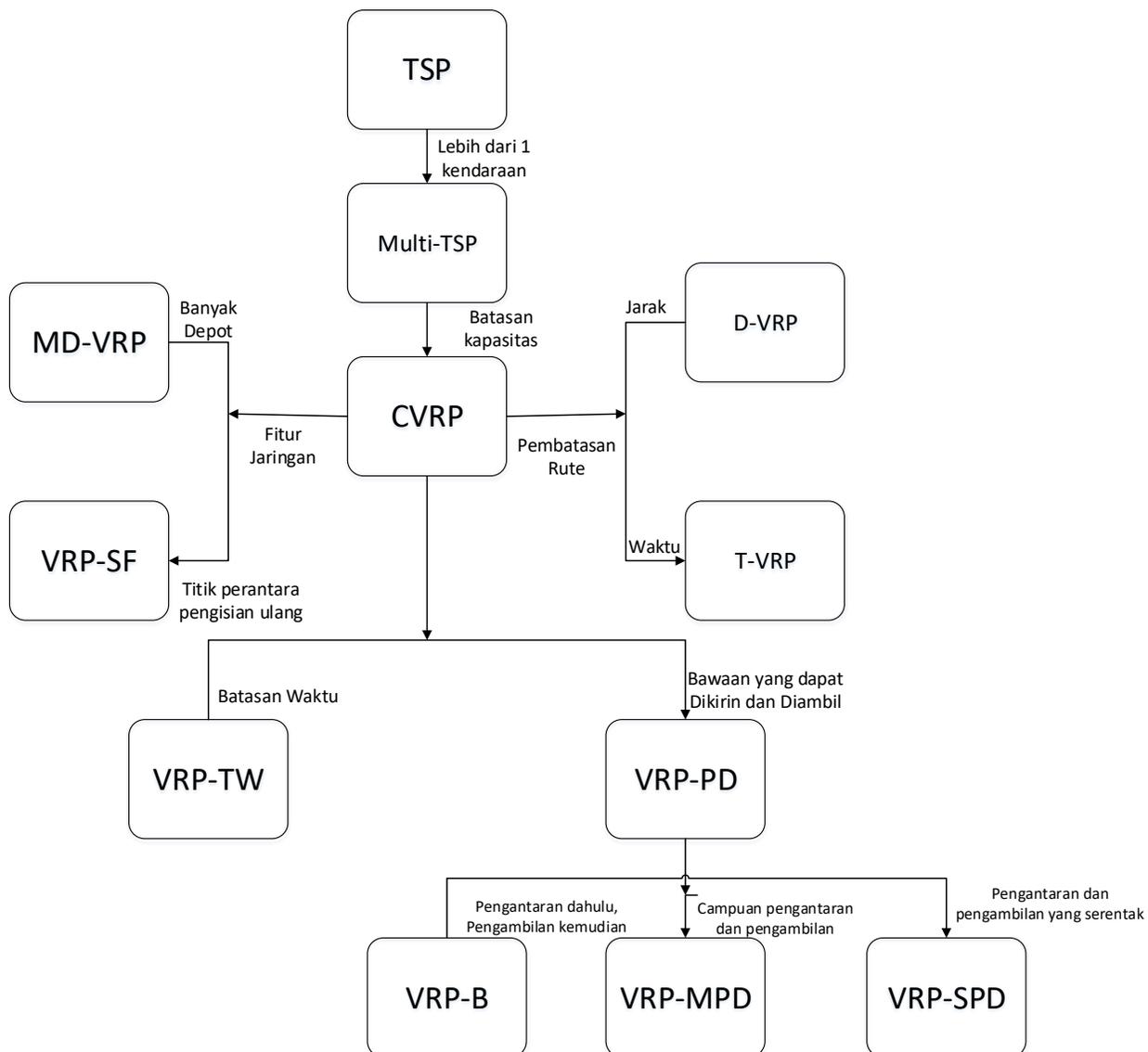
Distribusi melibatkan semua aspek didalam proses pengiriman barang kepada agen. Distribusi juga dapat dijelaskan sebagai bagian dari material handling, dikarenakan material handling adalah perpindahan pada setiap saat dan setiap titik.

Jadwal keputusan pengiriman serta rute yang akan ditempuh bagi setiap tipe kendaraan sangat akan berpengaruh terhadap biaya pengiriman. Akan tetapi, biaya tidaklah menjadi satu – satunya faktor yang dipertimbangkan didalam suatu proses pengiriman (Tebaldi et al., 2020). Jadwal dan rute juga sering kali harus mempertimbangkan beberapa kendala lain salah satunya adalah armada pengangkutan ataupun kapasitas dari masing – masing kendaraan. Dapat disimpulkan pada permasalahan penjadwalan atau penentuan rute pengiriman terdapat beberapa tujuan yang akan dicapai seperti tujuan meminimumkan waktu atau meminimumkan jarak tempuh serta meminimumkan biaya pengiriman.

1.3 Vehicle Routing problems

Vehicle Routing Problem didefinisikan sebagai suatu cara pencarian dari penggunaan yang efisien dengan sejumlah kendaraan yang akan melakukan perjalanan untuk mengunjungi beberapa tempat untuk menjemput dan mengantarkan barang. Menentukan beberapa pasangan kendaraan – kendaraan tersebut dengan mempertimbangkan setiap kapasitas kendaraan yang digunakan dalam satu kali angkut guna meminimalkan biaya transportasi yang dibutuhkan.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah yang ada pada sebuah problem dimana untuk sejumlah kendaraan dengan sejumlah rute yang berada pada satu depot atau lebih harus dilakukan penentuan jumlah yang dibutuhkan agar dapat melayani konsumen – konsumen yang tersebar secara geografis. Solusi dari sebuah VRP adalah penentuan rute yang terbaik, minimasi ongkos transportasi, dan penyelesaian masalah optimalisasi dari suatu system distribusi dan transportasi. Menurut Gonzales-Feliu, klasifikasi VRP di bedakan menjadi beberapa bagian seperti diperlihatkan pada bagan dibawah ini. (Irman et al., 2017)



Gambar 1 Pembagian CRP

Sumber: (Gonzales-Feliu, 2019)

1.4 Capacitated Vehicle Routing Problems

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah bentuk yang paling umum dari permasalahan VRP dengan adanya pembatas kendala pada setiap kendaraan yang bersifat homogen berdasarkan keterbatasan kapasitas kendaraan yang digunakan untuk mengunjungi setiap agen/toko sesuai dengan permintaan masing – masing agen/toko tersebut. Tahapan awal pemodelan yaitu dengan melakukan pendefinisian himpunan, parameter dan variable keputusan yang digunakan dalam model ini. Berikut adalah himpunan himpunan yang digunakan (Hidayatullah, 2019) .

V :Himpunan konsumen

D :Himpunan depot

K :Himpunan kendaraan

Berikut adalah parameter model yang digunakan:

C_k :Kapasitas kendaraan

d_i :Permintaan konsumen i

Variabel keputusan model CVRP didefinisikan untuk menentukan rute dari setiap kendaraan, dimana setiap rute kendaraan harus berawal dan berakhir di depot yang ditentukan. Variabel 2749opic2749tu keputusan tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$X_{ij}^k = (1)$ Jika terdapat perjalanan dari i ke j dengan kendaraan k

(0) Jika tidak terdapat perjalanan dari i ke j dengan kendaraan

$Y_{ij}^K = (1)$ Jika kendaraan K mengunjungi konsumen

(0) Jika kendaraan K tidak mengunjungi konsumen

Selain himpunan, parameter, dan variabel keputusan pada penelitian ini, didefinisikan kendala-kendala model CVRP sebagai berikut:

1. Setiap konsumen hanya dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan. Kendala ini didefinisikan sebagai berikut:

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1, \forall i \in V \dots\dots\dots (1)$$

2. Rute dari setiap kendaraan berawal dari depot yang sama. Ini berarti banyaknya kendaraan yang meninggalkan depot sama dengan jumlah kendaraan yang tersedia. Kendala ini didefinisikan sebagai berikut

$$\sum_{k \in K} y_i^k = |K|, \forall i \in V \dots\dots\dots (2)$$

3. Setiap kendaraan akan mengunjungi satu konsumen. Setelah itu kendaraan akan meninggalkan konsumen tersebut untuk melanjutkan perjalanan menuju konsumen selanjutnya dan akhir perjalanan untuk menuju depot. Ini berarti kendaraan yang menuju konsumen i akan meninggalkan konsumen i . Kendala ini didefinisikan sebagai berikut

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^k = y_i^k = \forall i, l \in V \cup D, \forall k \in K \dots\dots\dots (3)$$

4. Setiap kendaraan memiliki batasan kapasitas sebesar C_k . Oleh karena itu total permintaan konsumen yang harus dipenuhi dalam satu rute oleh setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan. Kendala ini didefinisikan sebagai berikut

$$\sum_{i \in V} d_i y_i^k \leq C_k, \forall k \in K \dots\dots\dots (4)$$

5. Rute setiap kendaraan harus terhubung. Misalkan S adalah himpunan bagian dari V dan $|S|$ adalah banyaknya anggota di S . Jika suatu kendaraan mengunjungi $i \in S$ dan jika terdapat rute menuju $j \in S$, maka banyak rute yang dilalui oleh kendaraan tersebut di S tidak lebih dari $|S| - 1$. Kendala ini didefinisikan sebagai berikut

$$\sum_{i \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1, \forall S \subseteq V, |S| \geq 2, \forall k \in K \dots\dots\dots (5)$$

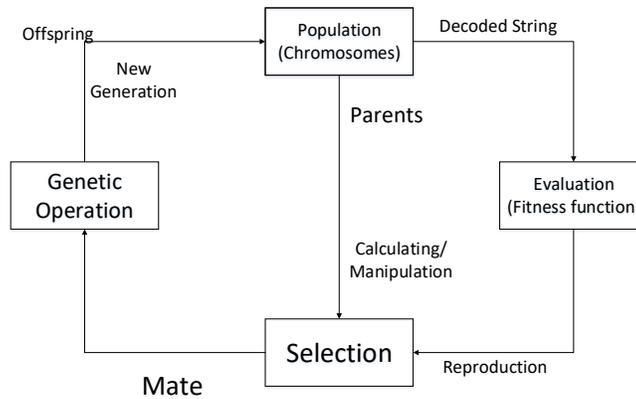
Fungsi tujuan dari model CVRP adalah meminimumkan jarak tempuh perjalanan bagi semua kendaraan di K . Fungsi tujuan tersebut dituliskan sebagai berikut

$$z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in K} \sum_{j \in K} C_{ij} x_{ij}^k \dots\dots\dots (6)$$

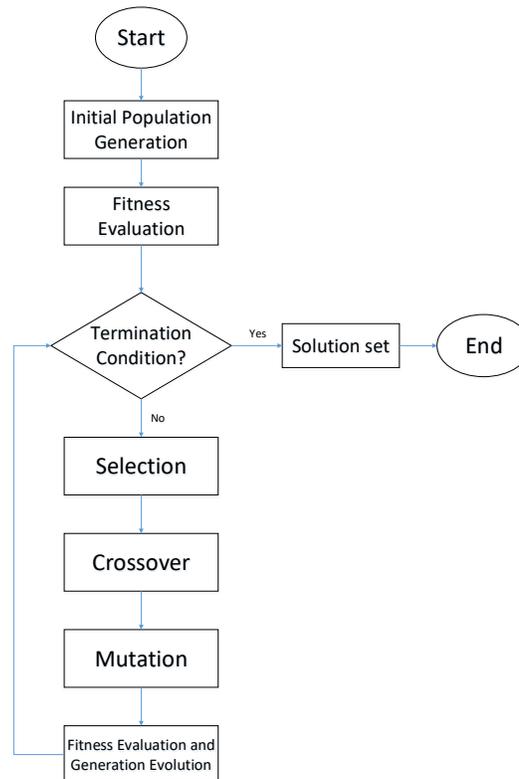
1.5 Algoritma Genetic

Algoritma genetic pertama kali ditemukan pada tahun 1975 dan menjadi salah satu metode metaheuristik untuk menentukan solusi dalam suatu permasalahan secara optimal dengan menggunakan suatu prosedur pencarian yang menyerupai proses evaluasi biologis makhluk hidup (Fatnita & Lukmandono, 2020). Mekanisme yang digunakan dalam pengerjaannya menggunakan kombinasi dari permasalahan – permasalahan acak yang terstruktur. Prosedur dalam pengerjaan algoritma genetic dapat dilikar dalam gambar

bagan berikut.



Gambar 2 Prosedur pengerjaan Algoritma Genetika



Gambar 3 tahapan pengerjaan CVRP dengan Algoritma Genetika

Mekanisme Umum Algoritma Genetika

Mekanisme dalam proses pengembangbiakan pada algoritma genetika adalah sebagai berikut (Fatnita & Lukmandono, 2020).

- a. Proses pembentukan kromosom dan inisiasi
 Dimulai proses algoritma genetika adalah dengan melakukan inisiasi beberapa individu atau disebut juga dengan populasi. Setiap individu merupakan suatu solusi yang ingin dicari solusinya.
- b. Perhitungan nilai *fitness*

Nilai *fitness* dihitung dengan menghitung secara komulatif pada semua individu dalam satu kromosom untuk mengetahui seberapa besar kualitas suatu kromosom untuk bertahan di generasi selanjutnya.

c. Evaluasi kromosom

Evaluasi kromosom berfungsi untuk mengukur kualitas dari sebuah solusi dan memungkinkan tiap solusi untuk dibandingkan. Evaluasi kromosom dilakukan dengan rumus sebagai berikut

$$Q[i] = \frac{1}{\text{fitness}[i]}$$

d. Seleksi kromosom

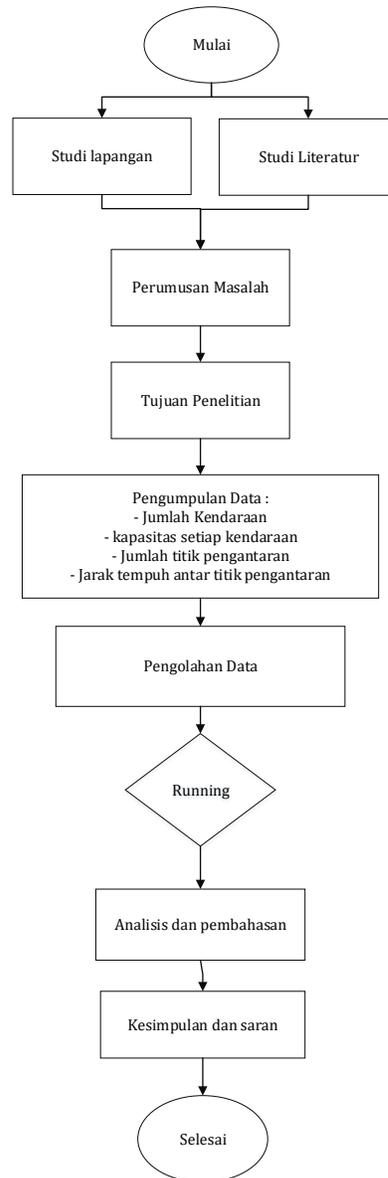
Seleksi merupakan pemilihan dua buah kromosom untuk dijadikan sebagai induk yang dilakukan secara proposional sesuai dengan nilai fitnessnya. Penyeleksian kromosom dilakukan dengan tujuan mencari kromosom yang memiliki nilai *fitness* paling baik diantara kromosom lainnya untuk dijadikan induk dalam generasi selanjutnya.

e. *Crossover* atau pindah silang

Pindah Silang (*crossover*) adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk kromosom baru. Proses *crossover* dalam algoritma genetika dilakukan dengan banyak metode, diantaranya adalah *single point*, *double point crossover*, *shuffle crossover*, *flat crossover*, *heuristic crossover* dan lain-lain.

f. Proses mutasi

Mutation atau proses mutasi juga memiliki banyak metode yang dapat dipilih dalam pelaksanaan algoritma genetika diantaranya *intervisio mutation*, *scramble mutation*, *swap mutation*, *uniform mutation*, *reversing mutation*, dan lain-lain. Untuk menentukan kromosom baru maka yang dilakkan adalah dengan menggabungkan dua indukan dengan menggunakan operator *crossover* atau dengan cara melakukan proses modifikasi kromosom dnegan menggunakan operator mutasi.

METODE PENELITIAN

Gambar 4 Metode Penelitian

1. Studi lapangan

Tahap ini bertujuan untuk memberikan pemahaman terhadap masalah yang akan diteliti berdasarkan penelitian sebelumnya sebagai referensi. Studi pustaka dilakukan dengan mengambil beberapa 2752opic2752ture yang berkaitan dengan penyusunan Tugas Akhir baik dari buku-buku, jurnal, dan juga internet.

2. Studi Literatur

Tahap ini merupakan observasi langsung ke lapangan yang bertujuan untuk mengetahui secara langsung bagaimana permasalahan yang dialami oleh PT Semarang Indah Eramoderen.

3. Perumusan Masalah

Tahap identifikasi masalah merupakan tahap penentuan 2753opic permasalahan yang akan di bahas pada tugas akhir, yang disesuaikan dengan kondisi lapangan secara langsung

4. Pengumpulan data

Pengamatan dilakukan apabila masalah sudah ditentukan kemudian dilakukan pengumpulan data mengenai masalah yang ada.

5. Running program

Menjalankan program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* Matlab R2019b.

6. Analisis dan pembahasan

Dari hasil pengolahan data kemudain dilakukan analisis yang dimana memuat mengenai pembahasan yang lebih luas mengenai data yang telah diolah.

7. Kesimpulan dan saran

Tahapan terakhir yaitu menarik kesimpulan dari hasil analisis serta memberikan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dapat dilihat perbandingan hasil keseluruhan jarak tempuh pendistribusian matras spring bed. Dimana terdapat perbedaan jarak tempuh sebesar 1,65% atau 39,43 Km. Hal ini disebabkan pada kondisi awal pendistribusian dalam sekali pengiriman perusahaan menggunakan 6 kendaraan dengan kapasitas kurang dari 140 matras, sedangkan pada rute usulan didapatkan skenario rute dengan memaksimalkan kapasitas kendaraan dalam 1 kali pengiriman untuk 6 kendaraan sehingga terjadi perubahan total jarak tempuh. Dapat dilihat hasil pengolahan data pada table 1.

Hasil penelitian mengenai perancangan rute distribusi dan transportasi mempunyai hubungan yang sangat penting terlebih untuk perusahaan yang mendistribusikan produknya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penurunan jumlah jarak tempuh distribusi awal sebelum dilakukan perhitungan menggunakan metode algoritma genetika selama 5 hari pendistribusian masih cenderung lebih besar, keadaan ini kemudian keadaan ini akan mempengaruhi profit perusahaan secara signifikan jika terjadi terus-menerus. Setelah dilakukan percobaan perhitungan menggunakan metode algoritma genetika selama periode waktu 5 hari kerja di dapat kan penurunan 1,65% yang akan berpengaruh pada jumlah kendaraan yang akan digunakan perusahaan dalam proses ditribusi. Dengan adanya penurunan ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam proses pendistribusian dengan efektif dan efisien .

Tabel 1 Hasil pengolahan data

Tanggal	Jarak tempuh awal (KM)	Jarak Tempuh usulan(KM)	Jumlah perbedaan	Persentase(%)
1	324	319,86	4,14	0,987
2	1204,78	1200,31	4,47	0,99629
3	289,07	202,89	86,18	0,701872
4	526,68	519,42	7,26	0,986216
5	345,6	330	15,6	0,954861
Total	2690,13	2572,48	117,65	4,626238

Sumber: (olahdata,2022)

Didapatkan pula urutan rute usulan yang memiliki jumlah jarak yang lebih optimal. Pada hari pertama terdapat perubahan rute dimana H6-H7-H8-H9-H10-H11-H12-H14-H15-H16-H17-H1-H2-H3-H4-H5. Pada hari kedua juga mengalami perubahan rute N14-N15-N16-N17-N18-N19-N20-N21-N6-N7-N8-N9-N10-N11-N12-N13-N2-N3-N4-N5-N1. Pada hari ketiga perubahan rute yang terjadi adalah D1-D2-D6-D7-D8-D9-D10-D11-D12-D13-D14-D15-D16-D17-D18-D3-D4-D5. Pada hari keempat terjadi perubahan rute S1-S2-S7-S8-S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S3-S4-S5. Dan pada hari kelima terjadi perubahan rute Y4-Y5-Y6-Y7-Y8-Y9-Y10-Y11-Y12-Y1-Y2-Y3-Y13-14-Y15-16-17-18. Serta dapat dilihat pula pada table 2.

Tabel 2 Rute Usulan

Hari	Rute	Jumlah jarak
1	D-H6-H7-H8-H9-H10-H11-H12-H13-H14-H15-H16-H17-H1-H2-H3-H4-H5	319,86 km
2	D-N14-N15-N16-N17-N18-N19-N20-N21-N6-N7-N8-N9-N10-N11-N12-N13-N2-N3-N4-N5-N1	1200,31km
3	D-D1-D2-D6-D7-D8-D9-D10-D11-D12-D13-D14-D15-D16-D17-D18-D3-D4-D5	202,89 km
4	D-S1-S2-S7-S8-S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S3-S4-S5	519,42km
5	D-Y4-Y5-Y6-Y7-Y8-Y9-Y10-Y11-Y12-Y1-Y2-Y3-Y13-14-Y15-16-17-18	330 km

Sumber: (Olahdata,2022)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan model permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* yang diselesaikan dengan metode algoritma genetika dengan bantuan *software* Matlab versi R2019b didapatkan penurunan total jarak tempuh pendistribusian matras spring bed sebesar 1,65 % atau 39,43km dari jarak tempuh semula. Dengan menggunakan algoritma genetika didapatkan skenario rute dengan memaksimalkan kapasitas dalam 1 kali pengiriman sehingga pendistribusian matras spring bed dapat dilakukan dengan lebih efisien dari rute *existing*.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyakarta sebagai Civitas akademika yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. N. Olivia, "Penyelesaian vehicle routing problem with simultaneous pick up and delivery menggunakan metode Constrain Programming", Skripsi, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 2019.
- [2] Dellaert, N., Van Woensel, T., Crainic, T. G., & Dashty Saridarq, F. (2021). A multi-commodity two-Echelon capacitated vehicle routing problem with time windows: Model formulations and solution approach. *Computers and Operations Research*, 127, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105154>
- [3] Hidayatullah, W. M. (2019). Solusi Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows Sistem Distribusi LNG Papua Dengan Algoritma Ant Colony Optimization. https://repository.its.ac.id/60312/%0Ahttps://repository.its.ac.id/60312/1/09211650014033-Master_Thesis.pdf
- [4] Irman, A., Ekawati, R., & Febriana, N. (2017). Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle Dengan Algoritma Clarke & Wright Saving Dan Model Vehicle Routing Problem. Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, 1-7. <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/839>
- [5] Lukmandono, M. Basuki, M. J. Hidayat, and F. B. Aji, "Application of Saving Matrix Methods and Cross Entropy for Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Resolving," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 462, no. 1, 2019.
- [6] Nono, V., Sofitra, M., & Wijayanto, D. (2020). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Untuk Depo Pt. Abc Kubu Raya. *Jurnal TIN Universitas Tanjungpura*, 4(2), 232-238.
- [7] Qiao, Q., Tao, F., Wu, H., Yu, X., & Zhang, M. (2020). Optimization of a capacitated vehicle routing problem for sustainable municipal solid waste collection management using the PSO-TS algorithm. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph17062163>
- [8] Sitek, P., Wikarek, J., Ruczyńska-Wdowiak, K., Bocewicz, G., & Banaszak, Z. (2021). Optimization of capacitated vehicle routing problem with alternative delivery, pick-up and time windows: A modified hybrid approach. *Neurocomputing*, 423(xxxx), 670-678. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.02.126>
- [9] S. Hanna, "Pemodelan vehicle routing problem with time window untuk mengoptimasi rute distribusi produk Sari Roti dengan metode algoritme Sweep and Mixed Integer Linear Programming (studi kasus: CV Jogja Transport)," Skripsi, Prodi Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, 2017
- [10] Tebaldi, L., Murino, T., & Bottani, E. (2020). An adapted version of the water wave optimization algorithm for the capacitated vehicle routing problem with time windows with application to a real case using probe data. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9), 1-13. <https://doi.org/10.3390/su12093666>

HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN