



Simulasi Pengiriman Air Mineral Galon dengan Multi Depot Menggunakan *Hill Climbing* dan Algoritma A*

¹ Muhammad Dzulfikar Fauzi, ² Granita Hajar, ³ Desita Nur Rachmaniar, ⁴ Mohammad Hamim Zajuli al Faroby

¹ Informatika, Direktorat kampus Surabaya, Universitas Telkom

²³ Teknik Logistik, Direktorat kampus Surabaya, Universitas Telkom

⁴ Sains Data, Direktorat kampus Surabaya, Universitas Telkom

¹dzulfikarf@telkomuniversity.ac.id, ²granita@telkomuniversity.ac.id, ³desitanurr@telkomuniversity.ac.id,

⁴alfarobymhz@telkomuniversity.ac.id

Abstract

Mineral water is very important for human health because it plays a role in body hydration, maintaining fluid balance, and supporting the function of organs and body systems. To meet daily needs, distribution of the water from depots to customers must be considered which the fastest route for efficient delivery costs. The aim of this study is to find the shortest route with the best depot allocation and taking account the limitations of capacity of each depot and the vehicle. The Hill Climbing algorithm is an effective method to determine the closest route from delivery points. In addition, the A* algorithm can be used to search optimal routes by using additional information (heuristics) that direct the search to the most efficient path. According to the study's findings, 450.41 is the furthest route using a pick-up mode of transportation with a single depot. While using a pick-up mode of transportation with two depots, the shortest path is 257.62; while using a motorcycle or train, the shortest route is 271.75.

Keywords: Multiple Depots, Hill Climbing, A Star

Abstrak

Air mineral sangat penting bagi kesehatan manusia karena berperan dalam hidrasi tubuh, menjaga keseimbangan cairan, dan mendukung fungsi organ serta sistem tubuh. Untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, distribusi dari depo air ke pelanggan harus mempertimbangkan rute tercepat agar biaya pengiriman efisien. Mencari rute terpendek dengan alokasi depo terbaik dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan kapasitas masing-masing depo dan kendaraan merupakan tujuan dari penelitian ini. Algoritma Hill Climbing merupakan metode yang efektif untuk menentukan rute terdekat antar titik pengiriman. Selain itu, algoritma A* dapat digunakan untuk mencari rute optimal dengan menggunakan informasi tambahan (heuristik) yang mengarahkan pencarian ke jalur yang paling efisien. Berdasarkan hasil penelitian, 450,41 merupakan rute terjauh dengan menggunakan moda transportasi penjemputan dengan satu depo. Sedangkan untuk moda transportasi penjemputan dengan dua depo, jalur terpendek adalah 257,62; sedangkan untuk menggunakan sepeda motor atau kereta api, jalur terpendek adalah 271,75.

Kata Kunci: Depo, Hill Climbing, A Star

© 2025 Jurnal Pustaka AI

1. Pendahuluan

Konsumsi air minum atau air mineral merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan air minum pun meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan semakin pesatnya perkembangan industri air minum, yang menyebabkan persaingan yang ketat antar pelaku usaha [1]. Agar mampu bersaing, para pelaku bisnis harus mampu memenuhi kepuasan pelanggan dengan meningkatkan pelayanan, terutama dalam hal ketepatan dan kecepatan penyampaian. Menentukan sistem distribusi yang tepat merupakan salah satu cara yang perlu dilakukan. Distribusi adalah proses penyaluran barang dari satu tempat ke tempat lain, di mana penentuan rute yang tepat dapat membantu perusahaan mempercepat penyaluran barang [2].

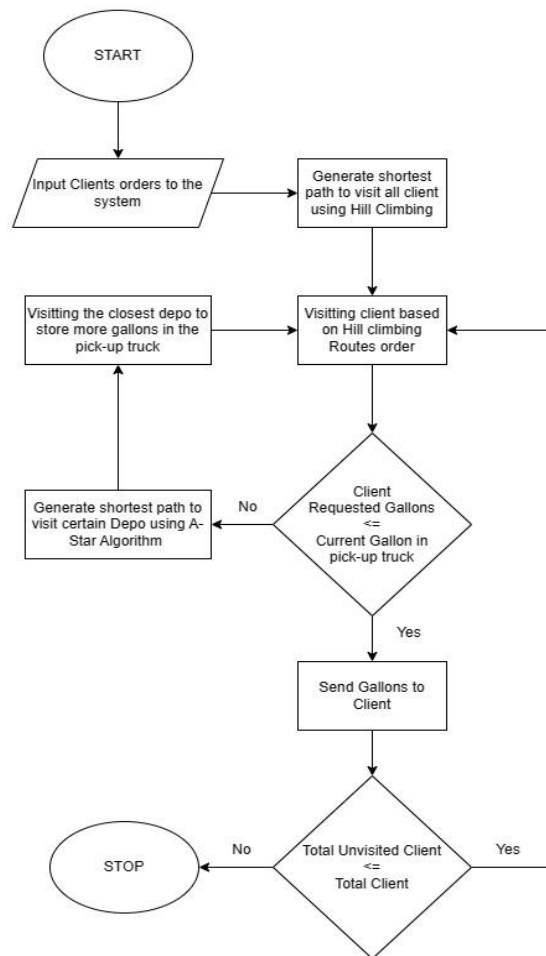
Permasalahan pencarian rute tercepat atau sering disebut vehicle routing problem (VRP) seringkali menjadi kajian yang menarik dengan berbagai macam skema dan perkembangan yang cukup pesat, penelitian yang dilakukan berfokus pada multi depot VRP (MDVRP). Penelitian yang dilakukan oleh Fung et al 2009 dan Mengyi Niu et al 2021 memiliki konsep yang mirip walaupun metode yang diterapkan memiliki gap yang cukup besar, pada keduanya menyelesaikan MDVRP dengan mempertimbangkan bobot yang diberikan pada rute perjalanan yang ditempuh. Perbedaan pembobotan terletak pada masing-masing metode yang digunakan, Fung menggunakan biaya terkait bobot untuk menentukan rute terbaik, sedangkan Mengyi Niu menggunakan pendekatan algoritma semut untuk menentukan rute terbaik dengan cara memberikan bobot pada rute mana saja yang sering digunakan oleh semut dan akan dijadikan solusi utama [3], [4]. sebanding dengan penelitian Fitriana et al. dan Mahmud et al. yang menyelesaikan skenario MDVRP menggunakan pendekatan Algoritma Genetika. Mahmud menggunakan pendekatan GA GenClust untuk menemukan solusi efektif terhadap permasalahan rute kendaraan Multi Depot, sedangkan Fitriana menggunakan GA untuk mengidentifikasi rute distribusi depo ke setiap pelabuhan, sehingga menghasilkan jarak pendek dengan waktu tempuh berkurang dan biaya minimal [5], [6].

Sektor logistik tidak dapat dipisahkan dari VRP dalam mendistribusikan produk atau jasa, Calvet et al dan Karadeniz et al menerapkan VRP untuk menyelesaikan studi kasus untuk multi depot, Carvet menggunakan teknik statistik dan metaheuristik untuk memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan mampu menentukan rute terbaik sehingga dapat meminimalkan biaya untuk mendistribusikan barang maupun jasa. Karadeniz menggunakan studi kasus nyata yang mencakup 3 gudang, armada heterogen, beberapa periode, dan sekitar dua puluh empat pelanggan. Skenario yang digunakan adalah membandingkan kasus 10-15-20 pelanggan dengan skenario 3 depot, 1 depot, armada heterogen, dan homogen [7], [8]. Dalam permasalahan VRP, teori graf dalam matematika juga dapat diterapkan, yaitu melalui penerapan metode hill climbing, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Agardi et al. dan Ilwaru et al. Agardi, permasalahan rute mobil listrik dengan stasiun pengisian daya dapat diselesaikan secara efektif dengan menerapkan heuristik konstruksi, heuristik perbaikan, atau campuran keduanya. Dalam perbandingan algoritma koloni semut dan pendakian bukit yang dilakukan Ilwaru untuk menentukan rute kapal dengan banyak depo, algoritma pendakian bukit terbukti lebih akurat. Setiap rute dalam studi ini memiliki sejumlah stasiun awal, atau depo, yang masing-masing memiliki kapasitas tertentu. Tujuannya adalah menemukan rute terpendek dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada seperti kapasitas kendaraan dan depo, serta distribusi depo yang tepat. [9], [10]

Dalam penelitian ini, setiap rute terdiri dari beberapa titik awal (depo) yang memiliki kapasitas tertentu. Tujuannya adalah untuk menentukan rute mana yang tercepat dengan alokasi depo yang tepat dan kendala yang ada seperti kapasitas setiap depo dan kendaraan.

2. Metode Penelitian

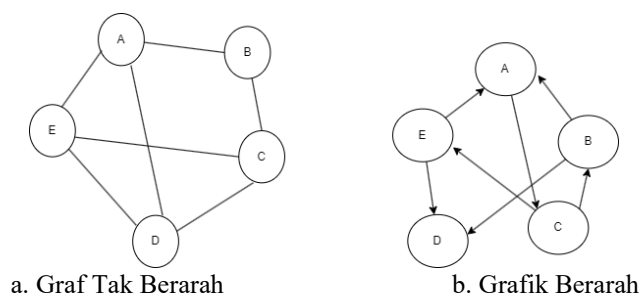
Penelitian ini memiliki alur solusi dalam menentukan rute terpendek untuk mengirimkan galon ke setiap klien yang disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1. Proses dimulai dari pemasukan pesanan pelanggan ke dalam sistem. Sistem kemudian menghasilkan rute terpendek untuk mengunjungi seluruh pelanggan menggunakan algoritma Hill Climbing. Kendaraan pick-up akan mengunjungi pelanggan sesuai urutan rute tersebut. Pada setiap kunjungan, sistem akan memeriksa apakah jumlah galon yang diminta pelanggan dapat dipenuhi dari jumlah galon yang tersedia di truk. Jika mencukupi, galon dikirimkan ke pelanggan. Namun, jika tidak mencukupi, maka sistem akan mencari depo terdekat untuk mengisi ulang galon menggunakan algoritma A* untuk menentukan rute tercepat menuju depo tersebut. Setelah pengisian, proses pengantaran kembali dilanjutkan hingga semua pelanggan terlayani. Proses ini berakhir ketika semua pelanggan telah dikunjungi dan tidak ada yang tersisa.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

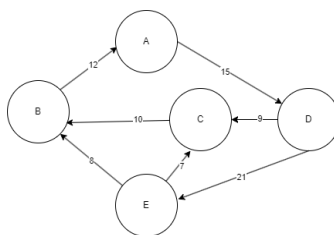
2.1 Graf

Graf adalah sepasang himpunan berupa simpul (vertex) yang tidak boleh kosong dan terhubung dengan himpunan berhingga lainnya yang nantinya akan membentuk sisi yang disebut edge. Graf dibagi menjadi 2, yaitu graf berarah (directed graph) yang merupakan struktur data yang digunakan untuk menggambarkan hubungan searah antar elemen dalam berbagai bidang, seperti jaringan sosial, logistik, dan pemodelan aliran data, dan graf tak berarah (undirected graph) yang merupakan model penting yang digunakan dalam pemodelan hubungan simetris antar elemen dalam jaringan, seperti jaringan pertemanan, jaringan transportasi, dan sebagainya [11], [12].



Gambar 2. Grafik

Selain itu ada pula graf berbobot, yaitu jenis graf yang setiap hubungan antar simpulnya mempunyai bobot atau nilai numerik yang menggambarkan seberapa kuat atau penting hubungan antar simpulnya, bisa juga diartikan seberapa jauh jarak antar simpul dalam graf tersebut [13].

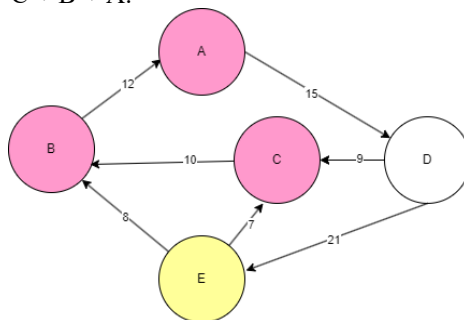


Gambar 3. Grafik Berkisar

2.2 Rute Terpendek

Rute Terpendek (Shorest Path) mengacu pada konsep dasar dalam teori graf yang mencari jalur terpendek atau jalur dengan bobot terkecil antara dua simpul dalam graf berbobot. Dalam konteks ini, bobot menggambarkan biaya, jarak, atau nilai yang harus ditempuh untuk mencapai tujuan dari titik awal graf. Pencarian jalur terpendek sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pencarian rute dalam navigasi GPS atau perencanaan rute, menemukan rute terpendek dari satu lokasi ke lokasi lain. Dalam jaringan komputer, contohnya adalah perutean paket data, mencari jalur terpendek untuk mengirim data dari satu titik ke titik lain dalam jaringan, dan dalam transportasi, mencari rute terpendek dalam jaringan transportasi, seperti sistem transportasi umum atau jaringan jalan raya.

Jalur terpendek tersebut dapat dipecahkan dengan menggunakan banyak metode dari yang menggunakan pembelajaran terawasi hingga yang tidak terawasi, sebagai contoh sederhana pada grafik di Gambar 4 jika dari titik A ke E dengan membandingkan biaya maka akan dipecahkan dengan jalur $E \Rightarrow C \Rightarrow B \Rightarrow A$.



Gambar 4. Jalur Terpendek

2.3 Panjat Bukit

Algoritma pencarian heuristik digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi. Algoritma ini mencoba menemukan solusi terbaik dengan memilih langkah-langkah yang meningkatkan nilai fungsi objektif (nilai objektif) saat menjelajahi ruang pencarian. Ini adalah salah satu metode paling sederhana dalam kecerdasan buatan dan dapat digunakan dalam berbagai konteks [14]. Pendakian bukit bekerja dengan cara berikut.

- 1) Inisialisasi: Algoritma dimulai dari solusi awal (biasanya secara acak atau berdasarkan heuristik).
- 2) Evaluasi: Solusi awal dievaluasi menggunakan fungsi objektif yang mengukur kualitas solusi. Tujuan algoritma Hill Climbing adalah memaksimalkan atau meminimalkan nilai fungsi objektif, tergantung pada jenis masalah yang dihadapi.
- 3) Pembuatan Tetangga: Algoritma menghasilkan solusi tetangga dari solusi saat ini dengan sedikit mengubah parameter atau komponen solusi.
- 4) Pemilihan: Di antara solusi yang berdekatan, algoritma memilih solusi yang memiliki nilai fungsi objektif yang lebih baik daripada solusi saat ini.
- 5) Iterasi: Langkah evaluasi, pembangkitan tetangga, dan seleksi diulang hingga tidak ada solusi tetangga yang memiliki nilai fungsi objektif yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma telah mencapai "puncak" atau "bukit" lokal dalam ruang pencarian.
- 6) Penghentian: Algoritma berhenti ketika tidak ada lagi perbaikan yang dapat dicapai.

2.4 A Star (A*)

Algoritma pencarian heuristik yang digunakan untuk menemukan jalur terpendek dari satu simpul (atau posisi) ke simpul lain dalam graf atau peta berbobot. Algoritma A* sangat umum digunakan dalam aplikasi seperti pemetaan jalan, perencanaan rute dalam gim video, dan berbagai aplikasi kecerdasan buatan lainnya. Algoritma ini sangat efisien dan dapat memberikan solusi

optimal jika digunakan dengan heuristik yang tepat. Berikut ini adalah deskripsi algoritma A*, yang merupakan kombinasi antara pencarian greedy dan pencarian berbiaya terendah, sehingga mencoba mengeksplorasi jalur yang paling menjanjikan secara heuristik dengan tetap mempertimbangkan jarak sebenarnya [13]. Algoritma A* menggunakan tiga komponen utama dalam pencariannya:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

Jarak Sebenarnya ($g(n)$): biaya sebenarnya untuk mencapai simpul saat ini dari simpul awal melalui jalur yang sedang dievaluasi. $g(n)$ mengukur biaya sebenarnya dari simpul awal ke simpul saat ini.

Heuristik ($h(n)$): estimasi heuristik mengenai biaya yang diperlukan untuk mencapai simpul tujuan dari simpul saat ini. Heuristik harus adil (tidak melebihi-lebihkan) dan harus menilai dengan benar biaya yang masih diperlukan.

Persamaan (1) menggabungkan jarak aktual dan jarak estimasi heuristik untuk setiap simpul. Algoritma A* akan mencari simpul dengan $f(n)$ nilai terkecil karena hal ini menunjukkan bahwa simpul tersebut merupakan kandidat yang paling menjanjikan. Alur Algoritma A*:

- 1) Inisialisasi: Mulai dari simpul awal (start) dan tandai sebagai simpul saat ini. Biaya inisialisasi $g(n) = 0$.
- 2) Evaluasi: Hitung $f(n)$ nilai untuk simpul saat ini menggunakan rumus $f(n) = g(n) + h(n)$.
- 3) Tetapkan simpul saat ini sebagai simpul terbaik (sementara) dengan $f(n)$ nilai terendah.
- 4) Tetapkan simpul saat ini sebagai simpul tujuan jika memang simpul tersebut tujuannya. Selesai jika ya.
- 5) Untuk setiap tetangga yang belum dievaluasi:
- 6) Hitunglah biaya sejauh ini $g(n)$ untuk tetangga baru.
- 7) Jika tetangga belum dievaluasi atau tetangga baru memiliki nilai lebih rendah $g(n)$ dari sebelumnya $g(n)$, maka perbarui tetangga.
- 8) Ulangi langkah 2 hingga 5 hingga solusi ditemukan atau hingga semua node dievaluasi.

2.5 Vehicle Routing Problem (VRP)

Salah satu masalah optimasi kombinatorial melibatkan pengiriman sejumlah pelanggan dengan beberapa kendaraan dari sebuah depo. Tujuannya adalah menentukan rute optimal untuk setiap kendaraan sehingga biaya pengiriman (jarak atau waktu tempuh) dapat diminimalkan sekaligus memenuhi semua permintaan pelanggan dan memenuhi batasan kapasitas kendaraan [15].

Tahapan dalam Masalah Perutean Kendaraan (VRP) mencakup serangkaian langkah yang harus diikuti untuk merencanakan rute optimal bagi kendaraan pengiriman yang akan mengunjungi sejumlah pelanggan dari suatu depo. Berikut adalah tahapan umum dalam menyelesaikan VRP:

- 1) Pemilihan Model VRP: Tahap pertama adalah memutuskan model VRP mana yang akan digunakan, sesuai dengan karakteristik masalah yang dihadapi yang dapat mencakup VRP dasar, VRP dengan batasan waktu, VRP dengan batasan kapasitas, dan varian lainnya.
- 2) Pemilihan Algoritma: Pilih algoritma atau metode solusi yang paling sesuai dengan jenis VRP yang dihadapi.
- 3) Inisialisasi Solusi Awal: Untuk algoritma heuristik atau metaheuristik, Anda perlu menginisialisasi solusi awal. Ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, termasuk penggunaan metode heuristik sederhana atau pengacakan.
- 4) Pencarian Solusi: Algoritma atau metode solusi dijalankan untuk menemukan solusi yang memenuhi kendala dan meminimalkan biaya rute.
- 5) Kriteria Penghentian: Ada kriteria penghentian yang ditentukan, seperti batas waktu tertentu atau mencapai solusi yang memenuhi persyaratan yang diberikan.
- 6) Pembuatan Rencana Rute: Setelah solusi terbaik ditemukan, rute kendaraan yang optimal direncanakan, dan instruksi perjalanan disusun untuk setiap kendaraan.

2.5 Muti Depo Vehicle Routing Problem (MDVRP)

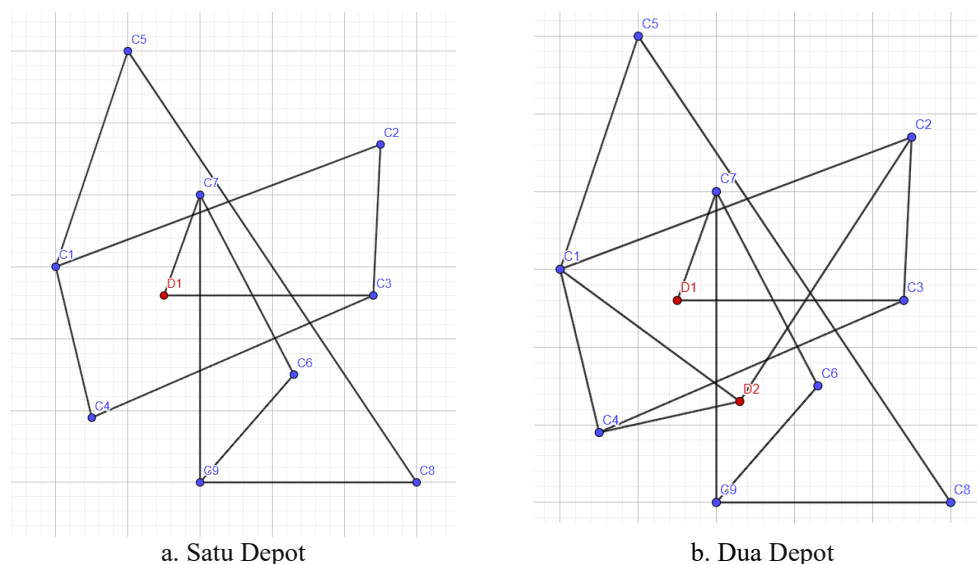
Masalah Perutean Kendaraan Multi Depo merupakan varian dari Masalah Perutean Kendaraan di mana terdapat beberapa depo (lokasi awal) dan sejumlah kendaraan yang perlu diprogram untuk mengirimkan barang ke sejumlah pelanggan. Tujuan MDVRP adalah merencanakan rute optimal untuk setiap kendaraan dari setiap depo sehingga biaya pengiriman (jarak atau waktu tempuh) dapat diminimalkan, sekaligus memenuhi permintaan pelanggan dan memenuhi batasan kapasitas kendaraan [15].

MDVRP adalah salah satu varian VRP yang lebih kompleks dan praktis. Dalam MDVRP, terdapat beberapa depo tempat kendaraan mulai dan berakhir. Tujuan MDVRP adalah mengalokasikan pelanggan ke depo tertentu dan merencanakan rute optimal untuk setiap kendaraan dari setiap depo. Pentingnya MDVRP terletak pada efisiensi pengiriman, terutama dalam

situasi di mana terdapat beberapa lokasi awal yang dapat digunakan oleh kendaraan. MDVRP memiliki berbagai tantangan, seperti menentukan alokasi pelanggan yang optimal ke depo, merencanakan rute dari depo ke pelanggan, dan memenuhi batasan kapasitas kendaraan. Oleh karena itu, algoritma heuristik dan metaheuristik sering digunakan untuk menemukan solusi yang memadai dalam waktu yang wajar.

3. Hasil

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi sembilan klien dengan maksimal dua depo. Peta pengiriman galon air disajikan dengan satu depo dan dua depo .



Gambar 4. Rute Simulasi

Titik C adalah pelanggan galon air, sedangkan titik D adalah depot pengiriman galon. Koordinat masing-masing pelanggan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik Koordinat dan Kebutuhan Galon

Simpul	Koordinat	Jumlah pesanan galon
C1	30,50	16
C2	75,67	15
C3	74,64	12
C4	35,29	20
C5	40,80	14
C6	63,35	8
C7	50,60	23
C8	80,20	18
C9	50,20	9

Sementara itu, koordinat depo berada di titik 45,46 untuk depo pertama dan 53,33 untuk depo kedua. Simulasi ini dilakukan dengan dua jenis moda transportasi dengan satu armada pengiriman, moda transportasi pertama adalah sepeda motor dengan kereta angkut dan yang kedua adalah mobil pikap, sebagai ilustrasi moda transportasi yang digambarkan pada Gambar 5.



a. Sepeda Motor dengan Gerobak



b. Pick Up

Gambar 5. Moda Transportasi Pengiriman Galon

Moda Transportasi Pengiriman Galon. Kedua moda transportasi memiliki kapasitas 30 galon untuk sepeda motor dan 40 galon untuk mobil pikap. Perbedaan daya angkut antar moda transportasi sangat memengaruhi biaya perjalanan pengiriman galon. Simulasi akan dijalankan dengan kombinasi satu depo dengan satu kendaraan dan satu jenis moda transportasi. Simulasi selanjutnya akan dilakukan dengan dua depo dan dapat dimulai dari satu atau dua depo dengan satu jenis moda transportasi. Total biaya yang dihasilkan dari setiap simulasi disajikan pada Tabel II.

Tabel 2. Hasil Simulasi

Moda transportasi	Jumlah Depo	Titik Awal	Biaya
Sepeda Motor dengan Gerobak	Satu	D1	344.60
		D1	338.19
	Dua	D2	271,75
		D2	271,75
Menjemput	Satu	D1	450.41
		D1	450.41
	Dua	D1	316.09
		D2	257.62

Simulasi ini bekerja dengan tahap awal penentuan rute terpendek menggunakan hill climbing, setelah didapatkan rute terpendek untuk mengunjungi seluruh klien. Kemudian agen pengantar air akan berjalan dengan kapasitas sesuai jenis moda transportasi. Ketika galon yang dibawa tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan klien, maka agen pengirim akan mencari cara tercepat menggunakan algoritma A* untuk menuju depo guna mengisi ulang galon sesuai batas maksimal moda transportasi yang digunakan. Rute terjauh yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah 450,41 dengan moda transportasi pick-up dengan satu depo, sedangkan rute terpendek yang dihasilkan pada simulasi ini adalah 257,62 dengan moda transportasi pick-up dengan dua depo, sebaliknya pada transportasi motor dan gerobak rute terpendeknya adalah 271,75 dengan dua depo.

4. Kesimpulan

Penerapan Algoritma Hill Climbing memiliki keunggulan kinerja yang cepat dan dapat menyelesaikan masalah dengan cepat, terutama dalam kasus dengan ukuran masalah yang kecil. Karena algoritma ini berfokus pada peningkatan solusi secara iteratif, waktu eksekusi dapat dipersingkat untuk menghasilkan jalur pengiriman galon ke pelanggan. Sementara itu, algoritma A* memiliki keunggulan dalam hal menemukan rute optimal dengan memanfaatkan informasi tambahan (heuristik) untuk mengarahkan pencarian ke arah yang paling menjanjikan dan menemukan solusi optimal untuk masalah pencarian.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat LPPM Universitas Telkom Kampus Surabaya yang telah menerima dan mendanai penelitian kami dengan Nomor Hibah REK. 116/PNLT1/REK/VIII/2023, serta kepada para mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini yaitu Dara Ilma Deudoen, Evan Hadi Sukuriyanto dan Whisnumurty Galih Ananta yang telah banyak terlibat dalam penelitian ini.

6. Referensi

- [1] A. Utamima, K. R. Pradina, N. S. Dini, and H. Studiawan, "Distribution Route Optimization of Gallon Water Using Genetic Algorithm and Tabu Search," in *Procedia Computer Science*, Elsevier, 2015, pp. 503–510. doi: 10.1016/j.procs.2015.12.132.
- [2] R. P. Imantoro and S. Sahid, "OPTIMISASI RUTE DISTRIBUSI AIR MINERAL GALON HR BAROKAH PASAR KEMIS TANGERANG DENGAN MENGGUNAKAN LINGO," *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp. 51–61, Aug. 2022, Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <https://journal.student.uny.ac.id/jktm/article/view/18204/17391>
- [3] M. Niu, R. Liu, and H. Wang, "A Max-Min Ant System based on Decomposition for the Multi-Depot Cumulative Capacitated Vehicle Routing Problem," *2021 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2021 - Proceedings*, pp. 620–627, 2021, doi: 10.1109/CEC45853.2021.9504891.
- [4] R. Y. K. Fung, J. Tang, and J. Zhang, "A multi-depot vehicle routing problem with weight-related costs," *2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009*, pp. 1028–1033, 2009, doi: 10.1109/ICCIE.2009.5223962.
- [5] R. Fitriana, P. Moengin, and U. Kusumaningrum, "Improvement Route for Distribution Solutions MDVRP (Multi Depot Vehicle Routing Problem) using Genetic Algorithm," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/528/1/012042.
- [6] N. and H. Md. M. Mahmud, *2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering : 7-9 February 2019, Cox'sBazar, Bangladesh*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019.
- [7] L. Calvet, A. Ferrer, M. I. Gomes, A. A. Juan, and D. Masip, "Combining statistical learning with metaheuristics for the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with market segmentation," *Comput Ind Eng*, vol. 94, pp. 93–104, Apr. 2016, doi: 10.1016/J.CIE.2016.01.016.
- [8] B. Karadeniz, M. S. Erdogan, and Y. Kazançoğlu, "Vehicle Routing Problem with Multi Depot, Heterogeneous Fleet, and Multi Period: A Real Case Study," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 826–836, 2022, doi: 10.1007/978-3-030-90421-0_70.
- [9] A. Agárdi, L. Kovács, and T. Bányai, "Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Recharge Stations," *Transport and Telecommunication*, vol. 20, no. 4, pp. 305–317, Dec. 2019, doi: 10.2478/ttj-2019-0025.
- [10] V. Y. I. Ilwaru, T. Sumah, Y. A. Lesnussa, Z. A. Leleury,) Jurusan, and M. Fakultas, "Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan | Desember 2017 | Volume 11 Nomor 2 | Hal."
- [11] John Doe, "Introduction to Directed Graphs," *Proceedings of the IEEE Conference on Graph Theory and Applications*, 2019.
- [12] Jane Smith, "An Overview of Undirected Graphs in Network Analysis," *IEEE Transactions on Network Science*, 2020.
- [13] A. Johnson and B. Williams, "A Survey of Weighted Graphs and Their Applications in Network Analysis," *IEEE Transactions on Network Science*, vol. 6, no. 2, pp. 123–136, 2021.
- [14] C. E. L. Thomas H. Cormen, *Introduction to Algorithms, Third Edition*, Third. London: The MIT Press, 2009. Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?tttype=2&tid=11866>
- [15] P. Toth and D. Vigo, *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. Bologna: Society for Industrial and Applied Mathematic, 2014. Accessed: Nov. 02, 2024. [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/home/catalog/id/176927/slug/vehicle-routing-problems-methods-and-applications.html>