

OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI PENGIRIMAN BAHAN BAKAR MINYAK DENGAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM

¹Sri Hartanti

¹Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Jl. Bulaksumur, Caturtunggal,
Depok, Sleman, D.I Yogyakarta 55281
e-mail: srihartanti2000@mail.ugm.ac.id

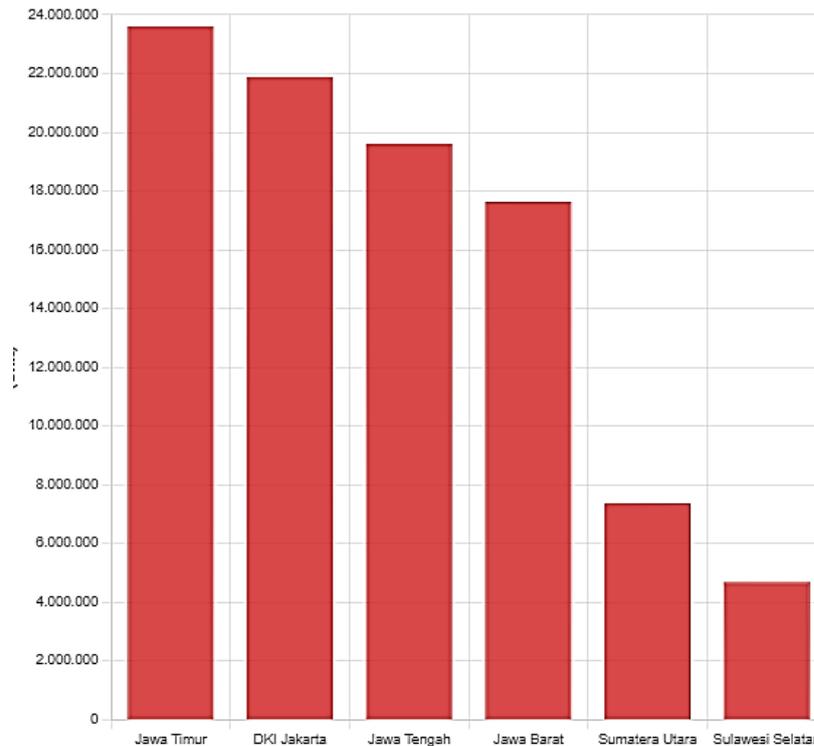
ABSTRAK

Abstrak. Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi kebutuhan yang mendukung aktivitas masyarakat. Hal ini menuntut terpenuhi sebab digunakan untuk kepentingan transportasi. Adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan kenaikan permintaan Bahan Bakar Minyak (BBM), salah satunya di Kabupaten XYZ. Kelancaran distribusi menjadi salah kunci ketersediaan kapasitas Bahan Bakar Minyak (BBM) di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Banyaknya titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang harus dikunjungi menimbulkan total waktu tempuh yang diperlukan saat pengiriman menjadi lebih lama. Maka rute yang optimal diperlukan agar mampu mengurangi jarak yang dilalui oleh kendaraan distribusi. Kelancaran dan ketepatan waktu pengiriman ini dipengaruhi oleh rute yang berdampak pada jarak tempuh. Tujuan penelitian ini adalah menyelesaikan studi kasus yang berkaitan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) untuk penentuan rute distribusi BBM agar dapat meminimalkan total jarak tempuh Tanker Truck, menggunakan software Python. Asumsi dan Batasan penelitian ini diantaranya, jumlah permintaan yang berbeda di setiap titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), jumlah depot, dalam hal ini Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pertamina berjumlah 1, dan titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang akan dituju disesuaikan dengan node yang tersedia pada openstreetmap. Rute yang dihasilkan merupakan rute optimal yang dapat dilalui dari Pertamina ke titik-titik SPBU di Kabupaten XYZ. Total jarak yang tempuh terpendek yang dapat dilalui oleh Tanker Truck adalah 62.912m atau sejauh 62,9km dengan membawa BBM sebesar 31.000liter untuk 7 titik SPBU tersebut

Kata kunci: *Distribusi, Optimasi, Rute, CVRP, Routing Problem*

Pendahuluan

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan komoditas yang krusial. Selain itu juga digunakan untuk mendukung aktivitas sehari-hari oleh masyarakat, yaitu sebagai bahan bakar kendaraan. Bahan Bakar Minyak (BBM) diproduksi oleh PT Pertamina (Persero) didistribusikan ke sejumlah SPBU, yang selanjutnya dilakukan menjadi konsumsi para pengguna kendaraan bermotor (Risdiyanta, 2014). Provinsi dengan kendaraan bermotor terbanyak terdapat di Jawa Timur, yaitu lebih dari 23 juta unit, didominasi oleh sepeda motor dengan jumlah yang lebih dari 20 juta unit, seperti ditunjukkan grafik pada Gambar 1 (Badan Pusat Statistik, 2022).



Gambar 1. Jumlah Kendaraan Bermotor di Jawa Timur

Jumlah peningkatan kendaraan bermotor diikuti dengan peningkatan permintaan pasokan Bahan Bakar Minyak (BBM). Salah satunya yaitu di Kabupaten XYZ, salah satu wilayah bagian dari Jawa Timur. Peningkatan permintaan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Kabupaten XYZ menuntut perusahaan agar seluruh permintaan konsumen mampu terpenuhi. Kondisi seperti ini mendorong ketersediaan kapasitas Bahan Bakar Minyak (BBM) di seluruh Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Kabupaten XYZ. Kelancaran distribusi menjadi salah kunci ketersediaan kapasitas Bahan Bakar Minyak (BBM) di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) XYZ. Pada sistem distribusi, rute menjadi elemen terpenting dalam penentuan jarak yang ditempuh, dan berhubungan dengan biaya yang dikeluarkan (Fadhilurrahman & Binatari, 2014). Terlebih untuk rute yang mengharuskan kendaraan berangkat dari sebuah depot untuk melayani *customer* dan harus kembali ke depot/titik awal, tentunya ini membutuhkan rute yang optimal (Elatar et al., 2023).

Banyaknya titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang harus dikunjungi dalam satu hari kerja menimbulkan lamanya waktu tempuh. Maka rute yang optimal diperlukan agar jarak tempuh dapat diminimasi, dalam hal ini dari Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pertamina hingga sampai ke titik-titik tujuan, yaitu seluruh SPBU di Kabupaten XYZ. Sebab jarak tempuh yang tinggi juga meningkatkan waktu tempuh (Hendrawan & Widyadana, 2018). Sebaliknya, jika total jarak tempuh berkurang, maka waktu pengiriman juga menjadi lebih pendek. Sebab dalam proses ini terdapat permintaan yang terkait dengan kebutuhan setiap *customer* atau Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), dan sejumlah kendaraan berkapasitas yang harus digunakan (Bernardino & Paias, 2024).

Pemilihan rute yang optimal mendorong adanya sistem distribusi yang efektif. Hal ini disebabkan kendaraan melewati rute dengan jarak minimal, maka elemen yang melibatkan jarak menjadi minimal pula, seperti biaya transportasi, waktu tempuh, tingkat polusi, serta jumlah energi yang dikeluarkan. Permasalahan di Kabupaten XYZ adalah terdapat banyak titik yang harus dikunjungi dalam sistem distribusi (*node*), kemudian *Tanker Truck* harus kembali ke titik semula, yaitu TBBM. Sehingga kelancaran dan

ketepatan waktu pengiriman ini dipengaruhi oleh rute dan jarak tempuh (Windyatri & Rayendra, 2023). Dampak yang ditimbulkan ialah mampu menemukan rute kendaraan yang dapat melayani semua *customer* dengan biaya minimal dalam hal jumlah rute dan total jarak yang ditempuh tanpa melanggar kapasitas dan waktu tempuh kendala dari kendaraan (Jayarathna et al., 2020).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelesaikan permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* untuk penentuan rute distribusi BBM agar dapat meminimalkan total jarak yang ditempuh oleh *Tanker Truck*. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif rute agar dapat meminimalkan jarak tempuh pengiriman BBM ke seluruh Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kabupaten XYZ. Untuk mendukung penelitian ini, terdapat beberapa asumsi dan batasan penelitian, diantaranya, jumlah permintaan yang berbeda di setiap titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), jumlah depot, dalam hal ini Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pertamina berjumlah 1, dan titik Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang akan dituju disesuaikan dengan *node* yang tersedia pada *openstreetmap*.

Metodologi Penelitian

Objek penelitian pada sistem transportasi pengiriman Bahan Bakar Minyak (BBM) di Kabupaten XYZ. *Software* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Python*. Penelitian ini diawali dengan mengamati mekanisme distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) dari TBBM Pertamina menuju titik pengiriman yaitu Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Penelitian ini menggunakan data sekunder, terdiri dari:

1. Titik lokasi TBBM Pertamina, sebagai titik awal atau *distribution center*, berserta titik koordinatnya yang dihasilkan dari *openstreetmap (osmnx)* pada *python*.
2. Titik lokasi SPBU di Kabupaten XYZ, sebagai titik lokasi distribusi yang akan dikunjungi oleh *Tanker Truck*, berserta titik koordinatnya yang dihasilkan dari *openstreetmap (osmnx)* pada *python*, seperti disajikan pada gambar 2.

| element_type | osmid | amenity | compressed_air | name | geometry | brand | brand |
|--------------|------------|---------|----------------|----------------|----------------------------|-----------|-------|
| node | 4677113148 | fuel | yes | SPBU 54-63301 | POINT (111.34735 -7.64659) | | NaN |
| | 9798417621 | fuel | NaN | SPBU 54.633.11 | POINT (111.37665 -7.62619) | | NaN |
| | 9798424975 | fuel | yes | SPBU 54.633.01 | POINT (111.42689 -7.59540) | | NaN |
| | 9798467995 | fuel | NaN | Pertamina | POINT (111.32766 -7.64836) | Pertamina | |

Gambar 2. Titik lokasi SPBU dan TBBM Pertamina

3. *Demand* Bahan Bakar Minyak (BBM) yang dibutuhkan oleh masing-masing SPBU di Kabupaten XYZ, yang diperoleh dari studi literatur.
4. Kapasitas *Tanker Truck*, untuk memberikan pertimbangan jumlah putaran pengiriman atau distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM).

Berdasarkan pengamatan menggunakan *openstreetmap (osmnx)* pada *python*, terdapat 1 titik lokasi yang digunakan sebagai titik awal atau *distribution center*. Titik lokasinya disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Titik lokasi *Distribution Center*

| <i>Distribution Center</i> | x | y |
|----------------------------|------------|-----------|
| Pertamina | 111,427617 | -7,549954 |

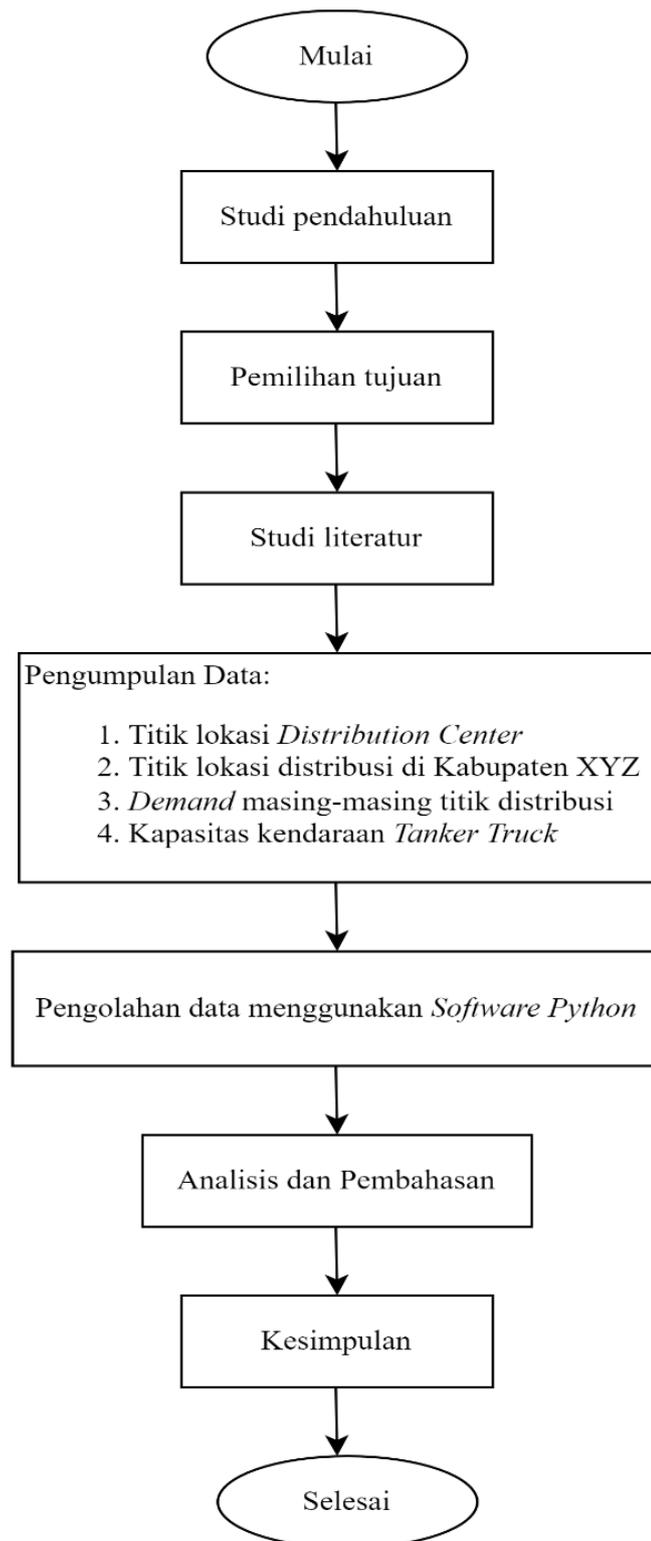
Selanjutnya dilihat dari *openstreetmap (osmnx)* pada *python*, terdapat 7 titik lokasi yang tersedia sebagai titik distribusi BBM. Masing-masing *demand* berbeda di setiap titiknya, disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Titik lokasi distribusi BBM di Kabupaten XYZ

| | element_type | osmid | amenity | x | y | name |
|---|--------------|------------|---------|------------|-----------|----------------|
| 0 | node | 4677113148 | fuel | 111.347351 | -7.646589 | SPBU 54-63301 |
| 1 | node | 9798417621 | fuel | 111.376647 | -7.626187 | SPBU 54.633.11 |
| 2 | node | 9798424975 | fuel | 111.426889 | -7.595400 | SPBU 54.633.01 |
| 3 | node | 9798467995 | fuel | 111.327663 | -7.648357 | Pertamina |
| 4 | node | 9800491696 | fuel | 111.427617 | -7.549954 | Pertamina |

Tabel 1 menyajikan titik awal distribusi, sedangkan pada tabel 2 menyajikan titik lokasi yang menjadi tujuan distribusi dengan masing-masing Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) memiliki *demand* yang berbeda. Pada sistem distribusi ini, digunakan 1 unit *Tanker Truck* dengan kapasitas muatan 40.000liter BBM (Nurlathifah et al., 2020).

Pada tahap ini juga dilakukan studi literatur untuk mengetahui pendekatan penelitian *Vehicle Routing Problem (VRP)* yang relevan pada permasalahan yang akan diselesaikan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* adalah masalah optimasi kombinatorial klasik menggunakan *heuristic*, relaksasi, serta algoritma (Letchford & Salazar-González, 2019). Penggunaan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* menunjukkan jika usulan algoritma mampu digunakan untuk mengoptimalkan tujuan gabungan dari rute kendaraan (Mulloorakam & Nidhiry, 2019). *Flowchart* penelitian disajikan pada gambar 3.

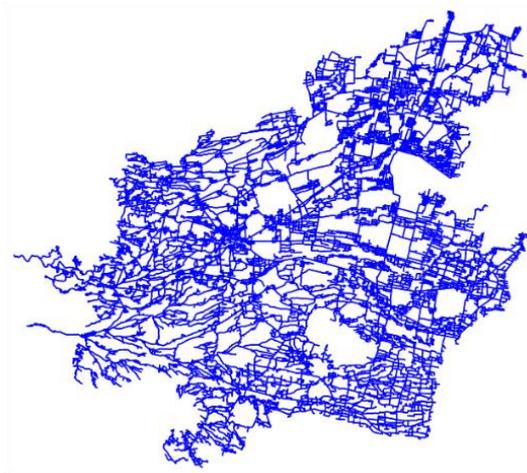


Gambar 3. Flowchart Penelitian

Hasil dan Pembahasan

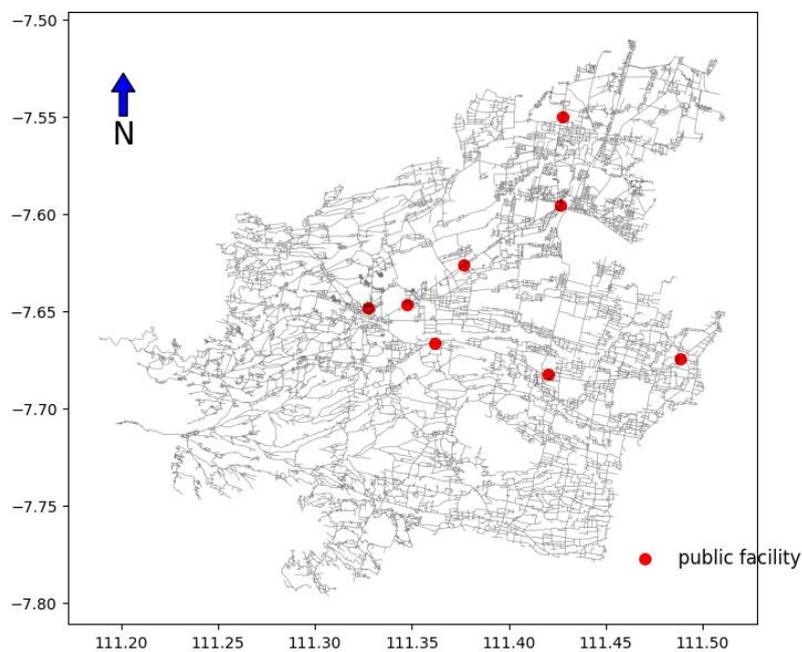
Peta Wilayah Lokasi Distribusi

Berdasarkan pengamatan menggunakan *openstreetmap (osmnx)* pada *python*, dihasilkan peta wilayah Kabupaten XYZ, seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta Wilayah Kabupaten XYZ

Pada tahap ini dilakukan penentuan lokasi yang akan menjadi titik distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) di XYZ, yaitu seluruh Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang memperoleh *supply* dari Pertamina. Titik lokasi tujuan distribusi disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Titik Lokasi Tujuan Distribusi

Berdasarkan gambar 5, diperoleh informasi bahwa melalui *openstreetmap (osmnx)* pada *python* ditemukan 7 titik lokasi tujuan (7 titik SPBU) sebagai titik distribusi BBM di seluruh Kabupaten XYZ.

Penentuan Jarak Tempuh

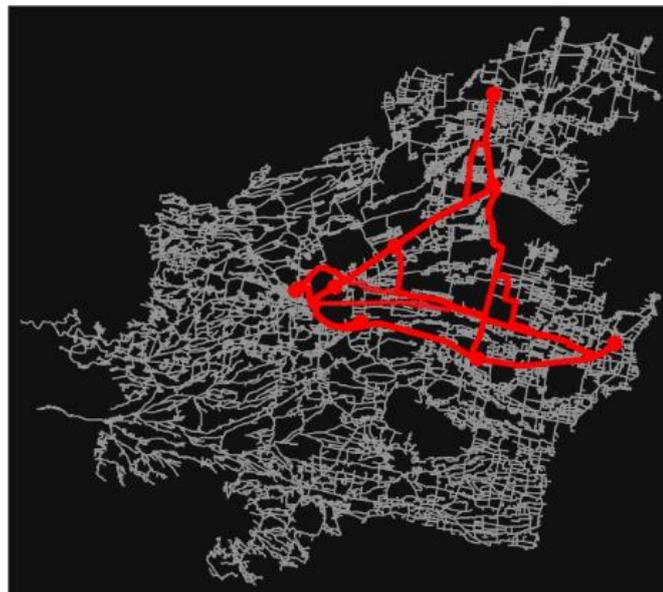
Berdasarkan titik SPBU, didapatkan jarak antar seluruh SPBU. Jarak tersebut disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Jarak Antar SPBU

| orig | 6344291714 | 6364121094 | 6369802128 | 6382218981 | 6382438832 | 7536565083 | 10538923393 | 10578012652 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| dest | | | | | | | | |
| 6344291714 | 0 | 21768 | 20694 | 18699 | 5167 | 11579 | 15632 | 16058 |
| 6364121094 | 21768 | 0 | 16992 | 19974 | 16601 | 16549 | 17717 | 7940 |
| 6369802128 | 20795 | 16993 | 0 | 5383 | 15628 | 9070 | 5012 | 9059 |
| 6382218981 | 18852 | 19986 | 5412 | 0 | 13685 | 7127 | 3087 | 12156 |
| 6382438832 | 5167 | 16601 | 15679 | 13683 | 0 | 6564 | 10616 | 10891 |
| 7536565083 | 11725 | 16549 | 9133 | 7138 | 6558 | 0 | 4070 | 10795 |
| 10538923393 | 15782 | 17722 | 5062 | 3075 | 10615 | 4057 | 0 | 11806 |
| 10578012652 | 16050 | 7949 | 9051 | 12119 | 10883 | 10787 | 11748 | 0 |

Penentuan Jalur Distribusi

Pada pengiriman BBM dari Pertamina menuju seluruh titik SPBU di Kabupaten XYZ telah ditentukan jalur alternatif seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Jalur Distribusi Pengiriman BBM dari Pertamina ke Seluruh SPBU Kab. XYZ

Berdasarkan gambar 6, telah diketahui rute untuk pengiriman BBM yang dimulai dari Pertamina dengan melewati seluruh SPBU yang berada di Kabupaten XYZ untuk pemenuhan permintaan dari masing-masing SPBU, hingga Kembali lagi ke titik awal, yaitu Pertamina. *Demand* dari masing-masing SPBU tidak melebihi kapasitas muatan 1 *Tanker Truck*. Jumlah *demand* masing-masing SPBU di Kabupaten XYZ disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Demand Masing-masing SPBU

| | orig | dest | x | y | NamaFuel | order |
|---|-------------|-------------|------------|-----------|----------------|-------|
| 0 | 6344291714 | 7536565083 | 111.427493 | -7.549216 | Pertamina | 0 |
| 6 | 6364121094 | 6382438832 | 111.488627 | -7.674918 | SPBU 54.633.09 | 5000 |
| 4 | 6369802128 | 10578012652 | 111.360643 | -7.664057 | SPBU 54-63301 | 6000 |
| 3 | 6382218981 | 6369802128 | 111.327575 | -7.648128 | SPBU 54-63301 | 7000 |
| 7 | 6382438832 | 6344291714 | 111.427098 | -7.595065 | SPBU 54.633.01 | 5000 |
| 1 | 7536565083 | 10538923393 | 111.377658 | -7.625826 | SPBU 54.633.11 | 2000 |
| 2 | 10538923393 | 6382218981 | 111.347267 | -7.646379 | SPBU 54-63301 | 4000 |
| 5 | 10578012652 | 6364121094 | 111.419440 | -7.682604 | SPBU 54.633.03 | 2000 |

Penentuan Rute Distribusi

Pada pengiriman BBM dari Pertamina menuju seluruh titik SPBU di Kabupaten XYZ, telah ditentukan rute optimal yang harus dilalui oleh *Tanker Truck*, agar dapat meminimalkan jarak tempuh *Tanker Truck* dari Pertamina menuju titik-titik lokasi distribusi. Penentuan rute menggunakan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* diperoleh hasil yang disajikan pada gambar 7.

Route for vehicle 0:

0 Load(0) -> 5 Load(2000) -> 6 Load(6000) -> 3 Load(13000) -> 2 Load(19000) -> 7 Load(21000) -> 1 Load(26000) -> 4 Load(31000) -> 0 Load(31000)

Distance of the route: 62912m

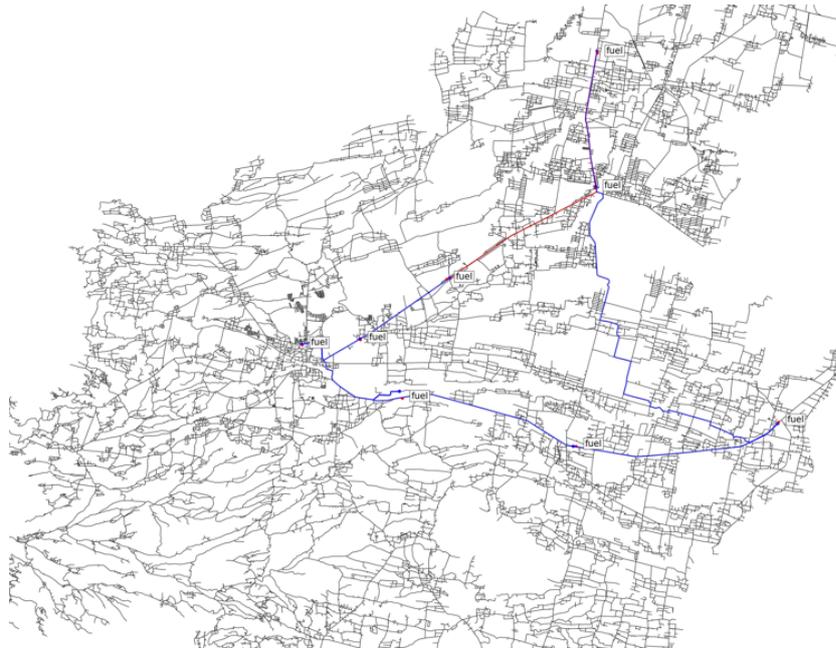
Load of the route: 31000

Total distance of all routes: 62912m

Total load of all routes: 31000

Gambar 7. Hasil Routing dari Pertamina menuju Titik-titik SPBU

Berdasarkan gambar, maka secara detail diketahui bahwa *Tanker Truck* berangkat dari Pertamina > SPBU 54.633.11 (2000 liter)> SPBU 54.633.01 (4000 liter)> SPBU 54.633.01 (7000 liter) > SPBU 54.633.01 (6000 liter) > SPBU 54.633.03 (2000 liter) > SPBU 54.633.09 (5000 liter) > SPBU 54.633.01 (5000 liter)> Pertamina (Kembali ke titik awal). Rute tersebut merupakan rute optimal yang dapat dilalui oleh *Tanker Truck* dalam pengiriman BBM. Total jarak yang ditempuh adalah 62.912m, dengan membawa BBM sebesar 31.000 liter untuk 7 titik SPBU tersebut. *Map routing* untuk distribusi BBM dari Pertamina ke seluruh titik-titik SPBU di Kabupaten XYZ disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Map routing Distribusi BBM.

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan perhitungan jarak optimal pada pengiriman BBM ke area yang sama dengan penelitian ini, menggunakan 1 *Tanker Truck* yang berkapasitas 24kl yang melalui 7 titik distribusi. Simulasi yang digunakan pada penelitian terdahulu menggunakan *software Excel Solver*, dengan menyelesaikan permasalahan optimalisasi distribusi BBM khususnya *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh total jarak yang dilalui adalah 2.260,6 km.

Penelitian ini menyelesaikan permasalahan rute pengiriman BBM dari Pertamina ke seluruh titik SPBU di Kabupaten XYZ. Peneliti mampu menghasilkan rute terpendek melalui penggunaan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Rute yang dihasilkan merupakan rute optimal yang dapat dilalui oleh *Tanker Truck* dalam pengiriman BBM dari Pertamina ke titik-titik SPBU di Kabupaten XYZ. Total jarak yang ditempuh terpendek yang dapat dilalui oleh *Tanker Truck* adalah 62.912 m atau sejauh 62,9 km dengan membawa BBM sebesar 31.000 liter untuk 7 titik SPBU tersebut. Solusi yang ditawarkan melalui pemberian alternatif rute terpendek ini mampu meningkatkan proses distribusi BBM menjadi lebih efisien. Sebab dengan adanya alternatif rute terpendek, maka jarak tempuh *Tanker Truck* juga berkurang, sehingga waktu pengiriman BBM akan lebih singkat.

Kesimpulan

Penelitian ini menyelesaikan permasalahan rute pengiriman BBM dari Pertamina ke seluruh titik SPBU di Kabupaten XYZ. Peneliti mampu menghasilkan rute terpendek melalui penggunaan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Rute yang dihasilkan merupakan rute optimal yang dapat dilalui oleh *Tanker Truck* dalam pengiriman BBM dari Pertamina ke titik-titik SPBU di Kabupaten XYZ. Total jarak tempuh pengiriman BBM sebelumnya menggunakan 1 *Tanker Truck* yang berkapasitas 24 kl yang melalui 7 titik distribusi, yaitu sejauh 2.260,6 km. pada penelitian ini mampu memberikan rekomendasi jarak yang optimal untuk rute

pengiriman distribusi BBM di Kabupaten XYZ tersebut. Hasil pengolahan data menggunakan *openstreetmap (osmnx)* pada *python* menghasilkan total jarak tempuh terpendek yang dapat dilalui oleh *Tanker Truck*, yaitu 62.912 m atau sejauh 62,9 km dengan membawa BBM sebesar 31.000 liter untuk 7 titik SPBU tersebut.

Solusi yang ditawarkan melalui pemberian alternatif rute terpendek ini mampu meningkatkan proses distribusi BBM menjadi lebih efisien. Sebab dengan adanya alternatif rute terpendek, maka jarak tempuh *Tanker Truck* juga berkurang, sehingga waktu pengiriman BBM akan lebih singkat. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu agar menambahkan variabel biaya untuk melakukan minimasi biaya pengiriman.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Data Kendaraan Bermotor Jawa Timur*.
- Bernardino, R., & Paías, A. (2024). The family capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 314(3), 836–853. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.10.042>
- Elatar, S., Abouelmehdi, K., & Riffi, M. E. (2023). The vehicle routing problem in the last decade: Variants, taxonomy and metaheuristics. *Procedia Computer Science*, 220, 398–404. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.051>
- Fadhlurrahman, M. G., & Binatari, N. (2014). Optimalisasi Rute Distribusi BBM Terminal Boyolali Menggunakan Algoritma Genetika. *Prosiding Matematika UNY*, 3(6), 107–113.
- Hendrawan, E., & Widyadana, I. G. A. (2018). Optimasi Rute Pengiriman dengan Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v2i1.518>
- Jayarathna, N., Lanel, J., & Juman, Z. A. M. S. (2020). Five years of multi-depot vehicle routing problems. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 5(2), 109–123. <https://doi.org/10.14254/jsdtl.2020.5-2.10>
- Letchford, A. N., & Salazar-González, J. J. (2019). The Capacitated Vehicle Routing Problem: Stronger bounds in pseudo-polynomial time. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.002>
- Mulloorakam, A. T., & Nidhiry, N. (2019). Combined Objective Optimization for Vehicle Routing Using Genetic Algorithm. *Proceedings*, 11.
- Nurlathifah, E., Pudjiantoro, F. K. P., Ammar, N., Sutopo, W., & Yuniaristanto. (2020). Optimalisasi Rute Distribusi BBM dengan Penerapan Capacitated Vehicle Routing Problem dan Excel Solver di Kabupaten Magetan. *Teknoin*, 26(2), 116–126. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol26.iss2.art3>
- Risdiyanta. (2014). Membedah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Indonesia. *Forum Teknologi*, 04(3), 43–52.
- Windyatri, H., & Rayendra, R. (2023). Optimasi Rute Pengiriman BBM dengan Heterogeneous Vehicle Routing Problem With Multi-Trips. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 1100–1109. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2720>