EFISIENSI JARAK DISTRIBUSI PERTAMAX PADA 36 SPBU DI JAMBI

Galang Ramadya [1*], Hanifa Dayini[1], Reva Karina[1]

[1] *Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral AKAMIGAS Jl. Gajah Mada No. 38, Mentul, Karangboyo, Cepu, Blora, Jawa Tengah, 58315*

1*Email: galangrmdy@gmail.com

2Email: hanifadayini04@gmail.com

3Email: revakarina.official1@gmail.com

Abstrak

Studi ini menguji simulasi penerapan Matriks Penghematan Clarke-Wright untuk mengkonsolidasikan distribusi dari satu depot ke 36 titik SPBU berlabel generik. Semua jarak dalam matriks 37 × 37 adalah data sintetis yang digunakan untuk menunjukkan metode. Hasilnya tidak menunjukkan ukuran lapangan atau kinerja distribusi yang sebenarnya. Dengan menggunakan matriks jarak berarah yang dibuat dalam penelitian, saving dihitung untuk 630 pasangan SPBU pada kedua orientasinya (1.260 nilai saving berarah). Simulasi menghasilkan 12 rute dengan masing-masing tiga SPBU, sesuai aturan penggabungan rute yang membatasi setiap rute hingga tiga SPBU. Di matriks simulasi, jarak baseline direct delivery adalah 6.521,1 km, sedangkan jarak rute hasil simulasi adalah 2.456,1 km, selisih 4.065,0 km atau 62,3%. Nilai-nilai ini hanyalah hasil dari dataset sintetis dan tidak dapat menggantikan atau memvalidasi temuan penelitian lapangan. Kapasitas muatan, time window, demand aktual, dan biaya operasi tidak dimasukkan ke dalam model. Sebelum diterapkan pada data operasional, simulasi ini berguna untuk menunjukkan alur perhitungan dan menentukan verifikasi yang diperlukan.

Kata kunci: *Clarke-Wright Saving Matrix; konsolidasi rute; efisiensi jarak; distribusi Pertamax; Vehicle Routing Problem.*

1. PENDAHULUAN

Distribusi bahan bakar minyak memerlukan perencanaan perjalanan dari depot menuju sejumlah titik pelayanan. Jarak tempuh merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk membandingkan skenario distribusi, meskipun jarak bukan satu-satunya penentu biaya dan kelayakan operasional.

Vehicle Routing Problem (VRP) membahas penentuan rute kendaraan untuk melayani sejumlah titik. Clarke dan Wright memperkenalkan pendekatan saving untuk mengidentifikasi peluang penggabungan perjalanan dari depot ke beberapa titik layanan [1]. Metode ini dapat digunakan sebagai heuristik awal, tetapi hasilnya bergantung pada matriks jarak, definisi arah perjalanan, aturan penggabungan, dan kendala yang diterapkan [2], [3]. Penerapan saving matrix pada distribusi BBM dan kegiatan logistik lain di Indonesia telah dilaporkan dalam sejumlah studi [5]–[8].

Naskah ini dibatasi sebagai studi simulasi karena data matriks jarak operasional yang dapat diverifikasi belum tersedia untuk penelitian ini. Tujuannya adalah mendemonstrasikan proses perhitungan dengan dataset sintetis yang transparan, memperlihatkan indikator perbandingan jarak, serta menjelaskan batasan sebelum metode diterapkan pada data aktual. Dengan demikian, angka simulasi tidak diperlakukan sebagai temuan empiris tentang Fuel Terminal Batang Hari atau distribusi Pertamax di Jambi.

2. METODE

A. Desain dan status data

Penelitian ini menggunakan simulasi komputasional dengan matriks jarak sintetis yang terdiri atas satu node depot (DEPOT) dan 36 node layanan (SPBU_01–SPBU_36), sehingga membentuk matriks berukuran 37 × 37. Jarak dinyatakan dalam kilometer, dengan nilai antararah yang dapat berbeda untuk merepresentasikan karakteristik jaringan berarah dalam simulasi. Identitas SPBU menggunakan label generik dan tidak dipetakan ke kode SPBU aktual. Dataset disediakan dalam berkas pendamping *045_Data_Simulasi_Dummy_Terlabel.xlsx* untuk mendukung pemeriksaan dan reproduksi prosedur perhitungan. Karena seluruh jarak merupakan data sintetis, hasil analisis hanya digunakan untuk menguji prosedur metode dan tidak merepresentasikan hasil pengukuran lapangan.

B. Definisi baseline dan saving

Baseline direct delivery dihitung sebagai jumlah perjalanan pulang-pergi depot ke setiap SPBU pada matriks simulasi: $D0 = \Sigma_i[d(0,i) + d(i,0)]$. Untuk perubahan dari dua perjalanan terpisah menjadi perjalanan berurutan DEPOT → i → j → DEPOT, saving berarah didefinisikan sebagai $s(i,j) = d(i,0) + d(0,j) - d(i,j)$. Definisi ini membandingkan ruas i → DEPOT dan DEPOT → j dengan ruas pengganti i → j; ruas DEPOT → i dan j → DEPOT tetap menjadi batas awal dan akhir lintasan.

Karena matriks berarah, s(i,j) pada umumnya tidak sama dengan s(j,i), sehingga setiap pasangan dievaluasi pada kedua orientasinya dan urutan node tidak boleh ditukar tanpa menghitung ulang saving dan jarak rute. Jumlah pasangan tak berurutan untuk 36 SPBU adalah $C(36,2) = 36 \times 35 / 2 = 630$, sehingga terdapat $630 \times 2 = 1.260$ nilai saving berarah.

C. Prosedur simulasi

1. Menetapkan DEPOT dan 36 node SPBU sintetis.
2. Membaca jarak terarah antar-node dari matriks.
3. Menghitung saving berarah untuk seluruh 1.260 kombinasi (i,j) dan mengurutkannya dari nilai terbesar ke terkecil.
4. Menggabungkan rute apabila dua rute dapat disambungkan pada ujung yang sesuai, tidak membentuk siklus, dan jumlah titik pada rute gabungan tidak melebihi tiga SPBU.
5. Menghitung jarak rute sebagai d(DEPOT, titik pertama) + seluruh ruas antar-SPBU sesuai urutan + d(titik terakhir, DEPOT).
6. Membandingkan total jarak rute simulasi dengan baseline direct delivery.

Aturan maksimal tiga SPBU merupakan batas demonstrasi yang ditentukan untuk simulasi, bukan kapasitas kendaraan yang diketahui dan bukan bukti bahwa kendaraan aktual dapat membawa muatan untuk tiga SPBU. Implementasi heuristik dengan aturan tersebut tidak menjamin seluruh rute berisi tepat tiga titik; hasil yang muncul harus dilaporkan apa adanya.

D. Indikator efisiensi jarak

Penghematan jarak simulasi dihitung sebagai $\Delta D = D0 - D1$, dengan D0 sebagai baseline direct delivery dan D1 sebagai total jarak rute hasil simulasi. Efisiensi jarak dihitung sebagai $E = (\Delta D / D0) \times 100\%$. Indikator ini hanya membandingkan jarak pada dataset sintetis, bukan biaya atau konsumsi BBM aktual.

3. PEMBAHASAN

A. Karakteristik Matriks Simulasi

Matriks simulasi terdiri atas 37 node, yang mencakup satu depot dan 36 node layanan SPBU. Berdasarkan jumlah node layanan tersebut, terdapat 630 pasangan SPBU tak berurutan yang dievaluasi pada kedua orientasinya (1.260 nilai saving berarah). Matriks menggunakan jarak berarah, sehingga jarak dari node (i) ke node (j) tidak selalu sama dengan jarak dari node (j) ke node (i). Seluruh nilai jarak disusun untuk keperluan simulasi dan bukan berasal dari pengukuran jaringan jalan atau pemetaan rute aktual. Dengan demikian, matriks ini digunakan untuk menguji prosedur perhitungan dan pembentukan rute, bukan untuk menggambarkan kondisi geografis distribusi BBM di Provinsi Jambi.

B. Hasil Konsolidasi Rute

Penerapan aturan penggabungan rute dalam simulasi menghasilkan 12 rute, masing-masing terdiri atas tiga SPBU. Jumlah ini sama dengan batas bawah yang mungkin dicapai pada aturan maksimal tiga SPBU per rute (36 / 3 = 12). Jumlah dan komposisi rute dilaporkan berdasarkan keluaran aktual algoritma. Seluruh jarak rute pada Tabel berikut dapat diperiksa ulang dari matriks jarak pada berkas pendamping.

No.	Urutan node layanan (tanpa depot)	Jarak rute (km)	Jumlah SPBU
1	SPBU_31 → SPBU_01 → SPBU_06	278,8	3
2	SPBU_07 → SPBU_23 → SPBU_02	215,0	3
3	SPBU_05 → SPBU_34 → SPBU_03	127,4	3
4	SPBU_30 → SPBU_28 → SPBU_04	172,2	3
5	SPBU_22 → SPBU_08 → SPBU_24	305,0	3
6	SPBU_33 → SPBU_27 → SPBU_09	245,3	3
7	SPBU_32 → SPBU_10 → SPBU_21	228,6	3
8	SPBU_36 → SPBU_11 → SPBU_20	255,9	3
9	SPBU_12 → SPBU_13 → SPBU_25	116,1	3
10	SPBU_16 → SPBU_14 → SPBU_15	188,8	3
11	SPBU_29 → SPBU_26 → SPBU_17	133,6	3
12	SPBU_18 → SPBU_35 → SPBU_19	189,4	3
Total	36 SPBU	2.456,1	12 rute

C. Perbandingan jarak

Indikator	Hasil simulasi
Baseline direct delivery (km)	6.521,1
Total rute konsolidasi (km)	2.456,1
Selisih jarak (km)	4.065,0
Efisiensi jarak (%)	62,3
Jumlah nilai saving berarah	1.260
Nilai saving positif	1.260
Nilai saving negatif	0

Berdasarkan hasil simulasi, total jarak pada skenario direct delivery mencapai 6.521,1 km, sedangkan total jarak setelah konsolidasi rute sebesar 2.456,1 km. Perbedaan kedua nilai tersebut menghasilkan penghematan jarak sebesar 4.065,0 km atau sekitar 62,3% dari total jarak baseline. Penghematan ini sebagian besar berasal dari berkurangnya jumlah perjalanan dari 36 menjadi 12, sehingga ruas depot–SPBU tidak ditempuh berulang. Sebagai uji perbaikan urutan kunjungan, seluruh permutasi urutan di dalam setiap rute (maksimal tiga titik) dienumerasi. Perbaikan hanya terjadi pada dua rute dan menurunkan total jarak sebesar 5,7 km (0,1% dari baseline), sehingga total menjadi 2.450,4 km atau 62,4%. Perbaikan antar-rute dengan 2-opt atau 3-opt belum diuji. Hasil ini hanya menggambarkan perubahan jarak pada matriks jarak sintetis. Oleh karena itu, angka tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan tingkat efisiensi distribusi dalam kondisi operasional sebenarnya.

D. Implikasi skenario BBM

Pengurangan jarak tempuh tidak secara langsung menunjukkan besarnya penghematan bahan bakar. Konsumsi BBM kendaraan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti jenis armada, beban muatan, kondisi jalan, kecepatan kendaraan, kondisi mesin, waktu idling, dan karakteristik operasional. Oleh karena itu, potensi penghematan BBM dalam simulasi ini diilustrasikan melalui beberapa asumsi konsumsi kendaraan dalam satuan kilometer per liter. Perhitungan dilakukan dengan membagi penghematan jarak hasil simulasi dengan nilai konsumsi yang diasumsikan. Hasilnya hanya menunjukkan estimasi matematis berdasarkan skenario tersebut dan tidak merepresentasikan penghematan BBM aktual di lapangan.

Asumsi konsumsi	BBM ekuivalen untuk selisih jarak simulasi	Status
3 km/liter	1.355,0 liter	Skenario ilustratif
4 km/liter	1.016,3 liter	Skenario ilustratif
5 km/liter	813,0 liter	Skenario ilustratif

Konversi penghematan jarak menjadi penghematan biaya dapat dilakukan dengan persamaan $\Delta C = (\Delta D / k) \times h + (N0 - N1) \times c$, dengan ΔD selisih jarak (km), k konsumsi BBM armada (km/liter), h harga BBM per liter (Rp/liter), N0 dan N1 jumlah perjalanan sebelum dan sesudah konsolidasi (pada simulasi ini 36 dan 12), dan c biaya tetap per perjalanan (misalnya upah awak dan waktu pemuatan). Perhitungan dalam satuan rupiah belum dilakukan karena penelitian ini tidak memiliki data harga BBM yang relevan, konsumsi aktual armada, biaya tetap per perjalanan, dan jarak tempuh yang telah divalidasi berdasarkan kondisi operasional. Untuk penelitian selanjutnya, nilai k diperoleh dari catatan konsumsi BBM armada (per jenis kendaraan dan kondisi muatan), h dari harga BBM yang berlaku, dan c dari data biaya operasional perusahaan. Data tersebut diperlukan agar analisis memberikan gambaran potensi penghematan biaya distribusi yang representatif terhadap kondisi operasional sebenarnya.

E. Keterbatasan dan pengembangan

Simulasi ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasilnya. Pertama, matriks jarak yang digunakan sepenuhnya bersifat sintetis dan belum menggambarkan kondisi jaringan jalan yang sebenarnya. Kedua, model belum memperhitungkan kapasitas kendaraan maupun volume permintaan setiap SPBU, sehingga belum mencakup karakteristik Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Selain itu, kendala operasional seperti time window, waktu pelayanan, jumlah armada, dan ketentuan distribusi belum dimasukkan ke dalam perhitungan. Metode yang digunakan juga merupakan algoritma heuristik yang tidak menjamin tercapainya solusi optimum global. Keterbatasan lainnya adalah belum dilakukannya pencocokan label SPBU sintetis dengan kode SPBU aktual serta perbaikan antar-rute menggunakan metode optimasi lanjutan, seperti 2-opt atau 3-opt (urutan di dalam rute hanya diuji melalui enumerasi permutasi).

Penelitian selanjutnya perlu menggunakan matriks jarak yang memiliki sumber jelas dan dapat direproduksi, serta menghubungkan identitas setiap SPBU dengan data permintaannya (penyelarasan penomoran/kode SPBU) agar volume permintaan dapat menjadi batasan kapasitas kendaraan dalam model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Model juga dapat dikembangkan dengan memasukkan *time window* dan kendala operasional lain yang relevan. Selanjutnya, penerapan metode 2-opt atau 3-opt [9] dapat digunakan untuk memperbaiki urutan kunjungan dan mengevaluasi perubahan total jarak tempuh. Perbandingan dengan pendekatan lain dalam literatur *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan variannya juga dapat memperluas evaluasi kinerja metode yang digunakan [4], [5], [10].

4. SIMPULAN

Penelitian ini mensimulasikan konsolidasi rute distribusi Pertamax dari satu depot ke 36 SPBU berlabel generik menggunakan metode Clarke-Wright Saving Matrix pada matriks jarak berarah sintetis. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap matriks jarak dan nilai saving, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan metode Clarke-Wright Saving Matrix pada 1.260 nilai saving berarah menghasilkan 12 rute yang mencakup seluruh 36 SPBU, dengan masing-masing rute terdiri atas tiga SPBU sesuai batas demonstrasi yang ditetapkan. Pengelompokan rute dilakukan berdasarkan urutan nilai saving yang digunakan dalam proses konsolidasi.

2. Total jarak tempuh pada skema direct delivery sebesar 6.521,1 km, sedangkan total jarak pada rute konsolidasi sebesar 2.456,1 km. Dengan demikian, diperoleh penghematan jarak sebesar 4.065,0 km atau 62,3% dibandingkan dengan direct delivery pada matriks sintetis.

3. Hasil penelitian merupakan solusi heuristik berdasarkan konsolidasi rute menggunakan Clarke-Wright Saving Matrix dan belum dapat dinyatakan sebagai solusi optimal secara keseluruhan. Hal ini disebabkan oleh belum diterapkannya batasan kapasitas kendaraan dan time window, serta belum dilakukannya perbaikan urutan antar-rute (2-opt/3-opt). Oleh karena itu, nilai 62,3% merupakan efisiensi jarak tempuh pada data sintetis dan tidak dapat diinterpretasikan sebagai efisiensi biaya operasional distribusi maupun kinerja distribusi Pertamax di lapangan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk: (a) mengintegrasikan batasan kapasitas kendaraan melalui pendekatan CVRP, dengan terlebih dahulu menyelaraskan penomoran SPBU antara data jarak dan data demand aktual agar demand dapat digunakan sebagai parameter dan batasan model; (b) menambahkan time window serta perbaikan rute dengan 2-opt atau 3-opt [9]; dan (c) mengonversi penghematan jarak menjadi penghematan biaya BBM dan biaya operasional menggunakan persamaan ΔC pada Bagian III.D, dengan data konsumsi armada, harga BBM, dan biaya per perjalanan yang terukur.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] G. Clarke and J. W. Wright, "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points," Operations Research, vol. 12, no. 4, pp. 568–581, 1964.

[2] P. Toth and D. Vigo, Eds., Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications, 2nd ed. Philadelphia: SIAM, 2014.

[3] T. Pichpibul and R. Kawtummachai, "A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem," The Scientific World Journal, vol. 2013, Art. no. 874349, 2013, doi: 10.1155/2013/874349.

[4] F. Tunnisaki and Sutarman, "Clarke and Wright Savings Algorithm as Solutions Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup Delivery (VRPSPD)," Journal of Physics: Conference Series, vol. 2421, p. 012045, 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2421/1/012045.

[5] F. Alkaisi and K. H. Santoso, "Optimalisasi Rute Distribusi Produk Pertalite dengan Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Meminimasi Jarak Tempuh dan Biaya Distribusi (Studi Kasus: Integrated Terminal Semarang PT Pertamina MOR IV)," Industrial Engineering Online Journal, vol. 11, no. 2, 2022.

[6] R. Yuniarti and M. Astuti, "Penerapan Metode Saving Matrix dalam Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Premium di SPBU Kota Malang," Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 4, no. 1, pp. 17–26, 2013.

[7] Kushariyadi, Sono, T. W. Adi, S. E. Aristantia, and M. A. Taufiqurrahman, "Analisis Rute Distribusi BBM di Pertashop Menggunakan Metode Saving Matrik," Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi, pp. 51–56, 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.332.

[8] A. Andriyanto and D. A. Falevi, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Meningkatkan Load Factor di PT Pos Indonesia Mail Processing Centre Bandung," Jurnal Logistik Bisnis, vol. 14, no. 1, pp. 35–45, 2024.

[9] S. Lin and B. W. Kernighan, "An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem," Operations Research, vol. 21, no. 2, pp. 498–516, 1973.

[10] B. L. Golden, S. Raghavan, and E. A. Wasil, Eds., The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges. New York: Springer, 2008.