



OPTIMASI RUTE PENDISTRIBUSIAN BBM MENGGUNAKAN ALGORITMA *TABU SEARCH* DAN *CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*

Ulfa Is. Abdul¹, Muh. Rifai Katili², Djihad Wungguli^{3*}

^{1,2,3} Universitas Negeri Gorontalo

email korespondensi : djihad@ung.ac.id

Diterima : (22-12-2022), **Revisi:** (01-04-2023), **Diterbitkan :** (01-06-2023)

ABSTRAK

Distribusi merupakan kegiatan yang dilakukan pada berbagai jenis transportasi untuk melakukan pemasaran produk ke berbagai pelanggan melalui perencanaan oleh setiap perusahaan. Dalam distribusi perlu adanya perencanaan yang sistematis sehingga dapat meminimalisir adanya keterlambatan salah satunya faktor jarak tempuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimasi rute optimal distribusi BBM di PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII Gorontalo dengan metode heuristik menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Cheapest Insertion Heuristic* dan membandingkan algoritma mana yang lebih baik yang dapat diterapkan dalam penentuan rute optimal distribusi BBM. Hasil penelitian menunjukkan algoritma *Tabu Search* lebih baik pada penentuan rute optimal distribusi BBM dengan total jarak tempuh 815.2 km, sedangkan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* menghasilkan total jarak tempuh 1039.7 km.

Kata kunci : Rute Optimal, Algoritma *Tabu Search*, Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*

ABSTRACT

Distribution is an activity carried out on various types of transportation to carry out product marketing to various customers through planning by each company. In distribution, there needs to be systematic planning so as to minimize delays, one of which is the mileage factor. The purpose of this research is to optimize the optimal fuel distribution route at PT. Pertamina (Persero) Gorontalo VII Marketing Unit uses the heuristic method using the Tabu Search and Cheapest Insertion Heuristic algorithms and compares which algorithm is better which can be applied in determining the optimal fuel distribution route. The results showed that the Tabu Search algorithm was better at determining the optimal fuel distribution route with a total distance of 815.2 km, while the Cheapest Insertion Heuristic algorithm produced a total distance of 1039.7 km.

Key words: *Optimal Route, Taboo Search Algorithm, Cheapest Insertion Heuristic Algorithm*

Pendahuluan

Distribusi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan pemasaran yang dilakukan da-

lam memindahkan barang dari produsen kepada konsumen untuk memperlancar serta mempermudah dalam penyampaian barang (Alkaisi, 2022). Manfaat lain yang dapat diperoleh adalah untuk menambah nilai rantai pasokan dengan mengurangi biaya operasional distribusi guna mencapai standar pengiriman yang lebih baik (Lukman et al., 2019). Proses distribusi yang dilakukan ke beberapa tujuan akan mengakibatkan jalur ataupun rute distribusi yang cukup jauh yang akan mengakibatkan tingginya biaya distribusi pada saat memasarkan produk (Paillin & Tamaela, 2019). Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam sistem distribusi yang baik yaitu perusahaan dapat mengirimkan suatu produk dengan sejumlah permintaan dengan baik dan tepat (Paillin & Sosebeko, 2017).

PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII, Gorontalo merupakan terminal BBM Gorontalo yang memiliki tugas serta tanggung jawab yang tidak mudah untuk memastikan penyaluran BBM oleh kendaraan sampai di tempat tujuan dengan waktu yang tepat. Tidak dapat dipungkiri dengan berkembangnya perekonomian di Indonesia, kebutuhan energi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut mendasari kebutuhan BBM yang berada di wilayah Gorontalo akan terus bertambah karena BBM merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat seiring berkembangnya waktu maka kebutuhan BBM oleh masyarakat semakin besar, sehingga jumlah permintaan produk juga akan meningkat. Hal lainnya dilihat dari lokasi SPBU TBBM VII Gorontalo yang tersebar ke beberapa titik wilayah yang terdiri dari lima Kabupaten dan satu Kota yaitu Kabupaten Boalemo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Gorontalo Utara, Kabupaten Pohuwato, dan Kota Gorontalo. Secara umum kondisi infrastruktur transportasi di provinsi Gorontalo sudah sangat memadai, jalan penghubung setiap daerah sudah sangat bagus. Kondisi geografis setiap daerah merupakan dataran, akan tetapi wilayah bagian pinggiran atau penghubung antar daerah merupakan daerah perbukitan dan pegunungan. Mengingat kondisi tersebut, sehingga perlu adanya perencanaan proses distribusi yang lebih baik guna menghindari adanya keterlambatan selama distribusi berlangsung. Oleh karena itu diperlukan alternatif algoritma yang dapat diterapkan untuk menentukan rute optimal. Beberapa algoritma diantaranya menggunakan pendekatan heuristic menggunakan algoritma *Tabu Search* dan *Cheapest Insertion Heuristic*.

Tabu Search adalah sebuah metode yang termasuk dalam bidang *heuristic* dimana penyelesaian masalah yang lebih variatif dengan waktu perhitungan yang

cepat dalam menyelesaikan masalah optimasi (Fatmawati et al., 2015). Proses pencarian bergerak dari satu solusi ke solusi berikutnya, dengan cara memilih solusi terbaik *neighbourhood* solusi sekarang (*current*) yang tidak tergolong solusi terlarang (*tabu*). Ide dasar dari algoritma *tabu search* adalah mencegah proses pencarian dari *local search* agar tidak melakukan pencarian ulang pada ruang solusi yang sudah pernah ditelusuri, dengan memanfaatkan suatu struktur memori yang mencatat sebagian jejak proses pencarian yang telah dilakukan. Sedangkan *Cheapest Insertion Heuristic* merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mempercepat pencarian optimasi rute terpendek dengan teknik *heuristic*. Konsep dari algoritma ini yaitu membuat suatu rute dengan memilih bobot minimum berdasarkan jarak antar pelanggan kemudian secara berturut-turut ditambahkan dengan rute baru yang belum dilalui (Saleh et al., 2015). Hal ini akan membentuk sebuah tour atau perjalanan yang memiliki keseluruhan bobot minimum dengan hasil yang didapatkan merupakan solusi yang optimal (Yulianto & Setiawan, 2018).

Penelitian telah dilakukan sebelumnya oleh Kadam et al. (2018) terkait penentuan rute terpendek dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* pada suatu perusahaan industri makanan ringan. Penelitian yang dilakukan oleh Tarnoto et al. (2021) membahas tentang penggunaan algoritma *Tabu Search* untuk optimasi rute distribusi gas LPG 3kg di PT. SPI yang berada di kota Karawang. Fargiana et al. (2021) melakukan penelitian tentang permasalahan rute pengiriman barang menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*. Berdasarkan ketiga penelitian pada penelitian ini metode pada permasalahan penentuan rute optimasi distribusi BBM di Terminal TBBM VII Gorontalo yaitu algoritma *Tabu Search* dan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*. Kemudian dilakukan analisis perbandingan algoritma yang mendapatkan rute terpendek dalam penyelesaian rute optimal distribusi BBM dengan melakukan perhitungan jarak. Artinya, data dianalisis untuk mendapatkan rute seminimal mungkin sehingga BBM dapat didistribusikan dalam waktu yang tepat. PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII Gorontalo berlokasi di Kecamatan Hulonthalangi, Kabupaten Gorontalo. BBM disalurkan menggunakan mobil tangki dari depot menuju SPBU yang tersebar di beberapa wilayah dengan lokasi setiap SPBU terdapat di setiap Kecamatan yang berada di masing-masing wilayah. Wilayah Kota Gorontalo dengan 8 kecamatan, Kabupaten Bone Bolango 1 Kecamatan, Kabupaten Gorontalo 9 Kecamatan, Kabupaten Boalemo 4 Kecamatan, Kabupaten Gorontalo Utara 3 Kecamatan, dan Kabupaten

Bolmong Utara 2 Kecamatan dengan jumlah total SPBU yang tersebar yaitu sebanyak 27 SPBU.

Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan studi literatur yang bersumber dari buku, jurnal ilmiah, serta artikel terkait lainnya. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan studi kasus di PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII Gorontalo. Tahapan pertama yang dilakukan pada penelitian yaitu merumuskan masalah, mengumpulkan dan mengolah data. Teknik pengumpulan data dilakukan berdasarkan wawancara secara langsung kepada penanggung jawab bidang pemasaran BBM di PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII Gorontalo yang dilakukan pada Kamis 14 April 2022. Instrumen pengambilan data berupa kuesioner kepada pihak narasumber diantaranya meliputi: wilayah SPBU yang menjadi tujuan distribusi BBM, bagaimana sistem distribusi yang diterapkan, dan kendala apa yang sering dihadapi selama proses distribusi berlangsung. Teknik analisis data dilakukan dengan menerapkan algoritma *Tabu Search* dan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* untuk mencari rute terpendek distribusi BBM dengan total 27 SPBU yang dianalisis berdasarkan jarak dari depot menuju SPBU dan jarak antar SPBU. Diasumsikan dalam penelitian ini semua kondisi jalan dalam keadaan baik. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan algoritma yang menghasilkan solusi terbaik berupa rute terpendek pada optimasi rute distribusi BBM. Perbandingan rute tersebut dilihat dari jumlah minimum rute yang diperoleh berdasarkan penerapan dari kedua algoritma. Rute minimum yang diperoleh selanjutnya akan menjadi solusi yang dapat diterapkan pada optimasi distribusi BBM di PT. Pertamina (Persero) Unit Pemasaran VII Gorontalo. Data yang diperoleh berupa data lokasi SPBU yang menjadi tujuan distribusi BBM yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data SPBU TBBM VII Gorontalo

Node	Kode	Alamat	Jarak dari Depot (Km)
V ₀	Depot	Jl. Yos Sudarso	-
V ₁	7496103	Jl. Mayor Dullah	2.7
V ₂	7496227	Jl. Panjaitan&Kota Selatan	3.5
V ₃	7496104	Jl. Raja Eyato&Kota Barat	4.0
V ₄	7496101	Jl. Sultan Botutihe	5.1

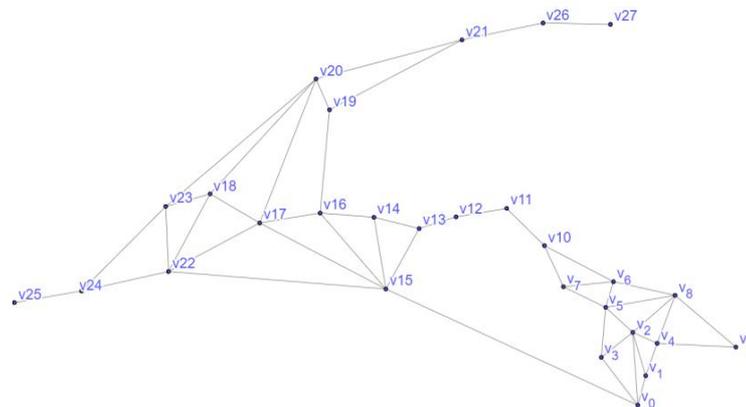
Node	Kode	Alamat	Jarak dari Depot (Km)
V ₅	7396107	Jl. Jendral Sudirman	5.7
V ₆	7496130	Jl. Andalas, No. 39-A	7.1
V ₇	7496223	Jl. Kh. Agus Salim	7.3
V ₈	7496105	Jl. Tinaloga	7.9
V ₉	7496501	Jl. Pasar Minggu	10
V ₁₀	7496106	Jl. Ahmad A. Wahab No.8, Luhu	9.5
V ₁₁	7496102	Hepuhulawa, Limboto	13
V ₁₂	7496209	Hepuhulawa, Limboto	17
V ₁₃	7496228	Jl. Limboto Raya	19
V ₁₄	7396108	Jl. Jendral Sudirman	27
V ₁₅	7496211	Tabongo	23
V ₁₆	7496226	Isimu, Tolotio Tibawa	32
V ₁₇	7496231	Jl. Trans Sulawesi	63
V ₁₈	7496208	Jl. PG Tolangohula	81
V ₁₉	7496201	Jl. Trans Sulawesi, Kwandang	50
V ₂₀	7496212	Desa Pontolo	52
V ₂₁	7496204	Jl. Trans Sulawesi, Kota Jin	102
V ₂₂	7496205	Jl. Trans Sulawesi	83
V ₂₃	7496206	Harapan, Wonosari	87
V ₂₄	7496230	Jl. Trans Sulawesi, Lamu	106
V ₂₅	7496207	Salilama, Manangu	134
V ₂₆	7495710	Kuala, Kaidipang	128
V ₂₇	7495704	Jl. Trans Sulawesi, Kopi Bintauna	171

Tabel 1 menunjukkan data lokasi distribusi BBM dimana Node V_0 merupakan titik awal dimulainya proses distribusi dan node $V_1 - V_{27}$ merupakan simbol untuk masing-masing SPBU yang menjadi tujuan distribusi BBM.



Gambar 1. Peta Lokasi Depot dan SPBU

Gambar 1 menunjukkan interpretasi peta yang dibuat dengan membuat rute perjalanan berdasarkan data SPBU TBBM VII Gorontalo yang terdapat pada Tabel 1 yang diinstruksikan menggunakan *google earth* yang kemudian di implementasikan ke dalam graf untuk menunjukkan posisi node yang tersebar berdasarkan peta yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi Peta dalam Bentuk Graf

Gambar 2 merupakan interpretasi peta yang dibuat dalam bentuk graf untuk menunjukkan posisi node yang tersebar. V_0 merupakan titik awal dimulainya proses distribusi dan node $V_1 - V_{27}$ merupakan simbol SPBU yang menjadi tujuan distribusi BBM. Proses distribusi BBM yang dilakukan pada penelitian ini diasumsikan berdasarkan wilayah, sehingga setiap transportasi mendistribusikan BBM berdasarkan pembagian wilayah masing-masing.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini ditujukan untuk membuat model distribusi BBM dengan membagi 27 SPBU yang tersebar menjadi 4 wilayah. Wilayah A terdiri dari Kota Goron-

talo dan Kabupaten Bone Bolango dengan total 9 SPBU, wilayah B terdiri dari Kabupaten Gorontalo dengan total 9 SPBU, wilayah C untuk bagian Kabupaten Gorontalo Utara dan Kabupaten Bolmong Utara dengan total 5 SPBU dan wilayah D terdiri dari Kabupaten Boalemo dengan total 4 SPBU. Pengelompokan wilayah ini didasarkan pada kriteria kedekatan lokasi jarak antar SPBU dalam satu wilayah, sehingga anggota dalam satu kelompok minimum yang akan memastikan bahwa jarak tempuh transportasi mobil tangki juga minimum. Oleh karena itu, perhitungan jarak terpendek pada distribusi BBM dihitung berdasarkan masing-masing wilayah.

Mencari Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Tabu Search

Menurut Zai et al. (2016a) *Tabu Search* pertama kali diperkenalkan oleh Fred Glover pada tahun 1986. Tabu atau *taboo* berasal dari bahasa Tongan, yang diturunkan dari bahasa Polinesia dan digunakan oleh suku *Aborigin* untuk mendedikasikan hal yang tidak diperbolehkan untuk disentuh karena kesuciannya atau sakralnya. *Tabu Search* memiliki elemen utama diantaranya: representasi solusi, pembentukan solusi awal, solusi *neighbourhood*, *tabu list*, kriteria aspirasi, dan kriteria pemberhentian (Sulistiono & Mussafi, 2015).

Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam pencarian algoritma *Tabu Search* (Herawati et al., 2015):

1. Menentukan solusi alternatif dengan menentukan solusi awal yang menjadi titik dimulainya proses distribusi dengan memilih titik yang memiliki jarak terdekat dari depot sehingga nantinya akan menjadi rute awal untuk dilakukan iterasi pada proses selanjutnya.
2. Rute yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam *tabu list* pada iterasi ke-0 atau $k=0$ dengan k merupakan banyaknya perulangan yang terjadi saat dilakukan pencarian pada solusi awal.
3. Melakukan perhitungan evaluasi dari solusi *alternative* yang diperoleh dengan melakukan *move*. Proses *move* didasarkan pada indeks dengan banyaknya indeks yaitu $C(n, 2)$.
4. Memilih solusi terbaik dengan bobot minimum yang memiliki hasil penjumlahan jarak terpendek. Bobot minimum yang digunakan merupakan jarak antar titik depot dan SPBU dan jarak antar SPBU satu dengan SPBU yang lain.
5. Mengecek solusi yang didapatkan terdaftar pada *tabu list*. Apabila solusi tersebut terdaftar dalam *tabu list* maka solusi tersebut tidak dapat dilakukan, ji-

ka tidak terdaftar maka lanjut ke langkah selanjutnya.

6. Memasukkan solusi baru dengan bobot minimum kedalam *tabu list*.

7. Mengulangi langkah ke-3 hingga tercapai iterasi maksimal.

Berdasarkan langkah 1-7 diperoleh perhitungan iterasi pada wilayah A dimana rute awal yang diperoleh yaitu $V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$ dengan total jarak 37.7 km. Rute awal tersebut menjadi solusi sementara yang akan dimasukkan ke dalam *tabu list* pada iterasi ke-0 atau $k = 0$. Selanjutnya dilakukan proses iterasi pada rute awal dengan melakukan *move* atau penukaran *node* dengan aturan kombinasi $C(n, 2) = C(9, 2) = 36$. Dalam hal ini maka terdapat 36 indeks pada iterasi yang dilakukan dengan melakukan *move* di setiap node yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Iterasi 1 Algoritma Tabu Search Wilayah A

Move	Rute	Jarak (Km)	Move	Rute	Jarak (Km)
V1-V2	$V_0, V_2, V_1, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	39.4	V3-V8	$V_0, V_1, V_2, V_8, V_5, V_7, V_6, V_3, V_4, V_9, V_0$	44.8
V1-V3	$V_0, V_3, V_2, V_1, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	41.6	V3-V4	$V_0, V_1, V_2, V_4, V_5, V_7, V_6, V_8, V_3, V_9, V_0$	46.9
V1-V5	$V_0, V_5, V_2, V_3, V_1, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	43.5	V3-V9	$V_0, V_1, V_2, V_9, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_3, V_0$	43.2
V1-V7	$V_0, V_7, V_2, V_3, V_5, V_1, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	50.9	V5-V7	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_7, V_5, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	39.9
V1-V6	$V_0, V_6, V_2, V_3, V_5, V_7, V_1, V_8, V_4, V_9, V_0$	50	V5-V6	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_6, V_7, V_5, V_8, V_4, V_9, V_0$	41.8
V0-V8	$V_0, V_8, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_1, V_4, V_9, V_0$	47.8	V5-V8	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_8, V_7, V_6, V_5, V_4, V_9, V_0$	50.2
V1-V4	$V_0, V_4, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_1, V_9, V_0$	44.5	V5-V4	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_7, V_6, V_8, V_5, V_9, V_0$	49.6
V1-V9	$V_0, V_9, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_1, V_0$	41.1	V5-V9	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_9, V_7, V_6, V_8, V_4, V_5, V_0$	39.2
V2-V3	$V_0, V_1, V_3, V_2, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	38.3	V7-V6	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_6, V_7, V_8, V_4, V_9, V_0$	45.4
V2-V5	$V_0, V_1, V_5, V_3, V_2, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	42.2	V7-V8	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_8, V_6, V_7, V_4, V_9, V_0$	43.8
V2-V7	$V_0, V_1, V_7, V_3, V_5, V_2, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	45.1	V7-V4	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_4, V_6, V_8, V_7, V_9, V_0$	48
V2-V6	$V_0, V_1, V_6, V_3, V_5, V_7, V_2, V_8, V_4, V_9, V_0$	47.3	V7-V9	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_9, V_6, V_8, V_4, V_7, V_0$	52.4
V2-V8	$V_0, V_1, V_3, V_2, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	44.7	V6-V8	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_8, V_6, V_4, V_9, V_0$	48.7
V2-V4	$V_0, V_1, V_4, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_2, V_9, V_0$	44.1	V6-V4	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_4, V_8, V_6, V_9, V_0$	47.3
V2-V9	$V_0, V_1, V_9, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_4, V_2, V_0$	41.9	V6-V9	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_9, V_8, V_4, V_6, V_0$	38.8
V3-V5	$V_0, V_1, V_2, V_5, V_3, V_7, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	39.5	V8-V4	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_4, V_8, V_9, V_0$	41.6
V3-V7	$V_0, V_1, V_2, V_7, V_5, V_3, V_6, V_8, V_4, V_9, V_0$	42	V8-V9	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_9, V_4, V_8, V_0$	42.7
V3-V6	$V_0, V_1, V_2, V_6, V_5, V_7, V_3, V_8, V_4, V_9, V_0$	43.9	V4-V9	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_9, V_4, V_0$	36.2

Tabel 2. Diperoleh solusi minimum dengan melakukan move pada *node* V4-V9 dan rute yang diperoleh yaitu $V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_6, V_8, V_9, V_4, V_0$ dengan total jarak

36.2 km. Solusi ini merupakan solusi yang lebih baik jika dibandingkan dengan solusi yang sebelumnya pada iterasi ke-0 atau $k = 0$ dengan total jarak yaitu 37.7 km, sehingga solusi baru yang diperoleh akan menjadi solusi pada *tabu list* yang baru untuk dilakukan proses iterasi selanjutnya pada iterasi $k = k + 1$. Dengan mengulangi langkah yang sama pada 4 wilayah masing-masing sampai tercapai iterasi maksimal, maka diperoleh rute optimal menggunakan algoritma *Tabu Search* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rute Optimal Dengan Algoritma *Tabu Search*

Wilayah	Rute	Total Jarak (Km)
A	$V_0, V_1, V_2, V_3, V_5, V_8, V_6, V_7, V_9, V_4, V_0$	35
B	$V_0, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{17}, V_{18}, V_{16}, V_{15}, V_0$	156
C	$V_0, V_{19}, V_{20}, V_{21}, V_{27}, V_{26}, V_0$	342.2
D	$V_0, V_{22}, V_{25}, V_{24}, V_{23}, V_0$	282

Tabel 3. Merupakan hasil rute optimal yang diperoleh berdasarkan proses iterasi yang dilakukan pada 4 wilayah dengan menggunakan algoritma *Tabu Search*. Total Jarak dihitung berdasarkan rute yang diperoleh. Dalam hal ini, rute yang diperoleh dijumlahkan jarak setiap *node* yang dilalui sehingga mendapatkan total jarak dari setiap rute pada masing-masing wilayah. Proses distribusi wilayah A diawali dari depot menuju ke SPBU 7496103 → SPBU 7496227 → SPBU 7496104 → SPBU 7496107 → SPBU 9486105 → SPBU 7496130 → SPBU 7496223 → SPBU 7496501 → SPBU 7496101 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak yang diperoleh 35 km. Wilayah B diawali dari depot menuju ke SPBU 7496106 → SPBU 7496102 → SPBU 7496209 → SPBU 7496228 → SPBU 7496108 → SPBU 7496231 → SPBU 7496208 → SPBU 7496226 → SPBU 7496211 dan kembali lagi ke depot Jl. Yos Sudarso dengan total jarak yang diperoleh 156 km. Wilayah C diawali dari depot → SPBU 7496201 → SPBU 7496212 → SPBU 7496204 → SPBU 7495704 → SPBU 7495710 Jl. Kuala, Kaidapang dan kembali lagi ke depot dengan total jarak yang diperoleh 342.2 km. Wilayah D diawali dari depot → SPBU 7496205 → SPBU 7496207 → SPBU 7496230 → SPBU 7496206 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak yang diperoleh 282 km. Jarak distribusi BBM yang diperoleh merupakan distribusi untuk sekali perjalanan dengan total jarak yang diperoleh menggunakan algoritma *Tabu Search* yaitu 815.2 km.

Mencari Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic

Menurut Wijayanti et al. (2020) Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* merupakan

suatu algoritma *insertion* yang setiap penambahan titik baru kemudian disisipkan ke dalam *sobtour* (rute) yang memiliki bobot penyisipan minimal. Menurut Lattan et al. (2021) bobot penyisipan diperoleh dari persamaan:

$$C_{i,j,k} = C_{i,k} + C_{k,j} - C_{i,j} \quad (1)$$

Keterangan:

C_{ik} : jarak dari kota i ke kota k

C_{kj} : jarak dari kota k ke kota j

C_{ij} : jarak dari kota i ke kota j

Berikut langkah-langkah dalam algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (Nur, 2021):

1. Membuat *sobtour* (rute) awal antara dua *node*. *Sobtour* yaitu rute perjalanan yang berasal dari titik awal dan berakhir di titik awal tersebut. Pada wilayah A terbentuk *sobtour* pertama yaitu $(V_0, V_9) - (V_9, V_0)$ dan *node* yang belum dikunjungi yaitu *node* $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8$.
2. Membuat tabel dari *sobtour* yang telah didapat kemudian sisipkan titik-titik yang belum terdaftar pada *subtour* dengan hasil kombinasi yaitu pemilihan rute yang memiliki bobot terkecil yang diperoleh dari persamaan (1). Mengulangi langkah yang sama sampai semua *node* terdaftar, sehingga diperoleh hasil akhir perhitungan rute masing-masing wilayah yang dapat dilihat pada Tabel 5, dengan contoh proses iterasi menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* pada wilayah A dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penyisipan Subtour Pertama Wilayah A

Node yang Diganti	Node Sisipan	Panjang Node	Bobot
V_0-V_9	$(V_0, V_1)-(V_1, V_9)$	$C_{01}+C_{19}-C_{09}$	1.7
V_0-V_9	$(V_0, V_2)-(V_2, V_9)$	$C_{02}+C_{29}-C_{09}$	1.6
V_0-V_9	$(V_0, V_3)-(V_3, V_9)$	$C_{03}+C_{39}-C_{09}$	2.9
V_0-V_9	$(V_0, V_4)-(V_4, V_9)$	$C_{04}+C_{49}-C_{09}$	0.5
V_0-V_9	$(V_0, V_5)-(V_5, V_9)$	$C_{05}+C_{59}-C_{09}$	5.7
V_0-V_9	$(V_0, V_6)-(V_6, V_9)$	$C_{06}+C_{69}-C_{09}$	8.1
V_0-V_9	$(V_0, V_7)-(V_7, V_9)$	$C_{07}+C_{79}-C_{09}$	-0.4
V_0-V_9	$(V_0, V_8)-(V_8, V_9)$	$C_{08}+C_{89}-C_{09}$	5.1
V_9-V_0	$(V_9, V_1)-(V_1, V_0)$	$C_{91}+C_{10}-C_{90}$	1.7
V_9-V_0	$(V_9, V_2)-(V_2, V_0)$	$C_{92}+C_{20}-C_{90}$	1.6
V_9-V_0	$(V_9, V_3)-(V_3, V_0)$	$C_{93}+C_{30}-C_{90}$	2.9
V_9-V_0	$(V_9, V_4)-(V_4, V_0)$	$C_{94}+C_{40}-C_{90}$	0.5
V_9-V_0	$(V_9, V_5)-(V_5, V_0)$	$C_{95}+C_{50}-C_{90}$	5.7

Node yang Diganti	Node Sisipan	Panjang Node	Bobot
V_9-V_0	$(V_9, V_6)-(V_6, V_0)$	$C_{96}+C_{60}-C_{90}$	8.1
V_9-V_0	$(V_9, V_7)-(V_7, V_0)$	$C_{97}+C_{70}-C_{90}$	-0.4
V_9-V_0	$(V_9, V_8)-(V_8, V_0)$	$C_{98}+C_{80}-C_{90}$	5.1

Pada Tabel 4. diperoleh dua tambahan jarak terpendek apabila *node* V_0-V_9 digantikan dengan *node* $(V_0, V_4) - (V_4, V_9)$ dan *node* $V_9 - V_0$ digantikan dengan *node* $(V_9, V_4) - (V_4, V_0)$ dengan bobot 0.5. Kemudian dipilih salah satu yaitu *node* V_0-V_9 , sehingga akan terbentuk *sobtour* baru $(V_0, V_4) - (V_4, V_9) - (V_9, V_0)$.

Tabel 5. Rute Optimal Dengan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*

Wilayah	Rute	Total Jarak (Km)
A	$V_0, V_1, V_2, V_5, V_7, V_6, V_8, V_3, V_4, V_9, V_0$	45.1
B	$V_0, V_{10}, V_{13}, V_{14}, V_{17}, V_{16}, V_{11}, V_{12}, V_{15}, V_{18}, V_0$	267.4
C	$V_0, V_{20}, V_{19}, V_{26}, V_{21}, V_{27}, V_0$	399.2
D	$V_0, V_{23}, V_{24}, V_{22}, V_{25}, V_0$	328

Tabel 5 merupakan hasil rute optimal yang diperoleh berdasarkan proses iterasi yang dilakukan pada 4 wilayah dengan menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*. Total jarak dihitung berdasarkan rute yang diperoleh. Dalam hal ini, rute yang diperoleh dijumlahkan jarak setiap *node* yang dilalui sehingga mendapatkan total jarak dari setiap rute pada masing-masing wilayah. Wilayah A diawali dari depot menuju ke SPBU 7496103 → SPBU 7496227 → SPBU 7496107 → SPBU 7496223 → SPBU 7496130 → SPBU 9486105 → SPBU 7496104 → SPBU 7496101 → SPBU 7496501 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak 45.1 km. Wilayah B diawali dari depot menuju ke SPBU 7496106 → SPBU 7496228 → SPBU 7496108 → SPBU 7496231 → SPBU 7496226 → SPBU 7496102 → SPBU 7496209 → SPBU 7496211 → SPBU 7496208 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak 267.4 km. Wilayah C diawali dari depot menuju ke SPBU 7496212 → SPBU 7496201 → SPBU 7495710 → SPBU → SPBU 7495704 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak 399.2 km. Wilayah D diawali dari depot menuju ke SPBU 7496206 → SPBU 7496230 → SPBU 7496205 → SPBU 7496207 dan kembali lagi ke depot dengan total jarak 328 km. Total jarak yang diperoleh dengan menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* yaitu 1039.7 km.

Algoritma *Tabu Search* memiliki jarak tempuh yang lebih kecil jika dibandingkan dengan jarak tempuh pada algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Hay's (2017) yang menyatakan bahwa Algoritma *Tabu*

Search merupakan metode optimasi yang terbukti efektif terlebih untuk memecahkan masalah dengan skala yang besar. Pada algoritma *Cheapest Insertion Heuristic*, jika *node* yang telah terpilih pada iterasi sebelumnya maka *node* tersebut akan diabaikan pada iterasi berikutnya sehingga jumlah *node* akan berkurang yang menyebabkan perhitungan iterasi lebih cepat jika jumlah *node* yang dihitung sedikit. Tetapi proses iterasi akan meningkat pada skala yang besar. Hal ini sesuai dengan penelitian Effendi & Maulinda (2010) yang menyatakan bahwa proses pencarian algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* akan semakin meningkat jika jumlah *node* yang relatif banyak.

Kesimpulan

Hasil perhitungan rute optimal dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* memiliki total jarak tempuh dari keempat wilayah yaitu 816.2 km. Hasil perhitungan rute terpendek dengan menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* memiliki total jarak tempuh dari keempat wilayah yaitu 1039.7 km. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma *Tabu Search* lebih optimal pada penentuan rute distribusi BBM.

Daftar Pustaka

- Alkaisi F. (2022). Optimasi Rute Distribusi Peralite dengan Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Minimasi Jarak Tempuh dan Biaya Distribusi (Studi Kasus: Integrated Terminal Semarang PT. Pertamina Mor IV). *Industrial Engineering Online Journal*, 11(2). 5-10.
- Effendi, R., & Maulinda, S. (2010). Studi Perbandingan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dan Ant Colony System dalam Pemecahan Travelling Salesman. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2010* (Snati), 1–6. <https://journal.uii.ac.id/Snati/article/viewFile/1947/1722>
- Fatmawati, Prihandono, B., & Noviani, E. (2015). Penyelesaian Travelling Salesman Problem dengan Metode Tabu Search. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 04 no. 1(1), 17–24.
- Fargiana, F.R., Harahap, E., & Respitawulan, R. (2021). Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang. *Journal Riset Matematika*, 1(2), 129-136.

- Hay's, R. N. (2017). Kombinasi Firefly Algorithm-Tabu Search untuk Penyelesaian Traveling Salesman Problem. *Jurnal Online Informatika*, 2(1), 42-48. <https://doi.org/10.15575/join.v2i1.63>
- Herawati, C., Adianto, R. H., & Mustofa, F. H. (2015). Usulan Rute Distribusi Tabung Gas 12 Kg Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Algoritma Tabu Search di PT. X Bandung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. ISSN: 2338-5081, 03(02), 209–220.
- Kadam, H. B. G., Mulyana, I. J., & Mulyono, J. (2018). Penentuan Rute Terpendek dengan Metode Tabu Search. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 17(2), 93–102
- Lattan, B. W., Tupan, J. M., & Paillin, D. B. (2021). Pemecahan Traveling Salesmen Problem Menggunakan Teknik Branch and Bound dan Cheapest Inse-
tion Heuristic. *I Tabaos*, 1(1), 13-22. <https://doi.org/10.30598/i-tabaos.2021.1.1.13-22>
- Lukman, I., Hanafi, R., & Parenreng, S. M. (2019). Optimasi Biaya Distribusi pada HFVRP Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. *Jurnal Optma-
si Sistem Industri*, 18(2), 164-175. <https://doi.org/10.25077/josi.v18.n2.p164-175.2019>
- Nur, M. A. S. (2021). Kombinasi Algoritma Branch and Bound dan Cheapest Inser-
tion Heuristic dalam Menyelesaikan Asymmetric Travelling Salesmen Problem. *MATH unesa*. 09(02), 351–358.
- Paillin, D. B., & Sosebeko, F. (2017). Penentuan Rute Optimal Distribusi Produk Nes-
tle dengan Metode Traveling Salesman Problem (Tsp) (Studi Kasus :
PT. Pais Jaya Mandiri). *Ari-
ka*, 11(1), 35-44. <https://doi.org/10.30598/arika.2017.11.1.35>
- Paillin, D. B., & Tamaela, M. (2019). Analisis Pola Rute Distribusi Paket pada PT. Pos
Indonesia (Persero) Ambon dengan Menggunakan Metode Travelling Salesman
Problem dan Differential Evolution. *Arika*, 13(2), 75–86.
<https://doi.org/10.30598/arika.2019.13.2.75>
- Saleh, K., Helmi, & Prihandono, B. (2015). Penentuan Rute Terpendek dengan Meng-
gunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (Studi Kasus: PT. Wicaksana
Overseas International Tbk. Cabang Pontianak). *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan
Terapannya (Bimaster)*, 04(3), 295–304.
- Sulistiono, S., & Mussafi, N. S. M. (2015). Rancang Bangun Vehicle Routing Problem
Menggunakan Algoritma Tabu Search. *Jurnal Fourier*, 4(2), 113-122.

<https://doi.org/10.14421/fourier.2015.42.113-122>.

- Tarnoto, T., Wahyudin, W., & Fitriani, R. (2021). Optimasi Rute Distribusi Gas LPG 3 kg Menggunakan Metode Tabu Search pada PT. SPI. *Journal Industrial Services*, 7(1), 43-51. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i1.12010>
- Wijayanti, D. E., Thobirin, A., & Prasetyo, P. W. (2020). Menentukan Rute Kendaraan Pengangkut Sampah Kota Yogyakarta dengan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Modifikasi Route Construction. 9(2), 85–95. <https://doi.org/10.14421/fourier.2020.92.85-95>
- Yulianto, E., & Setiawan, A. (2018). Optimasi Rute Sales Coverage Menggunakan Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dan Layanan Google Maps Api. *INTERNAL (Information System Journal)*, 1(1), 39–54. <https://doi.org/10.32627/internal.v1i1.30>
- Zai, D., Budiati, H., Berutu, S. S., Informatika, T., Sains, F., & Immanuel, U. K. (2016b). Simulasi Rute Terpendek Lokasi Pariwisata di Nias dengan Metode Breadth First Search dan Tabu Search. *InFact*, 1(2), 30–41.