

PENGUNAAN *MINIMUM SPANNING TREE* DAN ALGORITMA HAMILTON DALAM PERENCANAAN RUTE DISTRIBUSI ES KRISTAL GRACIA DI KOTA SALATIGA

Dwi Rahayuningsih¹, Rayi Dian Cahya Dermawati², Eliau Rahma³, Muhamad Gani Rohman⁴
^{1, 2, 3, 4} Program Studi Tadris Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Universitas Islam Negeri Salatiga

Article Info

Article history:

Received Februari 20, 2025
Revised Maret 10, 2025
Accepted Maret 28, 2025

Kata Kunci:

Distribusi, Es Kristal, Salatiga, Optimasi Rute, Graf, Minimum Spanning Tree, Algoritma Hamilton

Keywords:

Distribution, Crystal Ice, Salatiga, route optimisation, graph, minimum spanning tree, Hamilton's algorithm.

Abstrak

Penelitian ini mengkaji potensi aplikasi *Minimum Spanning Tree* (MST) dan algoritma Hamilton dalam mengoptimalkan perencanaan rute distribusi es kristal Gracia di kota Salatiga. Distribusi es kristal memerlukan efisiensi tinggi mengingat sifat produk yang mudah meleleh, sehingga optimasi rute menjadi krusial untuk mengurangi waktu tempuh, biaya operasional, dan potensi kerugian. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute terdekat dengan pemodelan lokasi-lokasi distribusi sebagai simpul dalam graf berbobot. Metode penelitian melibatkan pengumpulan data geospasial lokasi pelanggan di Salatiga yang kemudian dibentuk menjadi graf. Hasil penelitian ini adalah rekomendasi jalur konektivitas minimal yang dapat menjadi fondasi untuk rute distribusi es kristal yang lebih cepat dan ekonomis, dibandingkan dengan rute manual atau berdasarkan pengalaman..

This study examines the potential application of the minimum spanning tree (MST) algorithm and Hamilton's algorithm to optimize Gracia's crystal ice distribution routes in Salatiga City. Given the melting nature of the product, the distribution of crystal ice requires high efficiency, so route optimization is crucial to reducing travel time, operational costs, and potential losses. This study aims to determine the shortest route by modeling distribution locations as vertices in a weighted graph. The research method involves collecting geospatial data on customer locations in Salatiga and forming it into a graph. The result of this study is a minimum connectivity path recommendation that can form the basis for a faster, more economical crystal ice distribution route than a manually planned or experience-based route.

Copyright © 2025 STKIP Paracendekia NW Sumbawa.
All rights reserved.

✉ Corresponding author:

Email Address: dhian.raaa24@gmail.com

PENDAHULUAN

Salatiga merupakan kota terkecil di Jawa Tengah. Kota madya ini terdiri dari empat kecamatan, yaitu Argomulyo, Sidomukti, Tingkir, dan Sidorejo (Iqbal et al. 2024).

Berdasarkan informasi yang telah diunggah oleh Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Salatiga pada laman <https://dataku.salatiga.go.id/>, data pada tahun 2024 (Semester I) menunjukkan bahwa Usaha Kecil dan Menengah (UKM) di Salatiga mencapai 23.622. Adapun sentra industri kota Salatiga sejumlah

17. Perindustrian yang efisien membutuhkan sistem distribusi yang optimal untuk memastikan produk sampai tepat waktu tanpa cacat.

Proses distribusi termasuk salah satu faktor krusial bagi perusahaan agar dapat mengantarkan produk dengan akurat kepada para pelanggan. Proses distribusi dipengaruhi oleh jarak dan terbatasnya kapasitas kendaraan. Hal ini dapat mempengaruhi durasi pengiriman dan biaya operasional produk. Pengiriman produk kepada pelanggan perlu memiliki jalur yang sesuai, sehingga pelanggan yang dikunjungi menerima barang dalam keadaan baik dan sesuai dengan permintaan (Algoritma and Neighbour n.d.). Berdasarkan (Fauzi, Wahyudin, and Nugraha 2021) mendefinisikan distribusi sebagai proses pengiriman barang atau layanan dari produsen kepada konsumen melalui distributor. Masalah jalur distribusi yang paling optimal merupakan hal penting yang harus diperhatikan untuk mencapai efisiensi. Hal ini berkaitan dengan biaya berlebihan yang perlu dikeluarkan, seperti biaya bahan bakar untuk transportasi. Terkait dengan masalah transportasi, salah satu metode yang bermanfaat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *Spanning Tree*.

Menurut (Rahmadi 2024), *Minimum Spanning Tree* (MST) merupakan sebuah cara untuk menemukan rute terpendek dengan memilih bobot dari sisi-sisi yang paling minimal, sehingga semua titik dalam graf bisa terhubung. Pengiriman es kristal dari Gracia Ice Salatiga ke beberapa *outlet Food and Beverage* (FnB) di kota Salatiga merupakan salah satu contoh permasalahan yang dapat diselesaikan dengan MST.

Algoritma Hamilton juga dapat digunakan untuk menemukan rute terpendek yang melalui semua titik dalam suatu jaringan atau graf tanpa mengunjungi satu titik lebih dari satu kali (Rohman, Argomulyo, and Sidomukti 2024). Graf yang memiliki lintasan Hamilton disebut graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton (Setyati 2022).

Gracia Ice melakukan pengiriman ke sejumlah pelanggan menggunakan mobil bak. Pendistribusian yang dilakukan Gracia Ice saat ini sudah baik, namun belum maksimal. Proses pendistribusiannya tidak diberikan rute perjalanan, sehingga distributor mencari jalan sendiri. Hal ini dapat memperbesar biaya distribusi dan waktu tempuh. Oleh karena itu, pemasok es perlu mempunyai penentuan rute agar distribusi es kristal dapat optimal dengan pengeluaran biaya jauh lebih rendah dari sebelumnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalkan jarak distribusi, sehingga dengan biaya yang rendah, distribusi tetap berjalan dengan optimal. Penelitian ini menggunakan *Minimum Spanning Tree* (MST) dan Algoritma Hamilton untuk menentukan lintasan terpendek dalam pendistribusian es kristal dari Gracia Ice ke *outlet-outlet* FnB di Salatiga.

METODE

Analisis data dilakukan menggunakan metode pengumpulan data geospasial untuk membangun model jaringan (graf) distribusi berdasarkan data jarak dan waktu tempuh antar

lokasi *outlet* dan pemasok es kristal (Ghifara et al. 2026). Kemudian diuji menggunakan *Minimum Spanning Tree* (MST) dan Algoritma Hamilton untuk menentukan jalur terpendek. Langkah yang akan dilalui dalam menentukan rute distribusi es kristal Gracia di kota Salatiga terbagi menjadi lima langkah. Hal ini karena keterhubungan setiap titik, yang berakibat pada sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan antara titik satu dengan titik lainnya, yang merupakan bagian dari pohon merentang Berikut beberapa tahapan yang digunakan.

1. Pengumpulan data geospasial lokasi pelanggan Gracia Ice di Salatiga. Data ini kemudian digunakan untuk membentuk sebuah graf.
2. Pembentukan model graf, data lokasi distribusi dan jarak antar lokasi, seperti yang disajikan dalam Tabel 1, diubah ke dalam bentuk graf. Titik 'A' (Kalicacing) ditetapkan sebagai titik awal distribusi.
3. Penerapan *Minimum Spanning Tree* (MST) dan algoritma Hamilton untuk menemukan rute terpendek. Proses ini dimulai dengan memilih titik lain yang memiliki jarak terpendek dari titik 'A', dan tahapan ini diulang secara terus-menerus hingga semua titik terhubung dan terbentuk model graf yang optimal.
4. Analisis dan Evaluasi Hasil: Hasil pengujian menggunakan MST dan algoritma Hamilton diuraikan, yang meliputi pendefinisian masalah, pengembangan model, pemecahan model, dan tahap hasil akhir. Jarak rute hasil perhitungan MST dan algoritma Hamilton dibandingkan dengan rute distribusi manual atau berdasarkan pengalaman untuk menunjukkan efisiensi yang dicapai.
5. Perbandingan Rute: Membandingkan jarak rute manual dengan jarak rute hasil MST dan algoritma Hamilton yang menghasilkan jarak paling optimal.

HASIL

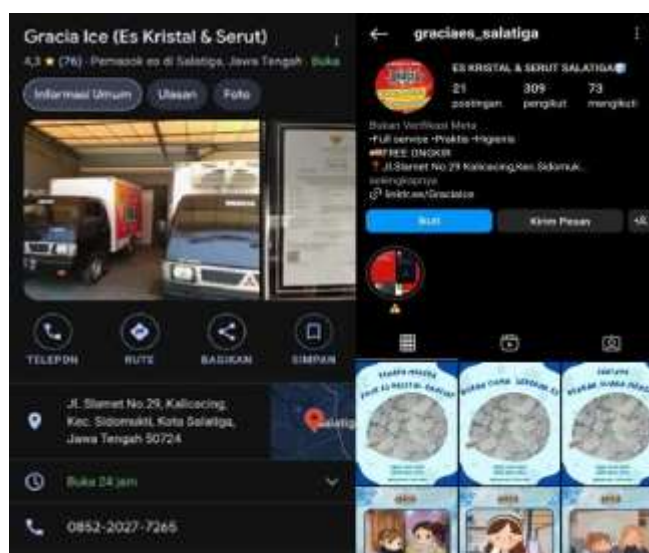
A. Wilayah Distribusi

Home industri Gracia Ice Salatiga memproduksi es kristal dan es serut. Jumlah produksi perharinya $\geq 150 - 300$ pcs es kristal yang dalam satu pcs mencapai 10 kg. Berdasarkan hasil wawancara salah satu karyawan Gracia Ice, proses pendistribusiannya dilakukan di daerah Salatiga dan sekitarnya. Karyawan mendistribusikan es kristal menggunakan kendaraan mobil *box* es. Setiap hari, masing-masing mobil bak berangkat pada pukul 07.30 WIB, kemudian pada siang hari kembali ke pemasok es untuk *restock*. Pukul 16.00 WIB mobil bak sudah masuk garasi. Pengiriman produk kepada pelanggan bebas ongkos. Es kristal Gracia terbuat dari air yang sudah difiltrasi dan melalui proses sterilisasi. Bentuknya silinder dengan lubang di tengah yang seragam. Sementara es serut berbentuk serpihan kecil yang halus.

Pada penelitian ini, proses pendistribusian yang diamati dengan bantuan aplikasi Google Maps berada di wilayah Pulutan, Sraten, Candi, Gedangan, Dukuh, dan Klaseman seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 1. Data distribusi Gracia Ice kepada pelanggan seperti pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan jarak dalam kilometer dan waktu tempuh dalam menit dari pemasok es ke masing-masing pelanggan. Mobil mengantar pesanan berangkat dari Kalicacing menuju Rajanya mie pedas. Kemudian menuju Aneka jus buah, Teh desa Salatiga, D'kriuk Candi, Teh desa Candi, BC Store, Teh Hongca, dan terakhir di Kebab durian Klaseman. Selesai menghantar, mobil kembali ke Gracia Ice untuk memasok es, seperti yang telah dimodelkan dalam bentuk graf berbobot Gambar 4



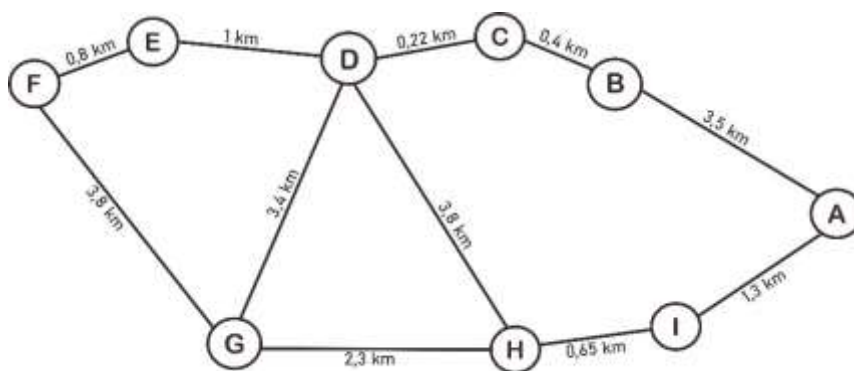
Gambar 1. Dokumentasi jalur distribusi melalui Google Maps



Gambar 2 Dokumentasi media sosial Gracia Ice

Tabel 1. Data pendistribusian Gracia Ice

Titik pengantaran	Simbol	Jarak (km)	Waktu (menit)
Kalicacing – Rajanya mie pedas	A – B	3,5	8
Kalicacing – Aneka jus	A – C	4,1	10
Kalicacing – Teh desa Salatiga	A – D	4,1	9
Kalicacing – D’kriuk Candi	A – E	5,1	11
Kalicacing – Teh desa Candi	A – F	5,9	14
Kalicacing – BC Store	A – G	4,3	11
Kalicacing – Teh Hongcha	A – H	2,2	6
Kalicacing – Kebab durian	A – I	1,3	4



Gambar 4. Graf jaringan pendistribusian es kristal

Proses distribusi yang biasa dilakukan memakan waktu ≥ 35 menit dengan jarak yang ditempuh sejauh 14 km berdasarkan Google Maps.

B. Hasil Pengujian Menggunakan Minimum Spanning Tree

Pengujian metode *Spanning Tree* terdiri dari tahap mendefinisikan masalah, pengembangan model, pemecahan model, dan tahap hasil akhir.

1. Tahap 1 : Mendefinisikan Masalah

Tahapan ini membuat *Minimum Spanning Tree* (MST) pada pendistribusian produk es kristal. Fungsi kendala titik dan jalur didefinisikan seperti Tabel 1.

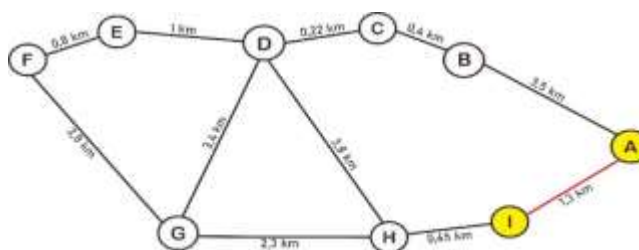
2. Tahap 2 : Pengembangan Model

Data simbol dan jarak pada Tabel 1 dibuatkan ke dalam bentuk graf seperti pada Gambar 4. Titik A menjadi titik awal distribusi. Selanjutnya, dilakukan pemilihan titik lain yang terpendek dari titik A seterusnya dilakukan secara berulang sampai terbentuk model graf.

3. Tahap 3 : Pemecahan Model

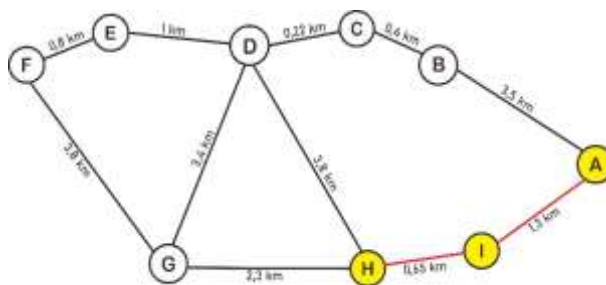
Pencarian jalur dilakukan dengan mencari jalur terpendek di titik awal distribusi. Berikut penyelesaiannya.

- a. Jalur titik A ke I merupakan tahap distribusi pertama karena jaraknya lebih dekat, yaitu 1,3 km.



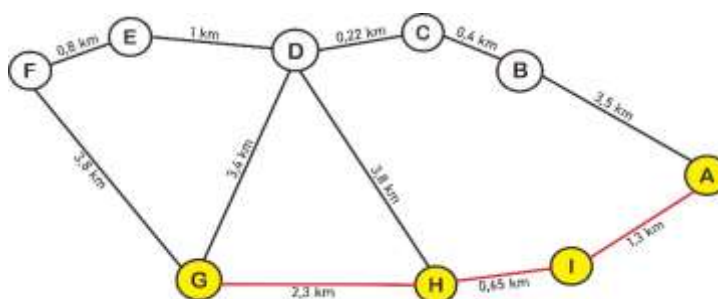
Gambar 5.1 Graf iterasi 1

- b. Jalur titik I ke H merupakan tahap distribusi ke dua karena jaraknya lebih dekat yaitu 0,65 km



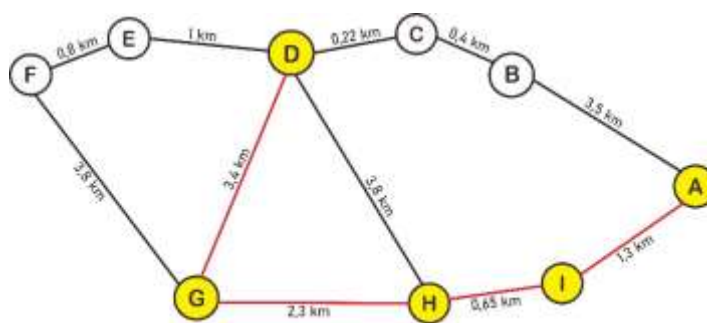
Gambar 5.2. Graf iterasi 2

- c. Jalur titik H ke G merupakan tahap distribusi ke tiga karena jaraknya lebih dekat yaitu 2,3 km.



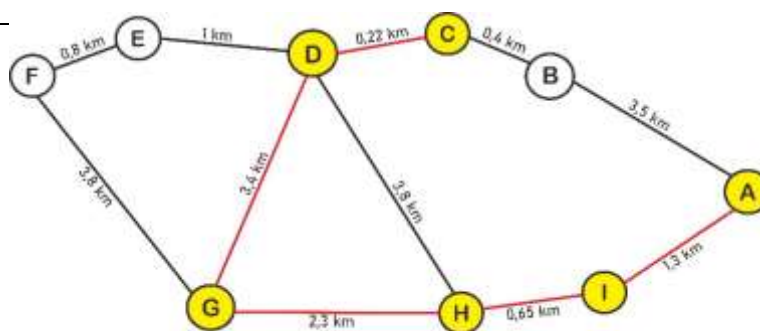
Gambar 5.3. Graf iterasi 3

- d. Jalur titik G ke D merupakan tahap distribusi ke empat karena jaraknya lebih dekat yaitu 3,4 km



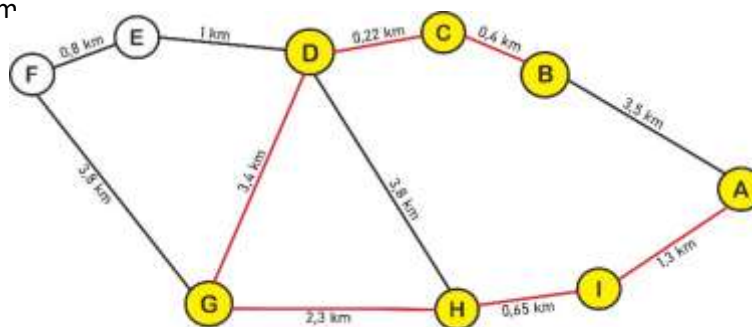
Gambar 5.4 Graf iterasi 4

- e. Jalur titik D ke C yaitu merupakan tahap distribusi ke lima karena jaraknya lebih dekat yaitu 0,22 km



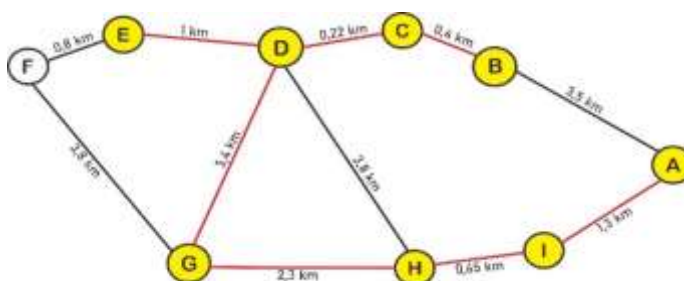
Gambar 5.5. Graf iterasi 5

- f. Jalur titik C ke B merupakan tahap distribusi ke enam karena jaraknya lebih dekat yaitu 0,4 km



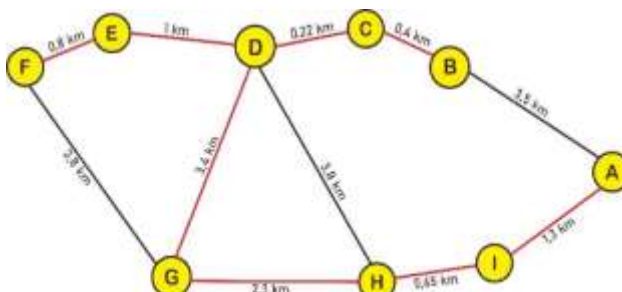
Gambar 5.6. Graf iterasi 6

- g. Jalur titik B – E merupakan tahap distribusi ke tujuh karena jaraknya lebih dekat yaitu 1,62 km.



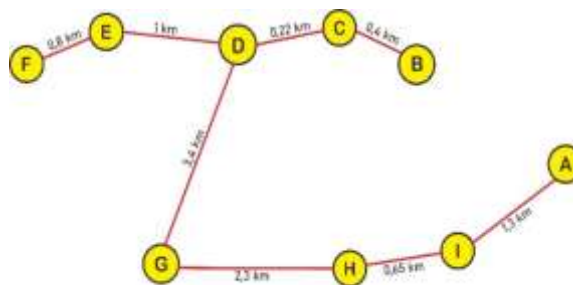
Gambar 5.7. Graf iterasi 7

- h. Jalur titik E – F merupakan tahap distribusi ke delapan karena jaraknya lebih dekat yaitu 0,8 km.



Gambar 5.8. Graf iterasi 8

- i. Graf optimal menunjukkan bahwa semua titik sudah terselesaikan, dalam artian kegiatan distribusi yang berawal dari titik A di *Home Industri es kristal Gracia* kepada titik tujuannya yaitu para pelanggannya



Gambar 5.9. Graf optimal

4. Tahap 4 : Tahap akhir

Pada penyelesaian menggunakan metode *Minimum Spanning Tree* (MST) di atas, hasil optimal dari distribusi es kristal yang awalnya sejauh 14 km berkurang menjadi 10,69 km.

Adanya pengurangan hasil yang diberikan, tentunya akan mengurangi beban biaya transportasi dan mengurangi waktu tempuh. Namun, terdapat pengulangan jalur di C dan D untuk menuju titik E dan proses distribusi berakhir di titik tujuan, yaitu F

C. Hasil Pengujian Menggunakan Algoritma Hamilton

Berikut adalah tahapan pengujian menggunakan algoritma Hamilton.

1. Tahap 1 : Mendefinisikan Masalah

Tahapan ini menggunakan algoritma Hamilton untuk pendistribusian Gracia es kristal di kota Salatiga. Titik dan jarak terdapat pada Tabel 1.

2. Tahap 2 : Pengembangan Model

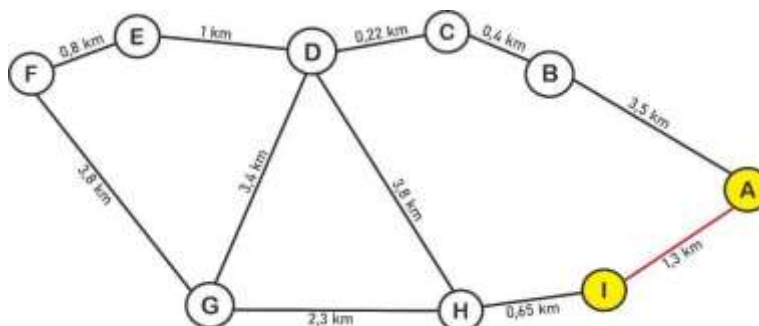
Data bobot dan simbol seperti pada Tabel 1 untuk membuat graf sama seperti pada Gambar

1. Seperti pada Gambar 4, Titik A menjadi titik awal pendistribusian.

3. Tahap 3 : Pemecahan Model

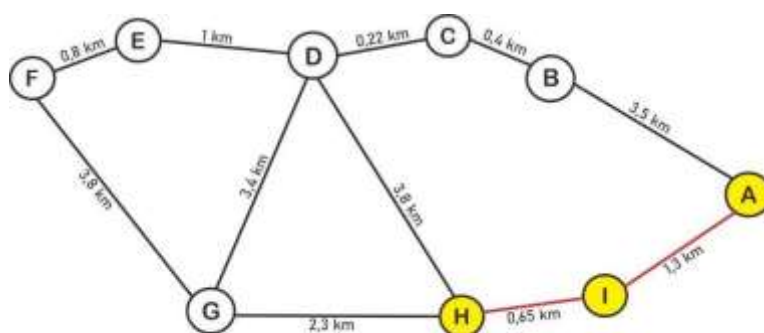
Pencarian jalur dilakukan dari titik awal distribusi, berikut pemecahannya

- a. Jalur titik A ke I merupakan tahap distribusi pertama yaitu 1,3 km.



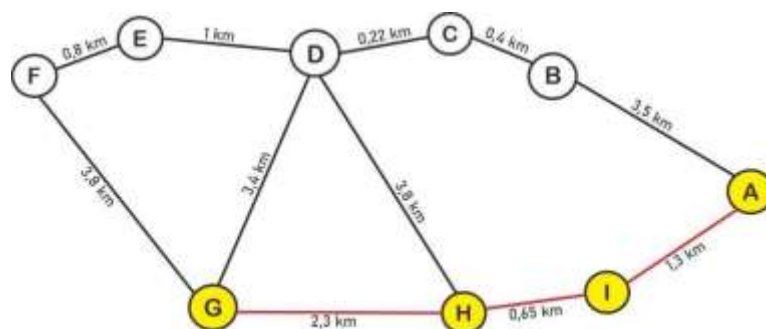
Gambar 6.1. Graf iterasi I

- b. Jalur titik I ke H merupakan tahap distribusi kedua yaitu 0,65 km.



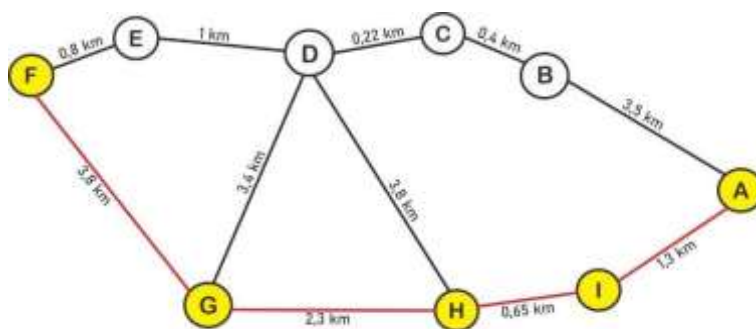
Gambar 6.2. Graf iterasi 2

- c. Jalur titik H ke G merupakan tahap distribusi ke tiga yaitu 2,3 km



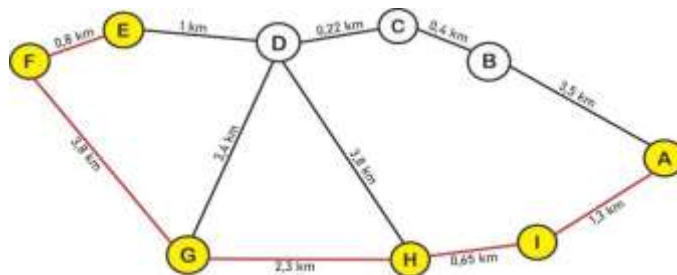
Gambar 6.3. Graf iterasi 3

- d. Jalur titik G ke F merupakan tahap distribusi ke empat yaitu 3,8 km.



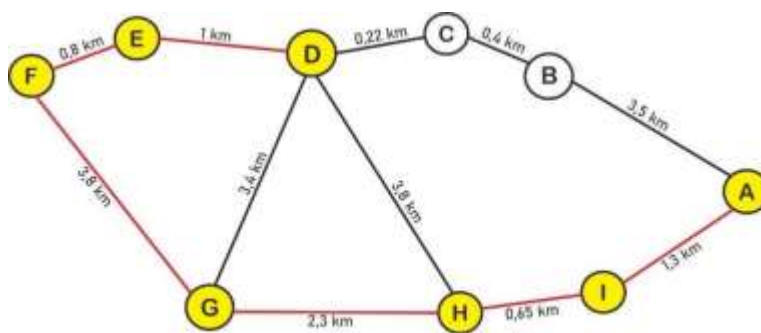
Gambar 6.4 Graf iterasi 4

- e. Jalur titik F ke E merupakan tahap distribusi ke lima yaitu 0,8 km



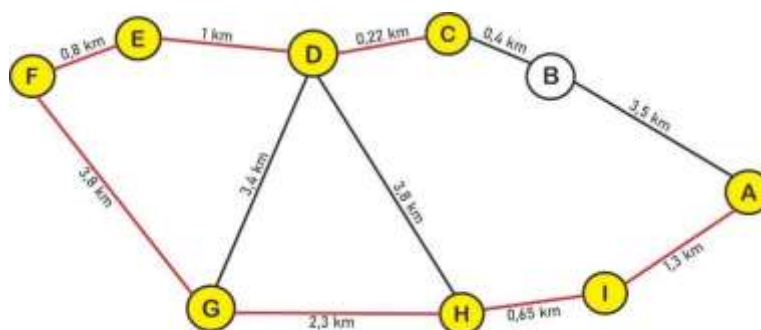
Gambar 6.5. Graf iterasi 5

- f. Jalur titik E ke D merupakan tahap distribusi ke enam yaitu 1 km



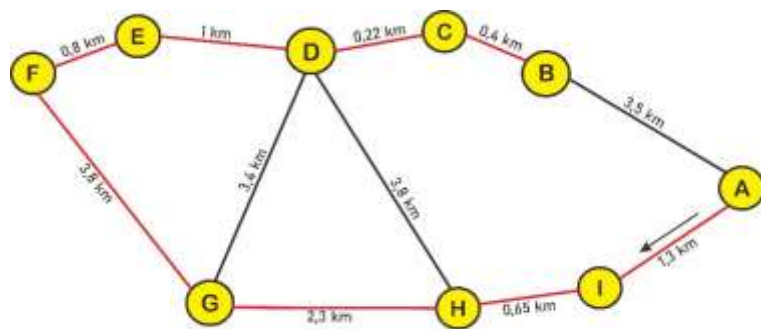
Gambar 6.6. Graf iterasi 6

- g. Jalur titik D ke C merupakan tahap distribusi ke tujuh yaitu 0,22 km



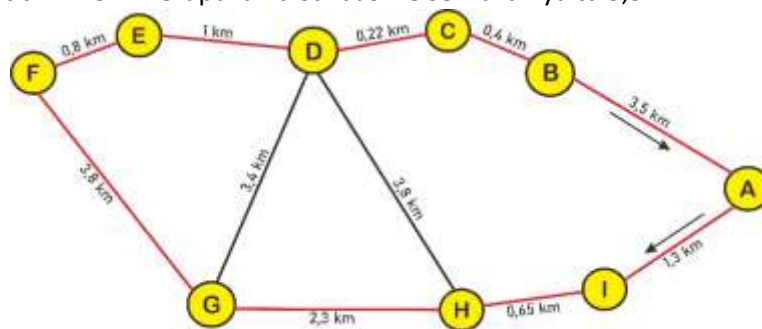
Gambar 6.7. Graf iterasi 7

- h. Jalur titik C ke B merupakan distribusi ke delapan yaitu 0,4 km



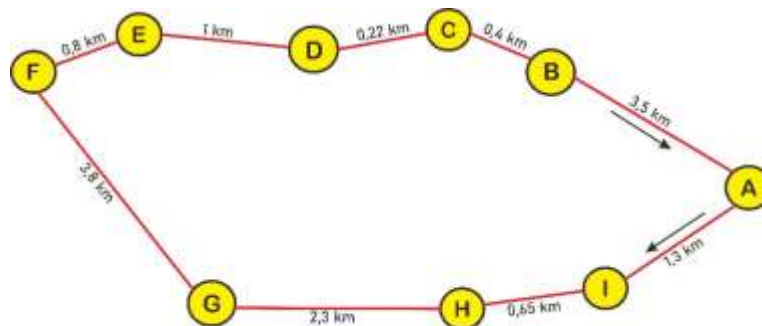
Gambar 6.8. Graf iterasi 8

- i. Jalur titik B ke A merupakan distribusi ke sembilan yaitu 3,5 km



Gambar 6.9. Graf iterasi 9

- j. Graf optimal adalah dimana semua titik sudah terselesaikan dilalui semua. Dimulai dari titik distribusi es Gracia ke titik pelanggannya



Gambar 7. Graf Hamilton

4. Tahap 4 : Tahap akhir

Pada tahap pengujian menggunakan algoritma Hamilton di atas, hasil optimal dari distribusi es kristal yaitu sejauh 14 km. Hasil ini sama dengan jarak yang telah ditempuh mobil sebelumnya. Perbedaannya terdapat pada tujuan keduanya, dari titik A ke I memiliki bobot lebih kecil daripada ke titik B

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa melalui Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan Minimum Spanning Tree (MST) dan Algoritma Hamilton dapat mengoptimalkan perencanaan rute distribusi es kristal Gracia di Salatiga.

Penggunaan Minimum Spanning Tree (MST) berhasil mengurangi jarak rute distribusi es kristal Gracia dari 14 km (rute manual/berdasarkan pengalaman) menjadi 10,69 km. Rute optimal yang dihasilkan oleh MST adalah A (Kalicacing) – I (Kebab durian) – H (Teh Hongca) – G (BC Store) – D (Teh desa Salatiga) – C (Aneka jus) – B (Rajanya mie pedas) – E (D’kriuk Candi) – F (Teh desa Candi). Ini berarti MST dapat menciptakan rute terpendek yang lebih efisien, menghemat waktu tempuh dan biaya distribusi, serta membantu menjaga kualitas produk. Namun, perlu dicatat bahwa rute MST ini adalah dari titik awal ke titik tujuan akhir (Kalicacing ke Candirejo).

Sementara itu, pengujian menggunakan Algoritma Hamilton menghasilkan rute optimal sejauh 14 km, sama dengan jarak yang ditempuh mobil sebelumnya. Algoritma Hamilton melewati semua titik dan kembali ke titik awal. Perbedaan utamanya terletak pada pilihan tujuan pertama, di mana Algoritma Hamilton memilih jalur dari titik A ke I yang memiliki bobot lebih kecil dibandingkan ke titik B. Dengan demikian, MST terbukti lebih efektif dalam mengoptimalkan rute distribusi es kristal Gracia di Salatiga karena kemampuannya dalam menciptakan rute terpendek yang menghasilkan penghematan signifikan dalam jarak tempuh dan biaya operasional

REFERENSI

Algoritma, Menggunakan, and Nearest Neighbour. n.d. “(Studi Kasus : PT . Atlas Hupindo).” Fauzi, Muhamad Dhika Rahma, Wahyudin Wahyudin, and Billy Nugraha. 2021.

-
- “Optimalisasi Penentuan Jalur Distribusi Terpendek Menggunakan Spanning Tree Dan Nearest Neighbor.” *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)* 6(1):121. doi: 10.31544/jtera.v6.i1.2021.121-130.
- Ghifara, Moufya Fattan, Muhammad Ilham Chasanudin, Azza An Nafisah, and Muhamad Gani. 2026. “NEGERI DENGAN ALGORITMA PRIM.” 2(1):38–47.
- Iqbal, Maulana, Antika Damayanti, Nishfi Tadzkirotul Maulani, Nur Latifah Paramitha, and Muhammad Gani Rohman. 2024. “IMPLEMENTASI GRAF HAMILTON PADA TRAVELLING SALESMAN PROBLEM DARI KANTOR WALIKOTA KE SETIAP.” 2(2):84–91.
- Rahmadi, Deddy. 2024. “Penerapan Minimum Spanning Tree Dalam Menentukan Rute Terpendek Pada Wisata Di Kota Wonogiri.” 3(2):31–39.
- Rohman, Muhamad Gani, Kecamatan Argomulyo, and Kecamatan Sidomukti. 2024. “SALATIGA.” 2(2):62–75.
- Setyati, Endang. 2022. “Ant Colony Optimization Untuk Menyelesaikan Perutean Distribusi Snack Dengan Vehicle Routing Problem.” 9(2):111–17.