

IMPLEMENTASI ALGORITMA BELLMAN-FORD UNTUK RUTE OPTIMAL (STUDI KASUS : DELIPARK MALL KE SUZUYA MALL MARELAN)

Steven Adventino Gulo, Ayu Amelia Pertiwi, Yunita Rahmi, Putri Harliana

Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan
Jl. William Iskandar Ps. V Medan, Indonesia
dawnicewings@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Di zaman yang berkembang pada saat ini, banyak orang yang berpergian. Misalnya pergi ke mall, kantor, kampus, ataupun ke tempat lainnya. Jadi, peran penting *map* pun diperlukan, khususnya *Google Maps*. *Google Maps* dipakai oleh orang-orang agar dapat mengetahui rute perjalanannya sehingga mencapai tujuan dengan tepat waktu. Dalam penelitian ini, akan dicari rute optimal dari Delipark Mall ke Suzuya Mall Marelan dengan mengimplementasikan Algoritma Bellman-Ford ke dalam penelitian ini. Metodologi penelitian ini sudah mengikuti landasan teori, ini mencakup graf, graf yang dipakai adalah berbobot di mana graf tersebut mengandung bobot yang merupakan jarak, waktu, atau panjang garis-garis yang menghubungkan antartitik-titik. Penelitian ini berisi Flowchart, graf, dan hasil iterasi dari penelitian ini. Hasil penelitian ini ialah ditemukannya rute yang paling optimal, yaitu rute keempat dengan rute A-B-D-E-F-G-H-K-Q yang paling optimal, karena memiliki rute yang memiliki bobot minimum yaitu 11,059 km dari perhitungan Algoritma Bellman-Ford. Kesimpulannya adalah Algoritma Bellman-Ford sangat berguna untuk mencari rute teroptimal, walaupun bobotnya ada bernilai negative dan dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi, seperti waktu perjalanan. Penulis berharap agar penelitian ini bisa menjadi referensi untuk penelitian ke depannya.

Kata kunci : Algoritma Bellman-Ford, Node, Edge, Flowchart, Graf, Google Earth

1. PENDAHULUAN

Di zaman yang berkembang pada saat ini, banyak orang yang berpergian. Misalnya pergi ke mall, kantor, kampus, ataupun ke tempat lainnya. Walaupun begitu, masih banyak orang yang tidak tahu atau lupa akan rute perjalanan mereka. Jadi, peran penting *map* pun diperlukan, khususnya *Google Maps*. *Google Maps* dipakai oleh orang-orang agar dapat mengetahui rute perjalanannya sehingga mencapai tujuan dengan tepat waktu. Tapi seringkali orang memilih rute yang efektif atau yang terpendek agar bisa mencapai tujuan dengan cepat dan lebih tepat waktu. Dalam hal ini, algoritma sangat dibutuhkan untuk menentukan rute terpendek yang efisien. Algoritma yang umum dan mudah dipakai adalah Algoritma Bellman-Ford. Algoritma ini sangat dibutuhkan untuk pemecahan navigasi rute yang optimal, walaupun bobotnya ada yang bernilai negatif. Sehingga kita tahu rute mana yang sangat optimal untuk diambil.

Pemahaman tentang Layanan Berbasis Lokasi atau dikenal dengan *Location Based Service* (LBS) mempresentasikan teknologi yang digunakan untuk menemukan lokasi perangkat yang digunakan. LBS merupakan layanan informasi yang dapat diakses melalui *mobile device* menggunakan *mobile network* yang dilengkapi kemampuan untuk memanfaatkan lokasi dari *mobile device* tersebut [1].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan Algoritma Bellman-Ford untuk mencari rute yang optimal. Algoritma ini digunakan untuk menentukan rute optimal dari Delipark Mall ke Suzuya Mall Marelan. Penelitian ini menilai algoritma tersebut berdasarkan rute yang optimal untuk dilalui menuju tujuan. Penelitian ini juga memakai graf

berbobot untuk menentukan jarak dari satu titik ke titik lainnya.

Penulis berharap penelitian ini penting untuk memilih algoritma yang cocok dalam penentuan rute yang optimal. Penulis juga berharap agar penelitian ini dapat sebagai referensi tentang pengembangan efektivitas algoritma dalam memilih rute yang efisien kedepannya, supaya orang dapat mengembangkan ide-ide yang berhubungan dengan penelitian ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini diambil dari penelitian terdahulu yaitu penelitian yang ditulis oleh Sri Basriati, dkk. Penelitian ini berisi tentang lintasan terpendek. Kelebihan dari penelitian ini adalah adanya perhitungan yang mandalam, akurat, dan penjelasan yang terkalkulasi, sehingga diketahui lintasan yang terpendek untuk dilalui. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak adanya Flowchart, sehingga tidak diketahui bagaimana langkah-langkah Algoritma Bellman-Ford di penelitian itu [2].

2.2. Navigasi

Navigasi adalah proses menentukan posisi dan arah saat berpindah dari satu titik ke titik lainnya. Baik di darat, laut, udara, atau bahkan dalam dunia digital, navigasi sangat penting untuk memastikan kita mencapai tujuan dengan aman dan efisien. Dengan menggunakan berbagai alat bantu seperti GPS dan aplikasi navigasi, kita dapat menentukan rute terbaik, menghindari bahaya, serta mengoptimalkan waktu perjalanan. Pada dasarnya, navigasi adalah seni dan

ilmu untuk menemukan jalan yang benar di tengah berbagai kemungkinan rute.

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan lokasi di permukaan bumi secara akurat. GPS bekerja dengan memanfaatkan jaringan satelit yang mengorbit bumi dan sinyal yang dipancarkan oleh satelit tersebut [3].

Perangkat GPS menerima sinyal ini untuk menghitung koordinat lokasi, kecepatan, dan waktu. Teknologi ini memiliki berbagai aplikasi, mulai dari navigasi kendaraan, pelacakan pengiriman, hingga pemetaan geografis.

2.3. Flowchart

Flowchart (diagram alir) adalah teknik analitis visual yang digunakan untuk menjelaskan beberapa aspek dari langkah-langkah sistem informasi yang jelas, logis, dan ringkas [4].

Flowchart biasanya digambar dalam bentuk diagram dalam bentuk alur, flowchart menggunakan simbol-simbol tertentu dari awal sampai akhir alur untuk memudahkan pemahaman mengenai langkah-langkah yang terjadi secara berurutan. Flowchart banyak digunakan dalam pengembangan *software*, analisis sistem, perencanaan proyek, dan dokumentasi prosedur. Dengan menggunakan flowchart, kita dapat memvisualisasi dan menganalisis suatu pekerjaan, mengidentifikasi potensi masalah, dan memudahkan komunikasi antaranggota jika masalah tersebut terdeteksi.

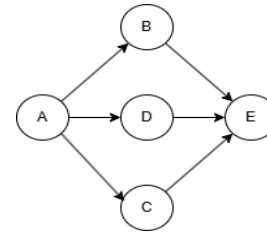
2.4. Teori Graf

Teori Graf merupakan bagian dari ilmu matematika dan komputer mengenai suatu graf struktur matematika, struktur tersebut digambarkan dengan titik-titik (*vertex* atau *node*) yang dihubungkan oleh garis atau ruas (sisi atau *edge*) [5].

Graf digunakan untuk mempresentasikan hubungan satu titik ke titik yang lain yang sudah dihubungkan oleh garis atau ruas. Untuk penelitian ini, graf digunakan untuk menghitung berapa jarak dari satu rute ke rute lainnya hingga mencapai tujuan akhir. Pada umumnya, graf digambar secara bercabang yang berarti ada kemungkinan dua atau lebih rute yang diketahui. Biasanya, graf untuk menentukan rute yang optimal diambil dari *map* atau peta yang kemudian ditentukan titik dan garisnya.

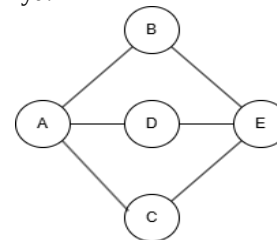
2.4.1. Graf Berdasarkan Orientasi Arah

Graf berarah adalah garis yang menghubungkan antartitik dengan arah yang ditentukan. Garis dari graf berarah dicirikan memiliki anak panah di titik tujuannya. Contohnya: titik A dapat mencapai ke titik B, tetapi titik B tidak dapat mencapai ke titik A [6].



Gambar 1. Contoh graf berarah

Graf tidak berarah adalah kebalikan dari graf berarah, di mana setiap garis menghubungkan titik tanpa arah tertentu. Garis dari graf tidak berarah dicirikan hanya garis biasa, tidak memiliki anak panah di tujuannya. Contohnya: titik A dapat mencapai titik B dan sebaliknya.

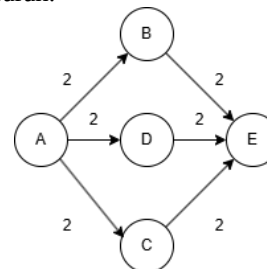


Gambar 2. Contoh graf tidak berarah

2.4.2. Graf Berbobot

Graf berbobot merupakan graf yang dimana setiap garis atau sisinya memiliki bobot. Bobot tersebut dapat berupa jarak, biaya, waktu, atau panjang antara dua titik [7].

Graf berbobot biasanya berupa graf berarah atau tidak berarah.



Gambar 3. Contoh graf berbobot

2.5. Algoritma

Algoritma adalah serangkaian langkah yang terstruktur dan berurutan untuk menyelesaikan suatu masalah atau mencapai tujuan tertentu. Algoritma biasanya merupakan serangkaian langkah yang runtut dan sistematis dalam menyelesaikan masalah dibantu dengan bantuan komputer dalam bidang pemrograman [8].

Algoritma tidak hanya di dalam dunia komputer atau pemrograman, tetapi juga terdapat algoritma dalam kehidupan sehari-hari. Resep makanan termasuk algoritma dalam kehidupan sehari-hari, di mana saat memasak harus dilakukan secara berurutan agar menghasilkan masalah yang diinginkan. Jadi, algoritma sangat penting untuk memecahkan masalah secara berurutan agar menghasilkan hasil yang optimal.

2.5.1. Algoritma Bellman-Ford

Algoritma Bellman-Ford merupakan salah satu algoritma dari teori graf yang dapat digunakan pada graf yang berbobot untuk mencari lintasan terpendek, walaupun bobot tersebut bernilai negatif [9].

Lintasan terpendek yang dimaksud adalah lintasan minimum yang harus ditempuh dari satu titik ke titik lainnya. Algoritma Bellman-Ford termasuk dalam kategori *Single Source Shortest Path Algorithm* (SSSP), yang artinya mencari rute terpendek dari satu titik ke titik lainnya dalam sebuah graf [2].

Algoritma ini dikembangkan oleh Richard Bellman and Lester Ford, Jr. pada 1958 [10].

Untuk menghitung bobot setiap garis atau simpul terdapat rumus:

$$d[v_i] = d[v_{i-1}] + w[v_{i-1}, v_i]$$

Keterangan: [11]

$d[v_{i-1}]$: Jarak dari v_1 ke v_{i-1}

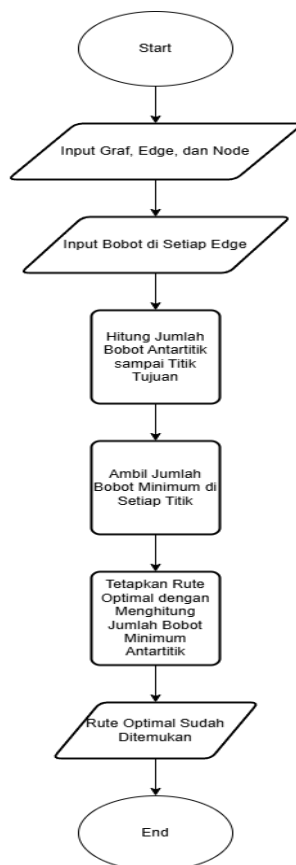
$d[v_i]$: Jarak dari v_1 ke v_i

$w(v_{i-1}, v_i)$: Bobot sisi yang menghubungkan antara v_{i-1} ke v_i

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart

Penggambaran flowchart diambil dari situs *draw.io* dimana penulis sudah menyusun langkah-langkah yang berurutan untuk melakukan penelitian Algoritma Bellman-Ford ini. Berikut penggambaran graf yang sudah disusun dengan berurutan:

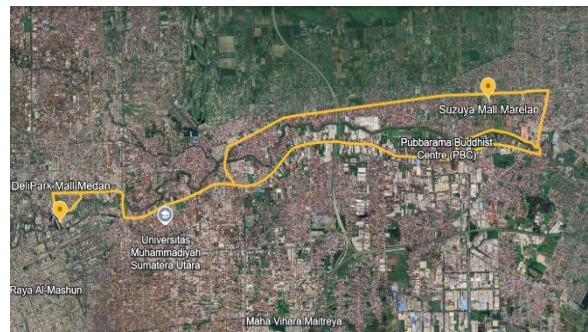


Gambar 4. Alur urutan flowchart

Dari gambar di atas terlihat bahwa di mulai dari start; membuat model graf, baik garis maupun titiknya; memasukkan bobot di setiap garis; menghitung jumlah bobot rute yang mungkin dari A sampai Q; mengambil jumlah bobot minimum di setiap titik (*edge*); menetapkan rute yang memiliki jumlah bobot minimum; dan rute optimal telah ditemukan.

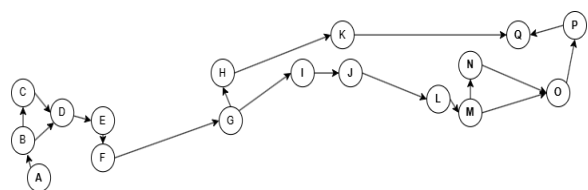
3.2. Graf

Pemodelan graf ini diambil dari rute yang mungkin dari Delipark Mall ke Suzuya Mall Marelان. Graf yang akan dipakai adalah graf berbobot, di mana setiap garis yang menghubungkan satu titik ke titik yang lain akan diberikan bobot jarak antartitik. Pemodelan graf ini diambil dari *Google Earth* yang sudah ditentukan jarak antartitiknya. Berikut graf yang menunjukkan rute yang memungkinkan dari Delipark Mall ke Suzuya Mall Marelان:



Gambar 5. Rute yang memungkinkan dari Delipark Mall ke Suzuya Mall Marelان (diambil dari *Google Earth*)

Penulis membuat graf dengan membuat 17 titik di mana Delipark Mall adalah A dan Suzuya Mall Marelان adalah B. Jika graf digambarkan dari *Google Earth* akan terlihat seperti di bawah ini:



Gambar 6. Pemodelan graf

Terlihat dari kedua gambar di atas, ada banyak rute yang bisa diambil menuju Suzuya Mall Marelان. Ada terdapat 17 titik di graf pada Gambar 6. Di mana Delipark Mall adalah A dan Suzuya Mall Marelان adalah Q. Graf ini akan dipakai untuk mencari rute dengan jumlah bobot minimum, agar lebih efisien dan cepat. Graf yang dipakai adalah graf berbobot. Berikut nama jalan atau tempat dari titik-titik yang sudah diberikan di graf:

Tabel 1. Nama jalan/tempat pada setiap titik

Titik	Nama Jalan/Tempat
A	Delipark Mall Medan
B	Persimpangan Jl. Guru Patimpus dan Jl. Sei Deli
C	Persimpangan Jl. Guru Patimpus dan Jl. H. Adam Malik
D	Persimpangan Jl. Sei Deli dan Jl. Sikambang
E	Persimpangan Jl. H. Adam Malik dan Jl. T. Amir Hamzah (Dekat Adipura Monument)
F	Persimpangan Jl. H. Adam Malik dan Jl. K. L. Yos Sudarso
G	Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Pertempuran
H	Persimpangan Jl. Pertempuran dan Jl. Veteran Ps. 4
I	Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Aluminium Raya
J	Di Bawah Jl. Tol Medan – Binjai (di Jl. K. L. Yos Sudarso)
K	Di Bawah Jl. Tol Medan – Binjai (di Jl. Veteran Ps. 7)
L	Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Pulau Sumatera
M	Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Sersan Usman
N	Persimpangan Jl. Sersan Usman dan Jl. Speksi Sungai Deli
O	Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Platina Raya
P	Persimpangan Jl. Platina Raya dan Jl. Marelan Raya Ps. 1
Q	Suzuya Mall Marelan

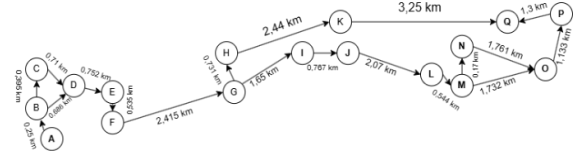
Adapun dihitungnya bobot dari graf tersebut yaitu berupa jarak dengan satuan km. Bobot inilah yang akan dihitung menggunakan rumus pencarian Algoritma Bellman-Ford. Graf berbobot ini juga merupakan graf teratur karena memiliki arah yang jelas. Jarak dari titik ke titik lainnya yang sudah dihitung dimasukkan ke dalam tabel. Berikut jarak-jarak garis dari titik ke titik lainnya:

Tabel 2. Jarak dari masing-masing titik ke titik

Titik → Titik	Jarak (km)
A → B	0,25
B → C	0,395
B → D	0,686
C → D	0,71
D → E	0,752
E → F	0,535
F → G	2,415
G → H	0,731
H → K	2,44
K → Q	3,25
G → I	1,65
I → J	0,767
J → L	2,07
L → M	0,544
M → N	0,17
M → O	1,732
N → O	1,761
O → P	1,133
P → Q	1,3

Terlihat dari tabel atas adalah jarak dari titik ke titik tertentu, jarak ini adalah bagian dari graf berbobot dengan bobot jarak. Di mana Delipark Mall dilambangkan dengan huruf A, sedangkan Suzuya Mall Marelan dilambangkan dengan huruf Q.

Jika jarak dari tabel di atas dimasukkan ke dalam graf, maka akan terlihat seperti ini:



Gambar 7. Graf setelah diketahui jarak setiap garis

Setelah graf pada Gambar 6. diberikan bobot dari Tabel 2., maka akan terlihat bobot berupa jarak dari setiap garisnya. Bobot jarak ini diperlukan agar dapat diketahui jenis bobot apa saja yang digunakan dan nilai bobot dari garis itu sendiri. Bobot ini juga akan dipakai untuk menentukan jumlah bobot minimum untuk mencari rute optimal.

3.3. Pemilihan Algoritma

Algoritma yang akan dipakai adalah Algoritma Bellman-Ford, di mana algoritma ini akan bekerja walaupun berbobot negatif. Algoritma ini akan digunakan untuk mencari rute yang optimal dari titik A ke titik Q. Tujuan penulis mengambil algoritma ini karena algoritma ini dapat mendeteksi jika ada bobot negative pada salah satu garis. Jika ada bobot negatif, maka algoritma tersebut akan mengabaikan bentuk negatifnya dan menganggapnya positif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Algoritma Bellman-Ford

a. Langkah 1: Inisialisasi

Titik awal (dalam hal ini titik A) diberi bobot 0 dan bobot lain diberi bobot tidak terhingga.

b. Langkah 2: Relaksasi

Semua garis (edge) dihitung dari awal sampai tujuan sampai semua garis memiliki bobot total ke titik tujuan. Berikut tabel perhitungannya:

Tabel 3. Perhitungan Algoritma Bellman-Ford

Iterasi	Titik	$d[v_{i-1}] + w(v_{i-1}, v_i)$	Jumlah Bobot
1	$d(v_B)$	$0 + 0,25$	0,25
2	$d(v_C)$	$0,25 + 0,395$	0,645
3	$d(v_D)$	$0,25 + 0,686$	0,936
	$d(v_D)$	$0,645 + 0,71$	1,355
4	$d(v_E)$	$0,936 + 0,752$	1,688
	$d(v_E)$	$1,355 + 0,752$	2,107
5	$d(v_F)$	$1,688 + 0,535$	2,223
	$d(v_F)$	$2,107 + 0,535$	2,642
6	$d(v_G)$	$2,223 + 2,415$	4,638
	$d(v_G)$	$2,642 + 2,415$	5,057
7	$d(v_H)$	$4,638 + 0,731$	5,369
	$d(v_H)$	$5,057 + 0,731$	5,788
	$d(v_I)$	$4,638 + 1,65$	6,288
	$d(v_I)$	$5,057 + 1,65$	6,707
8	$d(v_J)$	$6,288 + 0,767$	6,995

Iterasi	Titik	$d[v_{i-1}] + w(v_{i-1}, v_i)$	Jumlah Bobot
9	$d(v_j)$	$6,707 + 0,767$	7,474
	$d(v_L)$	$6,995 + 2,07$	9,065
	$d(v_L)$	$7,474 + 2,07$	9,544
10	$d(v_M)$	$9,065 + 0,544$	9,609
	$d(v_M)$	$9,544 + 0,544$	10,088
11	$d(v_N)$	$9,609 + 0,17$	9,779
	$d(v_N)$	$10,088 + 0,17$	10,258
12	$d(v_O)$	$9,609 + 1,732$	11,341
	$d(v_O)$	$10,088 + 1,732$	11,820
	$d(v_O)$	$9,779 + 1,761$	11,54
	$d(v_O)$	$10,258 + 1,761$	12,019
13	$d(v_K)$	$5,369 + 2,44$	7,809
	$d(v_K)$	$5,788 + 2,44$	8,228
	$d(v_P)$	$11,341 + 1,133$	12,474
	$d(v_P)$	$11,820 + 1,133$	12,953
	$d(v_P)$	$11,54 + 1,133$	12,673
14	$d(v_Q)$	$12,019 + 1,133$	13,152
14	$d(v_Q)$	$7,809 + 3,25$	11,059

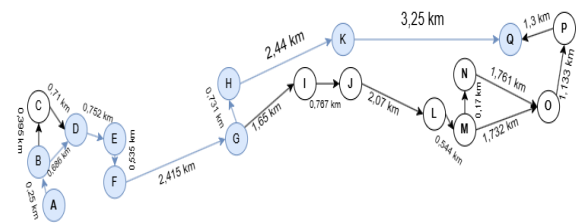
Perhatikan tabel di atas, untuk mengetahui rute yang optimal dari A ke Q, maka harus memilih angka yang terkecil. Untuk titik yang mengalami dua atau lebih perhitungan iterasi, maka juga dipilih hasil yang minimum.

Untuk iterasi 1 dan 2, ada $d(v_B)$ dan $d(v_C)$ dengan jumlah bobot masing-masing 0,25 dan 0,645. Untuk iterasi 3, ada $d(v_D)$ dengan jumlah bobot minimum 0,936. Untuk iterasi 4, ada $d(v_E)$ dengan jumlah bobot minimum 1,688. Untuk iterasi 5, ada $d(v_F)$ dengan jumlah bobot minimum 2,223. Untuk iterasi 6, ada $d(v_G)$ dengan jumlah bobot minimum 4,638. Untuk iterasi 7, ada $d(v_H)$ dan $d(v_i)$ dengan jumlah bobot minimum masing-masing 5,369 dan 6,288. Untuk iterasi 8, ada $d(v_j)$ dengan jumlah bobot maksimum 6,995. Untuk iterasi 9, ada $d(v_L)$ dengan bobot minimum 9,065. Untuk iterasi 10, ada $d(v_M)$ dengan jumlah bobot minimum 9,609.

Untuk iterasi 11, ada $d(v_N)$ dengan jumlah bobot minimum 9,779. Untuk iterasi 12, ada $d(v_O)$ dengan bobot minimum 11,341. Untuk iterasi 13 ada $d(v_K)$ dan $d(v_P)$ dengan jumlah bobot minimum masing-masing 7,809 dan 12,474. Untuk memasuki titik Q, harus melewati titik K atau titik P, jadi untuk menghitung $d(v_Q)$ maka harus memiliki manakah dari antara dua titik tersebut yang memiliki jumlah bobot yang paling minimum. Karena $d(v_K)$ memiliki jumlah bobot yang lebih minimum dari $d(v_P)$ dengan jumlah bobot minimum 7,809, maka dipilihlah titik K. Jadi diiterasi 14, $d(v_Q)$ memiliki jumlah bobot minimum total dengan nilai 11,059. Maka untuk ketentuan rute optimalnya adalah titik A-B-D-E-F-G-H-K-Q dengan jarak total 11,059 km.

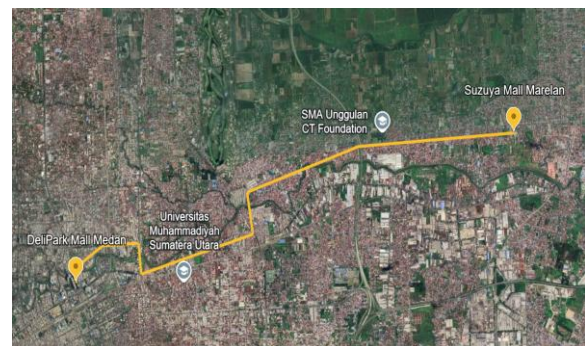
4.2. Hasil

Setelah menghitung dari iterasi 1 sampai 14 dan menemukan rute optimalnya yaitu A-B-D-E-F-G-H-K-Q dengan jarak total 11,059 km. Maka tampak dari graf seperti gambar di bawah ini:



Gambar 8. Graf setelah diketahui rute optimal

Terlihat dari graf di atas rute yang optimal di tandai dengan warna biru. Dengan titik A-B-D-E-F-G-H-I-K-Q dengan jumlah bobot paling minimum (jarak total) yaitu 11,059 km. Graf ini dapat dipakai untuk mengetahui rute mana yang akan diambil, agar lebih cepat dan efisien. Jika diambil di dalam perspektif *Google Earth*, maka pemodelan diperkirakan seperti di bawah ini:



Gambar 9. Rute *Google Earth* setelah diketahui rute optimal

Dilihat dari gambar di atas, di mulai dari Suzuya Mall Marelan menuju Persimpangan Jl. Guru Patimpus dan Jl. Sei Deli, menuju Persimpangan Jl. Sei Deli dan Jl. Sikambing, menuju Persimpangan Jl. H. Adam Malik dan Jl. T. Amir Hamzah (Dekat Adipura Monument), menuju Persimpangan Jl. H. Adam Malik dan Jl. K. L. Yos Sudarso, menuju Persimpangan Jl. K. L. Yos Sudarso dan Jl. Pertempuran, menuju Persimpangan Jl. Pertempuran dan Jl. Veteran Ps. 4, menuju Di Bawah Jl. Tol Medan – Binjai (di Jl. Veteran Ps. 7), dan sesampainya di Suzuya Mall Marelan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini sudah berhasil menemukan rute optimal dari Delipark Mall (disimbolkan sebagai A) menuju Suzuya Mall Marelan (disimbolkan sebagai B), dengan mengimplementasikan Algoritma Bellman-Ford. Hasil penelitian ini dibantu oleh flowchart. Flowchart merupakan diagram yang menggunakan simbol tertentu dengan garis panah sebagai langkah-langkah yang teratur. Pemodelan graf menggunakan *Google Earth* dan *draw.io*. Rute optimal dari penelitian ini berhasil ditemukan setelah menganalisis setiap rutenya dari satu titik ke titik yang lain, di mana rute yang optimal merupakan rute A-B-D-E-F-G-H-K-Q dengan

jarak total 11,059 km, jarak tersebut merupakan jarak terpendek dari perhitungan Algoritma Bellman-Ford. Setelah diketahui rute optimalnya, maka grafnya diubah sesuai dengan rute yang telah ditemukan tadi. Oleh karena itu, Algoritma Bellman-Ford dapat dijadikan sebagai algoritma untuk menentukan rute yang teroptimal dari sebuah graf, terutama graf berbobot. Dari keberhasilan ini, penelitian lanjutan perlu dilakukan seperti waktu tempuh dan kecepatan kendaraan. Dengan penambahan variabel tersebut, diharapkan dapat meningkatkan akurasi ke tingkat yang lebih tinggi. Lalu lintas dan kegiatan lain dapat menjadi faktor yang memengaruhi waktu tempuh dan kecepatan, sehingga hal itu perlu diperhatikan. Penulis berharap penelitian ini bisa menjadi bahan penelitian dan referensi artikel ilmiah yang berhubungan dengan algoritma yang akan mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.K. Dinata, Bustami, A. Razi, dan M. Arasyi, "Algoritma Dijkstra dan Bellman-Ford dalam Sistem Pemetaan Barbershop di Kota Lhokseumawe," *Informatics Journal*, vol. 7, no.2, pp. 128-137, 2022.
- [2] S. Basriati, E. Safitri, S. A. Yesti, dan N. Andiraja. "Implementasi Algoritma Bellman-Ford dalam Menentukan Lintasan Terpendek Truk Pembuangan Sampah," *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri*, pp. 174-184.
- [3] A. Setiawan, A. T. Prastowo, dan D. Darwis, "Sistem Monitoring Keberadaan Posisi Mobil Berbasis Gps Dan Penyadap Suara Menggunakan Smartphone," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 3, no. 1, pp. 35-44, 2022.
- [4] Z. Tuasamu, N. A. I. M. Lewaru, M. R. Idris, A. B. N. Syafaat, F. Faradilla, M. Fadlan, P. Nadiva, dan R. Efendi, "Analisis Sistem Informasi Akuntansi Siklus Pendapatan Menggunakan DFD Dan Flowchart Pada Bisnis Porobico," *Jurnal Bisnis dan Manajemen (JURBISMAN)*, vol. 1, no. 2, pp. 495-510, Juni 2023.
- [5] E. R. Ningrum, A. Sanwidi, R. Akbarita, dan M. N. H. Qomaruddin, "Optimasi Rute Pendistribusian Gas Elpiji Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall Dan Algoritma Greedy," *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, vol. 20, no. 1, pp. 1-14, Juni 2023.
- [6] R. Wahyudi, M. Alfin, J. B. Henrydunan, dan P. Harliana, "Penerapan Algoritma Dijkstra Untuk Optimasi Rute Terpendek Dari Fakultas Kedokteran Unimed Ke Empat Gerbang Kampus Menggunakan Python," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, vol. 8, no. 6, pp. 12073-12078, Desember 2024.
- [7] L. H. Sholikah, "Penerapan Algoritma Bellman-Ford untuk Penentuan Rute Terpendek Objek Wisata di Kabupaten Lamongan," *MathScience: Jurnal Matematika dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1.
- [8] M. Romzi dan B. Kurniawan, "Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma," *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, vol. 3, no. 2, pp. 37-44, 2020.
- [9] E. Sari dan A. S. Purnomo, "Rekomendasi Pemilihan Rute Wisata Menggunakan Metode Bellman-Ford (Studi Kasus: Daerah Wisata Kabupaten Luwu Timur)," *Informatics and Artificial Intelligence Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 84-93, 2024.
- [10] V. L. Pratama dan D. A. Darmawan, "Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terdekat Bengkel Motor di Kota Surabaya Menggunakan Algoritma Bellman-Ford," *JINACS: Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 3, no. 4, pp. 580-599, 2022.
- [11] M. W. Adventa, E. Noviani, dan Helmi, "Menentukan Lintasan Terpendek Pada Jalur Pengangkutan Kelapa Sawit Menggunakan Algoritma Bellman-Ford (Studi Kasus: PT. Perkebunan Nusantara XIII Kebun Parindu Afdeling Inti I)," *Bimaster: Buletin Matematika, Statistika, dan Terapannya*, vol. 12, no. 5, pp. 425-432, 2023.