

Aplikasi Graf Dalam Menentukan Rute Terpendek Dari ITB Ganesa Menuju Pemberhentian DAMRI Dipatiukur

Imam Hanif Mulyarahman - 13522030¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13522030@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membantu manusia dalam melakukan segala sesuatu dengan cepat dan efisien. Salah satunya adalah dalam menentukan rute perjalanan. Dengan rute perjalanan yang optimal dapat membantu manusia untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lain dengan lebih mudah. Pada makalah ini akan dibahas suatu algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan rute terpendek (Shortest Path Graph). Algoritma itu adalah algoritma A* (A star).

Keywords— graf, A* (Astar), rute terdekat, DAMRI.

I. PENDAHULUAN

Institut Teknologi Bandung (ITB) adalah salah satu kampus yang berada di daerah Jawa Barat. ITB merupakan salah satu kampus yang menerapkan kebijakan multi-kampus. ITB memiliki tiga kampus pada daerah yang berbeda yaitu daerah Ganesa sebagai kampus utama, daerah Jatinangor, dan daerah Cirebon. Untuk berpindah dari satu kampus ke kampus yang lain membutuhkan suatu alat transportasi. Salah satu alat transportasi yang ada adalah DAMRI.

DAMRI merupakan singkatan dari Djawatan Angkoetan Motor Repoeblik Indonesia (EYD : Jawatan Angkutan Motor Republik Indonesia). DAMRI merupakan salah satu transportasi umum yang sering digunakan karena biayanya yang terjangkau. Selain itu, DAMRI juga dapat menampung banyak penumpang sehingga sangat cocok apabila ingin pergi bersama rombongan. Salah satu rute DAMRI yang sering memiliki banyak penumpang adalah DAMRI jurusan Dipatiukur – Jatinangor. Kedua kota ini adalah kota mahasiswa yang saling terhubung satu sama lain. Mahasiswa ITB Kampus Jatinangor kerap menggunakan DAMRI ini untuk melaksanakan kegiatan di ITB Kampus Ganesha dan sebaliknya.

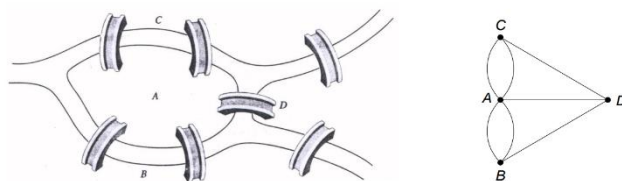
Keberadaan multi-kampus ini membuat banyak mahasiswa, terutama mahasiswa ITB Ganesha, sering melakukan kegiatan di kampus Jatinangor. Hal ini membuat mahasiswa sering pergi ke lokasi DAMRI di Dipatiukur. Terdapat banyak pilihan rute dari kampus Ganesha ke pemberhentian DAMRI Dipatiukur yang dapat digunakan mahasiswa. Namun, terdapat suatu rute yang paling pendek yang dapat dipilih oleh mahasiswa. Pada

makalah ini akan dibahas bagaimana kita dapat menentukan rute paling efisien menuju lokasi pemberhentian DAMRI. Algoritma A* (A star) adalah salah satu algoritma dalam graf yang dapat membantu kita menyelesaikan permasalahan tersebut. Makalah ini akan membahas lebih dalam tentang penggunaan algoritma A* terutama dalam menyelesaikan permasalahan dalam mencari rute terpendek.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Graf

Graf didefinisikan sebagai pasangan terurut dari dua buah himpunan, yaitu himpunan tak kosong yang berisi simpul atau vertex dan himpunan berhingga yang mungkin kosong yang berisi sisi atau edge. Graf dapat ditulis sebagai $G = (V, E)$, dengan V melambangkan simpul dan E melambangkan sisi. Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut.



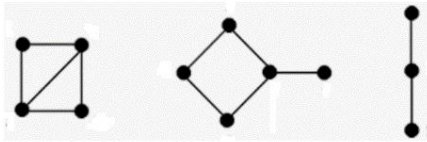
Gambar 1. Kiri: Masalah Jembatan Königsberg; Kanan: graf persoalan.

Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10/12/2023.

B. Jenis-jenis graf

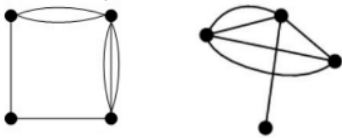
Berdasarkan keberadaan sisi gelang atau sisi ganda dalam sebuah graf, graf dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf sederhana dan graf tak-sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung sisi gelang dan sisi ganda. Sedangkan graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi gelang atau sisi ganda.



Gambar 2. Contoh graf sederhana

Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10/12/2023.

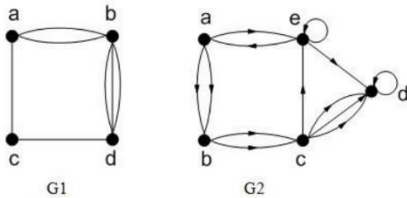


Gambar 3. Contoh graf tak-sederhana

Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10/12/2023.

Graf juga dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan orientasi arahnya, yaitu graf tak-berarah dan graf berarah. Graf tak-berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah, sedangkan graf berarah adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah.



Gambar 4. G1: graf tak-berarah G2: graf berarah

Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10/12/2023.

C. Terminologi graf

Beberapa terminologi di dalam graf yang penting untuk makalah ini sebagai berikut.

1. Ketetanggaan (*Adjacent*)
Simpul yang bertetanggaan adalah simpul yang saling memiliki hubungan langsung melalui sisinya.
2. Bersisian (*Incidency*)
Sisi dikatakan bersisian dengan simpul v_j dan v_k jika simpul v_j dan v_k terdapat pada sisi $e = (v_j, v_k)$.
3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)
Sebuah simpul dikatakan terpencil bila tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.
4. Graf Kosong (*null graph* atau *empty graph*)
Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong (N_n).
5. Derajat (*Degree*)
Derajat merupakan jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

6. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .

7. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

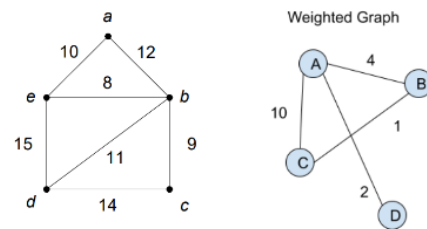
Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

8. Keterhubungan (*Connected*)

Dua buah simpul v_1 dan simpul v_2 disebut terhubung apabila terdapat lintasan dari v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari v_i ke v_j . Jika tidak, maka G disebut graf tak-terhubung (*disconnected graph*).

9. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot merupakan graf yang setiap sisinya diberi sebuah nilai atau bobot.



Gambar 5. Contoh Graf Berbobot

Sumber:

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10/12/2023.

D. Algoritma A* (A star)

Terdapat beberapa algoritma yang umum digunakan di dalam graf. Salah satunya adalah algoritma A* (A star). Algoritma ini digunakan untuk mencari rute terpendek dari titik awal ke titik akhir. Algoritma ini sering digunakan untuk penjelajahan peta.

Notasi yang dipakai oleh algoritma A* (A star) adalah sebagai berikut:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

keterangan :

$f(n)$ = biaya estimasi terendah

$g(n)$ = biaya dari node awal ke node n

$h(n)$ = perkiraan biaya dari node n ke node akhir

III. METODE

A. Algoritma A* (A Star)

Algoritma A* menggunakan Best First Search (BFS)

dan menemukan jalur dengan biaya terkecil (least-cost path) dari node awal (initial node) yang diberikan ke node tujuan (goal node).

Algoritma ini menggunakan fungsi heuristik jarak ditambah biaya (dinotasikan dengan $f(x)$) untuk menentukan urutan search-nya melalui node-node yang ada pada tree.

Notasi yang dipakai oleh algoritma A* (A star) adalah sebagai berikut:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

keterangan :

$f(n)$ = biaya estimasi terendah

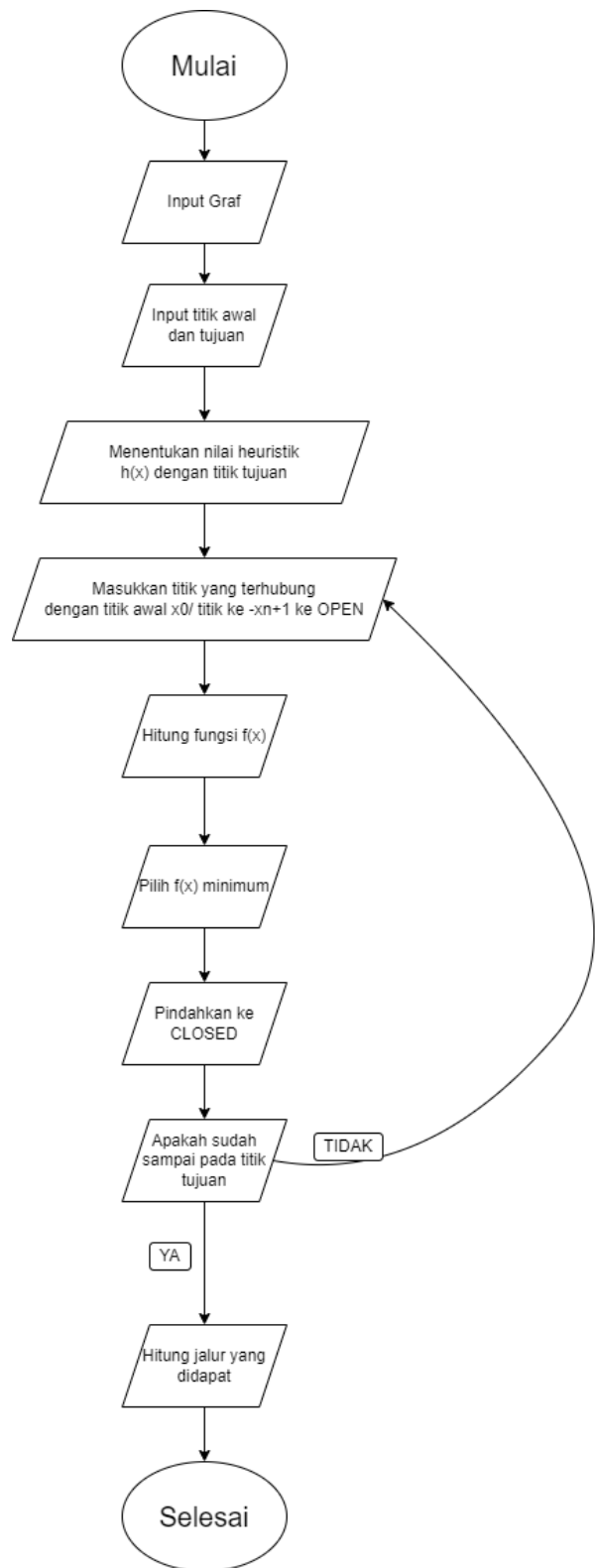
$g(n)$ = biaya dari node awal ke node n

$h(n)$ = perkiraan biaya dari node n ke node akhir

Adapun langkah-langkah yang dilakukan oleh algoritma A* (A star) adalah sebagai berikut:

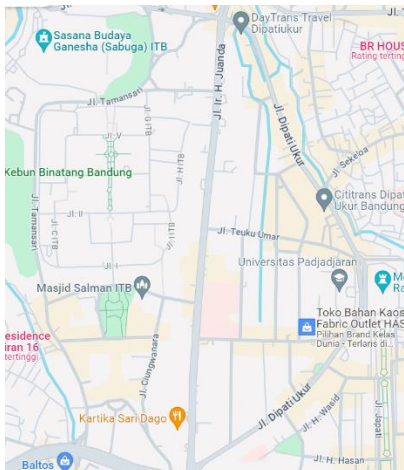
- Inisialisasi OPEN LIST
- Letakkan simpul awal pada OPEN LIST
- Inisialisasi CLOSE LIST
- Ikuti langkah-langkah berikut sampai OPEN LIST tidak kosong:
 - Temukan simpul dengan f terkecil pada OPEN LIST dan beri nama "Q".
 - Hapus Q dari OPEN LIST.
 - Generate delapan turunan Q dan tetapkan Q sebagai induknya.
 - Untuk setiap keturunan:
 - Jika menemukan penerus adalah tujuannya, pencarian dihentikan
 - Jika tidak, hitung g dan h untuk penerusnya.
 - $penerus.g = q.g + \text{jarak yang dihitung antara penerus dan q.}$
 - $suksesor.h = \text{jarak terhitung antara suksesor dan tujuan.}$
 - $penerus.f = penerus.g \text{ ditambah } penerus.h$
 - Lewati penerus ini jika node dalam daftar OPEN dengan lokasi yang sama tetapi nilai f lebih rendah dari penggantinya.
 - Lewati penerusnya jika ada simpul dalam CLOSE LIST dengan posisi yang sama dengan penerusnya tetapi nilai f lebih rendah; jika tidak, tambahkan simpul ke ujung OPEN LIST (untuk loop).
 - Push Q ke dalam CLOSE LIST dan akhiri loop sementara.

Berikut merupakan flowchart algoritma A* (A star)

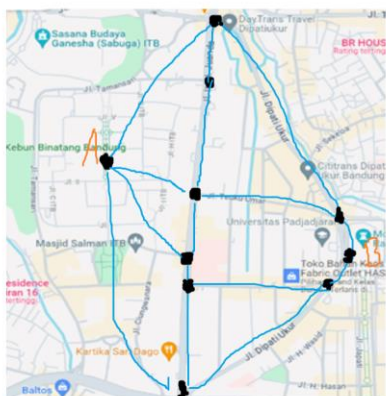


Gambar 6. Flowchart Algoritma A* (A star)

B. Pembentukan Graf Berbobot

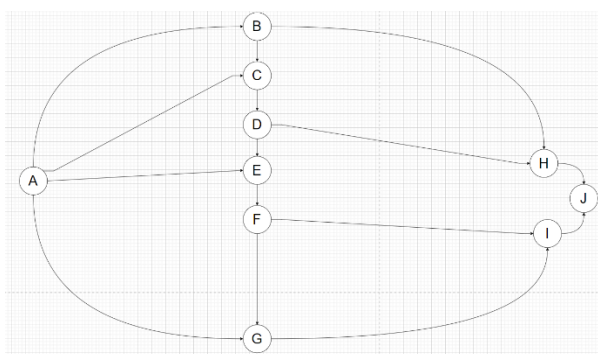


Gambar 7. Peta rute ITB Ganesa ke Dipatiukur
Sumber: Google Maps, diakses pada 10/12/2023.



Gambar 8. Graf rute ITB Ganesa ke Dipatiukur
Sumber: Google Maps, diakses pada 10/12/2023.

Pada gambar 7 merupakan peta wilayah rute ITB menuju Dipatiukur. Berdasarkan peta tersebut dibuatlah sebuah graf berbobot yang menggambarkan rute ITB menuju Dipatiukur. Titik A merupakan lokasi ITB Ganesa yang merupakan titik awal rute. Sedangkan, Titik B merupakan tujuan akhir rute, yaitu tempat pemberhentian DAMRI di Dipatiukur. Tiap titik hitam merupakan simpul yang menggambarkan persimpangan jalan yang menjadi opsi dalam pemilihan rute. Garis biru menunjukkan lintasan dari suatu simpul ke simpul lain. Penggambaran graf tersebut dibuat menjadi lebih sederhana pada gambar dibawah ini.



Gambar 9. Graf pemilihan rute

Perhitungan bobot diperoleh dengan bantuan aplikasi google maps. Bobot dihitung berdasarkan jarak yang tertera pada aplikasi tersebut.

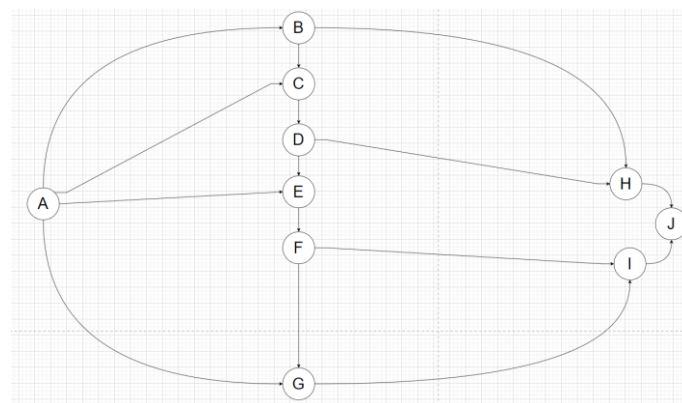
Tabel 1. Tabel bobot graf

Lintasan	Jarak (m)
A ke B	600
A ke C	500
A ke E	300
A ke G	850
B ke C	200
B ke H	950
C ke D	450
D ke H	500
D ke E	260
E ke F	120
F ke I	500
F ke G	480
G ke I	650
H ke J	110
I ke J	200

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah Langkah-langkah dalam mencari rute terpendek dari ITB Ganesa menuju pemberhentian DAMRI Dipatiukur.

Ilustrasi graf:



Gambar 10. Hasil penggambaran graf rute

Langkah-langkah penyelesaian:

1. Pada list OPEN hanya terdapat satu simpul yaitu A, maka A terpilih sebagai Best Node. Node A dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor A dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A
OPEN: B, C, E, G
 $f(B) = 0 + 600 = 600$
 $f(C) = 0 + 500 = 500$
 $f(E) = 0 + 300 = 300$
 $f(G) = 0 + 850 = 850$
Best Node selanjutnya adalah f(E).

2. Node E yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node E dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor E dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E
OPEN: B, C, D, F, G
 $f(B) = 0 + 600 = 600$
 $f(C) = 0 + 500 = 500$
 $f(D) = 0 + 300 + 260 = 560$
 $f(F) = 0 + 300 + 120 = 420$
 $f(G) = 0 + 850 = 850$
Best Node selanjutnya adalah f(F).
3. Node F yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node F dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor F dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E, F
OPEN: B, C, D, G, I
 $f(B) = 0 + 600 = 600$
 $f(C) = 0 + 500 = 500$
 $f(D) = 0 + 300 + 260 = 560$
 $f(G) = 0 + 850 = 850$
 $f(I) = 0 + 300 + 120 + 500 = 920$
Best Node selanjutnya adalah f(C).
4. Node C yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node C dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor C dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E, F, C
OPEN: B, D, G, I
 $f(B)$ dari A = $0 + 600 = 600$
 $f(D)$ dari E = $0 + 300 + 260 = 560$
 $f(G)$ dari A = $0 + 850 = 850$
 $f(I)$ dari F = $0 + 300 + 120 + 500 = 920$
Best Node selanjutnya adalah f(D).
5. Node D yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node D dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor D dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E, F, C, D
OPEN: B, G, I, H
 $f(B)$ dari A = $0 + 600 = 600$
 $f(G)$ dari A = $0 + 850 = 850$
 $f(H)$ dari E,D = $0 + 300 + 260 + 500 = 1060$
 $f(I)$ dari F = $0 + 300 + 120 + 500 = 920$
Best Node selanjutnya adalah f(B).
6. Node B yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node B dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor B dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E, F, C, D
OPEN: I, H
 $f(G)$ dari A = $0 + 850 = 850$
 $f(H)$ dari B = $0 + 600 + 950 = 1550$
 $f(H)$ dari D = $0 + 300 + 260 + 500 = 1060$
 $f(I)$ dari F = $0 + 300 + 120 + 500 = 920$
Best Node selanjutnya adalah f(G).
7. Node G yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node G dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor G dipindahkan ke OPEN.
CLOSED: A, E, F, C, D
OPEN: H
 $f(H)$ dari B = $0 + 600 + 950 = 1550$

$$f(H) \text{ dari D} = 0 + 300 + 260 + 500 = 1060$$

$$f(I) \text{ dari F} = 0 + 300 + 120 + 500 = 920$$

$$f(I) \text{ dari G} = 0 + 850 + 650 = 1500$$

Best Node selanjutnya adalah f(I) dari F.

8. Node I yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node I dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor I dipindahkan ke OPEN.

CLOSED: A, E, F, C, D

OPEN: H, J

$$f(H) \text{ dari B} = 0 + 600 + 950 = 1550$$

$$f(H) \text{ dari D} = 0 + 300 + 260 + 500 = 1060$$

$$f(J) \text{ dari I, F} = 0 + 300 + 120 + 500 + 200 = 1120$$

$$f(J) \text{ dari I, G} = 0 + 850 + 650 + 200 = 1700$$

Best Node selanjutnya adalah f(H) dari D.

9. Node H yang memiliki biaya terkecil terpilih sebagai Best Node. Node H dipindahkan ke CLOSED dan semua suksesor H dipindahkan ke OPEN.

CLOSED: A, E, F, C, D

OPEN: J

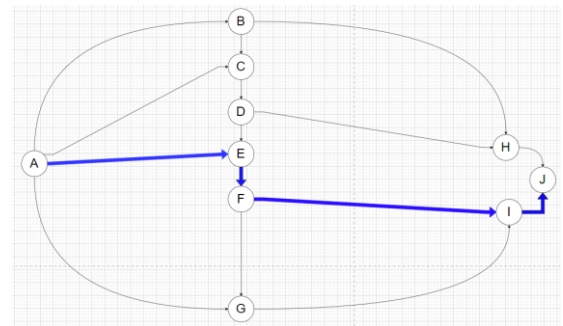
$$f(J) \text{ dari H,B} = 0 + 600 + 950 + 110 = 1660$$

$$f(J) \text{ dari H,D} = 0 + 300 + 260 + 500 + 110 = 1170$$

$$f(J) \text{ dari I, F} = 0 + 300 + 120 + 500 + 200 = 1120$$

$$f(J) \text{ dari I, G} = 0 + 850 + 650 + 200 = 1700$$

Setelah mencapai tujuan yaitu node J maka algoritma A* telah selesai. Dari hasil tersebut diperoleh rute terpendek yaitu rute A-E-F-I-J dengan total Panjang lintasan sebesar 1120 m.



Gambar 11. Hasil rute terpendek

V. KESIMPULAN

Sebuah graf dapat diimplementasikan untuk menyelesaikan banyak permasalahan, salah satunya adalah untuk menyelesaikan permasalahan mencari rute terpendek dari ITB Ganesa menuju pemberhentian DAMRI di Dipatiukur. Permasalahan ini diselesaikan menggunakan graf dengan bentuk algoritma A* (A Star). Dari hasil analisis yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa rute terpendek adalah lintasan A-E-F-I-J dengan total Panjang lintasan sebesar 1120 m.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, Saya mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan Rahmat-Nya, Makalah berjudul “Aplikasi Graf Dalam Menentukan Rute Terpendek Dari ITB

Ganesa Menuju Pemberhentian DAMRI Dipatiukur” dapat terselesaikan dengan baik dan tidak ada hambatan sedikit pun. Terima kasih kepada kepada Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi, S.T, M.Sc., yang telah memberikan pengajaran dalam perkuliahan IF2120 Matematika Diskrit. Terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi, M.T. yang telah menyediakan website sebagai tempat mengakses materi perkuliahan. Terima kasih pula kepada orang tua yang telah mendukung saya. Terima kasih terhadap segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu terselesaikan pembuatan makalah ini.

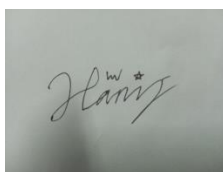
REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi (2003). Graf (Bag.1) Bahan Kuliah IF2120 Matematika Diskrit, URL: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>, diakses pada 10 Desember 2023 pukul 21.20.
- [2] Alkarim, Kelvin Rayhan (2022, 10 Desember). Penerapan Graf pada Google Maps untuk Pemilihan Rute Terdekat. URL: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20\(126\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20(126).pdf), diakses pada 10 Desember 2023 pukul 21.30.
- [3] Nadil, Ahmad (2022, 10 Desember). Aplikasi Travelling Salesman Problem dalam Penentuan Rute DAMRI Dipatiukur – Jatinangor. URL: [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20\(71\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2022-2023/Makalah2022/Makalah-Matdis-2022%20(71).pdf), diakses pada 10 Desember 2023 pukul 21.40.
- [4] Wastupranata, Leonard Matheus (2020, 7 Desember). Strategi Rute UAV untuk Pengantaran Obat-obatan bagi Penderita Covid-19 saat Isolasi Mandiri dengan Algoritma Cheapest Link & Sirkuit Hamilton. URL : [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Makalah/Makalah-Matdis-2020%20\(208\).pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Makalah/Makalah-Matdis-2020%20(208).pdf), diakses pada 10 Desember 2023 pukul 21.50.
- [5] Syihabuddin, Riyan Fahmi (2021). Implementasi Algoritma A-Star Dalam Menentukan Rute Terpendek Destinasi Wisata Kota Malang. (Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim : Malang). Diakses dari <http://etheses.uin-malang.ac.id/32489/1/17610066.pdf>.
- [6] Trivusi (2023). Algoritma A* (A Star): Pengertian, Cara Kerja, dan Kegunaannya. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://www.trivusi.web.id/2023/01/algoritma-a-star.html>.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 10 Desember 2023



Imam Hanif Mulyarahman - 13522030