

Penerapan Algoritma A* dalam Menentukan Rute Terpendek di Kompleks Gelora Bung Karno

Fauzan Yubairi Indrayadi 13519171
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail (gmail): 13519171@std.stei.itb.ac.id

Abstraksi—Penentuan rute terpendek antar suatu tempat dengan tempat lainnya merupakan sebuah masalah umum yang selalu ditemukan pada kehidupan sehari-hari. Dengan menerapkan algoritma A Star, dapat ditemukan rute dengan jarak terpendek menuju suatu tujuan yang akan menghasilkan waktu tercepat karena secara umum waktu akan berkorelasi lurus dengan jarak dengan asumsi jika tidak ada hambatan. Dengan bantuan algoritma ini, kita dapat mencapai tujuan dengan tepat waktu dan tidak telat. Dalam hal ini, Gelora Bung Karno (GBK) merupakan sebuah kompleks yang sangat luas dan akan sangat diperlukan untuk mencapai suatu tujuan seperti mengikuti pertandingan dengan tepat waktu dan tidak lelah dengan menggunakan rute terpendek dan tercepat.

Keywords—Rute terpendek; algoritma A Star; jarak terpendek; Gelora Bung Karno

I. PENDAHULUAN

Gelanggang Olahraga (Gelora) Bung Karno adalah sebuah kompleks sarana olahraga di Senayan, Jakarta, Indonesia. Kompleks olahraga ini dibangun pada 1960 untuk ajang Asian Games 1962 dan merupakan pusat sarana olahraga dengan fasilitas terlengkap di Jakarta.



Gambar 1 : Gelora Bung Karno

Sumber : <https://gbk.id/psbb-masa-transisi-gbk-keluarkan-beberapa-kebijakan-baru/>

Terdapat banyak fasilitas arena pertandingan atau latihan untuk berbagai macam cabang olahraga yaitu sepak bola, bulu

tangkis, akrobatik, tenis, atletik, bola basket, bisbol, hoki lapangan, softball, panahan, rugby, menembak, dan bola voli. Selain fasilitas olahraga, ada juga bangunan lain di dalam kompleks seperti masjid, hotel, taman, hutan kota, dan juga Jakarta Convention Center (JCC) sebagai tempat multi-guna.

Selain sebagai rumah bagi fasilitas olahraga dan juga untuk event seperti kompetisi, turnamen, dan perlombaan, kompleks olahraga ini juga menjadi tempat yang populer untuk berolahraga, jogging, dan bersepeda bagi masyarakat Jakarta.

Pada masa pandemi, kompleks ini digunakan sebagai tempat dilaksanakannya vaksinasi Covid-19. Jadi akan sangat membantu jika para pengunjung dapat mengetahui rute terpendek antar tempat pada kompleks ini.

Bukan hanya untuk masyarakat umum, namun atlet yang akan berlatih atau bertanding juga tidak boleh telat untuk menghadiri kegiatannya, sehingga akan lebih baik jika atlet mengetahui rute dengan jarak terpendek untuk mencapai tujuan agar tidak telat dan tidak lelah saat melaksanakan kegiatan.

Dengan bantuan algoritma A*, dapat ditemukan rute terpendek tersebut dengan jarak (*cost*) terkecil untuk melancarkan kegiatan sehari-hari di kompleks Gelora Bung Karno.

II. LANDASAN TEORI

A. Branch and Bound

Algoritma *Branch and Bound* (B&B) adalah sebuah algoritma untuk persoalan optimisasi yang meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif, yang tidak melanggar batasan (*constraints*) persoalan. Branch and Bound serupa dengan *Breadth-First Search* (BFS), tetapi menggunakan *least cost search* untuk menentukan simpul berikutnya yang akan diekspansi. Pada algoritma ini, setiap simpul diberi sebuah nilai *cost*, misal $\hat{c}(i)$ yang merupakan nilai taksiran lintasan termurah ke simpul status tujuan yang melalui simpul status i . Lalu simpul berikutnya yang akan di-*expand* berdasarkan simpul yang memiliki *cost* yang paling kecil (*least cost search*) untuk kasus minimasi dan tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya.

Kata “*branch*” yang dimaksud pada *Branch and Bound* adalah pencarian solusi dengan mengekskansi cabang (*branch*)

pada sebuah pohon untuk membentuk sebuah pohon ruang status.

Serupa dengan *backtracking*, simpul yang tidak ‘mengarah’ ke solusi akan ‘dibunuh’. Kesamaan ini merujuk pada fungsi pembatas yang akan menerapkan “pemangkasan” pada jalur yang dianggap tidak lagi mengarah pada solusi. Pemangkasan secara umum memiliki beberapa kriteria yaitu simpul tidak merepresentasikan solusi yang ‘feasible’ karena ada batasan yang dilanggar, nilai simpul tidak lebih baik dari nilai terbaik sejauh ini, dan solusi pada simpul tersebut hanya terdiri atas satu titik sehingga tidak ada pilihan lain.

B. Algoritma A*

Dalam menentukan rute terpendek antar suatu tempat, ada banyak algoritma penentuan rute yang dapat digunakan untuk memudahkan pencarian. Dua jenis cara yang ada untuk menentukan rute terpendek adalah uninformed search dan informed search. Uninformed search melakukan pencarian tanpa informasi mengenai masalah yang ada atau dapat disebut juga dengan blind search. Disebut *uninformed* karena simpul yang belum dilalui masih tidak terinformasi dan hanya memiliki informasi pada simpul yang telah dilalui. Uninformed search mencakup algoritma seperti BFS (*Breadth First Search*), DFS (*Depth First Search*), DLS (*Depth Limited Search*), IDS (*Iterative Deepening Search*), dan UCS (*Uniform Cost Search*).

Algoritma A* (A Star) merupakan salah satu algoritma pencarian rute dengan *informed search* yang memiliki informasi nilai heuristik dari setiap simpul. Heuristik mengestimasi nilai dari sebuah simpul dengan simpul lainnya. Algoritma ini termasuk ke dalam Branch and Bound karena menghindari mengekskan sebuah jalur yang sudah mahal.

Fungsi yang digunakan pada algoritma A* yaitu,

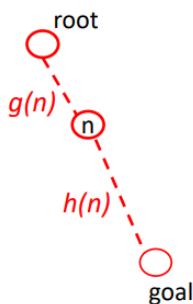
$$f(n) = g(n) + h(n)$$

$f(n)$ = perkiraan total biaya jalur melalui n ke tujuan

$g(n)$ = biaya sejauh ini untuk mencapai n

$h(n)$ = perkiraan biaya dari n ke tujuan

Dalam pembentukan pohon ruang status, dicari nilai $f(n)$ pada setiap simpul yang diekspan dengan menjumlahkan nilai dari simpul awal $g(n)$ pada simpul n dengan nilai heuristiknya $h(n)$ ke simpul tujuan seperti yang terdapat pada gambar berikut.



Gambar 2 : Ruang pohon status algoritma A*

Sumber : [3]

Serupa dengan Branch and Bound, A* mencari bound yang dijamin lebih rendah dari true cost dan akan memotong jalur yang memiliki $cost + bound$ lebih besar dari solusi terbaik saat ini.

III. ANALISIS PROGRAM

Penyelesaian masalah dilakukan dengan mengimplementasikan algoritma A* ke dalam sebuah program. Program dibuat dengan menerima input peta beserta titik simpul yang ingin dicari rutenya beserta fungsi-fungsi yang diperlukan untuk menemukan solusi rute terpendek pada peta yang diberikan oleh pengguna.

A. Peta ke Graf

Kompleks Gelora Bung Karno memiliki banyak fasilitas berupa sarana olahraga dan juga bangunan lainnya baik untuk serbaguna atau lain hal. Dalam peta yang akan dibuat, dipilih titik-titik berupa bangunan, arena pertandingan, lapangan, dan juga simpang jalan pada Kompleks Gelora Bung Karno sebagai simpul pada sebuah peta. Titik simpul dipilih berdasarkan preferensi sendiri oleh penulis.

Berikut adalah gambar peta Kompleks Gelora Bung Karno beserta titik-titik simpul yang dipilih.



Gambar 3 : Peta Gelora Bung Karno

Sumber : [4]

Setelah dipilih titik pada peta yang diinginkan, akan dibuat sebuah file .txt yang mencakup jumlah simpul, matriks ketetanggaan, dan koordinat dari tiap titik pada peta. File ini dibuat untuk menjadi sebuah file input yang akan dibaca oleh program untuk menghasilkan sebuah graf.

Berikut adalah file input yang dibuat berdasarkan peta Kompleks Gelora Bung Karno.

akan menghasilkan jalur antar simpul pada suatu graf beserta nilai jarak terpendek tersebut. Dicari nilai $f(n)$ dari setiap simpul hidup ke simpul tujuan dan akan mengekspan simpul hidup dengan nilai $f(n)$ terkecil. Simpul akan terus diekspan hingga mencapai simpul tujuan dengan nilai $f(n)$ terkecil dibandingkan simpul hidup lainnya.

```
void aStar (int dari, int ke)
{
    // Cari jalur terpendek dengan A*
    List<List<int>> allPath = new List<List<int>>();
    List<int> first = new List<int>();
    List<float> allPathF = new List<float>();
    first.Add(dari);
    allPath.Add(first);
    allPathF.Add(getF(first, ke, matriksBobot));
    bool found = false;
    while(!found && allPath.Count>0)
    {
        // Cek rute dengan f minimum
        int minidx = 0;
        for(int i=1;i<allPathF.Count;i++)
        {
            if (allPathF[minidx] > allPathF[i])
            {
                minidx = i;
            }
        }
        List<int> checkRoute = new
List<int>(allPath[minidx]);
        allPath.RemoveAt(minidx);
        allPathF.RemoveAt(minidx);
        Console.WriteLine("Minimum found is ");
        for(int k=0;k<checkRoute.Count;k++)
        {
            Console.WriteLine(checkRoute[k]+1);
        }
        Console.WriteLine();

        if (checkRoute[checkRoute.Count-1]==ke)
        {
            found = true;
            allPath.Add(checkRoute);
            allPathF.Add(getF(checkRoute, ke,
matriksBobot));
        }
        else
        {
            for (int i = 0; i < jumlahNode; i++)
            {
                if (!checkRoute.Contains(i) &&
matriksJalan[i, checkRoute[checkRoute.Count-1]])
                {
                    // Jika i belum dikunjungi di
rute sekarang
```

```
List<int> addedRoute = new
List<int>(checkRoute);
        addedRoute.Add(i);
        allPath.Add(addedRoute);
        allPathF.Add(getF(addedRoute,
ke, matriksBobot));
        Console.WriteLine("Added route ");
        Console.WriteLine(i + 1);
        Console.WriteLine("with f = ");

        Console.WriteLine(allPathF[allPathF.Count - 1]);
    }
}
}
}

if(allPath.Count>0)
{
    // Jika ketemu jalan
    // Tampilkan jalur dan jarak rute terpendek
}
else
{
    // Jika tidak ketemu jalan
    // Tampilkan error message
}
}
```

Dalam program, digunakan fungsi haversine untuk mencari nilai heuristik jarak antar setiap simpul pada graf berdasarkan koordinat yang diberikan.

Digunakan sebuah file input dengan format .txt untuk mengubah file yang berisi matriks ketetanggaan beserta koordinat pada peta dari masing-masing simpul yang ada menjadi sebuah graf.

Setelah program membaca file input dan menghasilkan sebuah graf, pengguna dapat memilih simpul awal dan simpul tujuan yang diinginkan untuk melihat jalur rute terpendek antar kedua simpul beserta jarak yang harus ditempuh.

IV. PENERAPAN ALGORITMA A* DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK DI KOMPLEKS GELORA BUNG KARNO

Program yang telah dibuat dapat digunakan untuk mencari rute terpendek antar tempat dengan memasukkan file input dengan deskripsi graf yang diinginkan dan memilih simpul awal dan simpul akhir yang diinginkan. Program ditampilkan dengan GUI untuk memudahkan pengguna dalam menjalankan aplikasi.

Berikut adalah tampilan GUI pada program.

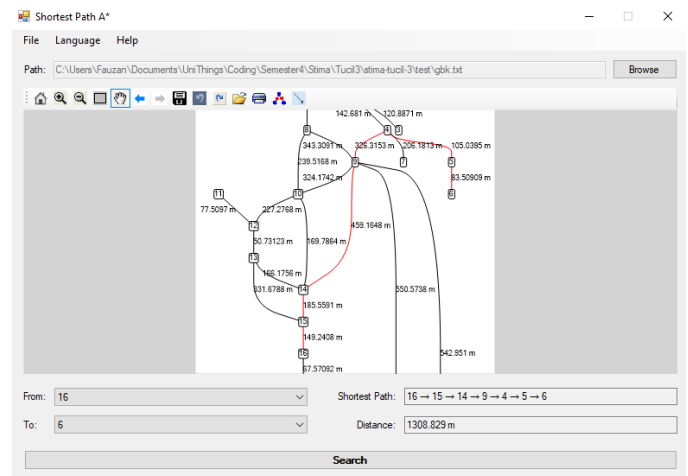
Gambar 6 : Hasil Pintu Utama ke Istora

Sumber : Dokumen Pribadi

Dapat diperhatikan bahwa rute terpendek yang dihasilkan adalah 12 → 13 → 15 → 16 → 17 → 19 → 20 → 21, dengan jarak 1181.407 m, sehingga bagi pengunjung yang ingin melakukan vaksinasi di Istora melalui Pintu Utama dapat mengikuti jalur ini untuk mencapai tujuan lebih cepat.

B. JCC ke Tennis Indoor

Pilihan kedua simpul mengambil asumsi lain jika ingin menuju lokasi vaksinasi di gedung Tennis Indoor dari gedung Jakarta Convention Center (JCC). Berdasarkan file input yang digunakan, JCC adalah simpul 16 dan Tennis Indoor adalah simpul 6. Solusi dapat dicari dengan memilih simpul 16 sebagai simpul awal dan simpul 6 sebagai simpul akhir. Berikut adalah hasil dari program.



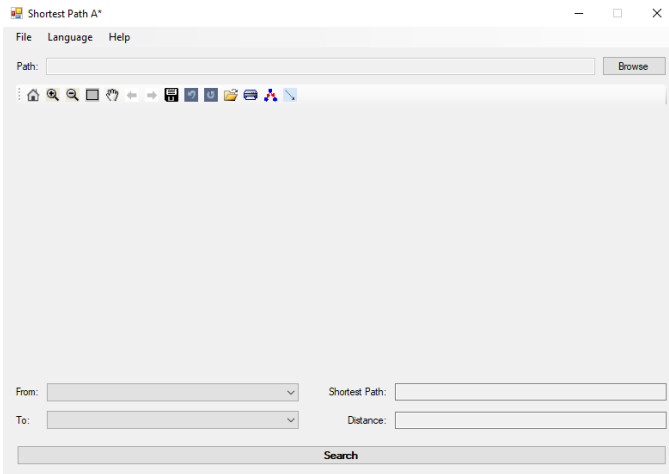
Gambar 7 : Hasil JCC ke Tennis Indoor

Sumber : Dokumen Pribadi

Dapat diperhatikan bahwa rute terpendek yang dihasilkan adalah 16 → 15 → 14 → 9 → 4 → 5 → 6, dengan jarak 1308.829 m, sehingga bagi pengunjung yang ingin melakukan vaksinasi di Tennis Indoor dari Jakarta Convention Center (JCC) dapat mengikuti jalur ini untuk mencapai tujuan lebih cepat.

C. Basketball Hall ke Hutan Kota

Pilihan kedua simpul digunakan untuk menampilkan hasil yang terbaik berdasarkan algoritma A* dari kemungkinan jalur yang banyak antara kedua simpul. Berdasarkan file input yang digunakan, Basketball Hall adalah simpul 1 dan Hutan Kota adalah simpul 22. Solusi dapat dicari dengan memilih simpul 1 sebagai simpul awal dan simpul 22 sebagai simpul akhir. Berikut adalah hasil dari program.



Gambar 5 : GUI Program

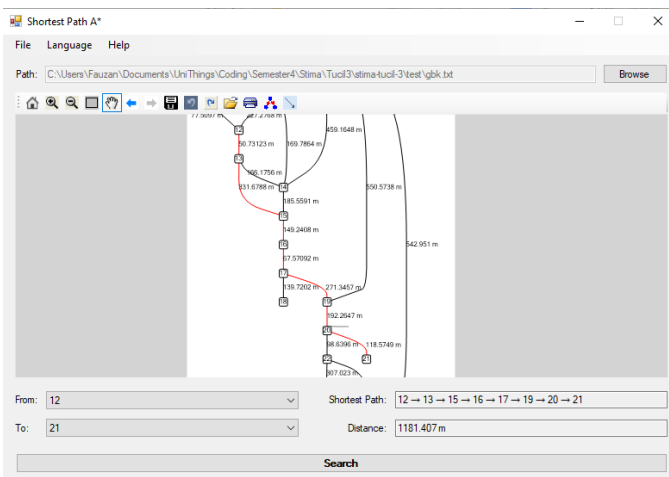
Sumber : Dokumen Pribadi

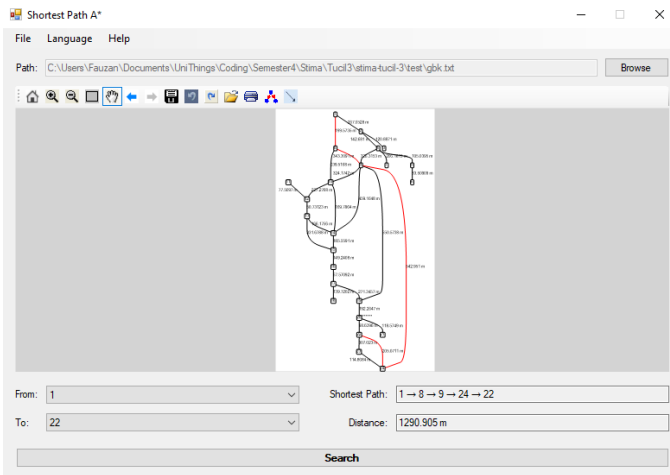
Pada bagian atas, terdapat tombol 'Browse' untuk memilih file yang ingin dipilih dengan format .txt. Setelah memilih file, dipilih simpul awal dan simpul akhir yang diinginkan pada bagian 'From:' dan 'To:' di kiri bawah layar. Saat menekan tombol 'Search', akan ditampilkan jalur rute terpendek antar kedua simpul pada bagian 'Shortest Path:' dan jarak tempuh menuju simpul tujuan pada bagian 'Distance:' pada bagian kanan bawah layar.

Pada analisis kali ini, akan dicari rute terpendek pada beberapa pilihan simpul awal dan simpul akhir untuk melihat rute mana yang sebaiknya dipilih oleh pengunjung Gelora Bung Karno jika ingin menuju suatu fasilitas pada kompleks ini.

A. Pintu Utama ke Istora

Pilihan kedua simpul ini didasari oleh kegiatan vaksinasi Covid-19 yang diadakan di Gelora Bung Karno, tepatnya di Gedung Istora dan Tennis Indoor. Berdasarkan file input yang digunakan, pintu utama adalah simpul 12 dan Istora adalah simpul 21. Solusi dapat dicari dengan memilih simpul 12 sebagai simpul awal dan simpul 21 sebagai simpul akhir. Berikut adalah hasil dari program.





Gambar 8 : Hasil Basketball Hall ke Hutan Kota

Sumber : Dokumen Pribadi

Dapat diperhatikan bahwa rute terpendek yang dihasilkan adalah $1 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 24 \rightarrow 22$, dengan jarak 1290.905 m, sehingga bagi pengunjung yang ingin menuju Hutan Kota dari posisi awal di Basketball Hall dapat mengikuti jalur ini untuk mencapai tujuan lebih cepat.

V. KESIMPULAN

Program yang telah dibuat dapat digunakan untuk mencari rute terpendek antar tempat dengan memasukkan file input dengan deskripsi graf yang didefinisikan sendiri. Program akan menghasilkan jalur dan jarak rute terpendek yang merupakan solusi terbaik dengan nilai jarak (*cost*) terkecil dengan memanfaatkan algoritma A*.

Algoritma A* merupakan salah satu algoritma penentuan rute terpendek yang mangkus karena dapat menghasilkan solusi terbaik dengan *cost* terkecil, dibandingkan dengan algoritma pada *uninformed search* yang hanya menghasilkan salah satu solusi yang belum tentu merupakan solusi terbaik.

Dapat dilihat pada hasil analisis bahwa berbagai pilihan simpul awal dan akhir akan menghasilkan rute terbaik antar kedua simpul pilihan asalkan graf merupakan graf terhubung. Jadi pengunjung Gelora Bung Karno dapat mencapai suatu tujuan pada kompleks dengan jarak terpendek.

VIDEO LINK AT YOUTUBE

Sebagai pendukung dari pembuatan makalah mengenai penerapan algoritma A* dalam menentukan rute terpendek di kompleks Gelora Bung Karno, penulis juga telah menyiapkan

video yang memuat penjelasan mengenai algoritma A* dan penentuan rute terpendek di kompleks Gelora Bung Karno menggunakan program bahasa C#. Video ini diupload di Youtube dengan link https://youtu.be/H3_5ISoSVK0.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, Penulis dapat menyelesaikan tugas makalah berjudul "Penerapan Algoritma A* dalam Menentukan Rute Terpendek di Kompleks Gelora Bung Karno" ini dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, kakak, dan adik atas semangat yang selalu diberikan dan bantuannya. Tak lupa diucapkan juga terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT, selaku dosen IF2211 Strategi Algoritma Kelas 04 atas bimbingan dan ajarannya yang baik di kelas.

REFERENSI

- [1] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Branch-and-Bound-2021-Bagian1.pdf>, diakses pada 10 Mei 2021.
- [2] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Route-Planning-Bagian1-2021.pdf>, diakses pada 10 Mei 2021.
- [3] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Route-Planning-Bagian2-2021.pdf>, diakses pada 10 Mei 2021.
- [4] <https://www.google.com/maps>, diakses pada 10 Mei 2021.

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.

Jakarta, 10 Mei 2021

Fauzan Yubairi Indrayadi 13519171