Pencarian Lintasan Terpendek Pada Aplikasi Navigasi Menggunakan Algoritma A*

Erfandi Suryo Putra 13515145
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13515145@std.stei.itb.ac.id

***Abstrak*—Banyak orang yang memakai peta digital. Peta digital tidak hanya bisa digunakan untuk melihat suatu wilayah, tetapi juga bisa menuntun pengguna ke lokasi tertentu dengan rute terdekat. Untuk melakukan hal tersebut peta harus direpresentasikan dalam bentuk graf dan mempunyai informasi yang cukup. Untuk menentukan rute terdekat dapat menggunakan algoritma A* yang merupakan bagian dari algoritma Branch and Bound.**

***Kata Kunci*—algoritma, *cost*, graf, jarak, simpul, heuristik.**

I. PENDAHULUAN

Di zaman modern ini kita hampir tidak bisa lepas dari teknologi. Teknologi, terutama teknologi digital, hampir selalu ada dalam segala aspek kehidupan modern manusia. Salah satu contoh teknologi digital yang sudah ada antara lain adalah internet, komputer, smartphone, media social, dll. Kita dapat menggunakan teknologi digital dalam berbagai hal, seperti untuk berkomunikasi, melakukan suatu pekerjaan, mencari informasi atau berita, bahkan sekarang sudah banyak sekolah-sekolah yang menggunakan teknologi digital dalam kegiatan belajar-mengajar. Dalam beberapa hal, orang-orang lebih memilih menggunakan teknologi digital dibanding menggunakan barang atau teknologi yang sebelumnya sudah mereka miliki karena kelebihan-kelebihan yang dimiliki teknologi digital, diantaranya adalah dalam mencari informasi, kita dengan sangat mudah dapat dengan mudah mencari segala informasi dari berbagai sumber melalui internet, selain kemudahan dalam mencari informasi, informasi baru, misalkan berita, juga bisa langsung diakses. Kelebihan lain dari teknologi digital adalah penggunaannya yang jauh lebih mudah, contohnya penggunaan smartphone yang bisa digunakan di mana saja untuk berbagai hal seperti berkomunikasi melalui media sosial atau melalui chatting, untuk menikmati hiburan seperti menonton film, mendengarkan musik, dll., *smartphone* juga bisa digunakan untuk membantu maupun mengerjakan suatu pekerjaan.

Penggunaan peta dalam bentuk fisik sekarang ini sudah jarang sekali digunakan banyak, orang-orang lebih memilih menggunakan peta digital. Penggunaan peta digital memang jauh lebih mudah dan juga jauh lebih efisien dibandingkan peta fisik. Kelebihan yang dimiliki peta digital adalah kemudahan pengaksesannya dan kepraktisannya, hal ini juga didukung oleh *smartphone* yang sudah sangat praktis dan canggih sehingga kita dapat mengakses peta itu di mana saja dan kapan saja hanya dengan menggunakan *smartphone*. Sekarang sudah banyak aplikasi-aplikasi peta digital yang bisa digunakan di smartphone, seperti Google Maps, Waze, dll.

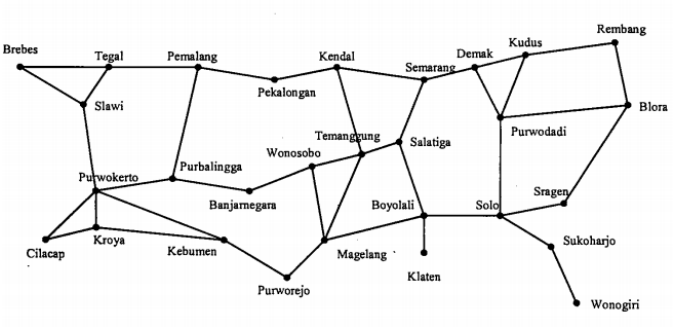
Penggunaan peta di *smartphone* tidak hanya bisa digunakan untuk melihat jalan saja, tetapi dengan smartphone yang dilengkapi dengan GPS (*Global Positioning System*), pengguna dapat melihat posisinya di peta itu secara *real-time*. Dengan adanya GPS, peta juga dapat menunjukkan jalan dari lokasi pengguna ke suatu tempat. Tidak hanya bisa menentukan jarak terdekat saja, peta juga bisa menentukan rute tercepat.

Untuk dapat memilih rute perjalanan terdekat, program harus dapat mengidentifikasi tempat-tempat yang ada di wilayah tersebut, peta juga harus mengetahui lintasan-lintasan yang dapat dilalui dan panjang setiap lintasan. Peta juga harus mengetahui data geografis suatu wilayah. Data geografis diperlukan jika lokasi pengguna sedang tidak berada di jalan yang tercatat di peta. Walaupun peta tidak mendeteksi suatu jalan, peta juga bisa mendeteksi jalan yang bisa dilalui pengguna. Hal ini diperlukan, terutama di Indonesia. Indonesia merupakan negara yang luas dan setiap daerahnya memiliki karateristik geografis yang berbeda-beda sehingga data geografis diperlukan untuk pemilihan retu perjalanan yang efektif dan aman.

Untuk menentukan rute perjalanan tercepat, peta memerlukan hal-hal yang sama dengan saat menentukan rute perjalanan terdekat. Akan tetapi saat menentukan rute perjalanan dengan jarak terdekat peta memerlukan data jarak setiap lintasan karena memerlukan jarak terdekat dari lokasi pengguna ke lokasi tujuan, maka untuk menentukan rute tercepat, peta memerlukan data perkiraan waktu yang diperlukan untuk melewati setiap lintasan. Data perkiraan waktu yang diperlukan untuk melalui suatu lintasan atau jalan bisa didapat dari tingkat kemacetan di jalan tersebut, ada tidaknya halangan atau rintangan, jenis lintasan yang dilalui, dll.

II. GRAF

Graf digunakan untuk mempresentasikan suatu objek diskrit dan hubungan antar objek-objek tersebut. Secara visual, suatu objek di graf direpresentasikan dengan sebuah titik, dan suatu hubungan antar objek direpresentasikan dengan sebuah garis yang menghubungkan kedua titik. Graf bisa digunakan untuk mepresentasikan berbagai hal, salah satu kegunaan graf adalah untuk mempresentasikan sebuah peta.



Gambar 1. Graf Peta

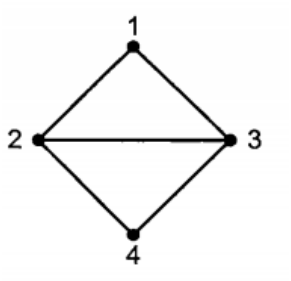
Pada gambar peta diatas, masing-masing kota direpresentasikan dengan sebuah titik dan lintasan-lintasan yang menghubungkan antar kota direpresentasikan dengan sebuah garis. Dengan adanya graf yang mempresentasikan suatu peta seperti graf di atas, kita dapat melihat apakah terdapat lintasan antara dua kota, selain itu kita juga dapat melihat panjang lintasan-lintasan antar kota, dan dengan diketahuinya panjang-panjang lintasan antar kota, kita juga dapat menentukan lintasan terpendek yang dapat dilalui dari satu kota ke kota lainnya.

Secara definisi, graf merupakan pasangan himpunan (V, E) dan dapat dinotasikan dengan G = (V, E) dengan V merupakan himpunan tidak kosong dari simpul-simpul yang mempresentasikan objek-objek, dan E merupakan merupakan himpunan sisi yang mempresentasikan hubungan antar objek atau simpul. Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa sebuah graf harus memiliki minimal satu buah objek atau simpul, tetapi boleh sama sekali tidak mempunyai sisi, yang berarti objek-objek yang dipresentasikan dengan simpul-simpul tidak mempunyai hubungan.

Menurut sudut pandang pengelompokannya, graf dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori. Pengelompokan graf ini didasarkan pada ada tidaknya sisi ganda atau gelang, berdasarkan jumlah simpul, dan berdasarkan orientasi arah sisi.

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda, graf dibagi menjadi dua jenis, yaitu graf sederhana dan graf tidak sederhana.

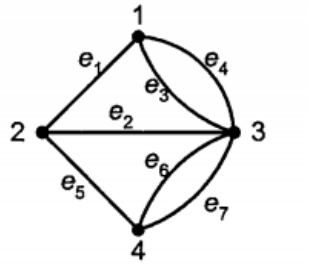
1. Graf Sederhana



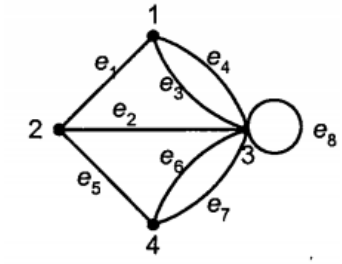
Gambar 2. Graf Sederhana

Graf sederhara merupakan graf yang tidak mempunyai sisi ganda maupun gelang

2. Graf Tidak Sederhana



Gambar 3. Graf Ganda



Gambar 4. Graf Semu

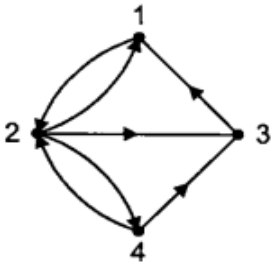
Graf tidak sederhana merupakan graf yang memiliki sisi ganda atau gelang. Graf tidak sederha juga dibagi menjadi dua, yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang mempunyai sisi ganda sementara graf semu adalah graf yang mempunyai gelang, walaupun juga mempunyai sisi ganda.

Berdasarkan orientasi sisinya, graf dibagi menjadi dua jenis yaitu tidak berarah dan graf berarah.

1. Graf Tidak Berarah

Graf tidak berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf berarah, (u, v) dan (v, u) merupakan dua sisi yang sama.

2. Graf Berarah



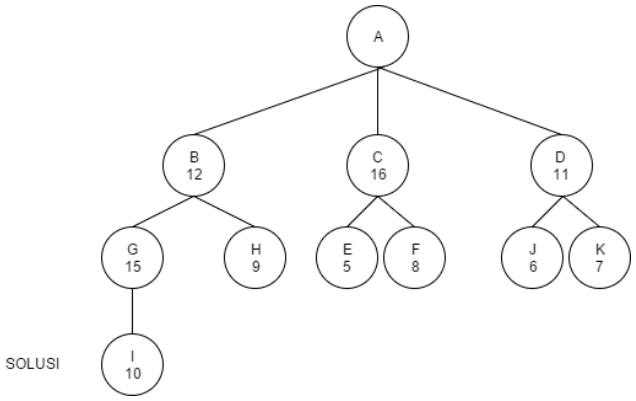
Gambar 5. Graf Berarah

Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya mempunyai orientasi arah. Pada graf berarah, (u, v) dan (v, u) merupakan dua sisi yang berbeda).

III. BRANCH AND BOUND

Algoritma Branch and Bound adalah salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu persoalan optimasi dengan meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif yang tidak melanggar batasan persoalan. Algoritma Branch and Bound mirip dengan algoritma Breadth-first search. Perbedaan algoritma ini dengan algoritma BFS biasa, pada algoritma BFS biasa, pembangkitan simpul-simpul dari simpul berikutnya yang akan diekspansi diurutkan berdasarkan urutan pembangkitannya (FIFO), tetapi pada branch and bound pembangkitan dilakukan berdasarkan nilai *cost*. Pada algoritma Branch and Bound, setiap simpul diberi sebuah nilai cost, yaitu nilai taksiran termurah ke simpul tujuan yang melalui simpul tersebut, dan simpul berikutnya yang diekpansi tidak lagi berdasarkan urutan pembangkitannya, tetapi berdasarkan *cost* yang paling kecil pada kasus minimasi, atau berdasarkan *cost* yang paling besar pada kasus maksimasi.

Contoh penyelesaian masalah dengan algoritma Branch and Bound dengan urutan pembangkitan simpul berdasarkan *cost* terbesar adalah sebagai berikut



Gambar 6. Pohon penyelesaian Branch and Bound

1. Dari simpul awal A, bangkitkan semua simpul anaknya, yaitu B, C, dan D
2. Pilih simpul dengan cost terbesar, yaitu C
3. Bangkitkan semua simpul anak dari simpul C, yaitu E dan F
4. Dari semua simpul-simpul yang sudah dibangkitkan dan belum diekspansi, yaitu B, E, dan F, pilih simpul dengan cost terbesar, yaitu simpul B
5. Lakukan ekspansi simpul-simpul sampai didapatkan simpul dengan cost terbesar yang merupakan simpul solusi

Selain digambar sebagai pohon, persoalan Branch and Bound juga bisa diselesaikan dengan cara direpresentasikan dengan antrian prioritas yang diurutkan mengecil berdasarkan cost-nya

Simpul	Simpul Hidup
A	C, B, D
C	B, D, F, E
B	G, D, H, F, E
G	D, I, H, F, E
D	I, H, F, K, J, E
I	H, F, K, J, E

Tabel 1. Penyelesaian Branch and Bound

I merupakan simpul solusi, jadi solusinya adalah

A -> B -> G -> I

Di bawah ini adalah *pseudocode* untuk algoritma Branch and Bound menggunakan antrian prioritas yang menghasilkan simpul solusi

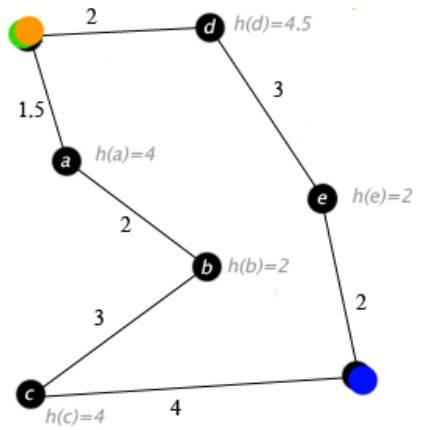
```
PrioQueue Q
Q.enqueue(Awal)
Simpul hasil = NULL
WHILE NOT Q.IsEmpty OR hasil != solusi
    Simpul S = Q.dequeue()
    IF S = solusi THEN
        hasil = S
    ELSE
        FOR semua simpul anak
            Q.enqueue(simpul anak)
RETURN hasil
```

IV. ALGORITMA A*

Algoritma A* merupakan salah satu bentuk algoritma Branch and Bound untuk mencari jalur dengan jarak terpendek dari satu simpul ke simpul lainnya. Algoritma ini pertama kali ditemukan oleh Peter Hart, Nils Nilsson, dan Bertram Raphael pada tahun 1968. Dalam algoritma ini, *cost* setiap simpul merupakan jarak yang telah dilalui ditambah nilai heuristik simpul tersebut. Nilai heuristik digunakan untuk memperkirakan *cost* suatu simpul. Dengan memperhitungkan nilai heuristik suatu simpul, algoritma A* dapat digunakan

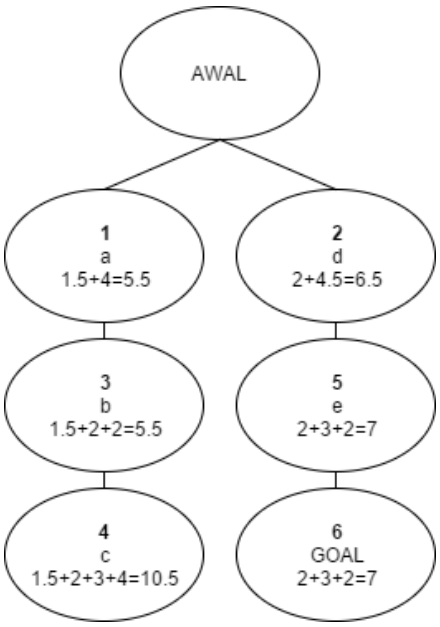
mencari jalur terpendek dengan pencarian yang lebih cepat karena dengan memperhitungkan nilai heuristik, algoritma A* menghindari ekspansi simpul-simpul yang mahal atau simpul-simpul yang tidak diperlukan. Penentuan nilai heuristik tidak dapat ditentukan secara sembarangan, syarat agar suatu nilai heuristik diterima adalah nilai heuristik tidak boleh lebih besar daripada nilai sesungguhnya untuk mencapai simpul tujuan.

Di bawah ini adalah contoh pencarian jalur terpendek dengan menggunakan algoritma A*



Gambar 7. Contoh Persoalan

Misalkan diperlukan jalur terpendek dari titik kuning ke titik ungu, simpul induk adalah saat berada di titik kuning dan simpul tujuan adalah saat berada di simpul ungu. Cara penyelesaiannya sama dengan cara menyelesaikan algoritma Branch and Bound dengan *cost* = c(n) + h(n), c(n) merupakan jarak yang telah dilalui untuk mencapai titik n dan h(n) merupakan nilai heuristik titik n. Karena yang diperlukan adalah jalur terpendek, maka simpul yang diambil adalah simpul dengan *cost* terkecil. Penyelesaian persoalan di atas adalah sebagai berikut



Gambar 8. Pohon Penyelesaian A*

Persoalan ini juga diselesaikan dengan cara direpresentasikan dengan antrian prioritas yang diurutkan mengecil berdasarkan *cost*-nya

Simpul	Simpul Hidup
AWAL	a, d
A	b, d
B	d, c
D	e, c
E	GOAL, c
GOAL	C

Tabel 2. Penyelesaian A*

GOAL merupakan simpul solusi, jadi solusinya adalah

AWAL -> d -> e -> GOAL

V. PEMBAHASAN

Algoritma A* dapat digunakan untuk mencari jalur terpendek dari lokasi pengguna aplikasi ke lokasi yang dituju. Aplikasi navigasi menuntun pengguna dengan menampilkan lokasi pengguna dan jalur menuju ke lokasi. Karena perlu menampilkan lokasi pengguna secara *real-time* dan dalam menggunakan aplikasi pengguna tidak diam di tempat, lokasi pengguna harus selalu diperiksa lalu ditampilkan setiap saat.

Untuk mencari jarak terdekat pada sebuah peta, peta harus direpresentasikan dengan sebuah graf. Simpul-simpul di graf tersebut merupakan representasi persimpangan-persimpangan di wilayah peta tersebut dan sisinya merupakan representasi jalan yang dapat dilalui. Sisi-sisi graf ini harus merupakan sisi berbobot yang nilainya mempresentasikan panjang lintasan.

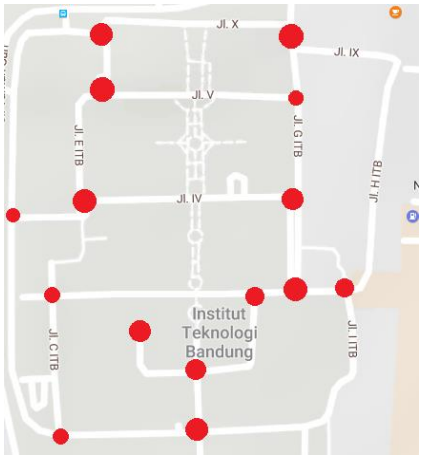
Di bawah ini adalah contoh kasus pencarian rute dengan jarak terpendek di kampus ITB.

Gambar 9. Peta ITB

Peta tersebut perlu direpresentasikan dalam bentuk graf dan menyediakan informasi yang cukup untuk mencari rute

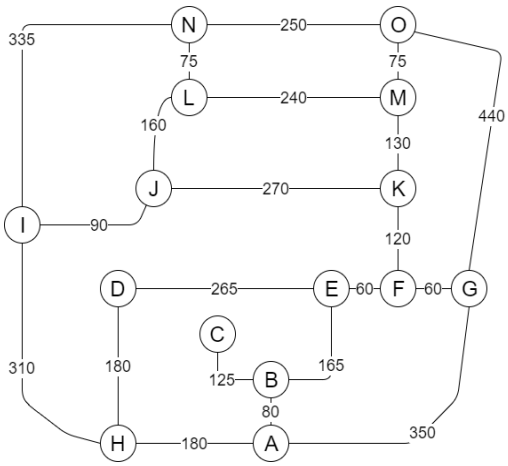
terpendek, hal tersebut dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Setiap persimpangan direpresentasikan oleh sebuah simpul



Gambar 10. Simpul Peta ITB

2. Sambungkan setiap simpul dengan garis yang memiliki bobot yang mempresentasikan jarak antar persimpangan-persimpangan tersebut. Dalam contoh ini dimisalkan setiap jalur dapat dilalui melalui dua arah sehingga peta direpresentasikan dengan graf tidak berarah



Gambar 11. Graf Peta ITB

Graf perlu direpresentasikan dalam bentuk matriks agar dapat dibaca program

3. *Cost* simpul dalam algoritma A* adalah jarak yang telah dilalui ditambah nilai heuristik, maka nilai heuristik diperlukan, dalam contoh ini nilai heuristiknya adalah jarak garis lurus ke simpul tujuan, misalnya simpul tujuannya adalah simpul M.

Simpul	Jarak ke M
A	450
B	375
C	360
D	405
E	260
F	250
G	260
H	530
I	390
J	300
K	130
L	240
M	0
N	265
O	75

Tabel 3. Nilai Heuristik

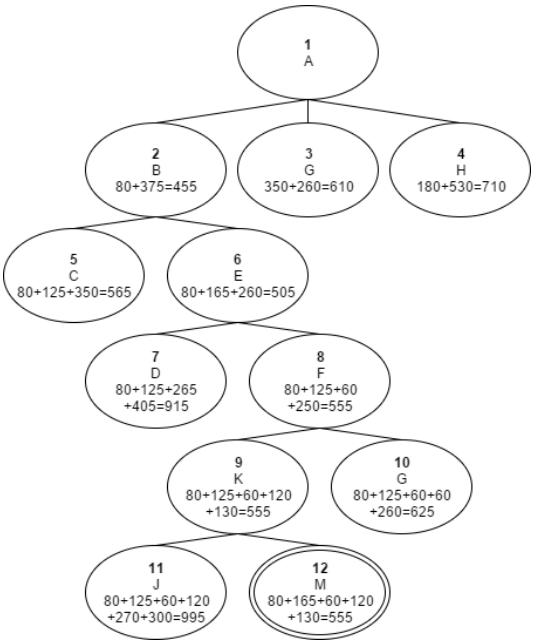
Nilai heuristik tersebut dapat diterima karena jarak garis lurus simpul ke simpul tujuan tidak mungkin lebih besar dari jarak terkecil sebenarnya dari simpul tersebut ke simpul tujuan. contohnya jarak garis lurus N ke M adalah 265, tetapi jarak sebenarnya yang harus melalui simpul L terlebih dahulu adalah 75 + 240 = 310, karena 265 < 310, penentuan nilai heuristik tersebut dapat diterima.

Lokasi pengguna saat menggunakan aplikasi mungkin saja tidak berada tepat di persimpangan, sehingga simpul yang dipilih sebagai simpul awal adalah simpul yang mempresentasikan persimpangan terdekat dari lokasi pengguna dan program navigasi perlu memberikan jalur ke persimpangan yang direpresentasikan simpul tersebut. Lokasi yang dituju pengguna juga mungkin saja tidak berada di persimpangan, sehingga simpul yang dipilih sebagai simpul tujuan adalah simpul terdekat dari lokasi tujuan dan dari persimpangan tersebut program perlu memberikan jalur ke lokasi tujuan.

Di bawah ini adalah contoh penyelesaian rute terdekat yang dimulai dari simpul A ke simpul M

1. Simpul-simpul yang diekspansi dari simpul A adalah simpul B, H, dan G
2. Hitung *cost* masing – masing simpul, yaitu jarak yang telah dilewati ditambah jarak garis lurus dari simpul ke M (dari tabel nilai heuristik)
    a. B: 80 + 375 = 455
    b. H: 180 + 530 = 710
    c. G: 350 + 260 = 610
3. Masukan B, H, dan G ke dalam antrian yang diurutkan membesar berdasarkan *cost*
4. Ambil simpul terdepan dari antrian, yaitu simpul B
5. Ulangi sampai simpul yang terambil adalah simpul tujuan, yaitu simpul M

Persoalan dapat diselesaikan dengan penyelesaian menggunakan *tree*



Gambar 12. Pohon Penyelesaian

Persoalan juga dapat diselesaikan dengan antrian prioritas

Simpul	Simpul Hidup
A	B_{455} G_{610} H_{710}
B	E_{505} C_{565} G_{610} H_{710}
E	F_{555} C_{565} G_{610} H_{710} D_{915}
F	K_{555} C_{565} G_{610} G_{625} H_{710} D_{915}
K	M_{555} C_{565} G_{610} G_{625} H_{710} D_{915} J_{995}
M	C_{565} G_{610} G_{625} H_{710} D_{915} J_{995}

Tabel 4. Penyelesaian Persoalan

M didapatkan dari antrian sebagai simpul dengan cost terkecil, sehingga solusi sudah ditemukan dan solusi yang didapat adalah

A -> B -> E -> F -> K -> M

Dari algoritma A* tersebut, aplikasi akan menampilkan jalur terpendek dengan hasil seperti di bawah ini

Gambar 13. Solusi Jalur Terpendek

Saat melakukan perjalanan, pengguna mungkin saja tidak mengikuti jalur yang disediakan, sehingga saat lokasi pengguna diperiksa dan tidak mengikuti jalur, algoritma perlu dijalankan kembali untuk mencari jalur terdekat dari lokasi pengguna ke lokasi tujuan

KESIMPULAN

Untuk mencari jarak terdekat pada sebuah peta digital menggunakan algoritma A*, peta harus direpresentasikan dengan sebuah graf. Simpul-simpul di graf tersebut merupakan representasi persimpangan-persimpangan wilayah peta tersebut dan sisinya merupakan representasi lintasan antar persimpangan. Sisi-sisi graf ini harus merupakan sisi berbobot yang nilainya bisa mempresentasikan panjang lintasan. Karena algoritma A* memerlukan nilai heuristik, setelah peta sudah direpresentasikan dalam bentuk graf, perlu diketahui informasi tambahan setiap simpul dan informasi tersebut harus dapat diterima agar dapat dijadikan nilai heuristik. Setelah informasi jarak dan nilai heuristik diketahui, pencarian dapat dilakukan menggunakan pohon pencarian dan antrian prioritas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan YME oleh karena anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Penulis ingin berterima kasih kepada dosen matakuliah IF2211 Strategi Algoritma, yaitu Pak Rinaldi Munir, Ibu Masayu Leylia Khodra, dan Ibu Nur Ulfa Maulidevi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang membantu penulis menyelesaikan makalah ini.

REFERENSI

[1] Munir, Rinaldi, 2010, Matematika Diskrit edisi III. Bandung: Informatika Bandung.

[2] Munir, Rinaldi, 2004, Diktat Strategi Algoritmik. Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung

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, 19 Mei 2017

Erfandi Suryo Putra 13515145