

Penentuan Rute Perjalanan pada Suatu Kota dengan Algoritma A*

Okugata Fahmi Nurul Y. F. - 13518031
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13518031@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Perjalanan dari suatu kota ke kota lain mungkin dapat melalui kota antara. Untuk melewati kota antara tersebut tentu terdapat berbagai pilihan rute jalan yang dapat diambil. Penentuan rute yang diambil tentu didasarkan pada waktu tempuh tercepat untuk melewati kota tersebut. Dalam memilih rute tersebut, dapat digunakan algoritma A* yang dapat menentukan urutan rute agar perjalanan yang dilakukan memberikan waktu tempuh tercepat.

Keywords—A*, path planning, jalan, kota

I. PENDAHULUAN

Setiap orang tentu pernah melakukan perjalanan baik secara dekat maupun jauh. Di Indonesia, banyak orang melakukan perjalanan ke kampung halamannya ketika musim mudik tiba. Hal itu telah seperti menjadi kebiasaan mayoritas masyarakat Indonesia. Setelah melakukan kegiatannya seperti bekerja atau belajar di luar kampung halamannya selama berbulan-bulan, mereka tentu ingin bertemu dengan saudara dan kerabatnya di kampung halamannya.

Orang-orang melakukan mudik tentu dengan kendaraan transportasi yang berbeda-beda. Ada yang menggunakan kendaraan umum seperti bus, kereta api, pesawat, atau kapal dan kendaraan pribadi seperti mobil atau motor. Apabila menggunakan kendaraan pribadi seperti mobil, pengemudi tentu dapat memilih untuk mudik melalui jalan tol, apabila sudah tersedia, atau jalan nontol. Untuk kendaraan motor, tentu pengemudi hanya dapat melalui jalan nontol.

Pada saat pemudik menggunakan kendaraan pribadi tanpa melewati jalan tol, mereka mungkin akan melalui beberapa kota dahulu sebelum mencapai kampung halamannya. Mereka tentu diberikan pilihan jalan-jalan untuk melewati kota tersebut. Pemudik dapat memilih untuk melewati jalan perkotaan atau jalan luar kota[1]. Pemilihan jalan tersebut tentu didasarkan pada waktu tempuh yang lebih cepat.

Permasalahan penentuan jalan untuk melewati suatu kota tersebut dapat diinterpretasikan ke dalam permasalahan dalam dunia komputer yaitu *route/path planning*. Pada makalah ini, penulis akan membahas masalah tersebut dengan menggunakan algoritma A*, salah satu algoritma yang baik dalam pemecahan masalah *path planning*.

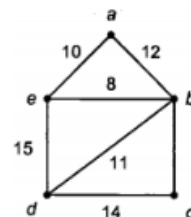
II. LANDASAN TEORI

A. Graf

Graf adalah sekumpulan dari himpunan simpul tak kosong V dan himpunan sisi E yang menghubungkan sepasang simpul. Simpul pada graf dapat ditandai dengan huruf atau bilangan. Sisi dalam graf yang menghubungkan simpul u dan v dapat dinyatakan sebagai pasangan (u, v) atau sebagai lambang seperti e_1 dan e_2 [2].

Berdasarkan orientasi arah graf, graf dapat dikelompokkan menjadi graf berarah dan graf tak berarah. Graf berarah merupakan graf yang memiliki orientasi arah pada setiap sisinya. Graf tak berarah merupakan graf yang tidak memiliki orientasi arah pada sisinya.

Graf juga dapat merupakan graf berbobot. Graf berbobot adalah graf yang memiliki nilai atau bobot tertentu pada setiap sisinya. Bobot tersebut dapat merepresentasikan waktu, jarak, ongkos, dan sebagainya tergantung persoalan yang diimplementasikan graf tersebut.



Gambar 1. Contoh graf yang juga merupakan graf berbobot

Terdapat beberapa terminologi pada graf yang digunakan pada makalah ini yaitu:

- Bertetangga (*adjacent*)
Dua buah simpul saling bertetangga apabila keduanya terhubung pada sebuah sisi yang sama. Jika terdapat sebuah sisi (u, v) , simpul u dikatakan bertetangga dengan simpul v begitu juga sebaliknya.
- Beririsan (*incident*)
Sebuah sisi (u, v) dikatakan bersisian dengan simpul u dan simpul v .
- Lintasan (*path*)

Lintasan dengan panjang n dari simpul awal v_0 ke simpul akhir 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 $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ merupakan sisi dari graf G . Jika graf yang ditinjau adalah graf sederhana, lintasan cukup dituliskan sebagai barisan simpul-simpul saja seperti $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$.

B. Algoritma A*

Algoritma A* adalah algoritma traversal graf dan pencarian rute. Algoritma ini merupakan salah satu algoritma yang sangat populer di dalam ilmu komputer karena algoritma ini sangat optimal dalam pencarian rute dalam suatu graf[3].

Pada algoritma A*, simpul-simpul diproses terurut berdasarkan fungsi evaluasi f . Nilai fungsi evaluasi f pada suatu simpul n dapat dinyatakan sebagai:

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

$f(n)$: estimasi total ongkos dari rute yang melalui simpul n menuju simpul tujuan

$g(n)$: total ongkos dari simpul awal sampai simpul n .

$h(n)$: estimasi ongkos dari simpul n menuju simpul tujuan

Apabila nilai fungsi heuristic h selalu *underestimate* dari nilai ongkos aslinya, algoritma A* tersebut dijamin akan menemukan solusi yang optimal yang dapat diterima dan selalu konsisten[3].

Berikut tahapan dari algoritma A*:

1. Inisiasi antrean pemrosesan kosong.
2. Hitung ongkos $f(n)$ untuk simpul awal dan masukkan ke dalam antrean.
3. Apabila antrean kosong, stop. Apabila belum kosong, ambil simpul dalam antrean dengan $f(n)$ terkecil. Apabila simpul tersebut merupakan simpul tujuan, stop.
4. Apabila belum menemukan simpul tujuan, masukkan simpul-simpul yang bertetangga dan hitung juga ongkos $f(n)$. Kemudian ulangi langkah 3.
5. Apabila sudah menemukan simpul tujuan, lakukan proses lagi untuk simpul-simpul yang memiliki ongkos kurang dari ongkos yang telah didapatkan sekarang untuk menuju simpul tujuan.

Pada algoritma A* ini, pencarian rute menuju simpul tujuan dilakukan secara menyeluruh (*complete*).

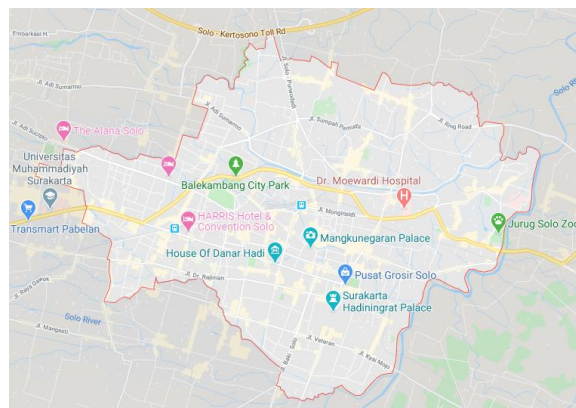
C. Jalan Kabupaten/ Kota

Kebanyakan kabupaten/ kota di Indonesia memiliki jalan dalam kota dan jalan lingkaran (jalan luar kota). Biasanya kabupaten/ kota yang dilalui oleh jalan nasional atau provinsi memiliki jalan lingkaran. Jalan lingkaran adalah jalan yang melingkari pusat kota yang berfungsi untuk mengalihkan arus lalu lintas yang menuju dalam kota.

III. PENENTUAN RUTE PERJALANAN PADA SUATU KOTA DENGAN ALGORITMA A*

Berikut merupakan langkah dalam menentukan rute perjalanan pada suatu kota dengan algoritma A*. Penulis

menggunakan contoh ilustrasi pemrosesan dengan mengambil contoh kota yaitu Kota Surakarta, kota kelahiran penulis, dan sekitarnya.



Gambar 2. Peta wilayah Kota Surakarta
Sumber: <https://www.google.com/maps>

Ilustrasi ini menggambarkan rute yang akan ditempuh untuk melalui Kota Surakarta. Rute dimulai dari daerah Pajang menuju daerah Ngringo.

A. Menentukan Simpul dan Sisi yang Merepresentasikan Jalan

Penulis akan mengambil beberapa titik berikut sebagai simpul pada graf:

1. Pajang (-7.560147, 110.788571)
2. Penumping (-7.566226, 110.807634)
3. Kampung Baru (-7.572340, 110.829161)
4. Kepatihan Wetan (-7.566365, 110.833238)
5. Pucang Sawit (-7.569280, 110.851989)
6. Kerten (-7.553959, 110.799290)
7. Gilingan (-7.552215, 110.821344)
8. Jebres (-7.559602, 110.841620)
9. Ngringo (-7.568405, 110.872528)

Simpul di atas mewakili beberapa segmen pada jalan dalam kota dan jalan luar kota pada Kota Surakarta. Lalu, himpunan sisi yang terbentuk dari simpul-simpul tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pajang – Penumping
2. Penumping – Kampung Baru
3. Kampung Baru – Keputihan Wetan
4. Keputihan Wetan – Pucang Sawit
5. Pajang – Kerten
6. Kerten – Gilingan
7. Gilingan – Jebres
8. Keputihan Wetan – Jebres
9. Jebres – Ngringo
10. Pucang Sawit – Ngringo

Ilustrasi graf yang terbentuk adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Ilustrasi graf yang terbentuk

Diasumsikan bahwa jalur dalam kota adalah rute yang melalui Pajang – Penumping – Kampung Baru – Kepatihan Wetan – Pucang Sawit – Ngringo sedangkan jalur luar kota adalah rute yang melalui Pajang – Kerten – Gilingan – Jebres – Ngringo.

B. Pemberian Bobot pada Sisi Graf

Setelah membentuk graf, beri bobot pada setiap sisi pada graf. Pada makalah ini, penulis akan menggunakan waktu tempuh antar simpul sebagai bobot pada sisinya. Graf yang telah diberi bobot akan seperti pada gambar berikut:



Gambar 4. Ilustrasi graf yang telah diberi bobot

C. Pencarian Rute dengan Algoritma A*

Pada contoh permasalahan ini, simpul asal adalah simpul Pajang(-7.560147, 110.788571) dan simpul tujuan adalah simpul Ngringo(-7.568405, 110.872528). Nilai $g(n)$ yang digunakan oleh penulis adalah total ongkos yang diperlukan dari simpul asal menuju simpul n . Nilai $h(n)$ yang digunakan penulis adalah jarak *euclidean* (*straight line distance*) simpul n menuju simpul tujuan. Untuk mempermudah pemrosesan, dicari dahulu nilai $h(n)$ untuk setiap simpul sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel nilai $h(n)$ untuk setiap simpul

Simpul	$h(n)$
Pajang (-7.560147, 110.788571)	8.44
Penumping (-7.566226, 110.807634)	6.50
Kampung Baru (-7.572340, 110.829161)	4.35
Kepatihan Wetan (-7.566365, 110.833238)	3.93

Pucang Sawit (-7.569280, 110.851989)	2.06
Kerten (-7.553959, 110.799290)	7.46
Gilingan (-7.552215, 110.821344)	5.37
Jebres (-7.559602, 110.841620)	3.21
Ngringo (-7.568405, 110.872528)	0

Pertama masukkan simpul Pajang (Nilai $f = 0 + 8.44 = 8.44$) ke dalam antrian. Karena simpul Pajang bukan merupakan simpul tujuan, ekspansi simpul Pajang.

- Simpul ekspansi: Pajang
- Simpul hidup yang baru:
 - Kerten (Nilai $f = 8 + 7.46 = 15.46$)
 - Penumping (Nilai $f = 15 + 6.50 = 21.50$)
- Simpul hidup: Kerten(15.46), Penumping(21.50)

Lalu ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil, yaitu Kerten

- Simpul ekspansi: Kerten
- Simpul hidup yang baru:
 - Gilingan (Nilai $f = 18 + 5.37 = 23.37$)
- Simpul hidup: Penumping(21.50), Gilingan(23.37)

Ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil berikutnya, yaitu Penumping

- Simpul ekspansi: Penumping
- Simpul hidup yang baru:
 - Kampung Baru (Nilai $f = 20 + 4.35 = 24.35$)
- Simpul hidup: Gilingan(23.37), Kampung Baru (24.35)

Lalu ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil lagi, yaitu Gilingan

- Simpul ekspansi: Gilingan
- Simpul hidup yang baru:
 - Jebres (Nilai $f = 25 + 3.21 = 28.21$)
- Simpul hidup: Kampung Baru(24.35), Jebres(28.21)

Ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil lagi, yaitu Kampung Baru

- Simpul ekspansi: Kampung Baru
- Simpul hidup yang baru:
 - Kepatihan Wetan (Nilai $f = 28 + 3.93 = 31.93$)
- Simpul hidup: Jebres(28.21), Kepatihan Wetan(31.93)

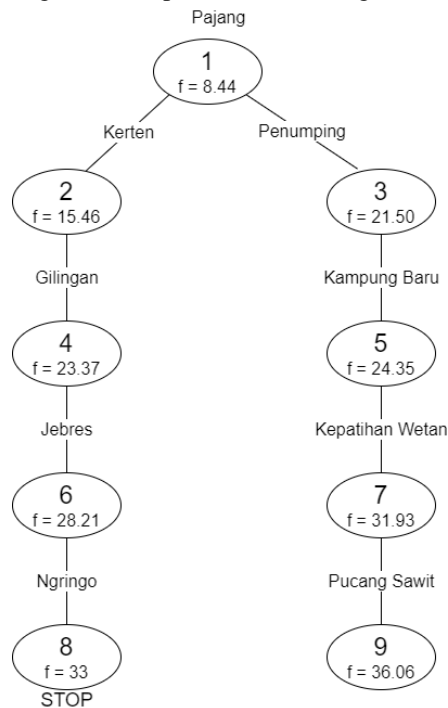
Ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil lagi, yaitu Jebres

- Simpul ekspan: Jebres
- Simpul hidup yang baru:
 - Ngringo (Nilai $f = 33 + 0 = 33$)
- Simpul hidup: Kepatihan Wetan(31.93), Ngringo(33.00)

Pada langkah sebelumnya, simpul Kepatihan Wetan tidak perlu dibangkitkan karena sudah pernah dibangkitkan dan nilai f yang baru juga lebih besar dari nilai yang lama. Lalu, ambil simpul hidup dengan nilai f terkecil, yaitu Kepatihan Wetan

- Simpul ekspan: Kepatihan Wetan
- Simpul hidup yang baru:
 - Pucang Sawit (Nilai $f = 34 + 2.06 = 36.06$)
- Simpul hidup: Ngringo(33.00), Pucang Sawit (36.06)

Lalu, ambil lagi simpul hidup dengan nilai f terkecil, yaitu Ngringo. Karena simpul yang diambil merupakan simpul tujuan, pemrosesan dihentikan. Simpul hidup lainnya tidak ada yang nilai f -nya lebih kecil dari nilai f sekarang sehingga tidak perlu diproses lagi. Pemrosesan yang telah dilakukan apabila digambar dengan sebuah pohon adalah sebagai berikut:



Penomoran simpul di atas berdasarkan urutan pembangkitan simpul tersebut. Jadi rute dengan waktu terpendek adalah Pajang – Kerten – Gilingan – Jebres – Ngringo dengan total waktu adalah 33 menit. Rute tersebut merupakan rute melalui jalan luar kota.

IV. SIMPULAN

Pada saat melakukan perjalanan untuk melewati suatu kota, terdapat beberapa pilihan rute untuk melewati rute tersebut. Rute

yang ingin dipilih tentu merupakan rute dengan waktu tempuh tercepat untuk melewati kota tersebut. Pencarian rute dengan waktu tempuh tercepat dapat diselesaikan dengan algoritma A*.

Rute-rute yang ada direpresentasikan dahulu ke dalam graf tak berarah. Lalu setiap sisi yang ada diberi bobot berdasarkan waktu tempuh yang diperlukan untuk berpindah dari kedua simpul tersebut. Setelah grafnya sudah terbentuk, lakukan algoritma A* pada graf tersebut dengan simpul asal dan simpul tujuan sesuai dengan yang dikehendaki. Penggunaan fungsi heuristik berupa jarak *euclidean distance* dapat memberikan hasil yang optimal.

Contoh penerapan algoritma A* pada makalah ini mungkin bisa dimanfaatkan dalam kehidupan nyata. Pihak polisi lalu lintas atau dinas perhubungan mungkin bisa menggunakan penerapan ini untuk menentukan kapan pengendara seharusnya disarankan untuk melewati rute tertentu dalam suatu daerah.

PRANALA VIDEO YOUTUBE

Berikut pranala video youtube penjelasan mengenai makalah ini oleh penulis:

<https://youtu.be/SpJiFhEQJgg>

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas selesainya makalah ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada para dosen mata kuliah strategi algoritma terutama kepada Bu Dr. Masayu Leylia Khodra, ST., MT. selaku dosen kelas 01 yang telah mengajarkan ilmunya. Selain itu, saya juga berterima kasih kepada semua orang yang telah membantu saya baik secara langsung maupun tidak langsung hingga sekarang.

REFERENCES

- [1] <http://digilib.unila.ac.id/5293/16/BAB%20II.pdf>, diakses pada tanggal 3 Mei 2020.
- [2] Munir, Rinaldi. 2016. Matematika Diskrit Edisi Revisi keenam. Bandung: Informatika Bandung.
- [3] Rinaldi Munir. 2020. Route/Path Planning Using A Star and UCS. [Internet]. [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/A-Star-Best-FS-dan-UCS-\(2018\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2017-2018/A-Star-Best-FS-dan-UCS-(2018).pdf).

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, 29 April 2020

Okugata Fahmi Nurul Y. F.
13518031