

Dampak Pemilihan Algoritma *Path Finding* Terhadap Penentuan Tarif Transportasi Online

Vivianni 13517060

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
19vivianni@gmail.com

Abstrak— Perkembangan teknologi digital yang pesat saat ini berdampak pada banyak hal pada masyarakat yang dimana dulu hal tersebut hanya dapat diselesaikan sendiri, sekarang sudah dapat dilakukan secara *online*. Salah satunya pemanfaatannya yaitu pada bidang transportasi. Tarif dalam transportasi *online* ditentukan berdasarkan jarak yang perlu ditempuh untuk sampai ke tujuan. Untuk mendapatkan harga yang minimum, perlu ditentukan jarak yang paling minimum juga untuk mencapai tujuan. Pencarian jarak terefisien ini dapat dilakukan dengan mengimplementasikan pengembangan dari algoritma *path finding* seperti algoritma *A star* dan algoritma *Best First Search*.

Kata kunci—transportasi; *online*, jarak, efisien, algoritma, *path finding*; *A star*, *Best First Search*.

I. PENDAHULUAN

Transportasi adalah suatu alat yang digunakan untuk berpindah atau memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Dalam memenuhi berbagai kebutuhan aktivitas yang beragam dan dilakukan di tempat yang berbeda, manusia perlu adanya transportasi sehingga transportasi telah menjadi bagian yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Manusia telah menggunakan transportasi untuk mempermudah aktivitasnya sejak zaman dulu. Seiring dengan perkembangan zaman, sarana transportasi yang ada juga ikut berkembang. Dari transportasi dimana cara menggunakannya hanya perlu kekuatan fisik dari manusia, hingga diperlukannya bantuan mesin untuk menjalankannya seperti transportasi yang kita kenal sekarang ini.

Transportasi tidak hanya berkembang pada bagaimana cara digunakannya. Pada era yang telah mengalami modernisasi ini, jaringan internet telah memberikan pengaruh yang sangat luas pada kehidupan masyarakat. Melalui pemanfaatan internet, banyak hal yang dulunya hanya dapat dilakukan manual oleh manusia sendiri, kini dapat dilakukan secara *online*. Aplikasi internet dalam kehidupan sehari-hari sangatlah banyak, salah satunya yang dikenal sekarang adalah transportasi *online*.

Transportasi *online* adalah jenis transportasi umum yang dapat dipesan melalui aplikasi transportasi *online* yang

tersedia pada telepon seluler dengan syarat telepon seluler harus terhubung dengan jaringan internet. Perusahaan yang menyediakan jasa transportasi *online* yang terkenal di Indonesia adalah *Gojek* dan *Grab*. Untuk sekarang ini, transportasi *online* telah menjadi salah satu pilihan favorit masyarakat Indonesia dalam memenuhi kebutuhannya akan transportasi.

Salah satu alasan transportasi *online* menjadi pilihan favorit oleh banyak masyarakat adalah karena cara pemesanan yang sangat praktis. Selain itu, penggunaan transportasi *online* juga mengefisienkan waktu penggunaannya dan mempermudah pengguna untuk sampai ke tujuan. Dan yang paling penting adalah transportasi *online* tersedia dengan harga yang terjangkau dimana harga ini ditentukan berdasarkan jarak dari alamat asal hingga sampai ke tujuan yang diinginkan.

Jarak yang ditempuh dari satu tempat ke tempat lain dapat dilihat melalui peta digital yang tersedia pada aplikasi transportasi *online*. Untuk menghitung jarak tersebut, perlu diidentifikasi terlebih dahulu jalan apa saja yang dapat dilalui pada wilayah tersebut. Setelah melakukan identifikasi, jarak tempuh yang efisien dapat dicari melalui berbagai macam algoritma *path finding*.

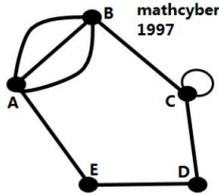
Algoritma *path finding* adalah algoritma untuk menemukan jalan yang dapat ditempuh dari suatu tempat untuk mencapai tempat tertentu. Untuk pencarian jarak yang paling efisien, terdapat beberapa algoritma yang merupakan pengembangan dari algoritma *path finding* yaitu algoritma *Breadth First Search*, *Depth First Search*, *Best First Search*, *A** (*A-star*), dan *Uniform Cost Search*. Algoritma tersebut fokus pada pencarian yang memiliki biaya yang paling minimum.

Pembahasan dalam makalah ini akan fokus pada pencarian jarak terefisien yang dapat ditempuh dengan dua algoritma yaitu algoritma *A** dan algoritma *Greedy - Best First Search* dan kemudian dianalisis untuk dipilih algoritma yang paling tepat untuk menentukan harga yang paling murah untuk digunakan pada transportasi *online*

II. LANDASAN TEORI

A. Graf

Definisi informal dari teori graf adalah himpunan dari objek-objek yang direpresentasikan dengan simpul dan digambarkan sebagai titik dan busur yang menghubungkan antar simpul yang digambarkan dengan garis atau garis berpanah yang menunjukkan arah. Busur pada graf dapat menghubungkan simpul yang sama, busur seperti ini dikenal sebagai *loop*.



Gambar 1. Contoh Graf -

<https://mathcyber1997.com/wp-content/uploads/2017/11/graf25-300x274.png>

Istilah umum yang dikenal pada graf adalah :

1. Simpul, objek pada graf
2. Sisi, garis yang menghubungkan dua buah simpul
3. Bobot, panjang dari simpul
4. Tetangga, simpul yang dihubungkan sisi

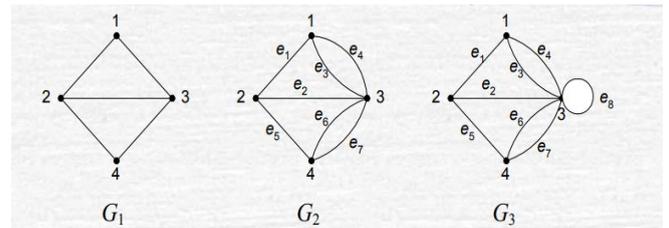
Untuk definisi formal dari graf, graf $G(V,E)$ adalah graf dimana V adalah himpunan tidak kosong yang terdiri dari simpul-simpul yang ada pada graf dan E adalah himpunan yang berisi semua sisi yang menghubungkan dua buah simpul yang terdapat pada graf. Dari definisi graf ini, dapat diketahui bahwa sebuah struktur data dapat dikategorikan sebagai graf jika ia memiliki paling sedikit satu buah simpul.

Graf dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

- Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada graf, yaitu
 1. Graf sederhana

Graf yang sisinya tidak mengandung sisi ganda dan gelang atau *loop*.
 2. Graf tak-sederhana

Graf yang sisinya dapat berupa gelang atau *loop*. Dapat dibagi menjadi dua yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang memiliki sisi ganda tetapi tidak memiliki gelang. Graf semu adalah graf yang memiliki sisi gelang pada grafnya dan mungkin juga memiliki sisi ganda..



Gambar 2. Contoh graf sederhana, graf tak-sederhana dan graf semu - Sumber : Munir, Rinaldi. 2006. Matematika Diskrit. Edisi Ketiga.

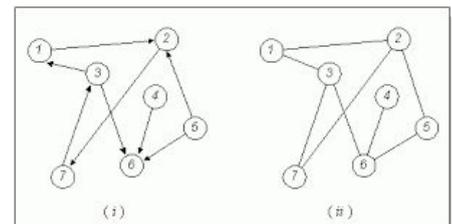
- Berdasarkan ada tidaknya orientasi arah pada graf, yaitu :

1. Graf berarah

Graf yang sisinya mengandung tanda panah yang menunjuk ke salah satu simpul.

2. Graf tak berarah

Graf yang tidak mengandung tanda panah pada sisinya.

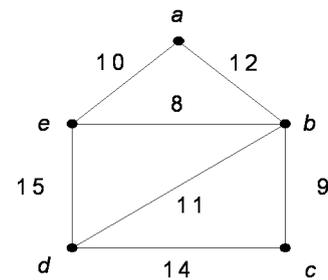


Gambar 3. Contoh graf berarah (i) dan graf tidak berarah (ii)

- Berdasarkan ada tidaknya bobot pada graf, yaitu:

1. Graf berbobot

Graf berbobot adalah graf yang pada sisinya terdapat bobot yang melambangkan panjang dari satu simpul ke simpul lain yang saling terhubung.



Gambar 4. Contoh graf berbobot. Sumber Munir, Rinaldi. 2006. Matematika Diskrit. Edisi Ketiga

2. Graf tak-berbobot

Graf tak-berbobot adalah graf yang tidak memiliki bobot pada sisinya, sehingga dapat

dianggap bahwa jarak satu simpul ke simpul lainnya tidaklah penting.

B. Algoritma Greedy - Best First Search

Algoritma *Best First Search* adalah salah satu dari algoritma *pathfinding* untuk menemukan jalan terpendek yang dapat ditempuh. Algoritma ini termasuk ke dalam jenis *informed search* yang artinya pencarian dilakukan dengan telah memiliki informasi sebelumnya. Algoritma ini adalah algoritma yang mengadopsi prinsip seperti algoritma *Breadth First Search (BFS)* dan *Depth First Search (DFS)* tetapi dengan langkah pencarian yang lebih pintar yaitu dengan ditambahkan fungsi $f(n)$ pada saat pencarian. Kunci dari algoritma ini yaitu menggunakan fungsi $f(n)$ untuk menghitung dan menentukan simpul mana yang paling menjanjikan untuk dilakukan pencarian.

Konsep dari algoritma ini yaitu pertama-tama kita pencarian dimulai dari simpul akar, kemudian lakukan eksplorasi kepada simpul yang bertetangga dengan simpul akar, dan dihitung dengan fungsi evaluasi $f(n)$, dan simpul tersebut dimasukkan ke sebuah *queue* dengan *ascending order* berdasarkan nilai yang didapatkan dari $f(n)$. Setelah itu penelusuran dilanjutkan pada root yang memiliki $f(n)$ terkecil, dan terus dilanjutkan hingga ditemukan *goal node*. Keefektifan penggunaan algoritma ini ditentukan berdasarkan seberapa bagus fungsi evaluasi $f(n)$ yang kita pilih.

Keuntungan dari algoritma dibandingkan algoritma *DFS* dan *BFS* adalah algoritma ini hanya menelusuri algoritma yang memiliki langkah yang lebih menjanjikan yang ditentukan melalui fungsi evaluasi. Sedangkan kekurangan dari algoritma ini adalah algoritma ini tergolong algoritma *greedy* yang fokus kepada nilai optimum lokal, sehingga memungkinkan bahwa setelah penelusuran selesai nilai optimum global yang diperoleh tidak terlalu bagus. Selain itu, juga memungkinkan pencarian dengan *Best First Search* melakukan pencarian yang tak terhingga.

Kompleksitas dari algoritma *Best First Search* adalah $O(|V| + |E|)$ dimana V adalah jumlah simpul pada graf dan E adalah jumlah sisi yang terdapat graf.

C. Algoritma A*

Algoritma A* juga merupakan salah satu jenis dari algoritma *pathfinding* untuk menemukan jalan yang merupakan jarak terefisien dari simpul awal hingga ke simpul tujuan. Algoritma ini termasuk ke dalam jenis *informed search* dan juga tergolong sebagai algoritma *branch and bound*. Algoritma ini merupakan algoritma yang tergolong memperbaiki kekurangan dari algoritma *Best First Search*.

Algoritma ini menganut konsep yang sama seperti algoritma *Best First Search*, yaitu hanya melakukan

penelusuran pada simpul yang memberikan nilai yang lebih menjanjikan. Algoritma ini tidak menggunakan fungsi evaluasi $f(n)$ yang ada pada algoritma *Best First Search*, melainkan dengan sebuah fungsi heuristik $h(n)$. Fungsi umum yang dikenal ketika melakukan pencarian dengan algoritma A* yaitu:

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

dengan $g(n)$ adalah fungsi untuk menentukan seberapa jauh jarak yang telah ditempuh untuk dari simpul awal hingga langkah sekarang ini. $h(n)$ adalah fungsi heuristik yang ditetapkan dan digunakan untuk menghitung nilai jarak yang akan ditempuh dari simpul saat ini untuk mencapai simpul tujuan. $f(n)$ adalah nilai estimasi jarak yang akan ditempuh untuk mencapai simpul tujuan dari simpul asal.

Fungsi heuristik $h(n)$ yang digunakan untuk setiap kasus yang diselesaikan dengan algoritma A* tidaklah sama. Salah satu syarat dari penentuan heuristik untuk mendapatkan algoritma A* yang optimal adalah nilai $h(n)$ lebih kecil dari $h^*(n)$, dengan $h(n)$ adalah nilai estimasi dan $h^*(n)$ adalah nilai sesungguhnya yang diperlukan untuk mencapai simpul tujuan.

Untuk menentukan fungsi heuristik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan fungsi heuristik yang eksak atau dengan aproksimasi. Untuk penentuan heuristik yang eksak dapat dilakukan dengan cara menghitung nilai dari setiap simpul yang diperlukan untuk mencapai simpul tujuan. Cara ini mungkin dapat menghasilkan algoritma yang tepat tetapi cara ini sangatlah menghabiskan waktu. Heuristik aproksimasi adalah heuristik yang ditentukan melalui teori-teori tertentu yang sudah pernah ada sebelumnya.

Konsep dari algoritma ini yaitu masukkan simpul akar ke dalam sebuah *queue*. Kemudian lakukan ekspansi pada simpul yang bertetangga dengan simpul akar. Hitung nilai $f(n)$ dari simpul-simpul ini dan masukkan ke dalam *queue* dengan urutan menaik, jika simpul yang ditemukan merupakan simpul tujuan maka hentikan pencarian. Jika belum, ekspansi dilakukan dengan simpul yang memiliki nilai $f(n)$ terkecil. Pencarian seperti ini dilakukan hingga simpul tujuan ditemukan atau selama masih ada simpul di dalam *queue*.

III. IMPLEMENTASI ALGORITMA BEST FIRST SEARCH DAN A*

Algoritma *Best First Search* dan A* adalah algoritma *pathfinding* yang akan diimplementasikan dan akan diuji dan kemudian dilakukan perbandingan terhadap hasil dari kedua algoritma dan ditentukan algoritma manakah yang lebih efektif dan lebih tepat dalam menelusuri dan menemukan jarak terefisien yang dapat ditempuh oleh transportasi *online*. Kedua algoritma ini akan diimplementasikan pada peta sampel kota Bandung pada sekitaran daerah Dipatiukur. Jarak yang akan dihitung adalah jarak dari yang dimulai dari *Infinito*

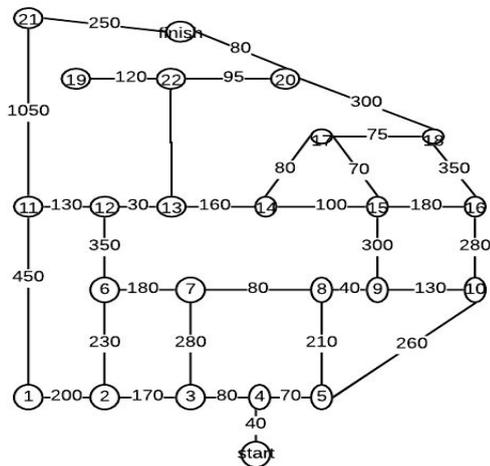
Culinary dan dengan tujuan Universitas Komputer Indonesia.



Berikut adalah sampel peta yang akan dilakukan pengujian :

Gambar 5. Jalur yang akan dilakukan pengujian

Untuk dilakukan pengujian, titik pada peta sampel perlu diubah ke dalam bentuk graf. Dalam pengimplementasian pada program, representasi graf yang dipilih adalah dalam bentuk matriks. Berikut graf yang dihasilkan dari peta sampel:



Gambar 6. Representasi graf dari peta sampel

Untuk tabel jarak dari masing-masing simpul ke simpul finish jika ditarik secara garis lurus adalah sebagai berikut:

Simpul	Jarak (meter)	Simpul	Jarak (meter)
1	1320	12	465
2	1280	13	495
3	1180	14	483
4	1126	15	493
5	1185	16	640

6	960	17	328
7	985	18	321
8	804	19	75
9	933	20	67
10	950	21	321
11	482	22	96

Tabel 1. Tabel jarak tiap simpul ke simpul tujuan dengan perhitungan garis lurus

1. Pengujian dengan algoritma *Best First Search*

Dengan konsep algoritma *Best First Search* pada bagian sebelumnya, dan dengan matriks yang merupakan representasi dari graf dan dengan algoritma yang telah diimplementasikan pada program dan fungsi evaluasi $f(n)$ adalah total jarak yang perlu ditempuh dengan menarik garis lurus dari simpul sekarang hingga ke simpul tujuan, diperoleh jarak yang ditempuh dari simpul *start* hingga *finish* adalah 1345 meter dengan penjelasan algoritma yang lebih rinci adalah sebagai berikut :

Langkah	Simpul	(Simpul hidup, cost)
1	Start	(4,1126)
2	4	(3,1180), (5,1185)
3	3	(7,985), (5,1185), (2,1280)
4	7	(8,804), (6,960), (5,1185), (2,1280)
5	8	(9,933), (6,960), (5,1185), (2,1280)
6	9	(15, 493), (10,950), (6,960), (5,1185), (2,1280)
7	15	(17,328), (16, 640), (10,950), (6,960), (5,1185), (2,1280)
8	17	(18, 321), (16, 640), (10,950), (6,960), (5,1185), (2,1280)
9	18	(20, 67), (16, 640), (10,950), (6,960), (5,1185), (2,1280)
10	20	(finish, 0), (16, 640), (10,950), (6,960), (5,1185), (2,1280)

Tabel 2. Detail implementasi algoritma *Best First Search*

Dengan algoritma *Breadth First Search* maka jalur yang ditempuh dari jalur *start* hingga *finish* adalah sebagai berikut: start -> 4 -> 3 -> 7 -> 8 -> 9 -> 15 -> 17 -> 18 -> 20 -> finish dengan perhitungan jarak dari simpul *start* sampai ke simpul *finish* berupa : $40+80+280+80+40+300+70+75+300+80 = 1345$.

2. Pengujian dengan algoritma A*

Implementasi algoritma A* pada program yang dibuat memiliki inti konsep yang sama seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Untuk fungsi heuristik pada permasalahan ini digunakan heuristik aproksimasi yang sama seperti $f(n)$ pada algoritma *Best First Search* yaitu jarak garis lurus dari simpul *start* hingga *finish*. Untuk detail yang terjadi pada algoritma yang diimplementasikan adalah sebagai berikut:

Langkah	Simpul	Simpul hidup	f(n)	g(n)	h(n)
1	Start, 0	4	1166	40	1126
2	4,40	5	1295	110	1185
		3	1300	120	1180
3	5, 110	8	320	320	804
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
4	8, 320	9	1293	360	933
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
		7	1415	430	985
5	9, 360	15	1158	660	493
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
		7	1415	430	985
6	15, 660	17	1058	730	328
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950

		7	1415	430	985
		3	1300	120	1180
7	17, 730	18	1126	805	321
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
		7	1415	430	985
8	18,805	20	1172	1105	67
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
		7	1415	430	985
9	1105	<i>finish</i>	1085	1185	0
		3	1300	120	1180
		10	1320	370	950
		7	1415	430	985
10	1085	<i>Finish</i>			

Tabel 3. Detail implementasi algoritma A*

Dengan algoritma A*, total jarak yang ditempuh adalah 1185 m, dengan langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut : start -> 4 -> 5 -> 8 -> 9 -> 15 -> 17 -> 18 -> 20 -> finish

IV. ANALISIS HASIL IMPLEMENTASI ALGORITMA *BEST FIRST SEARCH* DAN A*

Dari hasil yang didapatkan dari pengimplementasian kedua algoritma yang berbeda dalam kasus ini memperoleh hasil yang berbeda juga. Pengujian yang dilakukan untuk algoritma *Best First Search* memperoleh jarak terefisien hasil penelusuran adalah 1345 meter. Jika pengujian menggunakan algoritma A*, maka diperoleh jarak terefisien berupa 1085 meter. Terdapat perbedaan jarak yang dapat dikatakan cukup besar yaitu 260 meter jika dibandingkan dengan total jarak yang diperoleh dari algoritma A*.

Tarif dalam transportasi online ditentukan berdasarkan jarak yang perlu ditempuh dari satu tempat ke tempat tujuan. Seperti pada pengujian ini, jarak yang dihitung dalam kedua algoritma memiliki hasil yang berbeda. Jika diasumsikan tarif transportasi *online* per 200 meter adalah 500 dan perhitungan dilakukan dengan pembulatan ke atas dengan catatan kondisi cuaca normal dan jalanan sedang tidak macet,

maka jika jarak dihitung dengan algoritma *Best First Search*, maka tarif yang dikenakan akan sebesar 3500. Jika jarak dihitung dengan algoritma A* maka tarif yang dikenakan akan sebesar 3000. Perbedaan ini tidak akan terlalu terasa jika transportasi *online* jarang digunakan. Tetapi, bagi masyarakat yang menggunakan transportasi *online* setiap hari dengan rute ini untuk pergi dan kembali maka lama kelamaan akan merasakan perbedaan harga ini. Sebagai contoh, jika mahasiswa dari Universitas Komputer Indonesia memiliki tempat tinggal di Sekitaran *Infinito Culinary* dan selalu menggunakan transportasi *online* untuk berangkat dan pulang kuliah, maka jika dihitung satu hari ia dapat menghemat 1000 jika perhitungan jarak dilakukan dengan algoritma A*. Jika sebulan ia ke kampus selama 20 hari, maka ia sudah dapat menghemat 20000.

Pemilihan algoritma yang efisien selain dapat menghemat uang mahasiswa tersebut, ia juga dapat menghemat waktunya. Sesuai dengan teori kecepatan yaitu jarak yang ditempuh berbanding lurus dengan waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut.

Dari hasil pengujian kedua algoritma ini dalam kasus ini, dapat dilihat bahwa algoritma A* merupakan algoritma yang lebih baik dalam mencari jarak terefisien yang dapat ditempuh dari simpul awal hingga mencapai simpul tujuan. Selain itu, pemilihan algoritma untuk menentukan jarak yang harus ditempuh dalam aplikasi transportasi *online* memiliki pengaruh yang besar dalam penentuan tarif dari transportasi *online*.

V. KESIMPULAN

Transportasi telah memiliki dampak positif yang besar dalam kehidupan masyarakat dan telah mengalami perkembangan yang sangat pesat hingga dikenalnya istilah transportasi *online* saat ini. Tarif pada transportasi *online* ditentukan berdasarkan jarak yang ditempuh. Melalui pengujian algoritma *Best First Search* dan A* dalam kasus uji diatas, algoritma yang memberikan jarak yang paling efisien adalah algoritma A*. Algoritma A* merupakan algoritma yang tergolong cukup bagus dan mungkin akan menjadi algoritma pencarian rute yang memberikan waktu paling optimum yang dibutuhkan untuk mencapai tempat tujuan dalam teori yang dipelajari. Tetapi seringkali kondisi jalan yang terhambat membuat algoritma A* tidak efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah yang berjudul “Dampak Pemilihan Algoritma dalam Penentuan Tarif Transportasi *Online*” ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir MR., Ibu Dr. Masayu Leylia Khodra dan Ibu Dr. Nur Ulfa Maulidevi selaku dosen mata kuliah Strategi algoritma atas bimbingan yang diberikan selama satu semester ini, dan juga untuk keluarga dan teman yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. 2006. Matematika Diskrit. Edisi Ketiga. Bandung : Informatika Bandung.
- [2] [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) diakses pada 25 April 2019
- [3] <http://danyatriokintoko.blogspot.com/> diakses pada 24 April 2019
- [4] https://www.brainkart.com/article/Best-First-Search--Concept-Algorithm-Implementation-Advantages-Disadvantages_8881/ diakses pada 25 April 2019
- [5] <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm/> diakses pada 26 April 2019

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, 26 April 2019



Vivianni - 13517060