

Penerapan Algoritma A-star pada Pergerakan Ghost di Pac Man

Cynthia Athena Mahadewi Subroto / 13518059

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
13518059@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Pada umumnya, permainan bertujuan untuk mengurangi letih dan mengisi waktu luang. Namun, permainan yang mengasah otak akan lebih menarik perhatian masyarakat. Permainan yang menerapkan strategi dalam mencari jalan keluar atau solusi masalah, sangat membantu dalam perkembangan motoric. Dalam pengembangan game tersebut diperlukan sebuah metode agar permainan dapat berjalan dengan lancar. Sebuah algoritma yang diimplementasi sedemikian rupa, sehingga pemain tidak dengan mudahnya memenangkan permainan. Sebuah hambatan dalam permainan yang tidak dapat diprediksi oleh pemain dan mengikuti arah gerak pemain.

Keywords—algoritma A-star, permainan pac-man

I. PENDAHULUAN

Permainan adalah salah satu cara untuk melepaskan stress dan penat setelah lelahnya menjalani hari. Dengan tampilan yang menarik dan berwarna, seseorang dapat memainkan permainan dalam waktu yang lama tanpa merasa bosan. Pada zaman ini, hampir semua permainan dibuat secara online sehingga dapat diakses oleh siapapun dan kapanpun, dengan sangat mudah. Hal ini semakin menarik perhatian semua masyarakat di berbagai kalangan. Banyak yang berlomba-lomba untuk mengembangkan permainan yang akan dimainkan oleh semua orang. Selain menyenangkan, sebuah permainan juga dapat menjadi sarana untuk memajukan dan memberikan edukasi. Salah satunya adalah permainan arcade/maze. Dalam suatu permainan maze, pemain tidak hanya mendapatkan hiburan karena bentuk tokoh dan tata lingkungan yang unik, namun juga pemain juga belajar dan berpikir tentang mencari solusi dan jalan keluar dalam sebuah masalah.

Dalam rencana untuk memenangkan permainan, pemain harus mencari jalur terpendek agar bisa mencapai tujuan dengan cepat. Jalur tersebut dapat direncanakan dengan baik menggunakan algoritma karena pemain dapat mengetahui bahwa jalur yang dilewati adalah jalur yang terbaik dan terpendek. Selain untuk pemain, pada umumnya, untuk membuat game yang memiliki kualitas yang tinggi, dan dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan, pengembang permainan juga menggunakan algoritma. Karena semakin tinggi kualitas, semakin banyak orang yang akan tertarik.



Gambar 1 Permainan Pac-Man

Sumber : <https://adoc.tips/implementasi-algoritma-dfs-untuk-pergerakan-ghost-di-permainan.html>

Dengan algoritma, pengembang game juga dapat memastikan bahwa game dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan dan meminimalisasi resiko kegagalan dari game tersebut. Salah satu permainan maze yang menggunakan algoritma adalah permainan pac-man, dimana tidak hanya pemain yang harus berpikir bagaimana caranya untuk mendapatkan poin dengan mengelilingi labirin, namun pengembang game juga harus berpikir bagaimana membuat game lebih sulit dengan mengimplementasikan hambatan yang juga mengikuti gerak pemain.

II. DASAR TEORI

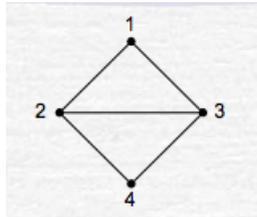
A. Graf

Graf ditemukan pada saat ahli matematika Swiss Leonhard Euler memecahkan masalah 7 jembatan Königsberg. Jembatan-jembatan tersebut dibangun agar mempermudah transportasi. Masalah ini adalah teka-teki tentang kemungkinan seseorang melewati ketujuh jembatan tersebut tepat sekali dan kembali ke tempat semula. Pada akhirnya, ahli tersebut berhasil menemukan mengapa teka-teki tersebut tidak dapat dilakukan dengan menggambarkan jembatan sebagai sisi yang menghubungkan pasangan simpul yang merepresentasikan daratan. Solusi nya pun dikembangkan menjadi cabang matematika diskrit, dengan nama teori graf.

Graf digunakan untuk menggambarkan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Graf dinyatakan dengan notasi (V,E) dengan V menyatakan vertices atau simpul dan E yang menyatakan edges atau sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Graf terdiri dari

berbagai jenis. Jenis-jenis tersebut juga dapat dilihat berdasarkan berbagai hal. Sisi ganda adalah saat terdapat pasangan simpul yang dihubungkan oleh lebih dari satu sisi. Pertama, berdasarkan ada atau tidaknya sisi ganda pada suatu graf maka, graf dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Graf sederhana
Graf yang tidak memiliki sisi ganda.

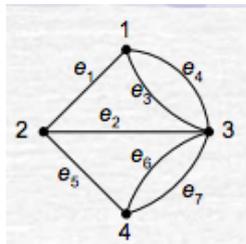


Gambar 2.1.1 Graf Sederhana

Sumber :

[http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20\(2015\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).pdf)

2. Graf tak-sederhana
Graf yang mengandung sisi ganda.



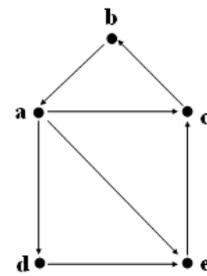
Gambar 2.1.2 Graf tak-sederhana

Sumber :

[http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20\(2015\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).pdf)

Kedua, berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka graf juga dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Graf tak-berarah
Graf yang tidak memiliki arah pada sisinya sehingga urutan penamaan pada sisinya tidak berpengaruh, seperti pada gambar 2.1 dan gambar 2.2
2. Graf berarah
Graf yang setiap sisinya memiliki arah dari satu simpul ke simpul lainnya, sehingga jika terdapat sisi yang menghubungkan simpul a dan simpul b, serta memiliki arah ke simpul a, maka penamaan pada sisinya adalah (b,a).



Gambar 2.1.3 Graf Berarah

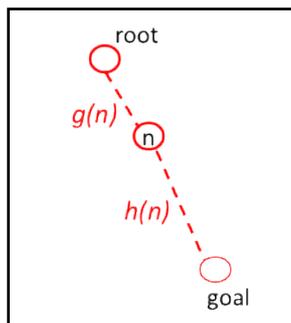
Sumber : <https://mti.binus.ac.id/icasce2013/single/teori-graph-sejarah-dan-manfaatnya/>

Pada graf, terdapat beberapa terminologi, yang termasuk :

1. Ketetanggaan
Dua buah simpul dikatakan bertetangga, jika kedua graf terhubung dengan sebuah sisi. Jika dilihat dari gambar 2.1, maka simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan simpul 3.
2. Bersisian
Jika suatu sisi menghubungkan simpul i dan simpul j, maka sisi tersebut dikatakan bersisian dengan simpul i atau bersisian dengan simpul j.
3. Simpul terpercil
Simpul terpercil adalah simpul yang tidak bersisian dengan simpul manapun.
4. Graf kosong
Suatu graf dikatakan sebuah graf kosong, jika himpunan sisi dari graf tersebut merupakan himpunan kosong.
5. Derajat
Derajat adalah jumlah dari sisi yang berhubungan dengan simpul tersebut.
6. Lintasan
Lintasan adalah jalan dari simpul awal ke simpul tujuan yang melewati berbagai sisi, dan panjang lintasan tersebut dihitung dari jumlah sisi-sisi yang dilewati.
7. Siklus
Siklus adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
8. Terhubung
Dua buah simpul dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari simpul satu ke simpul kedua. Graf terhubung adalah suatu graf yang untuk setiap pasang simpul i dan simpul j, terdapat lintasan dari simpul i ke simpul j.
9. Cut-set
Cut-set dari graf terhubung adalah himpunan sisi yang jika dibuang dari graf tersebut, akan membagi graf tersebut menjadi 2 bagian
10. Graf berbobot
Suatu graf dikatakan sebagai graf berbobot, jika setiap sisinya memiliki sebuah harga.

B. Algoritma A-Star

Algoritma ini ditemukan pertama kali oleh Peter Hart, Nils Nilsson, dan Bertram Raphael pada tahun 1968. Algoritma A-Star adalah suatu algoritma traversal yang sangat “pintar” untuk mencari rute terpendek. Ide dari algoritma ini adalah menghindari mengekspansi simpul yang “mahal” atau memiliki cost yang besar. Selain itu, algoritma ini adalah salah satu algoritma yang menerapkan teknik heuristic. Teknik pencarian heuristic itu sendiri merupakan suatu strategi untuk melakukan proses pencarian ruang keadaan suatu masalah secara selektif. Teknik ini akan memandu proses pencarian agar mendapatkan kemungkinan sukses paling besar dan mengesampingkan pemborosan waktu. Namun teknik ini memiliki kemungkinan mengorbankan kelengkapan. Untuk menerapkan heuristic tersebut, diperlukan suatu fungsi heuristic untuk mengevaluasi kemungkinan-kemungkinan jalan yang ada.



Gambar 2.2.1 Representasi Fungsi Evaluasi
 Sumber : Bahan Materi Route-Planning-Bagian2

Algoritma ini menyelesaikan permasalahan yang bisa direpresentasikan dengan graf. Setiap langkah akan menjumlahkan $g(n)$ geographical cost, yaitu cost untuk mencapai sebuah node dari akar, dan heuristic cost $h(n)$, yaitu cost untuk mencapai titik tujuan dari node. Kedua cost ini akan menghasilkan sebuah fungsi evaluasi untuk setiap simpul hidup.

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

Dalam algoritma ini, nilai $g(n)$ adalah bobot antar simpul. Pada umumnya, terdapat 3 aproksimasi heuristic untuk mengkalkulasi h , yaitu :

1. Manhattan distance

Jarak ini akan menghitung jumlah dari selisih absis titik yang sedang diekspan dengan absis titik tujuan dan selisih ordinat titik yang sedang diekspan dengan ordinat titik tujuan.

$$h = abs(x1 - x2) + abs(y1 - y2)$$

2. Diagonal Distance

Jarak ini didapatkan dari maksimum antara selisih absis titik yang sedang diekspan di absis titik tujuan

dan selisih ordinat titik yang sedang diekspan dengan ordinat titik tujuan.

$$h = \max \{abs(x1 - x2), abs(y1 - y2)\}$$

3. Euclidean Distance

Jarak yang didapatkan dari jarak antara titik yang sedang diekspan dengan titik tujuan menggunakan rumus jarak.

$$h = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

dimana,

x_1 = absis dari titik tujuan

y_1 = ordinat dari titik tujuan

x_2 = absis dari titik yang sedang diekspan

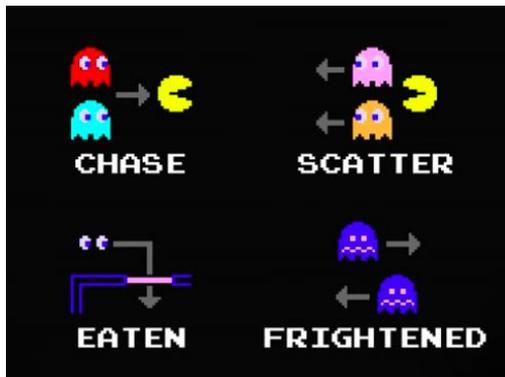
y_2 = absis dari titik yang sedang diekspan

Tujuan dari algoritma ini adalah mencari minimum cost untuk mencapai tujuan. Di setiap langkah, fungsi evaluasi akan dihitung untuk setiap simpul hidup. Lalu, untuk menentukan titik selanjutnya yang akan diekspan, simpul hidup akan diurutkan berdasarkan fungsi evaluasi. Simpul yang akan diekspan adalah simpul yang ada di antrian paling depan simpul hidup. Pencarian akan dihentikan jika simpul yang diekspan adalah simpul tujuan.

C. Permainan Pac-Man

Pac-Man adalah sebuah permainan arcade yang dirilis di Jepang pada tanggal 22 Mei 1980. Pada permainan tersebut, terdapat tokoh kuning, yang harus mengelilingi sebuah labirin untuk mendapatkan poin dan memenangkan permainan. Setiap pemain akan memiliki 3 nyawa. Permainan ini menyediakan berbagai level/tingkatan. Pemain akan naik ke level selanjutnya, jika berhasil memakan seluruh titik pada labirin/ sudah melewati semua lika-liku pada labirin.

Selama berjalan-jalan, tokoh tersebut akan menemui hambatan, yaitu sebuah ghost/hantu yang akan mengejar dan menangkap. Jika ghost berhasil menangkap, maka nyawa tokoh akan berkurang. Pemain akan kalah jika semua nyawa sudah habis. Ghost pada Pac Man memiliki beberapa jenis gerakan untuk setiap peran. Ghost memiliki 4 peran yaitu Blinky, Pink, Inky, dan Clyde, dan 4 jenis gerakan, yaitu chase, scatter, frightened, dan eaten.



Gambar 2.3.1 Pergerakan Ghost

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=ataGotQ7ir8&t=179s>

Gerakan yang pertama adalah chase, yang terjadi disaat permainan baru dimulai, dan ghost-ghost tersebut keluar dari tempat awalnya dan mengejar pac man satu per satu. Setiap peran memiliki sifat keunikannya masing-masing dalam mengejar pacman. Blinky, yang berwarna merah, akan langsung mencari lokasi dari pac man dan mengejar secara agresif, Pinky, yang berwarna pink, akan mencoba untuk menyergap pacman dari depan dan menghalangi jalan, Inky, yang berwarna cyan, akan berpatroli keliling area dengan arah yang tidak dapat diprediksi, dan Clyde, yang berwarna oranye akan bergerak secara random dan terlihat menjauhi pac man. Dalam tahap ini, untuk mencapai letak pac man dengan cepat dapat digunakan sebuah algoritma. Gerakan yang kedua adalah gerakan scatter, dimana ghost akan berhenti mengejar pac man dan akan bergerak secara berulang-ulang pada keempat sudut peta. Blinky akan berputar-putar pada bagian atas kanan, Pinky akan berputar-putar di area bagian kiri atas, Inky, akan bergerak di area bagian bawah kanan, dan Clyde akan bergerak di bagian kiri bawah.

Gerakan yang ketiga adalah gerakan frightened, dimana pac man berhasil memakan energizer. Saat hal ini terjadi, maka semua ghost akan berubah warna menjadi biru, dan akan bergerak mengelilingi labirin dan pada saat ini, pac man dapat mengejar ghost untuk mendapatkan poin. Gerakan ini akan terjadi selama beberapa waktu, sebelum ghost akan kembali ke gerakan pertama. Gerakan yang keempat adalah saat pacman berhasil menangkap ghost dalam keadaan frightened, dan ghost harus kembali ke tempat asalnya untuk kembali hidup. Pada tahap ini, ghost akan bergerak secepat mungkin agar bisa kembali ke bentuk asalnya dan kembali mengejar pacman.

III. IMPLEMENTASI ALGORITMA A-STAR PADA PERGERAKAN GHOST DI PAC MAN

Dalam berbagai gerakan ghost yang ada pada permainan, terdapat beberapa algoritma yang dapat diimplementasi. Salah satunya adalah A-Star. Dengan algoritma ini, ghost dapat menentukan rute terpendek dan tercepat agar dapat sampai ke posisi pac man. Algoritma ini dapat digunakan untuk gerakan chase dan gerakan eaten. Untuk gerakan chase,

simpul tujuan adalah letak pac man dan simpul awal adalah letak ghost saat ini. Lalu, untuk gerakan eaten, simpul akhir adalah tempat ghost berkumpul di awal permainan dan simpul awal adalah titik posisi ghost saat ini.

A. Pembentukan Graf dari Peta Pac-Man

Peta dari pac man dapat dijadikan sebagai sebuah graf berbobot yang sederhana dan tak berarah. Graf tersebut merupakan graf yang sederhana, karena setiap pasangan simpul hanya dihubungkan oleh satu sisi. Bobot dari setiap sisi pada graf, akan digunakan untuk menghitung fungsi $g(n)$. Labirin/peta pac man dapat dibagi-bagi menjadi kotak-kotak kecil. Satu kotak akan direpresentasikan menjadi satu simpul dan bobot dari satu kotak ke kotak lain adalah 1. Maka, setiap sisi yang menghubungkan setiap pasangan simpul akan bernilai 1.

B. Implementasi Algoritma A-Star

Algoritma ini dimulai dengan mencari letak dari pac man dan letak dari ghost itu sendiri. Posisi tersebut dapat diketahui dengan menjadikan peta pac man menjadi peta dengan sumbu-X dan sumbu-Y. Lalu, kita harus mencari fungsi evaluasi $f(n)$ untuk setiap simpul hidup. Fungsi tersebut didapat dari jumlah geographical cost dari akar, yaitu letak ghost sebelum, ke letak ghost yang saat ini sedang dievaluasi dan heuristic cost estimasi dari letak ghost ke posisi tujuan, yaitu letak pac man. Untuk kasus saat ini, jarak yang akan digunakan sebagai fungsi heuristic adalah Euclidean distance.

Titik yang akan dicari fungsi evaluasinya adalah titik/simpul yang menjadi tetangga, yaitu titik di bagian atas, bawah, kanan dan kiri, karena ghost hanya dapat bergerak ke empat arah tersebut dan tidak bisa secara diagonal. Jika terdapat dua titik yang memiliki nilai fungsi evaluasi yang sama, maka urutan prioritas dari simpul yang diekspan adalah titik bagian atas, kiri, bawah, kanan. Salah satu kasusnya adalah seperti gambar di bawah ini,



Gambar 3.2.1 Posisi pac man dan ghost

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=ataGotQ7ir8&t=179s>

Berdasarkan gambar di atas, dan kita menggambarkan sumbu-X dan sumbu-Y untuk merepresentasikan posisi dari pemain maka letak dari ghost saat ini. Maka, letak dari ghost saat ini adalah (9,3) dan letak dari target/pac man adalah (13,7). Pada titik tersebut, kita harus menghitung fungsi evaluasi setiap kemungkinan titik yang dapat dilewati selanjutnya. Dari gambar

terlihat bahwa ghost tidak bisa pergi ke arah bawah karena terdapat batas pada peta. Maka, yang akan ditetapkan sebagai simpul hidup adalah titik di arah kanan dan kiri, serta atas. Lalu, nilai $h((10,3))$ adalah $\sqrt{(13-10)^2 + (7-3)^2} = 5$, $h((9,4))$ untuk arah kiri adalah $\sqrt{(13-9)^2 + (7-4)^2} = 5$, dan $h((8,3))$ adalah $\sqrt{(13-8)^2 + (7-3)^2} = 6,40$. Karena ini merupakan titik awal, maka $g(n)$ untuk setiap arah bernilai satu dan fungsi evaluasinya sama dengan heuristic cost. Maka, isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(9,4), (10,3), (8,3)\}$ dengan fungsi evaluasi akan terus disimpan sampai menemukan titik tujuan.

Simpul-simpul hidup yang ada akan diekspan sesuai dengan aturan antrian. Maka, kita akan melanjutkan penelusuran dari titik yang ada di paling depan urutan simpul hidup, yang pada saat ini adalah (9,4). Di titik tersebut hanya terdapat satu pilihan titik, yaitu titik (9,5). Karena, ghost sudah bergerak satu langkah, maka nilai $g(n)$ saat ini adalah dua. Lalu, nilai $h((9,5))$ adalah $\sqrt{(13-9)^2 + (5-4)^2} = 4,12$, sehingga fungsi evaluasinya adalah 6,12. Karena simpul hidup akan diurutkan berdasarkan nilai $f(n)$, maka, isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(10,3), (9,5), (8,3)\}$.

Lalu, kita akan melanjutkan penelusuran dari titik (10,3). Pada titik tersebut, titik yang akan masuk ke simpul hidup adalah (11,3). $G(n)$ untuk titik ini adalah 2, dan heuristic cost nya adalah $\sqrt{(13-11)^2 + (7-3)^2} = 4,47$, sehingga fungsi evaluasinya adalah 6,47. Maka isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(9,5), (11,3), (8,3)\}$.

Pada saat ini adalah titik (9,5). Pada titik ini, titik yang akan dimasukkan pada simpul hidup adalah (9,6). Nilai $g(n)$ adalah 3 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-9)^2 + (7-6)^2} = 4,12$, sehingga nilai dari $f(n)$ adalah 7,12. Maka isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(11,3), (9,6), (8,3)\}$. Titik (9,6) diletakkan di belakang titik (11,3) karena nilai fungsi evaluasinya lebih tinggi.

Maka, titik yang diekspan selanjutnya adalah titik (11,3). Untuk titik ini, titik yang akan dimasukkan menjadi simpul hidup adalah (12,3). Nilai $g(n)$ untuk titik ini adalah 3 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-12)^2 + (7-3)^2} = 4,12$, sehingga nilai fungsi evaluasinya adalah 7,12. Maka, isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(9,6), (12,3), (8,3)\}$. Titik selanjutnya yang akan ditelusuri/diekspan selanjutnya adalah (9,6). Titik yang akan dicari fungsi evaluasinya adalah titik (9,7). Fungsi $g(n)$ pada titik ini akan bernilai 4 dan heuristic nya akan bernilai $\sqrt{(13-9)^2 + (7-7)^2} = 4$, sehingga fungsi evaluasinya bernilai 8. Maka, isi dari simpul hidup adalah $\{(12,3), (8,3), (9,7)\}$.

Selanjutnya, titik yang akan diekspan adalah (12,3). Saat menelusuri titik ini, titik yang akan dimasukkan menjadi simpul hidup adalah titik (13,3) dan titik (12,2). Untuk titik (13,3) maka nilai $g(n)$ adalah 4 dan heuristicnya adalah $\sqrt{(13-13)^2 + (7-3)^2} = 4$, sehingga fungsi evaluasinya akan bernilai 8. Lalu, untuk titik (12,2), nilai $g(n)$ adalah 4 dan heuristic nya adalah $\sqrt{(13-12)^2 + (7-2)^2} = 5,099$ sehingga fungsi evaluasinya adalah 9,099. Maka, isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(8,3), (9,7), (13,3), (12,2)\}$.

Titik yang diekspan selanjutnya adalah titik (8,3). Dari titik ini, ghost hanya dapat bergerak ke kiri, yaitu titik (7,3). Nilai $g(n)$ untuk titik ini adalah 2 dan $h(n) = \sqrt{(13-7)^2 + (7-4)^2}$

$= 6,70$, sehingga fungsi evaluasinya adalah 8,7. Maka isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(9,7), (13,3), (7,3), (12,2)\}$.

Titik yang setelah itu akan diekspan adalah titik (9,7). Pada titik ini, titik yang akan dimasukkan menjadi simpul hidup adalah titik (10,7). Nilai $g(n)$ dari titik tersebut adalah 5 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-10)^2 + (7-7)^2} = 3$, maka nilai evaluasinya adalah 8. Maka, isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(13,3), (10,7), (7,3), (12,2)\}$. Titik yang akan diekspan selanjutnya adalah titik (13,3). Dari titik ini, maka titik yang akan dimasukkan untuk simpul hidup adalah (14,3). Nilai $g(n)$ untuk titik ini adalah 5 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-14)^2 + (7-3)^2} = 4,12$, sehingga fungsi evaluasinya adalah 9,12. Maka isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(10,7), (7,3), (12,2), (14,3)\}$.

Selanjutnya titik yang akan diekspan adalah (10,7). Titik yang bertetangga dengan titik ini dan akan diletakkan pada simpul hidup adalah (11,7). Nilai $g(n)$ pada titik ini adalah 6 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-11)^2 + (7-7)^2} = 2$, sehingga fungsi evaluasinya bernilai 8. Maka isi dari simpul hidup saat ini adalah $\{(11,7), (7,3), (12,2), (14,3)\}$. Titik yang akan diekspan selanjutnya adalah titik (11,7). Titik yang akan diletakkan pada simpul hidup pada langkah ini adalah titik (12,7), yang memiliki $g(n)$ bernilai 7 dan nilai heuristic nya adalah $\sqrt{(13-12)^2 + (7-7)^2} = 1$, sehingga fungsi evaluasinya adalah 8. Maka, isi dari simpul hidup tersebut adalah $\{(12,7), (7,3), (12,2), (14,3)\}$.

Setelah itu, titik yang akan diekspan selanjutnya adalah titik (12,7). Titik yang bertetangga dan akan diletakkan pada simpul hidup adalah (13,7). Nilai $g(n)$ pada titik ini adalah 7 dengan nilai heuristic nya adalah 0, sehingga fungsi evaluasinya akan bernilai 7. Maka isi dari simpul hidup adalah $\{(13,7), (12,2), (14,3)\}$. Selanjutnya, berdasarkan antrian pada simpul hidup tersebut, titik yang akan diekspan adalah titik (13,7). Karena ini merupakan titik tujuan, maka pencarian dapat dihentikan, dan dapat disimpulkan bahwa untuk mencapai titik tujuan dari titik awal, titik-titik yang dilewati adalah $(9,3) \rightarrow (9,4) \rightarrow (9,5) \rightarrow (9,6) \rightarrow (9,7) \rightarrow (10,7) \rightarrow (10,7) \rightarrow (11,7) \rightarrow (12,7) \rightarrow (13,7)$. Jarak dari titik awal hingga titik tujuan berdasarkan iterasi tersebut adalah 8, dan iterasi yang dilakukan untuk melakukan pencarian berjumlah 13.



Gambar 3.2.1 Perjalanan hasil pencarian
 Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=ataGotQ7ir8&t=179s>

Pencarian diatas dapat dilakukan saat titik dari target tidak bergerak. Namun, untuk permainan pac-man ada kasus lain

saat ghost pada tahap chase, dimana pac-man akan berpindah tempat, selama ghost mencari jalan yang terpendek ke pac-man tersebut. Jika hal ini terjadi, maka pencarian semua hasil pencarian yang mengacu kepada titik tujuan (letak pac-man) sebelumnya akan dihentikan dan antrian dari simpul hidup juga dikosongkan. Semua pencarian akan dimulai lagi dari awal, dengan mengacu ke posisi pac-man saat ini dan titik awal adalah posisi ghost saat ini.

IV. KESIMPULAN

Suatu permainan maze dapat dikembangkan kualitasnya dengan menerapkan algoritma. Salah satunya adalah dengan algoritma a-star yang digunakan untuk menemukan rute terbaik pergerakan ghost, dalam mengejar pac man dan bergerak kembali ke tempat asalnya. Berdasarkan pencarian tersebut, algoritma ini telah mengunjungi berbagai simpul, hingga mendapatkan simpul tujuan. Simpul yang diekspan merupakan simpul-simpul yang memiliki cost yang paling rendah dibandingkan simpul lain pada antrian simpul hidup. Maka, dapat dipastikan bahwa rute yang didapatkan adalah rute terbaik dengan cost paling rendah.

Pranala video : <https://youtu.be/ZEPVT4GfMGQ>

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] [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 tanggal 30 April 2020
- [2] <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm/> , diakses pada tanggal 1 Mei 2020
- [3] https://www.researchgate.net/publication/324117146_Penerapan_Algoritma_A_Star_A_pada_Game_Petualangan_Labirin_Berbasis_Android , diakses pada tanggal 2 Mei 2020
- [4] <https://docplayer.info/45612664-Bab-2-landasan-teori-2-2-algoritma-a-a-star.html> , diakses pada tanggal 2 Mei 2020

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, 2 Mei 2020



Cynthia Athena Mahadewi Subroto / 13518059