

**IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA PADA
PERMAINAN TOWER DEFENSE BERBASIS
CANVAS HTML5**

Skripsi



oleh
ANDRE CAHYA SUSANTO
71110045

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2016

**IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA PADA
PERMAINAN TOWER DEFENSE BERBASIS
CANVAS HTML5**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

ANDRE CAHYA SUSANTO
71110045

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA PADA PERMAINAN TOWER DEFENSE BERBASIS CANVAS HTML5

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.

Yogyakarta, 13 Juni 2016



ANDRE CAHYA SUSANTO
71110045

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA PADA
PERMAINAN TOWER DEFENSE BERBASIS
CANVAS HTML5

Nama Mahasiswa : ANDRE CAHYA SUSANTO

N I M : 71110045

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 13 Juni 2016

Dosen Pembimbing I



Hendro Setiadi, M.Eng

Dosen Pembimbing II



R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA PADA PERMAINAN TOWER DEFENSE BERBASIS CANVAS HTML5

Oleh: ANDRE CAHYA SUSANTO / 71110045

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 25 Mei 2016

Yogyakarta, 13 Juni 2016
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Hendro Setiadi, M.Eng
2. R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.
3. Joko Purwadi, M.Kom
4. Rosa Delima, S.Kom., M.Kom.



Dekan

(Signature)
(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi

(Signature)
(Gloria Virginia, Ph.D.)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan benar. Skripsi yang dibuat penulis berjudul Implementasi Algoritma pada Permainan *Tower Defense* berbasis *Canvas HTML5*. Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai pemenuhan dari salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Informatika Universitas Kristen Duta Wacana. Selain itu juga bertujuan sebagai sarana pembelajaran bagi penulis maupun pembaca. Dalam menyelesaikan skripsi ini tidak semata – mata terselesaikan oleh kerja penulis sendiri, namun banyak pihak telah terlibat dalam membantu dan mendukung penulis dalam melewati setiap proses pembuatan. Skripsi hingga terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak :

1. Hendro Setiadi, M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing penulisan laporan skripsi, sehingga laporan skripsi dapat selesai dengan baik.
2. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang dengan sabar membimbing dan sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Memberikan masukan-masukan yang membangun.
3. Ayah, Ibu, kakak dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan doa, semangat, penuh kasih sayang kepada penulis dan menjadikan motivasi utama penulis untuk terus berusaha menyelesaikan skripsi.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis secara langsung atau tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Skripsi yang telah dibuat belum sempurna dan masih memiliki banyak kekurangan yang terjadi akibat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap setiap kritik dan saran yang membangun mengenai laporan Skripsi ini. Dengan demikian, penulis dapat memberikan karya

yang lebih baik dan berguna bagi pembaca di masa mendatang. Penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan selama proses penyusunan laporan dan pembuatan permainan. Penulis berharap pengetahuan yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan pembaca. Akhir kata, semoga karya ini dapat berguna bagi setiap pembaca maupun pihak lain.

Yogyakarta, 14 Juni 2016

Andre Cahya Susanto

©UKDW

INTISARI

Implementasi Algoritma Dijkstra pada Permainan Tower Defense berbasis Canvas HTML5

Algoritma Dijkstra biasanya digunakan sebagai salah satu pemecahan masalah pathfinding yang memiliki bobot dalam perjalanan setiap edge-nya. Algoritma ini jarang digunakan di dalam pembangunan kecerdasan buatan yang ada di dalam game karena biasanya algoritma ini hanya digunakan untuk mencari rute terbaik dengan jumlah bobot yang paling kecil yang diperlukan untuk menuju goal.

Penulis menggunakan algoritma ini untuk membuat sebuah permainan Tower Defense yang unik, dengan menerapkan algoritma Dijkstra pada monster. Monster akan mencari rute yang terbaik, yaitu rute yang tidak dijaga oleh tower yang dibangun oleh pemain atau rute yang memiliki penjagaan yang paling sedikit. Algoritma ini diharapkan mampu memperbesar jumlah monster yang selamat dari serangan tower sehingga semakin banyak juga yang dapat memasuki base pemain untuk mengurangi nyawa pemain.

Tantangan utama dari game ini adalah bagaimana pemain dapat mempertahankan base dari serangan monster dengan sumber daya yang seadanya dengan memperhatikan kondisi geografis yang berbeda – beda, juga dengan memperhatikan kemungkinan rute yang akan ditempuh oleh monster.

Kata kunci :KecerdasanBuatan, *Games*, *Dijkstra*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined. vii
KATA PENGANTAR	viii
INTISARI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
1.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1 Landasan Teori	7
BAB III	20
3.1 Peralatan yang Digunakan Dalam Riset	20
3.2 Perancangan <i>Game</i>	20
BAB IV	35
4.1 Implementasi <i>Sprite</i> dan Antarmuka.....	35

4.2 Implementasi Algoritma Dijkstra	42
BAB V	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	66

© UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pseudocode algoritma Alpha-Beta Pruning.	12
Gambar 2.2 Contoh pergerakan Dijkstra iterasi ke 1 sampai ke 8.....	16
Gambar 2.3 Contoh pergerakan Dijkstra iterasi ke 9 sampai ke 16.....	17
Gambar 2.4 Contoh pergerakan Dijkstra iterasi ke 17 sampai ke 24.....	18
Gambar 2.5 Salah satu rute tempuh karakter monster dengan algoritma Dijkstra.....	19
Gambar 3.1 Tower Sprite.....	21
Gambar 3.2 Peluru dari Tower.....	21
Gambar 3.3 Monster Sprite (tipe jalan)	22
Gambar 3.4 Monster Sprite (tipe terbang)	22
Gambar 3.5 Base Sprite	23
Gambar 3.6 Kumpulan <i>sprite</i> antarmuka untuk permainan <i>Tower Defense</i> (.....	24
Gambar 3.7 Kumpulan <i>sprite zone</i> untuk permainan tower defense	25
Gambar 3.8 Flowchart yang menggambarkan alur permainan Tower Defense.....	26
Gambar 3.9 Diagram flowchart untuk pemetaan bobot dan edge (bagian 1)	28
Gambar 3.10 Diagram flowchart untuk pemetaan bobot dan edge (bagian 2)	29
Gambar 3.11 Diagram yang menggambarkan algoritma Dijkstra secara sederhana	31
Gambar 3.12 Diagram flowchart yang menggambarkan langkah – langkah algoritma pembentukan rute monster	33
Gambar 4.1 Hasil implementasi tower sprite.....	35
Gambar 4.2 Hasil implementasi peluru.....	36
Gambar 4.3 Hasil implementasi monster sprite (tipe jalan).....	36
Gambar 4.4 Hasil implementasi monster sprite (tipe terbang)	37
Gambar 4.5 Hasil implementasi base sprite.....	37
Gambar 4.6 Hasil implementasi zone	38
Gambar 4.7 Informasi yang diperlihatkan dengan indikator teks dan angka.....	39

Gambar 4.8	Hasil implementasi antarmuka <i>pause</i> dan <i>next wave</i>	39
Gambar 4.8	Hasil implementasi antarmuka panel u	40
Gambar 4.10	Indikator teks ketika di <i>pause</i>	41
Gambar 4.11	Hasil implementasi antarmuka <i>game over</i>	41
Gambar 4.12	Presentasi untuk setiap node	42
Gambar 4.13	Indikator Warna untuk menunjukkan posisi musuh akan muncul	46
Gambar 4.14	Implementasi monster mengikuti rute yang paling cepat dan aman (bagian 1)	47
Gambar 4.15	Implementasi <i>monster</i> mengikuti rute yang paling cepat dan aman (bagian 2)	48
Gambar 4.16	Pencarian goal, dengan pemberian bobot, tanpa tower	51
Gambar 4.17	Pencarian goal dengan pemberian bobot dengan tower	52
Gambar 4.18	Contoh implementasi jika tower membuat <i>monster</i> tidak memiliki rute menuju base	52
Gambar 4.19	Posisi monster yang akan memasuki bidang permainan	53
Gambar 4.20	Implementasi <i>monster</i> dapat bergerak menembus pohon	53
Gambar 4.21	Pohon tidak mempengaruhi jangkauan dari pemberian bobot	54
Gambar 4.22	<i>Monster</i> melewati tower meskipun tidak ada rute yang terbuka.....	55
Gambar 4.23	Map jenis <i>kessatu</i>	58
Gambar 4.24	Map jenis <i>kesdua</i>	58
Gambar 4.25	Map jenis <i>ketiga</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar variabel yang digunakan untuk memulai algoritma Dijkstra	44
Tabel 4.2 Nilai variabel dari <i>monster</i> untuk setiap <i>wave</i>	58
Tabel 4.3 Nilai variabel dari tower pada awal permainan	64
Tabel 4.4 Tabel hasil user testing untuk wave	65

© UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

Kode program	A-1
Kartu konsultasi	B-1
Formulir catatan ujian skripsi	C-1
Formulir revisi skripsi.....	D-1

©UKDWN

INTISARI

Implementasi Algoritma Dijkstra pada Permainan Tower Defense berbasis Canvas HTML5

Algoritma Dijkstra biasanya digunakan sebagai salah satu pemecahan masalah pathfinding yang memiliki bobot dalam perjalanan setiap edge-nya. Algoritma ini jarang digunakan di dalam pembangunan kecerdasan buatan yang ada di dalam game karena biasanya algoritma ini hanya digunakan untuk mencari rute terbaik dengan jumlah bobot yang paling kecil yang diperlukan untuk menuju goal.

Penulis menggunakan algoritma ini untuk membuat sebuah permainan Tower Defense yang unik, dengan menerapkan algoritma Dijkstra pada monster. Monster akan mencari rute yang terbaik, yaitu rute yang tidak dijaga oleh tower yang dibangun oleh pemain atau rute yang memiliki penjagaan yang paling sedikit. Algoritma ini diharapkan mampu memperbesar jumlah monster yang selamat dari serangan tower sehingga semakin banyak juga yang dapat memasuki base pemain untuk mengurangi nyawa pemain.

Tantangan utama dari game ini adalah bagaimana pemain dapat mempertahankan base dari serangan monster dengan sumber daya yang seadanya dengan memperhatikan kondisi geografis yang berbeda – beda, juga dengan memperhatikan kemungkinan rute yang akan ditempuh oleh monster.

Kata kunci :KecerdasanBuatan, *Games*, *Dijkstra*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Game atau permainan, telah diciptakan sejak masa sebelum masehi sebagai media hiburan bagi orang – orang yang ikut memainkannya, atau juga hiburan bagi orang – orang yang ikut mengamati permainan tersebut. Dengan adanya perkembangan teknologi, maka sekarang game atau permainan pun telah menjadi salah satu bagian dari perkembangan teknologi. Fenomena ini dapat dilihat dalam bentuk *video game*.

Di dalam sebuah *video game*, ada sebuah faktor yang terlihat jelas berbeda dengan permainan tradisional, yaitu adalah sebuah faktor dimana di dalam sebuah *video game* dapat memiliki pemain *non-human*, yaitu pemain A.I. atau bot. Selain digunakan dalam sebuah video game untuk mengubah laju permainan, A.I. juga sering digunakan untuk melakukan pathfinding di dalam game, untuk menyebabkan sebuah pergerakan karakter yang berada di dalam game seolah – olah digerakkan oleh manusia.

Penulis ingin membangun aplikasi game strategi yang bertema Tower Defense, agar pemain dapat mendapatkan pengalaman mengenai manajemen *resource*, peletakan tower yang efektif sesuai dengan bentuk geografi peta permainan, serta bagaimana pemain dapat mendapatkan semua itu bersamaan dengan tekanan arus NPC(Non *Player Character*) musuh yang terus menyerang titik tertentu yang harus dipertahankan pemain. Dalam game ini, tentunya terdapat beberapa mekanisme yang dapat membuat game bergerak sesuai dengan tujuan awalnya, terutama mengenai bagaimana NPC dapat bergerak menuju ke titik yang

harus dipertahankan dengan dihalangi oleh tower yang dibuat oleh *player*. Dengan demikian, maka diperlukan sebuah algoritma path-finding untuk merealisasikan kebutuhan tersebut. Penulis ingin membawa algoritma pathfinding yang bernama algoritma Dijkstra untuk diteliti dan diimplementasikan pada permainan dengan tema Tower Defense ini.

Dengan mempertimbangkan beberapa hal di atas, maka perlu diketahui apakah algoritma Dijkstra efektif untuk digunakan di dalam permainan Tower Defense yang dirancang oleh penulis, dengan melakukan pengujian efektivitas terhadap algoritma Dijkstra dan pencatatan user experience sebagai pembandingan terhadap permainan Tower Defense pada umumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam kasus ini adalah

- a. Apakah algoritma Dijkstra efektif untuk digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pathfinding di dalam game Tower Defense dengan adanya kondisi elemen geografis yang berbeda – beda di dalam bidang permainan dan kondisi yang dimunculkan oleh player dengan membangun *tower* di dalam game?
- b. Apakah permainan Tower Defense dengan implementasi algoritma Dijkstra dapat memberikan kepuasan bermain pada pemain, atau malah memberikan rasa frustrasi dengan mengubah sistem permainan Tower Defense pada umumnya.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam masalah ini akan dibatasi sebagai berikut:

- a) Input yang dimasukkan dalam algoritma Dijkstra adalah barisan *node* dan *edge* berbobot yang membentuk sebuah graf berdasarkan lapangan permainan.
- b) Output dari algoritma Dijkstra adalah jalur dari barisan *node* yang memiliki jarak terpendek atau jumlah bobot terkecil untuk menuju goal.
- c) Algoritma Dijkstra hanya diimplementasikan pada musuh, yaitu NPC (*Non Player Character*) yang berbentuk monster yang dapat membahayakan *player*.
- d) Tower tidak menggunakan algoritma apapun untuk pencarian target monster. Tower menggunakan rumus sederhana untuk mencari monster terdekat.
- e) Algoritma Dijkstra yang digunakan adalah algoritma Dijkstra dalam bentuk paling sederhana.
- f) Aplikasi game dibangun dengan menggunakan HTML5 Canvas untuk mendukung *cross platform*.
- g) Aplikasi game ini tidak terlalu mengutamakan desain antar muka, melainkan lebih pada penerapan dari algoritma yang telah dipilih
- h) Game yang akan dibangun memiliki ukuran papan permainan dengan panjang 20 grid dan lebar 15 grid, dengan ukuran masing – masing grid yaitu 32 pixel

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Dari segi ilmiah

Membangun sebuah aplikasi game Tower Defense dengan mengimplementasikan algoritma Dijkstra untuk menyelesaikan permasalahan pathfinding di dalam game tersebut. Dan memberikan kesan karakter musuh yang pintar.

- b. Dari segi manfaat

- a. Membangun aplikasi game yang memiliki genre strategi yang dapat menjadi media hiburan bagi pemain maupun pengamat dengan cara mengatur strategi untuk memenangkan game.
- b. Membantu komunitas game development untuk mengetahui algoritma mana yang lebih cocok digunakan untuk game tower defense.

1.5 Metodologi Penelitian

Tahap – tahap penelitian dalam pembuatan game Tower Defense ini adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data

Penulis mencari informasi dengan menggunakan metode observasi, yaitu mencari informasi mengenai game – game serupa melalui internet dan game tower defense yang telah dimiliki oleh penulis, serta pencarian informasi melalui jurnal – jurnal yang tersedia di internet yang mengkaji permasalahan yang mirip.

- b. Planning

Pada tahap planning penulis akan merencanakan akan menjadi seperti apa game yang akan dibuat, waktu pengerjaan, dan informasi lain yang berhubungan dengan pembuatan software.

- c. Pembangunan sistem

Pada tahap pembangunan sistem, penulis akan mencari bahan – bahan yang akan digunakan di dalam game, seperti gambar dan suara, kemudian memulai pembentukan mekanisme kerja game tersebut serta

memulai pembentukan algoritma yang telah dipilih sebagai engine dari game tersebut.

d. Evaluasi system

Penulis akan melakukan evaluasi terhadap game yang telah dibuat dengan cara melakukan wawancara serta user testing dari permainan Tower Defense yang telah dibangun. Wawancara akan dilakukan pada 10 *tester* yang merupakan mahasiswa UKDW yang pernah memainkan permainan dengan jenis Tower Defense, sehingga *tester* memiliki pengalaman bermain game sejenis untuk memberikan perbandingan. Pengambilan kesimpulan diambil berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengujian.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian utama skripsi terdiri dari 5 bab : pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Analisis dan Perancangan Sistem, Implementasi dan Analisis Sistem dan Kesimpulan. Penulis akan menjabarkannya sebagai berikut,

Bab I tentang pendahuluan, di dalamnya dibagi lagi menjadi beberapa sub bab antara lain, latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II tentang tinjauan pustaka, bagian ini berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan berbagai teori yang didapatkan dari berbagai sumber pustaka yang digunakan untuk penyusunan skripsi, seperti jurnal ilmiah dan landasan teori yang memuat penjelasan tentang konsep dan merumuskan hipotesis jika diperlukan.

Bab III tentang analisis dan perancangan sistem, bagian ini berisi tentang analisis teori – teori yang digunakan dan bagaimana menterjemahkannya ke dalam suatu sistem yang hendak dibuat. Selain itu juga menguraikan perancangan proses, perancangan diagram alur sistem, penjelasan tentang algoritma dan implementasinya.

Bab IV tentang implementasi dan analisis sistem, hasil implementasi sedapat-dapatnya disajikan dalam bentuk daftar, table, grafik, foto atau bentuk lain. Pembahasan tentang hasil yang diperoleh berupa penjelasan teoritis, baik secara kualitatif, kuantitatif, atau secara sistematis.

Bab V tentang kesimpulan dan saran, kesimpulan berisi tentang pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil analisis kegiatan implementasi penelitian dalam penyusunan skripsi. Saran berisi tentang hal – hal yang perlu diperbaiki atau hal – hal yang belum dilakukan oleh penulis dalam pengembangan sistem.

©UKDW

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk Implementasi Algoritma Dijkstra pada Permainan Tower Defense berbasis Canvas HTML5, diperoleh beberapa hasil penelitian sebagai berikut :

- a. Algoritma Dijkstra berhasil diimplementasikan dalam game Tower Defense. *Monster* berhasil mencari rute yang paling aman berdasarkan bobot yang telah ditentukan oleh penulis, dan berjalan mengikuti rute tersebut.
- b. Berdasarkan jawaban dari hasil wawancara yang diperoleh dari subbab 4.3, pada pertanyaan kelima, didapatkan bahwa 50% dari *tester* mengatakan bahwa permainan Tower Defense dengan menerapkan algoritma Dijkstra menyenangkan untuk dimainkan karena memberikan keunikan pada jenis permainan ini, dan dapat memberikan tantangan yang lebih. 40% *tester* mengatakan bahwa seharusnya algoritma Dijkstra cukup diterapkan pada beberapa jenis monster saja, dan bukan pada semua monster. Dari data yang diperoleh di atas, maka dapat disimpulkan bahwa permainan Tower Defense yang menerapkan algoritma Dijkstra mampu memberikan kepuasan bermain kepada pemainnya, karena pemain akan merasa tertantang dan mendapatkan pengalaman baru dengan sistem permainan yang berbeda dari jenis permainan Tower Defense pada umumnya.

- c. Sesuai data pada tabel 4.4, dapat dilihat bahwa pada map jenis pertama tidak ada *tester* yang dapat memenangkan permainan, dan rata – rata hanya dapat sampai pada wave ke 5 ketika game over. Pada map jenis kedua, rata – rata *tester* dapat mencapai wave ke 7 sebelum game over, dan ada beberapa *tester* yang game over pada wave yang lebih kecil daripada percobaan pertama pada map pertama. Pada percobaan ketiga pada map jenis ketiga, 30% *tester* dapat memenangkan permainan dan rata – rata *tester* dapat mencapai wave ke 9 sebelum kalah. Dari hasil user testing dapat disimpulkan bahwa permainan Tower Defense yang telah dibangun oleh penulis susah untuk dimenangkan karena dari 10 *tester*, 7 *tester* tidak dapat memenangkan permainan, bahkan pada percobaan ketiga.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk Implementasi Algoritma Dijkstra pada Permainan Tower Defense berbasis Canvas HTML5, ada beberapa fitur/fungsi yang dapat dikembangkan, yaitu :

- a. Penambahan tipe *monster* dan juga penambahan tipe tower, sehingga terdapat beberapa variasi yang berbeda sehingga permainan menjadi lebih variatif dan menarik.
- b. Penyeimbangan kekuatan dari monster dan tower, dan peningkatan kesulitan dari tiap wave perlu diperbaiki.
- c. Penambahan Finite State Machine untuk membuat *monster* dapat menyerang tower dengan mengubah state berdasarkan kondisi yang ada di bidang permainan saat itu.
- d. Penambahan tebing dan obstacle berjenis lain, serta penambahan lokasi bidang permainan, juga bentuk *monster* secara grafis, untuk menghindari rasa bosan dari pemain.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, E. (2010). *Fundamentals of Game Design 2nd Edition*. California: New Riders Publishing.

Adversarial Search[PowerPoint Slides]. (n.d.). retrieved 02 24, 2015, from Columbia university:

<http://www.cs.columbia.edu/~sal/notes/AISP05/m6-game.ppt>

Chayadi, D. (2010). *Implementasi Algoritma Dijkstra Untuk Penentuan Rute Terpendek Pada Jalur Busway Di Jakarta*.

(Undergraduate thesis, Duta Wacana Christian University, 2010).

Retrieved from <http://sinta.ukdw.ac.id>

Ctamas. (2010). Understanding Tower Defense games. Retrieved October 27, 2015, from

<http://www.loopinsight.com/2010/03/30/understanding-tower-defense-games/>

Fulton, Steve & Jeff Fulton. (2013). *HTML5 Canvas*. Sebastopol: O'Reilly Media

Hermawan, R.B. (2014). *Implementasi Algoritma A* Dalam Pembangunan Aplikasi Game tower defense*. (Undergraduate thesis, Duta Wacana Christian University, 2014). Retrieved from

<http://sinta.ukdw.ac.id>

Millington, I., & Funge, J. (2006). *Artificial Intelligence For Games*. San Francisco: Elsevier Inc

Puthuparampil, Merin. (n.d.). retrieved 02 24, 2015, from NYU:[http://www.cs.nyu.edu/courses/summer07/G22.2340-](http://www.cs.nyu.edu/courses/summer07/G22.2340-001/Presentations/Puthuparampil.pdf)

[001/Presentations/Puthuparampil.pdf](http://www.cs.nyu.edu/courses/summer07/G22.2340-001/Presentations/Puthuparampil.pdf)