ANALISA ALGORITMA FLOCKING DAN PATHFINDING PADA SIMULASI GAME REAL TIME STRATEGY (RTS)

Tugas Akhir

Oleh :

Nathanael Sandy Ardianto

22 06 4126

© UKDW

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

YOGYAKARTA

2012

ANALISA ALGORITMA FLOCKING DAN PATHFINDING PADA SIMULASI GAME REAL TIME STRATEGY (RTS)

Tugas Akhir

Diajukan kepada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Informatika
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar
Sarjana Komputer

Oleh :

Nathanael Sandy Ardianto

22 06 4126

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

YOGYAKARTA

2012

© UKDW

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

Analisa Algoritma Flocking dan Algoritma Pathfinding pada Simulasi Game Real Time Strategy (RTS)

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 tugas akhir kasarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika di kemudian hari didapati bahwa tugas akhir ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari tugas akhir lain, saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 3 Mei 2012

Nathanael Sandy Ardianto

22064126

© UKDW

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul	: **Analisa Algoritma Flocking Dan Algoritma Pathfinding Pada Simulasi Game Real Time Strategy (RTS)**		
Nama	: Nathanael Sandy Ardianto		
NIM	: 22064126		
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Kode	: TIW276
Semester	: Genap	Tahun Akademik	: 2011/2012

Telah diperiksa dan disetujui

Di Yogyakarta,

Pada Tanggal 3 Mei 2012

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
(Samuel Gandang G., S.Kom., S.Si.,M.T)	(Restyandito, S.Kom., MSIS)

© UKDW

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi

Analisa Algoritma Flocking dan Algoritma Pathfinding Pada Simulasi Game *Real Time Strategy* (RTS)

Oleh : Nathanael Sandy Ardianto / 22064126

Dipertahankan di depan dewan penguji Tugas Akhir
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 21 Juni 2012

Yogyakarta, 22 Juni 2012
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Samuel Gandang G.,S.Kom,S.Si., M.T. 1. _____
2. Restyandito, S.Kom., MSIS 2. _____
3. Nugroho Agus Haryono, S.Si., M.Si. 3. _____
4. Hendro Setiadi, S.T., M.M.,M.EngSc. 4. _____

Dekan

(Drs. Wimmie Handiwidjojo, MIT)

Ketua Program Studi

(Nugroho Agus Haryono, S.Si., M.Si)

© UKDW

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala hormat, sembah dan pujian hanya bagi Dia, **Yesus Kristus, Juruslamat-ku yang hidup**, atas berkat, karunia, bimbingan, pertolongan dan perlindungan-Nya selama penyusunan Tugas Akhir ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah salah satu bagian kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain itu, Tugas Akhir ini juga bertujuan melatih penulis menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga bermanfaat bagi penggunanya.

Dalam penyelesaian pembuatan program dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. **Sang Penyelamatku, Yesus Kristus** yang selalu memberi kekuatan, penghiburan, semangat, berkat, karunia, hikmat dan pengharapan dengan cara yang sangat luar biasa.
2. **Samuel Gandang G., S.Kom., S.Si., M.T.,** selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, petunjuk dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. **Restyandito, S.Kom,. MSIS.,** selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dengan sabar dan baik kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. **Istriku** tersayang dan my baby boy **Jeremiah Regis Ardianto** tercinta atas segala cinta, doa, nasehat, motivasi dan dukungan yang telah diberikan, luph u so much mi and my lovely boy, ☺ muaaach..

© UKDW

5. Untuk Mama, Papa, Bapak, Mamak, yang tercinta,yang sudah member motivasi, pencerahan, dorongan yang keras, kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. **My Brotha, Mas Deny** yang uda mau merit**, Dek Zeby** yang uda lulus duluan atas semuanya, atas doa, dukungan, saran, yang selalu mendoakan penulis, memotivasi, dan menguatkan hingga semangat, tengkyu.
7. **H2C Community my genk selama 6 tahun di UKDW sampai selamanya,** selalu mendukung dan memberi *support* satu sama lain, makasih semua…☺
8. **Om Bayu Argo Panatas,** dan Pitbull Lovers di seluruh Indonesia, terkhusus Jogja dan Surabaya, thanx for the support.
9. **Teman-teman angkatan 2006** yang memberi warna dan semangat selama masa perkuliahan khususnya pada masa pengerjaan tugas akhir ini.
10. Rekan-rekan dan pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung telah mendukung penyelesaian tugas ini.

Penulis menyadari bahwa laporan dan program Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pembaca sehingga suatu saat penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata penulis ingin meminta maaf bila ada kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun pada saat pembuatan program Tugas Akhir ini. Sekali lagi penulis mohon maaf sebesar-besarnya dan semoga ini dapat berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, Desember 2010

Penulis

© UKDW

INTISARI

Permainan pada masa kini menjadi suatu kebutuhan bagi manusia, dikarenakan pekerjaan yang banyak menyita waktu ataupun waktu belajar yang padat membuat pikiran kita menjadi penat atau lelah, sehingga kita membutuhkan suatu penyegaran untuk menghibur diri sendiri yaitu dengan bermain permainan komputer. Permainan di masa sekarang juga mengalami perkembangan yang pesat, terutama pada jenis permainan *Real Time Strategy* (RTS), yaitu merupakan permainan yang permainannya menekankan kepada kehebatan strategi pemainnya, biasanya pemain memainkan tidak hanya satu karakter saja, akan tetapi banyak karakter.

Salah satu algoritma yang dapat digunakan dalam permainan RTS adalah mengimplementasikan algoritma *flocking* dan *pathfinding*. Algoritma *flocking* merupakan metode untuk meniru perilaku burung yang terbang secara berkelompok pada komputer untuk animasi, dan sekarang diadopsi untuk menggerakkan beberapa karakter dalam satu permainan secara berkelompok. Sedangkan algoritma *patfinding* merupakan algoritma yang digunakan terkhusus untuk permainan yang mencari jalur terpendek atau tercepat. Pada penelitian ini sistem dibangun dengan menggunakan bahasa pemograman *Visual Basic 6.0*. Input data yang dibutuhkan program berupa titik koordinat awal mula, dan titik tujuan, serta map/peta yang disimpan dalam bentuk teks.

Pengujian dilakukan dengan melakukan percobaan sebanyak minimal 30 kali terhadap simulasi permainan. Hasil pengujian persentase keberhasilan simulasi ini, dilihat dari banyaknya jumlah tentara yang berhasil mencapai tujuan dan dengan masing-masing biaya minimum yang telah ditempuh sampai dengan tujuan. Tingkat keberhasilan dan biaya minimum ditentukan oleh seberapa tinggi tingkat kesulitan halangan.

© UKDW

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN..... iii
UCAPAN TERIMA KASIH..... iv
INTISARI vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi

BAB 1 PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Metode/Pendekatan 3
1.6. Sistematika Penulisan..... 4

BAB 2 LANDASAN TEORI
2.1. Tinjauan Pustaka 5
2.2. Landasan Teori 7
2.2.1 Algoritma Pathfinding A*…….. 7
2.2.2 Algoritma Flocking……. 13

BAB 3 RANCANGAN SISTEM
3.1. Analisa Kebutuhan 19
3.1.1 Spesifikasi Sistem 19
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 20
3.1.3 Kebutuhan Perangkat Keras 20
3.2. Perancangan Sistem 20

© UKDW

3.3. Diagram Alir Sistem 21
3.3.1 Diagram Alir Sistem Simulasi 22
3.3.2 Algoritma Pathfinding A* dan Algoritma Flocking 23
3.3.2.1 Implementasi algoritma dalam permasalahan ini …… 23
3.3.2.2 Diagram Alir Simulasi Permainan 26
3.3.2.3 Diagram Alir Algoritma Pathfinding 26
3.4. Perancangan Antarmuka 28
3.4.1 Rancangan Masukan 28
3.4.2 Rancangan Keluaran 31
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISA SISTEM
4.1. Implementasi Sistem 32
4.1.1 Implementasi Rancangan Tampilan 32
4.1.1.1 Implementasi Rancangan Tampilan Form Setup Map 33
4.1.1.2 Implementasi Rancangan Tampilan Form PilihMap 34
4.1.1.3 Implementasi Rancangan Tampilan Proses dan Keluaran 35
4.2. Analisa Sistem 39
4.2.1. Perbandingan dengan Variasi Titik Awal dan Titik Tujuan..... 39
4.2.2. Perbandingan dengan Variasi MAP 51
4.2.3. Perbandingan dengan Variasi Jumlah Tentara 61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 65
5.2. Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 67
LAMPIRAN A
LAMPIRAN B

© UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan	Halaman
2.1	Penentuan Rute Tanpa *Pathfinding*	7
2.2	Penentuan Rute dengan *Pathfinding.*	8
2.3	*Pathfinding A** dengan Halangan	9
2.4	Alur Algoritma A*	11
2.5	Hasil Pencarian A*	12
2.6	Hierarki Perilaku Pergerakan	13
2.7	*Flock* sebagai prajurit	14
2.8	*Separation*	14
2.9	*Cohesion*	15
2.10	*Seek* dan *Flee*	15
2.11	*Arrival*	16
2.12	*Obstacle Avoidance*	16
2.13	*Path Following*	17
2.14	*Wall following*	17
2.15	*Leader following*	18
3.1	Diagram alir sistem	22
3.2	Diagram Alir Program Utama	23
3.3	Diagram Alir Simulasi Permainan	26
3.4	Diagram Alir Implementasi Algoritma *Pathfinding*	27
3.5	Rancangan Interface	28
3.6	Rancangan Form Setup Map	29
3.7	Rancangan Form Pilih Map	30
3.8	Rancangan output	31
4.1	Form Tampilan Awal Program	33
4.2	Form SetupMap	34
4.3	Form Pilih Map	35
4.4	Form Proses dan Keluaran	36
4.5	Pesan untuk memasukkan titik tujuan	37
4.6	Pesan untuk melakukan restart	37
4.7	Tampilan Detil Rute	38
4.8	Hasil Keluaran pada Simulasi Game RTS	38
4.9	Map Simulasi (Komplex 4) Titik Tujuan (19,0)	40
4.10	Grafik Perbandingan dengan Titik Tujuan (19,0)	42
4.11	Map Simulasi (Komplex 4) Titik Tujuan (19,19)	43
4.12	Grafik Perbandingan dengan Titik Tujuan (19,19)	45
4.13	Map Simulasi (Komplex 4) Titik Awal (2,13)	46
4.14	Grafik Perbandingan dengan Titik Awal (2,13)	48
4.15	Map Simulasi (Komplex 4) Titik Awal (6,9)	49
4.16	Grafik Perbandingan dengan Titik Awal (6,9)	51

© UKDW

4.17	Map Simulasi (Modul_Null)	52
4.18	Grafik Perbandingan dengan variasi MAP (Modul_Null)	54
4.19	Map Simulasi (Komplex 2)	55
4.20	Grafik Perbandingan dengan variasi MAP (Komplex 2)	57
4.21	Map Simulasi (Komplex 5)	58
4.22	Grafik Perbandingan dengan variasi MAP (Komplex 5)	60
4.23	Analisa dengan Variasi Jumlah Tentara	61
4.24	Grafik Perbandingan dengan variasi Jumlah Tentara (Komplex 4)	63

© UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
4.1	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Titik Tujuan yang Beda (Komplex 4)	40
4.2	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Titik Tujuan yang Beda 2 (Komplex 4)	44
4.3	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Titik Awal yang Beda (Komplex 4)	47
4.4	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Titik Awal yang Beda 2 (Komplex 4)	50
4.5	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan MAP yang Berbeda (Modul_Null)	53
4.6	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan MAP yang Berbeda (Komplex 2)	56
4.7	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan MAP yang Berbeda (Komplex 5)	59
4.8	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Jumlah Tentara yang Berbeda	62
4.9	Daftar Judul Map dengan Jumlah Halangan	64

© UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
4.1	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Tingkat Keberhasilan dan Biaya (Komplex 3)	40
4.2	Tabel Hasil Analisa Berdasarkan Tingkat Keberhasilan dan Biaya (Komplex 2)	42

© UKDW

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permainan pada masa kini menjadi suatu kebutuhan bagi manusia, dikarenakan pekerjaan yang banyak menyita waktu ataupun waktu belajar yang padat membuat pikiran kita menjadi penat atau lelah, sehingga kita membutuhkan suatu penyegaran untuk menghibur diri sendiri yaitu dengan bermain permainan komputer.

Permainan yang menerapkan algoritma *flocking* dan *pathfinding* juga banyak, terutama pada jenis permainan *Real Time Strategy* (RTS), yaitu merupakan permainan yang permainannya menekankan kepada kehebatan strategi pemainnya, biasanya pemain memainkan tidak hanya satu karakter saja, akan tetapi banyak karakter. Jadi, dalam simulasi permainan RTS yang akan dibangun dengan implementasi algoritma *flocking* dan *pathfinding* adalah bagaimana sekelompok prajurit yang diperintahkan oleh seorang komandan untuk maju ke medan tempur dan harus mencari jalan untuk mencapai titik aman/titik akhir tujuan, sehingga dinyatakan "berhasil", karena akan banyak sekali halang rintangnya (halangan) selama di perjalanan menuju titik akhir tujuan tersebut. Parameter yang akan digunakan dalam simulasi permainan RTS ini adalah seberapa banyak prajurit yang "berhasil" mencapai titik akhir tujuan , berapa menit waktu minimum yang dibutuhkan oleh seorang prajurit untuk mencapai titik akhir tujuan , dan yang terakhir adalah berapa biaya (*cost*) minimum yang diambil oleh seorang prajurit dalam melewati halangan untuk mencapai titik akhir tujuan.

Dengan latar belakang masalah di atas, penulis ingin meneliti bagaimana cara kerja algoritma *flocking* yang dikombinasikan dengan algoritma *pathfinding* dan ingin mengetahui tingkat keefisienannya dari parameter-parameter yang ada dalam mencapai tujuan.

© UKDW

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, penulis merumuskan permasalahan yang terjadi sebagai berikut :

- Bagaimana persentase keberhasilan dari penerapan algoritma *patfinding* A * dan algoritma *flocking* pada simulasi permainan *Real Time Strategy* (RTS) ini?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian pembuatan simulasi permainan RTS ini, yaitu:

- Aplikasi yang dibangun merupakan simulasi permainan RTS.
- Implementasi Algoritma *flocking* dan algoritma *pathfinding* A* pada simulasi permainan RTS.
- Meneliti keefektifitasan dengan parameter tingkat keberhasilan dan keefisiensian simulasi permainan ini dengan parameter biaya (*cost*) minimum.
- Sistem menyediakan map/peta simulasi permainan dengan pilihan variasi halangan (*obstacle*).
- Sistem mampu menampilkan detil total jumlah prajurit yang berhasil (*success*), mati (*lost*), biaya minimum, dan rute/jalur yang dicapai.
- Sistem mampu menampilkan detil rute ke dalam komponen *rich text box.*
- Prajurit yang menjadi objek data simulasi berjumlah 5 orang.
- Area map/peta yang digunakan untuk simulasi berukuran 20 x 20 kotak.
- Metode dalam *flocking* yang akan diimplementasikan adalah *separation, cohesion, wall dan path following, obstacle avoidance, seek* dan *flee*.

© UKDW

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah meneliti keefektifitasan dalam penggabungan algoritma *flocking* dengan algoritma *pathfinding* A* yang diimplementasikan dalam simulasi permainan RTS ini dengan parameter tingkat keberhasilan, dan biaya (*cost*) minimum.

1.5 Metode/Pendekatan

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Membuat antarmuka simulasi permainan RTS yang sederhana.
- Membagun *stage* / *level* permainan secara menarik dengan tingkat halangan yang bervariasi agar dapat diuji keefektifitasannya.
- Menerapkan penggabungan algoritma *flocking* dan *pathfinding* pada karakter prajurit sehingga dapat menemukan titik tujuan akhir yang dimaksudkan.

© UKDW

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metode pendekatan dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan bab yang berisi menguraikan berbagai teori tentang algoritma flocking, algoritma pathfinding A* dan permainan RTS, yang diperlukan untuk memecahkan masalah riset dalam tugas akhir ini.

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Bab ini merupakan bab yang berisi tentang analisis dan perancangan system simulasi permainan yang akan dibangun dan dianalisa.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini merupakan penjelasan mengenai hasil implementasi dan pengujian penggabungan algoritma flocking dan pathfinding A* yang didapat beserta analisa mengenai pengujian penggabungan kedua algoritma tersebut dalam simulasi permainan RTS yang telah dibangun.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan dari pengimplementasian algoritma *flocking* dan algoritma *pathfinding*, serta saran pengembangan yang selanjutnya.

Selain berisi bab-bab utama tersebut, tugas akhir ini juga dilengkapi dengan Intisari, Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar, Daftar Pustaka dan Lampiran.

© UKDW

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap sistem, serta memperhatikan karakteristik dan hasil yang diperoleh pada saat dilakukan uji coba maka dapat diambil kesimpulan :

a) Penerapan Algoritma *pathfinding A** pada algoritma *flocking* untuk simulasi permainan RTS, pada sistem dapat memberikan hasil persentase yang baik.

b) Persentase tingkat keberhasilan dipengaruhi oleh tingkat kesulitan halangannya, yaitu jumlah halangan yang terdapat pada map/peta dan letak halangan yang berada di sekitar jalur menuju titik tujuan. Jadi semakin rendah tingkat kesulitan halangan pada MAP, maka tingkat keberhasilan semakin tinggi.

c) Titik Awal dan Titik Tujuan mempengaruhi tingkat keberhasilan dan biaya minimumnya, tetapi bergantung juga pada letak halangan di sekitar jalur lintas menuju titik tujuan, semakin sedikit halangan di sekitar jalur lintas menuju titik tujuan, maka semakin tinggi tingkat keberhasilannya.

d) Jumlah tentara mempengaruhi tingkat keberhasilan, semakin sedikit jumlah tentara maka semakin tinggi tingkat keberhasilannya untuk setiap tentara.

© UKDW

5.2 Saran

Untuk lebih meningkatkan kinerja dan kegunaan dari sistem ini, maka penulis menyarankan sistem dapat ditambahkan dengan beberapa metode dalam algotitma *flocking* agar lebih terlihat kompleks dan mungkin dapat dibangun permainan aslinya dengan animasi 3 dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

Lester, P., (2003).*Pathfinding A * for Beginners* **(***Journal***),** Diakses pada 5 Oktober 2010 dari World Wide Web : http://www.gamedev.net/reference /articles/article2003.asp

Lorek H., Informatik F., White M. (1993). *Boids(Parallel Bird Flocking Simulation*). Oldenburg : University of Oldenburg.

Nugroho Susanto, A., (2009). Penerapan Algoritma A* dalam Pencarian Jalan untuk Permainan *Lose Your Marble* (Makalah Strategi Algoritmik Sarjana S1, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2009). Bandung : ITB.

Olfati-Saber, R., (2006). *Flocking for Multi-Agent Dynamic System : Algorithms and Theory* (IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 51, No.3, March 2006) **.**

Reynolds W., C., (1987). *Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model.* SIGGRAPH .87 (Computer Graphics 21(4), July 1987, edited by Maureen C. Stone, pages 25-34). USA : North Shoreline Boulevard

Reynolds W., C., (1987). *Steering Behaviors For Autonomous Characters.* Diakses pada 10 Oktober 2010 dari World Wide Web : http://www.red.com/cwr/steer_gdc99.

Simanjuntak, H., Sigiro, M., (2003). Penerapan Algoritma A* sebagai Salah Satu Algoritma *Branch & Bound* pada Aplikasi *Global Positioning System (GPS)***.** Bandung : Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung

© UKDW