

IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN

Skripsi



oleh
RISDIANTO ADIPATRI JACOB
22104958

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2015**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN

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, 1 Desember 2015



RISDIANTO ADIPATRI JACOB
22104958

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD
UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN
Nama Mahasiswa : RISDIANTO ADIPATRI JACOB
N I M : 22104958
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TIW276
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2015/2016

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 1 Desember 2015

Dosen Pembimbing I



Nugroho Agus Haryono, M.Si

Dosen Pembimbing II



Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs.

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN

Oleh: RISDIANTO ADIPATRI JACOB / 22104958

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 15 Desember 2015

Yogyakarta, 8 Januari 2016
Mengesahkan,

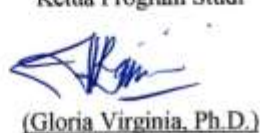
Dewan Penguji:

1. Nugroho Agus Haryono, M.Si
2. Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs.
3. Gani Indrayanta, Ir. M.T.
4. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.



Dekan

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

Ketua Program Studi

(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis ucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan berkat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi yang berjudul “Implementasi Algoritma Bellman Ford untuk Non Player Character Pacman” merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana komputer. Diselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Nugroho Agus Haryono, M.Si dan Bapak Antonius Rachmat C,S.Kom, M.Cs selaku dosen pembimbing yang selalu gigih dan sabar dalam memberikan arahan.
2. Kepada seluruh anggota keluarga yang saya cintai Bapak Jacob, Ibu Ester, kak Ikky, dan kak Immank dan Adik Aldy, dan Any, dan keponakan saya Keenan. dan semua keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan baik berupa nasehat, motivasi, materi, dan doa dari kedua orang tua saya.
3. Seluruh staf pengajar dan pegawai Fakultas Teknologi Informasi UKDW atas keramahan dan ilmu yang telah diberikan kepada saya.
4. Kepada sahabat-sahabat saya di KELAS GOKIL UKDW : Bastio, Rico, Vinsen, Puya, Bharep, Inyong, Apen, Stanley, Richi, Aan, Bagus, Andz, Roby, Komang, Mauren, Prima, Ronal, Mahendra, Fajar, mas Dodo, Jatmoe, Igres, Grefti, Yeni, Inge, Stefanny, Kevin dan yang lain yang belum sempat disebutkan namanya dan yang non : mas Ari Limbong, bli Deny, Mas Agung, Reno, kak Redy, Waldy, Nelson dll yang memberikan keceriaan dan kebersamaan
5. Kepada sahabat-sahabat saya di Pengok : Pepa, mas Boce, mas Dodo, Rara, Mas But, Mas Kiki, Pak Coy, Mas Sandy, Kak Ben, Mas Peli', Mas Kallo', Kak Uppink, Mas Bambang, kak Amon, Anto', Aga, Oddang, Jordan, Inas Tandung, Inas Patulak, Usy, Rado', Mika, Pak Richard dll yang juga memberikan keceriaan dan kebersamaan.

6. Kepada sahabat-sahabat saya di DUTA TORAYA, IKAPMAJAYA yang selalu jadi tempat pelarian saya bila saya rindu kampung halaman.
7. Kepada sahabat-sahabat sekost saya di kost tercinta Kelapa Gading : Kocok, Pea, Herald, Mas Dedi, Jems, Yuster, Thomas, Dea, Lala, Tika, Martin, Niko, Mike, Adit Satu, Adit Dua, Yudha, Mas Endar, Fery, dan teman yang saya lupa namanya Bapak dan Ibu kost yang tercinta.
8. Kepada sahabat-sahabat saya dari Formapa, Cendana, Sandlewood, Salawaku, IMKA, Kawanua, Bali, Timor Leste, Imbada, Marga Silima, dan semua sahabat saya dari berbagai daerah termasuk dari Jogjakartayang sangatlah ramah dan selalu berbagi senyuman.
9. Kepada PPGT, Gereja Kibaid, JWC, GKJ Gondokusuman, GKI Gejayan, sebagai tempat saya belajar untuk selalu hidup di jalan yang benar.
10. Kepada SoundCloudYk sebagai tempat saya meluangkan waktu saya untuk menuangkan hobi yang saya gemari.
11. Kepada CloudyPictures sebagai tempat saya bermain dan belajar ke dunia yang belum pernah saya dapatkan sebelumnya.
12. Kepada teman-teman yang mengisi kuesionernya tanpa menyebutkannya satu-satu.

Seluruh pihak yang ikut membantu namun tidak bisa dituliskan oleh penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

INTISARI

IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN

Kecerdasan Buatan merupakan kecerdasan yang ada pada suatu perangkat atau pun sistem yang melakukan segala sesuatunya dengan kemampuan kecerdasan itu sendiri. Salah satunya pencarian rute terpendek, dalam banyak kasus pencarian jalur dapat diselesaikan kedalam suatu metode, salah satunya yaitu metode Bellman-Ford. Metode Bellman Ford nantinya akan diterapkan kepada hantu Pacman, untuk menghalau pergerakan Pacman.

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap non player character dengan cara menghitung keberhasilan ghost menghalau pacman, perhitungan ulang pada tiap frame, dan juga kuesioner CEGE (*core element of gaming experience*) untuk menguji pengalaman pemain.

Pengalaman pemain dari hasil kuesioner CEGE memberikan pengalaman positif *enjoyment* untuk permainan ini. Untuk keberhasilan Non Player Character 100% berhasil, dan agar pergerakan musuh berjalan dengan baik, dilakukan perhitungan ulang untuk beberapa frame agar permainan berjalan lebih baik.

Kata kunci : Bellman Ford, shortest path, game Pacman

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
INTISARI	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Kecerdasan Buatan	6
2.2.2 Game	7
2.2.3 Core Element Of Gaming Experience	7
2.2.4 Game Pacman	8
2.2.4 Graph	9
2.2.5 Metode Bellman-Ford.....	11
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	15
3.1 Kebutuhan Sistem	15

3.2 Desain Game untuk CEGE.....	16
3.2.1 Komponen Video Game	16
3.2.2 Komponen Pupperty	17
3.3 Perancangan Proses	18
3.3.1 Use Case	19
3.3.2 Flowchart	19
3.3.3 Algoritma Sistem	22
3.3.4 Perancangan Struktur Data	23
3.3.5 Perancangan Antar Muka	24
3.3.6 Perancangan Desain Level.....	27
3.3.7 Perancangan Pengujian Metode Bellman Ford.....	28
3.4 Contoh Perhitungan Algoritma Bellman Ford pada permainan Non Player Character Pacman Secara Manual	29
IMPLEMENTASI DAN ANALISIS	31
4.1 Implementasi dalam Permainan	31
4.1.1 Tampilan Menu Utama	31
4.1.2 Tampilan Halaman Permainan	32
4.1.3 Tampilan Permainan Selesai (Game Over)	32
4.1.4 Tampilan Permainan Selesai (You Win)	33
4.2 Hasil Analisis	34
4.2.1 Pengujian Untuk Pemain	34
4.2.2 Pengujian Untuk Non Player Character.....	40
4.2.2.1 Pengujian Ketepatan Non Player Character Menemukan Pacman	40
4.2.2.2 Pengujian Berdasarkan Frame	41
BAB 5	43
KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
Daftar Pustaka	44
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pacman	9
Gambar 2.2: <i>Graph</i>	9
Gambar 2.3: <i>Directed Graph</i>	10
Gambar 2.4 : <i>Undirected Graph</i>	10
Gambar 2.5 : <i>Graph</i> yang mengandung <i>Cycle</i>	11
Gambar 2.6 : <i>Graph</i> yang mengandung <i>Trees</i>	11
Gambar 2.7 : <i>Proses Algoritma Bellman Ford</i>	13
Gambar 3.1 : <i>Komponen Control</i>	17
Gambar 3.2 : <i>Use Case Sistem</i>	19
Gambar 3.3 : <i>Diagram Alir Utama</i>	20
Gambar 3.4 : <i>Diagram Alir Bellman Ford</i>	21
Gambar 3.5 : <i>Rancangan Halaman Utama</i>	25
Gambar 3.6 : <i>Rancangan Halaman Permainan</i>	13
Gambar 3.7 : <i>Rancangan Instruction</i>	14
Gambar 3.8 : <i>Rancangan Halaman Menang</i>	26
Gambar 3.9 : <i>Rancangan Halaman Kalah</i>	27
Gambar 3.10 : <i>Ilustrasi Pencarian Bellman Ford</i>	30
Gambar 4.1 : <i>Tampilan Menu Utama</i>	31
Gambar 4.2 : <i>Tampilan Halaman Permainan</i>	32
Gambar 4.3 : <i>Tampilan Halaman Permainan Game Over</i>	33
Gambar 4.4 : <i>Tampilan Halaman Permainan You Win</i>	33
Gambar 4.5 : <i>Tampilan Instruction</i>	34
Gambar 4.6 : <i>Diagram Persentase Jawaban Kuesioner</i>	36
Gambar 4.7 : <i>Diagram Persentase Elemen Enjoyment</i>	36

Gambar 4.8 : Diagram Persentase Elemen Frustration	37
Gambar 4.9 : Diagram Persentase Elemen Pupperty-Control.....	37
Gambar 4.10 : Diagram Persentase Elemen Pupperty-Facilitator	38
Gambar 4.11 : Diagram Persentase Elemen Pupperty-Ownership	38
Gambar 4.12 : Diagram Persentase Elemen VideoGame - Enviroment	39
Gambar 4.13 : Diagram Persentase Elemen VideoGame - GamePlay	39
Gambar 4.14 : Load Performance pada Google Chrome.....	41

©UKDWN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Struktur Data.....	23
Tabel 3.2 : Daftar Fungsi	23
Tabel 3.3 : Karakteristik <i>player</i> dan <i>non player character</i>	27
Tabel 3.4 : Tingkatan Level Permainan	28
Tabel 4.1 : Nama Responden	35
Tabel 4.2 : Tabel Pencarian <i>Non Player Character</i>	40
Tabel 4.3 : Tabel Looping Setelah Frame yang ditentukan	42

INTISARI

IMPLEMENTASI METODE BELLMAN-FORD UNTUK NON PLAYER CHARACTER PACMAN

Kecerdasan Buatan merupakan kecerdasan yang ada pada suatu perangkat atau pun sistem yang melakukan segala sesuatunya dengan kemampuan kecerdasan itu sendiri. Salah satunya pencarian rute terpendek, dalam banyak kasus pencarian jalur dapat diselesaikan kedalam suatu metode, salah satunya yaitu metode Bellman-Ford. Metode Bellman Ford nantinya akan diterapkan kepada hantu Pacman, untuk menghalau pergerakan Pacman.

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap non player character dengan cara menghitung keberhasilan ghost menghalau pacman, perhitungan ulang pada tiap frame, dan juga kuesioner CEGE (*core element of gaming experience*) untuk menguji pengalaman pemain.

Pengalaman pemain dari hasil kuesioner CEGE memberikan pengalaman positif *enjoyment* untuk permainan ini. Untuk keberhasilan Non Player Character 100% berhasil, dan agar pergerakan musuh berjalan dengan baik, dilakukan perhitungan ulang untuk beberapa frame agar permainan berjalan lebih baik.

Kata kunci : Bellman Ford, shortest path, game Pacman

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Game merupakan salah satu hiburan yang banyak digemari oleh semua kalangan saat ini. Ada begitu banyak game yang terdapat dalam perangkat elektronik. Hiburan tersebut memiliki bermacam-macam cara untuk memainkannya, salah satunya game yang mencari rute terdekat atau *shortest path* seperti Bomberman, Pacman, dan masih banyak lagi permainan lainnya. Permainan seperti ini terkadang memiliki rintangan seperti musuh yang diciptakan untuk menghalangi karakter. Perpindahan karakter dari musuh sesuai dengan kecerdasan buatan yang dimiliki oleh karakter musuh tersebut. Seperti pada game Pacman, yang memiliki beberapa non player character yang berfungsi untuk menghalang kemenangan dari karakter yang dimainkan, dengan melakukan pencarian rute terpendek. Terdapat beberapa algoritma untuk mendapatkan solusi dari rute terpendek salah satunya adalah Bellman-Ford (Romadhon, 2011).

Algoritma *path finding* dengan mencari *shortest path* yaitu dengan menggunakan algoritma *Bellman-Ford*, dan *Dijkstra*. Algoritma *Bellman-Ford* terbukti dapat menangani persoalan jalur terpendek dengan hasil yang selalu benar, tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencari jalur terpendek begitu lama. Sedangkan algoritma *Dijkstra* terbukti dapat menangani persoalan yang jalur terpendek dengan waktu yang lebih cepat tetapi hasil tidak selalu benar jika ada bobot edge yang bernilai negatif (Indah, 2009).

Dengan demikian algoritma yang akan digunakan untuk mencari jalur rute terpendek yaitu dengan menggunakan algoritma *Bellman-Ford*. Sehingga dengan adanya penerapan dari algoritma tersebut maka perilaku pada musuh untuk menangkap karakter, sehingga diharapkan terjadi perubahan dalam permainan tersebut yang membuat tingkat permainan pacman semakin sulit.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti yaitu Apakah algoritma *Bellman-Ford* yang diimplementasikan pada *non player character* dapat mencari jalur terpendek untuk mendekati karakter utama?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti memberikan batasan masalah sebagai berikut :

- a. Implementasi algoritma *Bellman-Ford* terhadap AI musuh untuk mencari karakter pemain.
- b. Algoritma *Bellman-Ford* hanya diimplementasikan pada 4 level.
- c. Setiap level hirarki memiliki peningkatan jumlah agen pada setiap tingkatannya
- d. Game menggunakan HTML5 dan Javascript.
- e. Highscore dan score hanya bersifat sementara
- f. Perhitungan hanya dilakukan pada 4 arah
- g. Permainan ini tidak sepenuhnya seperti permainan Pacman pada umumnya

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah

- a. Mengimplementasikan algoritma *Bellman-Ford* pada *game Pacman*
- b. Mengetahui hasil implementasi algoritma *Bellman-Ford* pada agen AI musuh dengan melihat tingkat keberhasilan musuh mengejar pemain.

1.5 Metode Penelitian

Studi pustaka dilakukan dengan membaca referensi-referensi dan artikel maupun jurnal –jurnal yang berhubungan dengan salah yang dihadapi untuk menunjang perancangan dan pembuatan program serta penulisan tugas akhir

a. Studi pustaka dan literature

Studi pustaka dilakukan dengan membaca referensi-referensi dan artikel maupun jurnal –jurnal yang berhubungan dengan salah yang dihadapi untuk menunjang perancangan dan pembuatan program serta penulisan tugas akhir

b. Perancangan Sistem

Tahap ini berisi perancangan antarmuka dan konsep permainan pacman untuk sistem yang akan dibangun

c. Pembangunan Sistem

Tahap ini merupakan tahap pembuatan program dengan mengimplementasikan algoritma *Bellman-Ford*

d. Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem merupakan tahap yang telah dibuat dalam mengimplementasikan algoritma *Bellman-Ford* dan menganalisis hasil pada algoritma tersebut.

e. Analisis Hasil Percobaan dan Evaluasi

Tahap analisis dan penarikan kesimpulan yang dilakukan dengan melakukan uji coba pada program yakni tingkat keberhasilan algoritma dalam pencarian karakter utama dengan menggunakan algoritma dan tanpa menggunakan algoritma *Bellman-Ford*.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab 1 PENDAHULUAN, yang berisi gambaran umum penelitian. Pendahuluan terdiri dari Latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah , Tujuan Penelitian, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA, yang berisi tinjauan pustaka dan landasan teori. Tinjauan pustaka berisi tentang penelitian – penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permainan, metode yang digunakan dalam permainan.

Bab 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM , mencakup analisis teori – teori yang digunakan dan bagaimana menterjemahkannya ke dalam suatu sistem yang hendak dibuat. Membahas tentang perancangan kebutuhan sistem, *flow diagram*, desain *interface* program, dan rancangan pengujian sistem.

Bab 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM, Bab ini memuat hasil riset/implementasi, dan pembahasan/analisis dari riset tersebut yang sifatnya terpadu.

Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN, Kesimpulan merupakan pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil analisis kegiatan riset/implementasi dalam penyusunan skripsi. Saran memuat aktifitas yang dilakukan untuk mengembangkan kinerja sistem saat ini.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi algoritma dan analisis sistem, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Berdasarkan hasil dari kuesioner CEGE yang didapatkan dari 30 responden, didapatkan jawaban dari ketujuh elemen yang terdapat dalam yang terdapat dalam kuesioner, kebanyakan dari responden mendapatkan pengalaman *enjoyment*, hal itu didapatkan dari *ownership*, *control* dan juga *gameplay* serta *environment* yang mendapat jawaban yang positif.
- b. Setelah melakukan proses uji coba terhadap pencarian karakter musuh terhadap Pacman, maka di dapat dinyatakan jika Algoritma Bellman-Ford 100% dapat digunakan untuk pencarian jalur game Pacman.
- c. Agar permainan dapat berjalan dengan baik maka baiknya dilakukan perhitungan ulang untuk tiap frame ke-12 atau semakin banyak perhitungan frame dilakukan akan semakin baik.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Menerapkan algoritma Bellman Ford kedalam permainan yang baru selain permainan Pacman, utamanya permainan labirin seperti Bomberman dan permainan yang memiliki labirin 2d.

Daftar Pustaka

- Anggakara, N. H., Yudhi, P., & Rully, S. (2013). Implementasi Algoritma Pencarian k Jalur Sederhana Terpendek dalam Graf. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2* .
- Ardhin, M. (2011). Implementasi Alogritma DFS Untuk Pergerakan Ghost di Permainan Pacman. *Makalah IF3051 Strategi Algoritma* .
- Chandra, T. N. (2010). Aplikasi Algoritma Greedy untuk Pergerakan Musuh pada. *Makalah IF3051 Strategi Algoritma* .
- Emeraldy, W. (2010). Aplikasi Algoritma BFS pada Hantu. *Makalah IF3051 Strategi Algoritma* .
- Galang, A. G. (2012). *Implementasi Gerak Fisika Pada Game Animasi Pelatihan Aritmatika Cepat*. Yogyakarta: sinta.ukdw.ac.id.
- Henmawan, S. (2014). *Implementasi Metode Minimax Dan Best First Search Untuk Ghost Pada Permainan pacman*. Yogyakarta: <http://sinta.ukdw.ac.id>.
- Indah, K. (2009). *Perbandingan Algoritma Dijkstra Dan Bellmanford Untuk Pencaraian Jalur Terpendek Pada Graf Berara*. Yogyakarta: sinta.ukdw.ac.id.
- Istiqomah, A. (2007). Penyelesaian Permainan “Pacman” yang disederhanakan dengan Algoritma. *Makalah STIMIK2007-105* .
- Leonardi, E., Irvan, M., & Ariadi, G. (2006). *Analisis dan Optimalisasi Algoritma Minimum-Cost Flow*. Jakarta: UNIVERSITAS BINA NUSANTARA.
- Purnama, Y. (2014). *Sistem Rekomendasi Urutan Penukaran Mata Uang Menggunakan Metode bellman-ford Berbasis Observer Pattern*. Yogyakarta: <http://sinta.ukdw.ac.id>.
- Putra, A. D. (2011). *Penggunaan Per Pixel Collision dan Farseer Physics pada Game Puzzle Dalam Lingkungan XNA*. Yogyakarta: sinta.ukdw.ac.id.
- Rafiudin, I. (2013). *Pengertian dan Sejarah Kecerdasan Buatan*. Retrieved 11 27, 2014, from <http://iswanticha.blogspot.com>: <http://iswanticha.blogspot.com>
- Romadhon, F. I. (2011). Implementasi Graf dalam Penentuan Rute Terpendek pada Moving Object. *Makalah IF2091 Struktur Diskrit* .