

**IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY
SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE**

Skripsi



oleh

ALLAN FREDRIK RAMANDEY

22084568

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI
INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2017

IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE

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

ALLAN FREDRIK RAMANDEY

22084568

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI
INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

2017

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE

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 kesarjanaan 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 kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 7 Juni 2017



ALLAN FREDRIK RAMANDEY

22084568

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE
COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM
PERMAINAN MAZE

Nama Mahasiswa : ALLAN FREDRIK RAMANDEY

N I M : 22084568

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

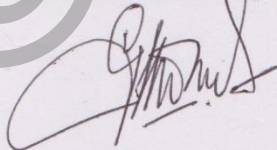
Kode : TIW276

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2016/2017

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 10 Mei 2017

Dosen Pembimbing I



R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.

Dosen Pembimbing II



Hendro Setiadi, M.Eng

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE

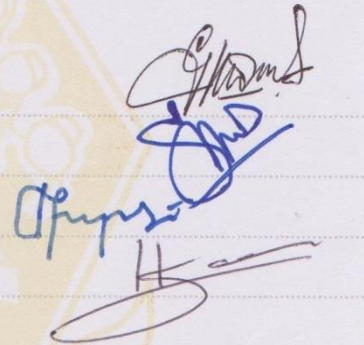
Oleh: ALLAN FREDRIK RAMANDEY / 22084568

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 2 Juni 2017

Yogyakarta, 7 Juni 2017
Mengesahkan,

Dewan Penguji:


1. R. Gunawan Santosa, Drs. M.Si.
2. Hendro Setiadi, M.Eng
3. Joko Purwadi, M.Kom
4. Junius Karel, M.T.



Dekan

Ketua Program Studi




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



(Gloria Virginia, Ph.D.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus atas berkat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Skripsi yang berjudul Implementasi Algoritma *Artificial Bee Colony* Sebagai *Solver* dalam Permainan *Maze* adalah salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana komputer. Selesaiannya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Henry Feriadi, M.Sc., Ph.D. selaku rektor Universitas Kristen Duta Wacana.
2. Bapak Budi Susanto, S.Kom., M.T. selaku dekan Fakultas Teknologi Informasi.
3. Bapak Drs. Gunawan Santosa, M.Si dan Bapak Hendro Setiadi, S.T., M.M., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.
4. Staf pengajar dan pegawai Fakultas Teknologi Informasi UKDW atas segala ilmu, bimbingan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama belajar di UKDW.
5. Kepada orangtuaku tercinta yang selalu memberikan dukungan siang malam tanpa henti dan selalu mendoakan penulis.
6. Kepada teman-teman seperjuangan TI angkatan 2008 dan angkatan atas yang masih berjuang lulus melawan waktu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

INTISARI

IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE

Maze adalah salah satu dari game *puzzle* tertua yang masih terus dimainkan sampai sekarang. *Maze* dimainkan oleh semua kalangan umur, mulai dari yang muda sampai tua. *Maze* disebut *Multicursal* karena merupakan *puzzle* yang mempunyai banyak jalan bercabang dan mempunyai titik awal serta titik akhir. *Maze* yang digunakan adalah *non-perfect maze* sehingga agak berbeda dengan *maze* standar.

Implementasinya sendiri yaitu, secara *random* membuat kemungkinan solusi *maze*, inisialisasi kemungkinan solusi *maze*, memperluas kemungkinan solusi *maze*, menghitung nilai *fitness*, menghitung nilai probabilitas, dan menyeleksi rute terbaik dengan menggunakan bilangan real *random* antara 0 dan 1 yang kemudian di-*roulette-wheel* dengan nilai probabilitas yang terpilih. Pengujiannya dilakukan dengan empat ukuran *maze* yang berbeda yaitu 8x8, 16x16, 24x24, and 32x32.

Hasil pengujian masing-masing, pada *maze* 8x8 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 25 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 16x16 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 75 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 24x24 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 100 sampai 250. Akan tetapi untuk pengujian pada jumlah langkah 100 dan 125 gagal karena memakan waktu yang sangat lama sedangkan pengujian lainnya mempunyai jumlah persentase keberhasilan 100%. Pada *maze* 32x32 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 125 sampai 250. Hasil pada pengujian ini dengan jumlah langkah maksimum 250 hanya memiliki sampel atau percobaan pertama (S1) yang berhasil, selain itu semuanya gagal karena memakan

waktu yang lama. Dalam hal ini dimasukkan ke dalam kategori gagal karena ada percobaan yang melebihi dari tiga jam, bahkan berhari-hari.

©UKDW

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	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.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Landasan Teori.....	7
2.2.1. <i>Maze</i>	7
2.2.2. <i>Teori Graf</i>	8
2.2.3. Kecerdasan Buatan.....	11
2.2.4. <i>Artificial Bee Colony</i>	11
2.2.5. Contoh Kasus Penerapan ABC dalam <i>Maze</i>	17
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	24
3.1. Kebutuhan Hardware dan Software.....	24
3.1.1. Kebutuhan Hardware.....	24
3.1.2. Kebutuhan Software.....	24
3.2. <i>Flowchart</i>	24

3.2.1.	<i>Flowchart</i> Utama Sistem	24
3.2.2.	<i>Flowchart</i> Algoritma ABC Mencari Solusi <i>Maze</i>	25
3.3.	Aturan Pembuatan <i>Maze</i>	27
3.4.	Perancangan Antarmuka Sistem.....	27
3.4.1.	Rancangan Tampilan Halaman Awal.....	27
3.4.2.	Rancangan Tampilan Utama Program	28
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM.....		31
4.1.	Implementasi Sistem	31
4.1.1.	Rancangan Tampilan Halaman Awal.....	31
4.1.2.	Rancangan Tampilan Utama Program	32
4.2.	Analisis Sistem	35
4.2.1.	Analisis Pengaruh Jumlah Langkah Maximum	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Contoh hasil perhitungan manual kemungkinan solusi <i>maze</i> 11x11	17
Tabel 4.1. Contoh hasil perhitungan manual kemungkinan solusi <i>maze</i> 8x8	35
Tabel 4.2. Contoh hasil perhitungan manual kemungkinan solusi <i>maze</i> 16x16	36
Tabel 4.3. Contoh hasil perhitungan manual kemungkinan solusi <i>maze</i> 24x24	36
Tabel 4.4. Contoh hasil perhitungan manual kemungkinan solusi <i>maze</i> 32x32	37
Tabel 4.5. Hasil Pengujian dengan Parameter Pengujian Jumlah Langkah Maksimum	37
Tabel 4.6. Waktu penyelesaian <i>maze</i> 8x8	38
Tabel 4.7. Rata-rata waktu penyelesaian <i>maze</i> 8x8	39
Tabel 4.8. Hasil Pengujian dengan Parameter Pengujian Jumlah Langkah Maksimum	40
Tabel 4.9. Waktu penyelesaian <i>maze</i> 16x16.....	40
Tabel 4.10. Rata-rata waktu penyelesaian <i>maze</i> 16x16	41
Tabel 4.11. Hasil Pengujian dengan Parameter Pengujian Jumlah Langkah Maksimum	42
Tabel 4.12. Waktu penyelesaian <i>maze</i> 24x24	43
Tabel 4.13. Rata-rata waktu penyelesaian <i>maze</i> 24x24	43
Tabel 4.14. Hasil Pengujian dengan Parameter Pengujian Jumlah Langkah Maksimum	44
Tabel 4.15. Waktu penyelesaian <i>maze</i> 32x32	45
Tabel 4.16. Rata-rata waktu penyelesaian <i>maze</i> 32x32	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Maze</i> berbentuk persegi.....	3
Gambar 2.1. Contoh <i>Maze</i>	8
Gambar 2.2. Contoh Graf G.....	9
Gambar 2.3. Contoh Graf lengkap	9
Gambar 2.4. Contoh Graf Berbobot.....	10
Gambar 2.5. <i>Maze</i> dalam bentuk Graf	10
Gambar 2.6. <i>Waggle Dance</i>	12
Gambar 2.7. Sebuah Model Khas Koloni Lebah	13
Gambar 3.1. Contoh <i>Flowchart</i> utama sistem	25
Gambar 3.2. Contoh <i>Flowchart</i> algoritma ABC mencari solusi <i>maze</i>	26
Gambar 3.3. Tampilan Rancangan Halaman Awal.....	28
Gambar 3.4. Tampilan Rancangan Utama Program	29
Gambar 3.5. Tampilan Solusi Terbaik	29
Gambar 3.6. Tampilan ABC gagal mencari solusi	30
Gambar 4.1. Tampilan Rancangan Halaman Awal.....	31
Gambar 4.2. Tampilan Rancangan Utama Program	32
Gambar 4.3. Tampilan Solusi Terbaik	33
Gambar 4.4. Tampilan Proses ABC.....	33
Gambar 4.5. Tampilan ABC gagal mencari solusi	34
Gambar 4.6. Tampilan <i>maze</i> dalam bentuk <i>notepad</i>	34
Gambar 4.7. Tampilan <i>maze</i> setelah dikonversi dari <i>notepad</i> ke <i>bitmap</i>	35

INTISARI

IMPLEMENTASI ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY SEBAGAI SOLVER DALAM PERMAINAN MAZE

Maze adalah salah satu dari game *puzzle* tertua yang masih terus dimainkan sampai sekarang. *Maze* dimainkan oleh semua kalangan umur, mulai dari yang muda sampai tua. *Maze* disebut *Multicursal* karena merupakan *puzzle* yang mempunyai banyak jalan bercabang dan mempunyai titik awal serta titik akhir. *Maze* yang digunakan adalah *non-perfect maze* sehingga agak berbeda dengan *maze* standar.

Implementasinya sendiri yaitu, secara *random* membuat kemungkinan solusi *maze*, inisialisasi kemungkinan solusi *maze*, memperluas kemungkinan solusi *maze*, menghitung nilai *fitness*, menghitung nilai probabilitas, dan menyeleksi rute terbaik dengan menggunakan bilangan real *random* antara 0 dan 1 yang kemudian di-*roulette-wheel* dengan nilai probabilitas yang terpilih. Pengujiannya dilakukan dengan empat ukuran *maze* yang berbeda yaitu 8x8, 16x16, 24x24, and 32x32.

Hasil pengujian masing-masing, pada *maze* 8x8 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 25 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 16x16 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 75 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 24x24 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 100 sampai 250. Akan tetapi untuk pengujian pada jumlah langkah 100 dan 125 gagal karena memakan waktu yang sangat lama sedangkan pengujian lainnya mempunyai jumlah persentase keberhasilan 100%. Pada *maze* 32x32 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 125 sampai 250. Hasil pada pengujian ini dengan jumlah langkah maksimum 250 hanya memiliki sampel atau percobaan pertama (S1) yang berhasil, selain itu semuanya gagal karena memakan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada awalnya komputer diciptakan untuk melakukan berbagai macam proses komputasi dengan tujuan agar membantu dan mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi dan berjalannya waktu, komputer sekarang dapat digunakan sebagai sarana hiburan. Salah satunya adalah dapat digunakan untuk bermain permainan. Permainan komputer memiliki berbagai macam jenis. Mulai dari permainan *strategy*, *adventure*, *action*, *puzzle*, dan lain-lain. Salah satu *game puzzle* yang cukup terkenal adalah permainan *maze*. *Maze* termasuk dalam jenis *tour puzzle*. Permainan *maze* ini turut melibatkan ketajaman mata dan konsentrasi pikiran untuk menyelesaikannya, terutama jika *maze* yang ada sudah berukuran cukup besar dan rumit.

Pada permainan *maze*, seorang pemain dihadapkan pada banyaknya pilihan jalan yang bercabang dan dibatasi oleh tembok-tembok. Pemain diharapkan dapat menemukan jalan keluar yang tepat dengan menelusuri jalan atau jalur yang tidak terhalang tembok. Jalur-jalur yang terdapat pada permainan *maze* sendiri bukanlah sembarang jalur, namun jalur-jalur ini harus memiliki tepat satu jalur yang memungkinkan pemain untuk mencapai jalan keluar. Namun apabila permainan *maze* ini memiliki dimensi yang besar, maka pemain akan sulit untuk menemukan jalan keluar secara cepat.

Dengan adanya latar belakang masalah diatas, penulis akan mengimplementasikan algoritma *Artificial Bee Colony* sebagai *solver* dalam

permainan *maze*. Dimana algoritma ini akan bertindak sebagai penentu jalur tercepat untuk menemukan jalan keluar akhir.

Tujuan penulis menggunakan algoritma ini untuk mengetahui bagaimana algoritma *Artificial Bee Colony* dapat diterapkan dan apakah mampu berjalan dalam permainan *maze*. Algoritma *Artificial Bee Colony* adalah *swarm intelligence* yang lumayan baru berbasis optimasi untuk mencari waktu terpendek dan jalur tercepat. Algoritma ini merupakan salah satu dari sekian banyak metode metaheuristik seperti *Genetic Algorithm* (GA), *Ant Colony Optimization* (ACO), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan lain-lain.

1.2. Rumusan Masalah

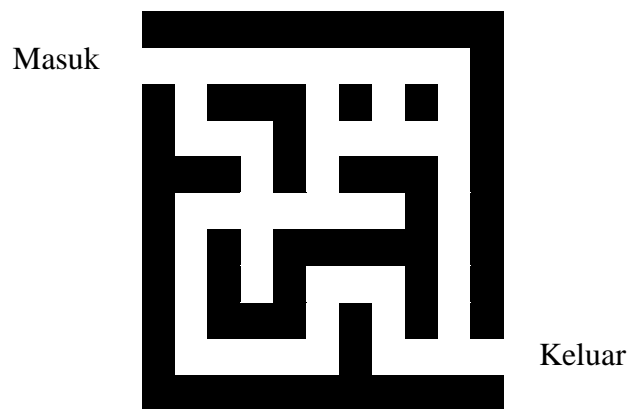
Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana cara menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony* di dalam permainan *maze*?
- b. Bagaimana fungsi dari masing-masing agen lebah di dalam permainan *maze*?
- c. Apakah ukuran *maze* berpengaruh terhadap waktu *solver* dalam menyelesaikan jalur *maze*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan penulis dalam memberikan ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. *Maze* adalah *non- perfect maze*
- b. *Maze* berbentuk persegi dengan jalan masuk di kiri atas dan jalan keluar di kanan bawah seperti yang dicontohkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Maze berbentuk persegi

- c. Ukuran *grid maze* memenuhi ketentuan $N \times N$ dengan ukuran N yang terdiri dari 8×8 , 16×16 , 24×24 , dan 32×32 .
- d. Setiap ukuran *grid maze* masing-masing memiliki satu contoh *maze*
- e. *Solver* dari permainan menggunakan atau menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony*.
- f. Sistem menampilkan berapa lama waktu yang dibutuhkan *Solver* dalam menyelesaikan *maze* dalam hal ini menggunakan satuan detik, menit, dan jam.
- g. Jumlah populasi yang digunakan sebagai parameter pengujian adalah tetap yaitu 10

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana algoritma *Artificial Bee Colony* dapat diimplementasikan sebagai *solver* dalam permainan *maze*. Selain itu, untuk menguji apakah ukuran *maze* berpengaruh terhadap waktu penyelesaian jalan keluar pada *solver maze*.

1.5. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa pendekatan atau metode yaitu sebagai berikut.

- a. *Requirements analysis and definition*: Mengumpulkan kebutuhan secara lengkap kemudian dianalisis dan didefinisikan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh program yang akan dibangun. Dalam hal ini tentu saja melakukan studi pustaka mengenai algoritma *Artificial Bee Colony* dari beberapa referensi dan mengumpulkan semua kebutuhan yang telah disebutkan sebelumnya di rumusan masalah dan batasan masalah.
- b. *System and software design*: Perancangan dan desain sistem dikerjakan berdasarkan kebutuhan yang sudah dikumpulkan.
- c. *Implementation*: Desain program diterjemahkan kedalam kode-kode dengan menggunakan bahasa program yang telah ditentukan. Bahasa pemrograman yang akan digunakan pada penelitian ini adalah VB.Net.
- d. *Testing and Evaluation*: Melakukan pengujian dan evaluasi terhadap sistem yang sudah dibangun apakah dapat berjalan baik sesuai kebutuhan yang disebutkan sebelumnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini disusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

Bab 1 merupakan Pendahuluan yang menjelaskan tentang Latar Belakang Masalah, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 merupakan Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori yang berisi uraian dari konsep-konsep atau teori-teori yang diperoleh dari berbagai sumber pustaka dan digunakan sebagai dasar penelitian ini.

Bab 3 merupakan Perancangan Sistem yang berisi rancangan pembuatan dan tahap-tahap dalam melakukan rancangan sistem.

Bab 4 merupakan Implementasi dan Analisis Sistem yang berisi penjelasan bagaimana perancangan pada bab tiga dan diimplementasikan dalam suatu bahasa pemrograman serta analisis sistem.

Bab 5 merupakan Kesimpulan dan Saran, yang berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh setelah penelitian pada tugas akhir ini selesai dilakukan. Bab ini juga berisi saran-saran pengembang dari penelitian ini agar dapat menjadi bahan pemikiran bagi pembaca yang ingin mengembangkannya.

Selain bab-bab utama di atas, tugas akhir ini juga dilengkapi dengan intisari, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar pustaka dan lampiran.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan analisis sistem maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, algoritma *Artificial Bee Colony* dapat diimplementasikan sebagai *solver* dalam permainan *maze* (*non-perfect maze*) yang sudah disesuaikan, tetapi memberikan hasil yang tidak terlalu memuaskan.
2. Pada *maze* 8x8 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 25 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 16x16 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 75 sampai 250 memiliki jumlah persentase keberhasilan 90-100%. Pada *Maze* 24x24 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 100 sampai 250. Akan tetapi untuk pengujian pada jumlah langkah 100 dan 125 gagal karena memakan waktu yang sangat lama sedangkan pengujian lainnya mempunyai jumlah persentase keberhasilan 100%. Pada *maze* 32x32 dengan jumlah langkah maksimum yang diuji yaitu dari 125 sampai 250. Hasil pada pengujian ini dengan jumlah langkah maksimum 250 hanya memiliki sampel atau percobaan pertama (S1) yang berhasil, selain itu semuanya gagal karena memakan waktu yang lama.
3. Dalam penelitian ini dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*, pada tahap seleksi pemilihan solusi rute *maze* antara nilai probabilitas suatu rute dengan bilangan real secara *random* itu dapat saja

menghilangkan kandidat solusi yang sebenarnya terbaik karena kandidat tersebut tidak lolos seleksi secara *random*.

4. Setiap *maze* yang dilakukan pengujian memiliki nilai jumlah langkah maksimum yang telah dihitung secara manual dengan tujuan untuk mencegah *infinite looping*. Akan tetapi apabila nilai jumlah langkah maksimum yang diuji lebih besar dari jumlah langkah maksimum yang dihitung secara manual maka hasil pengujiannya tidaklah memiliki hasil yang efisien.
5. Kompleksitas jalan atau *path*, ukuran *grid* dan jumlah langkah maksimum dari masing-masing *maze* yang dilakukan pengujian sangat mempengaruhi hasil dan waktu penyelesaian *maze*. Apabila ukuran *grid maze* semakin besar bersamaan dengan kompleksitas jalannya maka penyelesaiannya akan memakan waktu lama. Selain itu apabila jumlah langkah maksimum yang diuji semakin kecil maka akan memakan waktu yang lama juga.

5.2. Saran

Saran yang diajukan penulis untuk perbaikan dan pengembangan sistem selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menambah jumlah *maze* untuk diuji (dalam penelitian ini berjumlah empat) dengan ukuran yang berbeda-beda atau jumlah *maze* yang diuji tetap empat tetapi dengan variasi bentuk jalan yang diperbanyak.
2. Pada penelitian ini pengujian hanya terbatas pada pengaruh jumlah langkah maksimum pada keberhasilan algoritma *Artificial Bee Colony* menemukan rute. Diharapkan pada pengembangan selanjutnya tahap pengujian dapat dilakukan dengan jumlah populasi yang berbeda-beda.
3. Pada pengembangan selanjutnya dapat dibuat sistem dengan menambahkan fitur atau algoritma tambahan sehingga hasilnya lebih memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, F., Nababan, E. B., & Syahputra, M. F. (2012). Artificial Bee Colony Algorithm untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem. *Jurnal Dunia Teknologi Informasi*, 1(1), 8-13.
- Gondalia, N., Joshi, F., & Mankad, N. (2013). A Novel Approach of Image Ranking based on Enhanced Artificial Bee. *International Journal for Scientific Research & Development*, 1(9), 1767-1771.
- Karaboga, D. (2005, Oktober). *An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization (Technical Report-TR06)*. Turki: Erciyes University, Engineering Faculty Computer Engineering Department. Diakses 30 Mei 2014, dari http://mf.erciyes.edu.tr/abc/pub/tr06_2005.pdf.
- Widiartha, I. M. (2013, April). Penerapan Metode Forgy pada Perilaku Lebah Penjelajah. *Jurnal Ilmu komputer*, 6(1), 10-16.
- Pratama, R. F., Purwanto, & Yasin, M. (2012). *Penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP) dengan Menggunakan Artificial Bee Colony*. Diakses 13 April 2015, dari <http://jurnal-online.um.ac.id/data/artikel/artikel7DE3A832A2A925317DE048D7FFEA F320.pdf>
- Karaboga, D., & Akay, B. (2009). A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 214(1), 108-132. doi:10.1016/j.amc.2009.03.090
- Izzah, A., Kartika Dewi, R., & Mutrofin, S. (2013). In *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2013 STMIK AMIKOM Yogyakarta*. Yogyakarta. Diakses 13 April 2015 dari https://www.researchgate.net/profile/Siti_Mutrofin/publication/259609579

_HYBRID_ARTIFICIAL_BEE_COLONY_PENYELESAIAN_BARU_P
OHON_RENTANG_BERBATAS_DERAJAT/links/02e7e52ce50241563b
000000.pdf

Xu, Y., Fan, P., & Yuan, L. (2013). A Simple and Efficient Artificial Bee Colony Algorithm. *Mathematical Problems In Engineering*, 2013, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/526315>

Akay, B., & Karaboga, D. (2010). A modified Artificial Bee Colony algorithm for real-parameter optimization. *Information Sciences*, 192, 120-142. doi:10.1016/j.ins.2010.07.015

Afandi, A. N. (2015). *Algoritma HSABC Teknik Komputasi Terbaru* (1 ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.

Purnomo, H. D. (2014). *Cara Mudah Belajar Metode Optimisasi Metaheuristik Menggunakan Matlab* (1 ed.). Yogyakarta: Penerbit Gava Media.

Bhuwana, A. A. (2012). *Optimasi Pendistribusian Barang Berdasarkan Rute dan Daya Tampung Kendaraan dengan Algoritma Artificial Bee Colony*. Bali: Universitas Udayana.

Karaboga D., Ozturk C. (2010). Fuzzy clustering with artificial bee colony algorithm. *Scientific Research and Essays* Vol. 5(14), pp. 1899-1902. ISSN 1992-2248.

Coppin, B. (2004). *Artificial intelligence illuminated*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.

Nilsson, N. J. (1998). *Artificial Intelligence: A new synthesis*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.

Bhagade, A.S., Puranik, P.V. (2012). Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm for Vehicle Routing Optimization Problem. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. Vol: 2 (2). ISSN 2231-2307.

TSai, P.-W., Pan, J.-S., Liao, B.-Y., & Chu, S.-C. (2009, 12 12). Enhanced Artificial Bee Colony Optimization. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 5(12), 5081-5092.

©UKDW