

**SIMULASI PERGERAKAN GEROMBOLAN IKAN
MENGUNAKAN ALGORITMA BOIDS DENGAN OPTIMASI
OBSTACLE AVOIDANCE**

Skripsi



oleh
EWALD LIADI
22094799

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2014

**SIMULASI PERGERAKAN GEROMBOLAN IKAN
MENGUNAKAN ALGORITMA BOIDS DENGAN OPTIMASI
OBSTACLE AVOIDANCE**

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

EWALD LIADI
22094799

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2014

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

SIMULASI PERGERAKAN GEROMBOLAN IKAN MENGGUNAKAN ALGORITMA BOIDS DENGAN OPTIMASI OBSTACLE AVOIDANCE

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, 20 Januari 2014



EWALD LIADI

22094799

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : SIMULASI PERGERAKAN GEROMBOLAN IKAN
MENGUNAKAN ALGORITMA BOIDS DENGAN
OPTIMASI OBSTACLE AVOIDANCE

Nama Mahasiswa : EWALD LIADI

N I M : 22094799

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Gasal

Tahun Akademik : 2013/2014

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 20 Januari 2014

Dosen Pembimbing I



Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.

Dosen Pembimbing II



Nugroho Agus Haryono, M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

SIMULASI PERGERAKAN GEROMBOLAN IKAN MENGGUNAKAN ALGORITMA BOIDS DENGAN OPTIMASI OBSTACLE AVOIDANCE

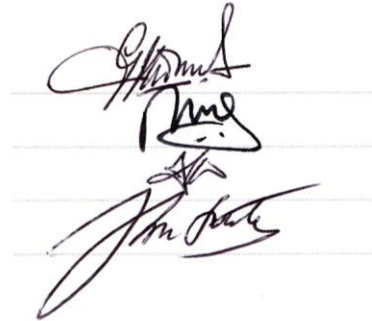
Oleh: EWALD LIADI / 22094799

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 Januari 2014

Yogyakarta, 20 Januari 2014
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.
2. Nugroho Agus Haryono, M.Si
3. Erick Purwanto, S.Kom, M.Com.
4. Budi Susanto, SKom.,M.T.



Dekan


(Drs. Wimmie Handiwidjojo, MIT.)

Ketua Program Studi


(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan anugerahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Simulasi Pergerakan Gerombolan Ikan Menggunakan Algoritma Boids Dengan Optimasi Obstacle Avoidance* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Bapak **Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.**, selaku dosen pembimbing 1, yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran dalam penulisan laporan dan pembuatan program Tugas Akhir ini.
2. Bapak **Nugroho Agus Haryono, M.Si.**, selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan ide, masukan, kritik dan saran dalam penulisan laporan dan pembuatan program Tugas Akhir ini.
3. Bapak **Hendro Setiadi, M.Eng**, yang telah memberi ide judul skripsi ini.
4. Bapak Ir. Stefanus Adirin, Ibu Sisilia Lili S.Kep serta adik-adik Priska Liadi dan Agato Riski Liadi untuk limpahan kasih sayang, kesabaran, doa, serta semangat dan dukungan yang luar biasa yang selalu menjadi motivasi dan semangat penulis sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Terima Kasih untuk selalu berada di sisi penulis dalam kondisi apapun.
5. Teman teman terbaikku D'Jenakers : Ari Pratiwi, Budianto Tan, Guna Satwam, I Made Himawan, Abednego Kristio, Richard Stephensen, Jevon Papilaja, Harry Sandrie, Timoti Banu, Christian Puji, Yosua Yulianto, Penta Eva, Aan Ambara, Sulapto, Macarius Henry, Bryan Steven, dkk. Yang selalu ada untuk berbagi cerita selama perjuangan kuliah dan selamanya.
6. Seluruh teman teman TI UKDW angkatan 2009 lainnya: Prima Adi, Joseph Carlo, Wayan Riyandi, dkk. Yang telah memberikan semangat dan berjuang bersama memberikan bantuan berupa semangat dan bantuan langsung kepada Tugas Akhir ini.

7. Keluarga besar di Kalimantan Barat yang telah memberikan support dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman kost yang selalu mendukung dan memberikan inspirasi pada saya.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung telah mendukung pembuatan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 18 Desember 2013

Penulis

Ewald Liadi

©UKDW

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | iii |
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iv |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | v |
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | Error! Bookmark not defined. |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| INTISARI | xv |
| BAB I..... | Error! Bookmark not defined. |
| PENDAHULUAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.1. Latar Belakang Masalah..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.2. Rumusan Masalah | Error! Bookmark not defined. |
| 1.3. Batasan Masalah..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.4. Tujuan Penelitian..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.5. Metode Penelitian..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1.6. Sistematika Penulisan..... | Error! Bookmark not defined. |
| BAB II..... | Error! Bookmark not defined. |
| LANDASAN TEORI | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1. Tinjauan Pustaka..... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2. Landasan Teori..... | Error! Bookmark not defined. |
| BAB III..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERANCANGAN SISTEM..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1. Gambaran Umum Sistem | Error! Bookmark not defined. |
| 3.2. Analisis Kebutuhan | Error! Bookmark not defined. |

| | | |
|--|---|-------------------------------------|
| 3.2.1 | Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.2.2 | Analisis Kebutuhan Perangkat Keras | Error! Bookmark not defined. |
| 3.3. | Rancangan Sistem..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.3.1 | Diagram Alir Sistem Utama..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.3.2 | Diagram Alir Algoritma | Error! Bookmark not defined. |
| 3.4 | Desain Antarmuka Program | Error! Bookmark not defined. |
| BAB IV | | Error! Bookmark not defined. |
| IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM | | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1 | Implementasi Sistem | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.1. | Implementasi Rancangan Tampilan Utama Program..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.2. | Implementasi Proses Input Objek Pada Program..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.3. | Implementasi Algoritma Boids Pada Program..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.4. | Implementasi Obstacle Avoidance Pada Program..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2. | Analisis Sistem | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2.1. | Analisis Algoritma Boids Terhadap Pergerakan Ikan..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2.2. | Analisis Pergerakan Ikan | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2.3. | Analisis Pergerakan Ikan Menggunakan Algoritma Boids Dengan Optimasi Obstacle Avoidance | Error! Bookmark not defined. |
| BAB V | | Error! Bookmark not defined. |
| KESIMPULAN DAN SARAN | | Error! Bookmark not defined. |
| 5.1 | Kesimpulan..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5.2 | Saran | Error! Bookmark not defined. |
| DAFTAR PUSTAKA | | Error! Bookmark not defined. |

DAFTAR GAMBAR

| GAMBAR | KETERANGAN | HALAMAN |
|-------------|------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1 | Ilustrasi <i>World Space</i> | 6 |
| Gambar 2.2 | Ilustrasi <i>Local Space</i> | 7 |
| Gambar 2.3 | Hierarki pergerakan agen | 8 |
| Gambar 2.4 | Ilustrasi <i>Seek and Flee</i> | 9 |
| Gambar 2.5 | <i>Seek Behaviour</i> | 9 |
| Gambar 2.6 | Representasi Vektor | 10 |
| Gambar 2.7 | Ilustrasi <i>Pursuit and Evade</i> | 11 |
| Gambar 2.8 | Ilustrasi <i>Arrival</i> | 12 |
| Gambar 2.9 | Ilustrasi <i>Wander</i> | 13 |
| Gambar 2.10 | Ilustrasi <i>Separation</i> | 14 |
| Gambar 2.11 | Ilustrasi <i>Cohesion</i> | 15 |
| Gambar 2.12 | Ilustrasi <i>Alignment</i> | 16 |
| Gambar 2.13 | Ilustrasi <i>Leader Following</i> | 17 |
| Gambar 2.14 | <i>Obstacle Avoidance</i> | 18 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Program Utama | 22 |

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Algoritma <i>Boids</i> | 24 |
| Gambar 3.3 | Diagram Alir <i>Cohesion Steering Behaviour</i> | 25 |
| Gambar 3.4 | Diagram Alir <i>Separation Steering Behaviour</i> | 26 |
| Gambar 3.5 | Diagram Alir <i>Alignment Steering Behaviour</i> | 27 |
| Gambar 3.6 | Diagram Alir <i>Obstacle Avoidance Behaviour</i> | 28 |
| Gambar 3.7 | Rancangan Tampilan Awal | 30 |
| Gambar 3.8 | Rancangan Tampilan Program Setelah Dimasukkan <i>Boids</i> | 31 |
| Gambar 3.9 | Rancangan Tampilan Program Setelah Dimasukkan <i>Obstacle</i> | 32 |
| Gambar 4.1 | Implementasi Rancangan Tampilan Utama Program | 35 |
| Gambar 4.2 | Implementasi <i>Input Boids</i> | 36 |
| Gambar 4.3 | Implementasi <i>Input Small Obstacle</i> | 37 |
| Gambar 4.4 | Implementasi <i>Input Medium Obstacle</i> | 37 |
| Gambar 4.5 | Implementasi <i>Input Large Obstacle</i> | 38 |
| Gambar 4.6 | Implementasi <i>Cohesion Steering Behaviour</i> | 39 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.7 | Implementasi <i>Separation Steering Behaviour</i> | 39 |
| Gambar 4.8 | Implementasi <i>Alignment Steering Behaviour</i> | 40 |
| Gambar 4.9 | Implementasi Algoritma <i>Boids</i> | 41 |
| Gambar 4.10 | Implementasi <i>Obstacle Avoidance</i> | 41 |
| Gambar 4.11 | Implementasi Pengujian Gerakan Ikan | 45 |
| Gambar 4.12 | Implementasi Peletakan <i>Obstacle</i> Kompleks Dengan Jumlah Ikan Yang Besar | 47 |

©UKDW

DAFTAR TABEL

| TABEL | KETERANGAN | HALAMAN |
|-----------|--|---------|
| Tabel 4.1 | Analisis Nilai <i>Separation</i> Dan <i>Alignment</i> Terhadap Tabrakan Antar Ikan | 42 |
| Tabel 4.2 | Analisis Nilai <i>Separation</i> Dan <i>Alignment</i> Terhadap Pergerakan Gerombolan Ikan | 43-44 |
| Tabel 4.3 | Analisis Pergerakan Gerombolan Ikan Menggunakan Algoritma <i>Boids</i> Dengan Optimasi <i>Obstacle Avoidance</i> | 46 |

©UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

| LAMPIRAN | KETERANGAN | HALAMAN |
|------------|-----------------------------|---------|
| Lampiran A | Lampiran <i>Source Code</i> | A-1 |

©UKDW

INTISARI

Simulasi Pergerakan Gerombolan Ikan Menggunakan Algoritma Boids Dengan Optimasi Obstacle Avoidance

Saat ini perkembangan dunia digital semakin pesat. Banyak orang yang berlomba-lomba membuat agen pada suatu program maupun *game* yang bergerak menyerupai makhluk hidup. Contohnya yang paling sering dipakai dalam *game* strategi adalah perilaku bergerombol. Perilaku bergerombol ini mengharuskan agen yang dibuat agar dapat mengenali agen lainnya sehingga agen-agen tersebut akan bergerak secara beriringan. Salah satu algoritma yang digunakan dalam penerapan perilaku bergerombol pada agen adalah algoritma *boids*. Di dunia nyata, perilaku bergerombol suatu makhluk hidup juga dapat dipengaruhi oleh halangan yang berada disekitar gerombolan tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan uji coba dan analisis penerapan algoritma *boids* dengan optimasi *obstacle avoidance behavior*. Dimana agen berupa ikan akan berjalan bergerombol menggunakan aturan algoritma *boids* dan bergerak menghindari halangan dengan aturan *obstacle avoidance behavior*. Algoritma *boids* ini terdiri dari 3 steering behavior yaitu *cohesion steering behavior*, *separation steering behavior*, dan *alignment steering behaviour*

Setelah itu hasil implementasi dari algoritma ini di uji dan dapat disimpulkan bahwa perilaku bergerombol yang menerapkan algoritma *boids* akan berjalan dengan baik jika nilai alignment lebih besar dari nilai *cohesion*. Selain itu kompleksitas peletakan obstacle juga sangat mempengaruhi pergerakan bergerombol pada ikan.

Kata Kunci : Boids, Flocking, Steering Behaviour, Obstacle Avoidance.

INTISARI

Simulasi Pergerakan Gerombolan Ikan Menggunakan Algoritma Boids Dengan Optimasi Obstacle Avoidance

Saat ini perkembangan dunia digital semakin pesat. Banyak orang yang berlomba-lomba membuat agen pada suatu program maupun *game* yang bergerak menyerupai makhluk hidup. Contohnya yang paling sering dipakai dalam *game* strategi adalah perilaku bergerombol. Perilaku bergerombol ini mengharuskan agen yang dibuat agar dapat mengenali agen lainnya sehingga agen-agen tersebut akan bergerak secara beriringan. Salah satu algoritma yang digunakan dalam penerapan perilaku bergerombol pada agen adalah algoritma *boids*. Di dunia nyata, perilaku bergerombol suatu makhluk hidup juga dapat dipengaruhi oleh halangan yang berada disekitar gerombolan tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan uji coba dan analisis penerapan algoritma *boids* dengan optimasi *obstacle avoidance behavior*. Dimana agen berupa ikan akan berjalan bergerombol menggunakan aturan algoritma *boids* dan bergerak menghindari halangan dengan aturan *obstacle avoidance behavior*. Algoritma *boids* ini terdiri dari 3 steering behavior yaitu *cohesion steering behavior*, *separation steering behavior*, dan *alignment steering behaviour*

Setelah itu hasil implementasi dari algoritma ini di uji dan dapat disimpulkan bahwa perilaku bergerombol yang menerapkan algoritma *boids* akan berjalan dengan baik jika nilai alignment lebih besar dari nilai *cohesion*. Selain itu kompleksitas peletakan obstacle juga sangat mempengaruhi pergerakan bergerombol pada ikan.

Kata Kunci : Boids, Flocking, Steering Behaviour, Obstacle Avoidance.

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

Pembelajaran dan pemodelan perilaku kerumunan makhluk hidup dalam dunia virtual untuk memberikan pergerakan sealami mungkin, memerlukan dukungan kecerdasan dari agen / NPC (*Non Player Character*). Agen yang dimaksud dalam studi kasus ini adalah gerombolan ikan yang nantinya akan dapat membentuk formasi tertentu. Oleh sebab itu agar gerombolan ikan itu dapat membentuk formasi tertentu membutuhkan algoritma *boids*. Algoritma *boids* yang digunakan dalam kecerdasan buatan memiliki peran mengelola pergerakan agen dalam membentuk formasi dengan proses yang alami.

Algoritma *boids* merupakan algoritma yang mendukung *flocking behavior* untuk mensimulasikan suatu kelompok agen, dimana dapat dilihat dari perilaku sekumpulan makhluk hidup yang berjalan membentuk formasi tertentu contohnya gerombolan ikan. Pergerakan agen berbasis *boids* dapat digambarkan dari pergerakan sekelompok agen yang terpisah yang kemudian dapat berkumpul untuk membentuk formasi. Formasi yang nantinya akan dijadikan objek oleh penulis adalah formasi gerombolan ikan. Gerombolan ikan memiliki karakteristik yang menarik dimana biasanya mereka bergerombol dan berenang kearah yang sama. Gerombolan ikan itu biasanya terpaksa terpisah oleh karena adanya *obstacle* (halangan) seperti batu ataupun adanya predator di sekitar mereka. Algoritma *boids* yang digunakan harus dioptimasi dengan *obstacle avoidance* sehingga pergerakan dan tingkah laku simulasi gerombolan ikan tersebut terlihat lebih alami. Dari sinilah diperoleh motivasi penulis untuk membuat sebuah simulasi pergerakan gerombolan ikan yang dapat menghindari objek yang menghalangi gerombolan tersebut.

Pada skripsi ini, akan disimulasikan pergerakan sekumpulan ikan yang akan bergerombol menggunakan algoritma *boids* dengan optimasi *obstacle avoidance* sehingga diharapkan pergerakan gerombolan ikan pada simulasi ini terlihat lebih alami.

1.2.Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara algoritma *Boids* yang diterapkan pada ikan dapat mengenali pergerakan ikan lain di sekitarnya ?
2. Bagaimana cara algoritma *Boids* yang diterapkan pada ikan dapat mendekati ikan lainnya namun tidak menabraknya?
3. Bagaimana cara sekumpulan ikan pada penerapan algoritma *Boids* dapat menghindari *obstacle* namun tetap di dalam formasi ?

1.3.Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Simulasi ini dibuat menggunakan Adobe Flash CS5.
2. Simulasi hanya akan dibatasi pada kasus gerombolan ikan menggunakan algoritma *Boids* yang akan menghindari halangan menggunakan *obstacle avoidance behavior*.
3. *Obstacle* pada simulasi pergerakan ini ada 3 jenis yaitu *small obstacle*, *medium obstacle*, dan *large obstacle*.

1.4.Tujuan Penelitian

Merancang dan membuat sebuah perangkat lunak yang dapat menggambarkan perilaku berkelompok dari gerombolan ikan.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan :

1. Melakukan studi kepustakaan melalui membaca buku, jurnal, *e-book*, maupun artikel mengenai pergerakan gerombolan ikan yang dapat mendukung penulisan tugas akhir.
2. Melakukan analisis terhadap masalah yang ada, batasan yang dimiliki, dan kebutuhan yang diperlukan.
3. Melakukan serangkaian uji coba terhadap program yang telah dibangun dan melakukan analisis terhadap program yang dibuat.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini secara garis besar dapat dituliskan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan, diuraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Landasan Teori, akan berisi landasan yang digunakan ataupun yang berkaitan dengan skripsi.

Bab 3 Perancangan Sistem, akan dibahas mengenai algoritma yang digambarkan untuk menggambarkan alur kerja sistem beserta perancangan antar muka sistem.

Bab 4 Implementasi dan Analisis Sistem, berisi implementasi program berupa *interface*/tampilan program. Disertakan input dan output program, penjelasan, pengujian, dan analisa dari sistem kerja program.

Bab 5 Kesimpulan Dan Saran, berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran-saran yang mungkin untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap sistem mengacu pada hasil pengamatan yang telah dilakukan pada proses uji coba, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma Boids dapat diterapkan kedalam sistem ini untuk membuat gerakan gerombolan ikan yang alami sesuai dengan inputan *user*. Dengan syarat nilai radius dari *alignment* harus sama atau lebih besar dari nilai radius *separation* sehingga dapat menciptakan gerakan gerombolan ikan yang baik. Algoritma ini berhasil membuat ikan pada sistem dapat mengenali ikan lainnya yang ada pada sistem sehingga dapat bergerak dengan bergerombol.
2. Tabrakan antar ikan dipengaruhi oleh jumlah ikan dan *obstacle* yang dimasukkan. Semakin banyak jumlah ikan dan *obstacle*, maka semakin besar juga kemungkinan terjadi tabrakannya. Hal ini terjadi karena setiap *behavior* memiliki *steering force* nya masing-masing sehingga ikan akan bergerak menggunakan prioritas *behavior* yang dijalankan terlebih dahulu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disarankan beberapa hal yaitu :

1. Perlu dicoba pengembangan program ini dalam bentuk *game*, sehingga bisa lebih menarik.
2. Perlu dicoba untuk mengembangkan program ini dalam bentuk *3D*.
3. Perlu dilakukan ujicoba untuk menambahkan *behavior* pada ikan seperti mencari makan atau menghindari predator sehingga gerak ikan akan semakin terlihat alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Millington, Ian., Funge, John. (2009). *Artificial Intelligence For Games Second Edition*, Burlington: Morgan Kaufmann Publishers
- Buckland, Mat (2005). *Programming Game AI By Example*. Texas: Wordware Publishing
- M. Bourg, David., Seemann, Gleen. (2004). *AI for Game Developers*, O'Reilly Media
- Sujada, Alun. (2011). Formasi Pasukan Perang Menggunakan Algoritma Boids. S2 Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. [<http://digilib.its.ac.id/ITS-Master-3100011042401/16074>]
- Dewi, Meilany. (2011). Simulasi Pergerakan Pengunjung Mall Menggunakan Flocking dan Obstacle Avoidance, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. [<http://digilib.its.ac.id/ITS-Master-3100012045838/17994>]
- Syaefudin, Mohamad Anwar. (2012) Simulasi Agen Berbasis Boid Dengan Optimasi Neighborhood Avoidance, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. [<http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100012046187/19150>]
- Radion, S.ST., Kristo. (2012). *Easy Game Programming Using Flash And ActionScript 3.0*, Yogyakarta: Penerbit Andi