



TESIS - TE142599

# **Koordinasi Pasukan NPC Menggunakan Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Coordinator dan Distribusi Gaussian**

**MUHAMMAD AMINUL AKBAR**  
NRP. 2213205020

**DOSEN PEMBIMBING**  
Moch. Hariadi, S.T., MSc., Ph.D  
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.

**PROGRAM MAGISTER**  
**BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2015**



THESIS - TE142599

# **NPC Troops Coordination Using Smart Agent Based on Fuzzy Coordinator and Gaussian Distribution**

**MUHAMMAD AMINUL AKBAR**  
NRP. 2213205020

**SUPERVISOR**

**Moch. Hariadi, S.T., MSc., Ph.D**  
**Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.**

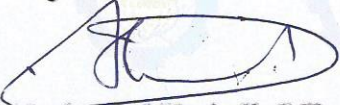
**MAGISTER PROGRAM**  
**EXPERTISE FIELD OF MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK**  
**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**  
**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**  
**INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2015**


Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:  
Muhammad Aminul Akbar  
NRP. 2213205020


Tanggal Ujian : 17 Juni 2015  
Periode Wisuda : September 2015

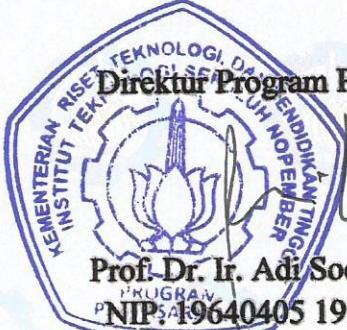
Disetujui oleh:

  
1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph. D. (Pembimbing I)  
NIP. 19691209 199703 1 002

  
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T. (Pembimbing II)  
NIP. 19700313 199512 1 001

  
3. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. (Penguji)  
NIP. 19690613 199702 1 003

  
4. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Penguji)  
NIP. 19690730 199512 1 001

Direktur Program Pascasarjana,  
  
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.  
NIP. 19640405 199002 1 001

## **Koordinasi Pasukan NPC Menggunakan Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Coordinator dan Distribusi Gaussian**

Nama Mahasiswa : Muhammad Aminul Akbar  
NRP. : 2213205020  
Supervisor : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D  
Co-Supervisor : Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT.

### **ABSTRAK**

*Game* peperangan bertipe *Real-Time Strategy* (RTS) menampilkan kelompok–kelompok agen atau pasukan NPC yang berperang dan menghancurkan pertahanan musuh. Pasukan NPC merupakan karakter yang tidak dapat dikendalikan oleh pemain, sehingga pasukan NPC diberi kecerdasan untuk dapat menanggapi setiap perubahan pada lingkungannya. Pasukan NPC juga mempunyai beberapa jenis perilaku serangan yang digunakan untuk menghadapi lawan. Untuk membuat penyerangan yang kuat dibutuhkan adanya koordinasi antar pasukan NPC dan serangan yang tidak mudah terprediksi oleh lawan. Koordinasi di dalam kelompok pasukan NPC diperlukan agar serangan yang dilakukan dapat mencapai tujuan utama serangan kelompok tersebut. Teknik koordinasi di dalam kelompok pasukan NPC dihadapkan pada permasalahan bahwa setiap pasukan NPC adalah agen otonom yang memiliki kecerdasan sendiri dalam mengambil keputusan berdasarkan rangsangan dari lingkungan sekitarnya dan pemain tidak dapat mempengaruhi atau mengendalikan NPC secara terus menerus. Dalam penelitian ini diusulkan teknik koordinasi menggunakan agen cerdas berbasis fuzzy coordinator dan distribusi gaussian. Agen cerdas bertindak sebagai *leader* yang menggantikan peran pemain dalam mengkoordinasi perilaku pasukan NPC. Agen cerdas akan menentukan strategi tim dengan memantau sisa waktu serangan, kondisi dari masing-masing NPC, dan kondisi musuh. *Fuzzy coordinator* digunakan untuk mengkoordinasi perilaku pasukan NPC dengan strategi dari *leader*. Distribusi Gaussian digunakan untuk memberikan variasi perilaku serangan disekitar perilaku hasil koordinasi. Percobaan yang dilakukan membuktikan bahwa Metode koordinasi yang diusulkan dalam penelitian ini dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam pencapaian objektif tim dalam penyerangan dibandingkan tanpa adanya koordinasi pasukan. Terutama pada saat jumlah pasukan lebih sedikit dari jumlah musuh. Pasukan dengan koordinasi berhasil memperoleh rata-rata *gold* sebesar 66.12 %, menjaga rata-rata jumlah pasukan sebanyak 65.42 % dan menjaga rata-rata *health Hero* sebanyak 58.65%. Sementara pasukan tanpa koordinasi hanya memperoleh rata-rata *gold* sebesar 59.02%, menjaga rata-rata jumlah pasukan sebanyak 44.57% dan menjaga rata-rata *health Hero* sebanyak 34.86%.

**Kata Kunci :** Koordinasi NPC; Fuzzy Coordinator; Agen cerdas; Distribusi Gaussian.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **NPC Troop Coordinations Using Smart Agent Based on Fuzzy Coordinator and Gaussian Distribution**

Student Name : Muhammad Aminul Akbar  
NRP. : 2213205020  
Supervisor : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D  
Co-Supervisor : Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT.

### **ABSTRACT**

The RTS War games show the battle of NPC troops. The NPC troop is a character that can't be controlled by human player. It is necessary to embed an artificial intelligence into NPC for doing his task. NPCs troop usually have many kind of attacking behavior to fight the enemy. Creating a strong attack there must be coordination between NPC troops and unpredictable attacking behavior. Coordination allows autonomous agents (i.e. NPC troops) interact coherently to pursue team's goal. The problem is multi behavior NPCs has intelligence for selecting behavior itself, which sometimes does not appropriate to accomplish a team objective. The player can't control the NPC behavior directly. In this research we propose NPC troop coordination using smart agent based fuzzy coordinator and Gaussian distribution. Smart agent being a leader which acts as a human player coordinates troop's behavior. The smart agent analyzes condition of troops, enemies and remaining time to decide a team strategy. Fuzzy coordinator is used to coordinate NPC troop's behavior with leader's strategy. Gaussian distribution is used to provide a variety of behavior attacks around the coordination result. The experiment demonstrates that the proposed coordination method provide a better results in the achievement of the objective team than without a coordination. Especially, in condition when the number of troops less than the number of enemies. NPC troops with the coordination successfully obtained an average of gold 66.12 %, keeping the average number of troops 65.42 % and maintain health Hero 58.65%. While the troops without coordination only get an average of gold 59.02%, keeping the average number of troops 44.57 % and maintain average health of Hero 34.86 %.

**Key Words :** *NPC Coordinatio; Fuzzy Coordinator; Smart Agent; Gaussian Distribution*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang. Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Koordinasi Pasukan NPC Menggunakan Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Coordinator dan Distribusi Gaussian“. Shalawat dan salam atas junjungan besar kita Nabi Muhammad S.A.W. beserta keluarga dan para sahabat sekalian. Tesis ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada bidang konsentrasi Teknologi Permainan, bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia, jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tesis ini dapat terlaksana dengan baik karena adanya bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari pihak tertentu, diantaranya :

1. Ibunda tercinta **Dra. Sri Andayani, MM** yang telah memberikan dukungan moral dan material.
2. Ayah tercinta **Drs. Abdul Mughni, MSi** yang telah memberikan dukungan moral dan material.
3. Bapak **Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D** yang telah memberikan ilmu, saran, dan motivasinya di dalam perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
4. Bapak **Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT.** yang juga memberikan ilmu, saran dan ide-ide baru yang “*out of the box*” sehingga sangat memotivasi untuk lebih mempelajari ilmu-ilmu baru terutama dalam bidang teknologi permainan.
5. Bapak **Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T, MT** yang juga memberikan ilmu, saran dan terutama motivasi beliau yang sangat membangun semangat saya di dalam perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
6. Bapak **Dr. Surya Sumpeno, S.T, MSc.,** yang juga memberikan ilmu, saran, wawasan dan motivasi, terutama dalam memberikan pemahaman terhadap suatu permasalahan dapat membentuk saya agar dapat berfikir secara luas dan tepat.



7. **Bapak Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.** yang juga memberikan ilmu, saran, wawasan, wejangan dan pengalaman beliau yang sangat berguna bagi saya dalam menambah keilmuan dan wawasan.
8. Dosen-dosen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan ilmu-ilmu baru dalam pengembangan wawasan
9. Teman-teman yang telah membantu memberi kritik dan saran atas proposal ini.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan Tesis ini. Saya berharap Tesis ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri sendiri dan bagi semua pihak.

Surabaya, 07 Juni 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2.....	5
2.1 Agen Cerdas .....	5
2.2 Non-Playable Character .....	6
2.3 Real Time Strategy ( RTS ).....	7
2.3 Logika Fuzzy.....	8
2.4.1 Himpunan Fuzzy .....	9
2.4.2 Fuzzifikasi .....	9
2.4.3 Defuzzifikasi .....	10
2.4.4 <i>Fuzzy Inference System</i> .....	11
2.4.5 Koordinasi Perilaku Fuzzy.....	12
2.5 <i>Gaussian Distribution</i> .....	14
2.3 Generator Angka Acak Gaussian Metode Marsaglia.....	16
BAB 3.....	19
3.1 Metodologi .....	19
3.2 Perancangan Skenario Penyerangan.....	21
3.3 Perancangan Perilaku Pasukan NPC .....	23

3.3.1	<i>Target Selection Rule</i> Pasukan NPC .....	28
3.3.2	<i>Fuzzy Action Controller</i> Pasukan NPC .....	31
3.4	Perancangan Koordinasi Pasukan .....	34
3.5	Pembuatan Agen Cerdas Menggunakan Fuzzy Coordinator .....	36
3.6	Koordinasi Target Serangan .....	39
3.7	Koordinasi Jenis Aksi Serangan .....	39
3.8	Skenario Pengujian Sistem .....	40
BAB 4	.....	43
4.1	Pengujian Variasi Serangan .....	43
4.1.1	Pengujian 1 Variasi Perilaku Serangan.....	44
4.1.2	Pengujian 2 Variasi Perilaku Serangan.....	50
4.1.3	Pengujian 3 Variasi Perilaku Serangan.....	56
4.1.4	Pengujian Distribusi Normal Variasi Skill Serangan.....	62
4.2	Pengujian Simulasi Penyerangan.....	65
4.3	Pengujian Fuzzy Coordinator .....	75
BAB 5	.....	79
5.1	Kesimpulan .....	79
5.2	Saran... ..	79
DAFTAR PUSTAKA	.....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan Model Mamdani dan Sugeno.....	12
Tabel 3.1 Jenis–jenis Pasukan NPC dan Bangunan .....	22
Tabel 3.2 Kekuatan Serangan Cannon dan Archer Tower.....	23
Tabel 3.3 Perbandingan <i>Heal Support</i> antara <i>Hero</i> dengan <i>Wizard</i> .....	23
Tabel 3.4 Perilaku Penyerangan Pasukan <i>Swordsman</i> .....	26
Tabel 3.5 Perilaku Penyerangan Pasukan <i>Archer</i> .....	26
Tabel 3.6 Perilaku Penyerangan Pasukan <i>Wizzard</i> .....	27
Tabel 3.7 Perilaku Penyerangan <i>Hero Swordsman</i> .....	27
Tabel 3.8 Rule of Target Selection Behavior.....	30
Tabel 3.9. Action Value NPC Pasukan .....	31
Tabel 3.10 Fuzzy Rulebase Action NPC <i>Swordsman</i> .....	33
Tabel 3.11 Fuzzy Rulebase Action NPC <i>Archer</i> .....	33
Tabel 3.12 Fuzzy Rulebase Action NPC <i>wizard</i> .....	34
Tabel 3.13 Team Strategy Value .....	38
Tabel 3.14 Fuzzy Coordinator Rulebase .....	38
Tabel 3.15 Target Selection Coordination Rule.....	39
Tabel 4.1 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu Short ...	44
Tabel 4.2 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu Medium.....	45
Tabel 4.3 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu Long ...	45
Tabel 4.4 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Short ...	50
Tabel 4.5 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Medium.....	51

Tabel 4.6 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Long....	51
Tabel 4.7 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Short ...	56
Tabel 4.8 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Medium .....	57
Tabel 4.9 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Long....	57
Tabel 4.10 Data Pengujian Variasi Skill Serangan Dengan Menggunakan Koordinasi .....	64
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan dengan Koordinasi .....	66
Tabel 4.12 Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan Tanpa Koordinasi .....	67
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan dengan Koordinasi .....	67
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan tanpa Koordinasi .....	68
Tabel 4.15 Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan dengan Koordinasi .....	68
Tabel 4.16 Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan Tanpa Koordinasi .....	69
Tabel 4.17 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 1 .....	69
Tabel 4.18 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 2 .....	69
Tabel 4.19 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 3 .....	69
Tabel 4.20 Data Perilaku Pasukan NPC Dengan Koordinasi Pada Simulasi Pertempuran .....	71
Tabel 4.21 Data Perilaku Pasukan NPC Tanpa Koordinasi Pada Simulasi Pertempuran .....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Agen Cerdas Sederhana .....	5
Gambar 2.2 Unit Pasukan NPC Clash of Clans .....	7
Gambar 2.3 <i>Game</i> Star Craft : Brood War.....	8
Gambar 2.4 <i>Membership value</i> Kondisi Pasukan A dan B.....	10
Gambar 2.5 Kurva Distribusi Normal.....	15
Gambar 2.6 Koordinat Polar Marsaglia .....	17
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian .....	19
Gambar 3.2 Ilustrasi Koordinasi oleh Agen Cerdas .....	20
Gambar 3.3 <i>Finite state Machine</i> Pasukan NPC.....	24
Gambar 3.4 Perilaku memilih target serangan <i>offensive</i> .....	29
Gambar 3.5 Perilaku memilih target serangan <i>cautious</i> .....	29
Gambar 3.6 Perilaku memilih target serangan <i>defensive</i> .....	30
Gambar 3.7 Fungsi Keanggotan Kesehatan Pasukan.....	32
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotan Kesehatan Musuh atau Tower.....	33
Gambar 3.9 Sistem Koordinasi Pasukan.....	35
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotan Sisa Waktu Serangan .....	36
Gambar 3.11 Fungsi Keanggotan Rata-rata <i>Health</i> Pasukan NPC .....	37
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotan Rata-rata <i>Health</i> Tower Musuh.....	37
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotan Team Strategy Value.....	38
Gambar 4.1 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 1 .....	46
Gambar 4.2 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu Short.....	47
Gambar 4.3 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu Medium.....	48

Gambar 4.4 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu Long.....	48
Gambar 4.5 Rata-rata <i>action value</i> NPC Pasukan Pada Pengujian 1 .....	49
Gambar 4.6 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 2.....	52
Gambar 4.7 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu Short... ..	53
Gambar 4.8 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu Medium .....	54
Gambar 4.9 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu Long... ..	54
Gambar 4.10 Rata-rata <i>action value</i> NPC Pasukan Pada Pengujian 2 .....	55
Gambar 4.11 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu Short .....	58
Gambar 4.12 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu Medium dan High.....	59
Gambar 4.13 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu Short .....	60
Gambar 4.14 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu Medium.....	60
Gambar 4.15 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu Long.....	61
Gambar 4.16 Rata-rata <i>action value</i> NPC Pasukan Pada Pengujian 3 .....	61
Gambar 4.17 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pasukan NPC Dengan Koordinasi Pada Pengujian Variasi Skill Serangan .....	65
Gambar 4.18 Perubahan Nyawa Pasukan NPC dalam Simulasi .....	73
Gambar 4.19 Perubahan Sisa Pasukan NPC dalam Simulasi .....	73
Gambar 4.20 Perolehan Gold dalam Simulasi.....	74
Gambar 4.21 Output Pengujian 1 Sistem Fuzzy Coordinator .....	76

Gambar 4.22 Output Pengujian 2 Sistem Fuzzy Coordinator..... 76



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Short*.
- Lampiran 2. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Medium*.
- Lampiran 3. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Long*.
- Lampiran 4. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Short
- Lampiran 5. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Medium
- Lampiran 6. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Long
- Lampiran 7. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Short
- Lampiran 8. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Medium
- Lampiran 9. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu Long
- Lampiran 10. Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan dengan Koordinasi
- Lampiran 11. Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan Tanpa Koordinasi
- Lampiran 12. Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan dengan Koordinasi
- Lampiran 13. Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan tanpa Koordinasi
- Lampiran 14. Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan dengan Koordinasi
- Lampiran 15. Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan Tanpa Koordinasi
- Lampiran 16. Hasil Pengujian 1 Sistem Fuzzy Coordinator
- Lampiran 17. Hasil Pengujian 2 Sistem Fuzzy Coordinator

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Real-Time Strategy* (RTS) *game* menyediakan domain yang kaya dan menantang untuk penelitian agen otonom<sup>[1]</sup>. *Game* peperangan bertipe *Real-Time Strategy* (RTS) menampilkan kelompok–kelompok agen atau pasukan NPC yang berperang dan menghancurkan pertahanan musuh. Agen AI (*Artificial Intelligence*) yang dikelilingi oleh teman sekutunya, namun berperilaku seolah-olah sendirian akan membuat situasi dalam permainan menjadi tidak nyata. Kurangnya tingkat kerja sama antar NPC akan membuat *game* tidak menarik dan kurang *immersive*<sup>[2]</sup>. Koordinasi kelompok memungkinkan agen bekerja sama untuk menghasilkan taktik dan strategi yang lebih baik sehingga menghasilkan perilaku yang lebih baik pula<sup>[3]</sup>. Kerja sama pasukan tidak harus dibuat agar pasukan tersebut lebih sering untuk menang<sup>[4]</sup>. Koordinasi pasukan dalam bekerja sama dikembangkan untuk dapat mencapai atau meraih tujuan utama kelompok.

Suatu koordinasi memerlukan seorang pemimpin<sup>[5]</sup> yang dapat menganalisa perubahan keadaan kelompok yang dipimpinya untuk menentukan strategi yang harus diambil untuk dapat mencapai tujuan utama kelompok, sebagai contoh bertahan atau menarik pasukan untuk mengurangi jumlah pasukan yang mati, kemudian strategi menyerang untuk segera memenangkan pertandingan. Pemimpin pasukan tersebut umumnya adalah pemain itu sendiri seperti pada *game* RTS *Age Of Empire*<sup>[6]</sup>. Namun terdapat beberapa *game* RTS peperangan yang memiliki skenario penyerangan dimana pemain tidak dapat memiliki kendali penuh atas pasukanya ketika bertempur, seperti pada *game* *Clash of Clans*<sup>[7]</sup>. Pasukan dari *game* tersebut berupa NPC. Pasukan NPC merupakan karakter yang tidak dapat dikendalikan oleh pemain, sehingga pasukan NPC diberi kecerdasan untuk dapat menanggapi setiap perubahan pada lingkungannya. Pada permainan tersebut pemain hanya dapat menempatkan pasukan NPC pada posisi tertentu dan kemudian NPC tersebut secara otonom mengerjakan tugasnya tanpa dapat

dikendalikan lagi oleh pemain itu sendiri. Skenario penyerangan tersebut dihadapkan pada permasalahan bahwa setiap NPC pasukan adalah agen otonom yang memiliki kecerdasan sendiri dalam memilih perilaku berdasarkan perubahan keadaan dari NPC itu sendiri. Perilaku NPC tersebut terkadang tidak sesuai untuk mencapai tujuan utama kelompok. Pemain tidak dapat mengontrol perilaku dari setiap pasukannya. Perilaku agen merupakan kumpulan aksi yang dilakukan oleh agen sebagai reaksi terhadap lingkungannya<sup>[8]</sup>. Tidak adanya koordinasi membuat NPC pasukan sering melakukan aksi yang sia-sia dan menghamburkan sumber daya atau gagal dalam mencapai tujuan yang membutuhkan kerja sama kelompok. Perilaku serangan yang bervariasi juga diperlukan agar serangan menjadi *unpredictable*, sehingga musuh atau lawan tidak dapat mengenali pola serangan dari pasukan NPC. Oleh karena itu diperlukan adanya agen cerdas untuk dapat menggantikan peran pemain sebagai pemimpin untuk mengkoordinasi perilaku pasukan dalam penyerangan. Agen cerdas tersebut harus dapat menentukan strategi kelompok dengan menganalisa setiap perubahan keadaan dalam *game* peperangan yang sering bersifat tidak pasti atau abu-abu, sebagai contoh *health* pasukan yang bisa berada pada kondisi diantara lemah dan kuat atau bisa juga disebut tidak terlalu kuat. Strategi dari agen tersebut akan menentukan perilaku kelompok pasukan. Perilaku kelompok adalah kumpulan perilaku-perilaku dari tiap pasukan. Strategi dari agen cerdas diharapkan dapat menghasilkan perilaku kelompok yang lebih baik dalam mencapai tujuan kelompok.

Penelitian tentang perilaku dan koordinasi *agent* telah dilakukan pada bidang robotik oleh Prahlad Vadakkepat<sup>[9]</sup> dengan menggunakan koordinator fuzzy. Metode tersebut digunakan pada robot sepak bola. Penelitian selanjutnya oleh Ika Widyastuti<sup>[10]</sup> tentang perilaku pasukan dalam pertarungan jarak dekat menggunakan fuzzy koordinator. Penelitian dari Ika<sup>[10]</sup> berhasil menunjukkan bahwa koordinasi pada agent membuat penyerangan yang dilakukan lebih baik jika dibandingkan tanpa koordinasi. Namun penggunaan rule base dalam pemilihan serangan terkoordinasi membuat serangan pasukan akan mudah terprediksi jika dihadapkan dengan pemain manusia. Penelitian selanjutnya oleh Nur kholis<sup>[11]</sup> tentang variasi perilaku serangan prajurit menggunakan distribusi normal. Penelitian<sup>[11]</sup> telah berhasil menciptakan variasi serangan yang

*unpredictable*, namun belum terdapat koordinasi antar prajurit dan metode pemilihan perilaku yang digunakan belum adaptif terhadap kondisi prajurit dan tim prajurit.

Pada penelitian ini diusulkan teknik koordinasi menggunakan agen cerdas berbasis fuzzy coordinator dan distribusi Gaussian. Agen cerdas berperan sebagai *leader* dari NPC pasukan yang menentukan strategi untuk tim dalam skenario penyerangan pada *game* Dwipa Yudha. Logika Fuzzy digunakan agar agen cerdas dapat berpikir, bernalar atau mengambil keputusan pada lingkungan yang terdapat ketidakpastian, keraguan atau bersifat abu-abu. Logika fuzzy telah banyak digunakan dalam penelitian kendali navigasi robot otonom<sup>[12] [13]</sup> dan navigasi agen virtual pada lingkungan virtual yang tidak diketahui<sup>[14]</sup>. Penggunaan logika fuzzy untuk koordinasi pada tim robot sepak bola dan tim robot hoki telah dilakukan oleh Vadakkepat<sup>[9]</sup> dan Hagra<sup>[15]</sup>. Metode *Fuzzy coordinator* digunakan untuk mengkoordinasi perilaku pasukan NPC dengan strategi dari *leader*. Distribusi Gaussian digunakan untuk memberikan variasi perilaku serangan disekitar perilaku hasil koordinasi.

Skenario *game* Dwipa Yudha adalah skenario *game* yang sedang dikembangkan oleh mahasiswa *game technology* ITS 2013. Skenario Dwipa Yudha memiliki kemiripan dengan *game* Clash of Clans<sup>[7]</sup> dimana pemain tidak dapat memiliki kendali penuh atas pasukannya ketika bertempur. Tujuan utama kelompok pasukan dalam skenario penyerangan Dwipa Yudha adalah mendapatkan resource sebanyak banyaknya dan menjaga agar *Hero* yang ikut berperang tidak kehabisan nyawa. Jika *Hero* kehabisan nyawa maka akan mengurangi 50% resource yang di dapat dalam penyerangan ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam *game real time strategy* peperangan dengan skenario penyerangan pemain tidak dapat memiliki kendali penuh atas pasukannya, penyerangan berkelompok pasukan NPC yang tidak dikoordinir oleh seorang pemimpin pasukan akan gagal dalam mencapai tujuan utama kelompok. Pasukan NPC hanya melakukan aksi berdasarkan keadaan dari NPC itu sendiri untuk mencapai

tujuannya masing–masing, mereka tidak dapat berkoordinasi untuk menyesuaikan perilakunya dalam mencapai tujuan utama kelompok.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

- a. Koordinasi pasukan dilakukan dengan cara menyesuaikan perilaku NPC pasukan dengan strategi tim yang ditentukan oleh agen cerdas sebagai pemimpin penyerangan.
- b. Koordinasi pasukan ditujukan untuk mencapai tujuan kelompok yaitu memperoleh resource sebanyak mungkin dan menjaga agar *Hero* tidak kehabisan nyawa.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan agen cerdas berbasis fuzzy coordinator dan distribusi Gaussian yang dapat menggantikan peran pemain dalam mengkoordinasi pasukan NPC untuk mencapai tujuan utama dalam penyerangan berkelompok.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

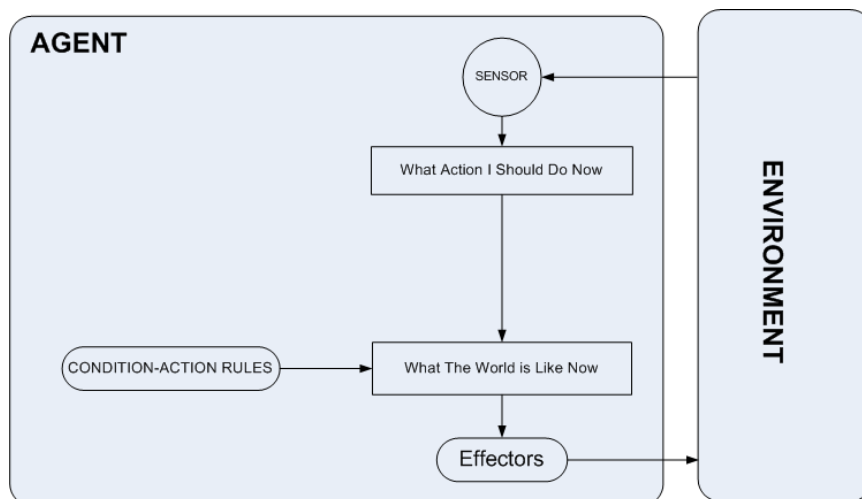
*Game real time strategy* peperangan dengan skenario penyerangan pemain tidak dapat memiliki kendali penuh atas pasukannya dapat menjadi lebih menarik dengan adanya penyerangan berkelompok oleh NPC pasukan yang terkoordinir oleh agen cerdas.

## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Agen Cerdas

Agen cerdas adalah objek yang dapat mengamati lingkungannya melalui sensor dan bertindak terhadap apa yang diamatinya tersebut melalui efektor <sup>[16]</sup>. Sebagai contoh seorang agen manusia memiliki mata, telinga, dan organ lainnya sebagai sensor, dan tangan, kaki, mulut, dan bagian tubuh lainnya untuk efektor. Agen memiliki *condition-action rules* yang digunakan untuk memetakan aksi yang akan diambil berdasarkan persepsi yang diterima dari lingkungan. Gambar 2.1 merupakan struktur sederhana agen cerdas. Agen cerdas menerima masukan dari lingkungannya dengan sensor yang dimilikinya. Kemudian mendefinisikan keadaan lingkungannya saat itu. Kemudian dengan *rule base* yang dimiliki, agen cerdas akan menentukan aksi atau tindakan apa yang harus diambil. Aksi tersebut kemudian dieksekusi pada lingkungannya.



Gambar 2.1 Struktur Agen Cerdas Sederhana <sup>[16]</sup>.

Salah satu karakteristik agen <sup>[17]</sup> adalah kemampuan komunikasi dan koordinasi dengan user dan agen lain. Komunikasi user adalah melalui *user interface* dan

perangkatnya. Komunikasi, koordinasi dan kolaborasi dengan agen lain adalah suatu permasalahan sentral di penelitian sistem multi agen yang diperlukan adanya bahasa standar agar agen dapat berkomunikasi dengan agen lainnya.

## 2.2 Non-Playable Character (NPC)

NPC merupakan karakter dalam lingkungan *game* yang tidak dapat dikontrol secara penuh oleh manusia. NPC dapat berperan sebagai teman, musuh atau netral. NPC dapat berupa manusia, hewan dan tanaman. Karena NPC tidak dapat dikendalikan secara penuh oleh pemain, maka NPC perlu diberikan kecerdasan agar dapat merespon segala sesuatu yang terjadi di lingkungannya. Oleh karena itu NPC yang memiliki kecerdasan dalam melaksanakan tugas tertentu juga termasuk dalam agen cerdas. NPC yang *believable* dapat berarti bahwa derajat kemiripan yang sangat tinggi terhadap karakter di *game* dengan yang ada di dunia nyata. Kemiripan tersebut dapat dilihat dari berbagai aspek, sebagai contoh : cara berjalan, cara berbicara dan texture karakter <sup>[18]</sup>. NPC yang *believable* akan membuat *game* lebih immersive. *Game* dikatakan immersive jika pemain menjadi seakan terlibat dalam permainan dan menjadi fokus terhadap permainan tersebut dan kurang menyadari keadaan sekitarnya <sup>[19]</sup>.

*Game* dengan genre tertentu dapat memiliki masing-masing tipe NPC <sup>[20]</sup>. Tipe Tactical NPC ditemui pada permainan RPG, Action dan Sport. Tactical NPC pada dasarnya bisa merupakan teman untuk membantu pemain mencapai tujuan atau bisa merupakan lawan permainan. Support NPC terdapat pada permainan RPG dan petualangan yang berinteraksi dengan pemain untuk membantu menjelajah dunia permainan. *Strategic* NPC terdapat pada permainan strategi dan *sport* yang mempunyai peran mengontrol dan mengorganisasi kelompok pemain yang dikendalikan oleh komputer (unit NPC). *Strategic* NPC memiliki peran yang sama seperti yang dilakukan oleh pemain manusia dalam mengontrol dan mengorganisasi. Selanjutnya unit NPC adalah NPC yang menyusun kelompok yang dikendalikan oleh pemain manusia atau *Strategic* NPC yang mampu menjalankan perintah yang diberikan oleh pemain manusia atau *Strategic* NPC. Dalam permainan olahraga terdapat NPC komentator yang mempunyai kemampuan untuk menceritakan dan mengomentari apa yang terjadi dalam



pertandingan. Gambar 2.2 menunjukkan contoh unit pasukan NPC yang sedang berperang pada *game* Clash of Clans.



Gambar 2.2 Unit Pasukan NPC Clash of Clans.

Pada penelitian ini fuzzy koordinator diimplementasikan pada agen cerdas yang bertindak sebagai strategic NPC yang akan mengkoordinir unit Pasukan NPC.

### 2.3 Real Time Strategy (RTS)

*Real Time Strategy* (RTS) adalah sub genre dari game strategi. Dalam permainan RTS, pemain harus membangun ekonominya yaitu dengan mengumpulkan sumber daya, membangun basis, membangun peradaban teknologi, bercocok tanam dan lain sebagainya. Pemain juga harus membangun kekuatan militernya dengan membuat pasukan, bangunan pertahanan dan bangunan untuk meningkatkan teknologi militer.

Perbedaan *game* RTS dengan *game* papan tradisional seperti catur adalah [21] :

1. Bergerak secara simultan, beberapa pemain dapat mengeluarkan tindakan secara bersamaan. Tindakan yang diambil memerlukan waktu untuk selesai dieksekusi

2. Real time, ini berarti bahwa pemain hanya memiliki sedikit waktu untuk menentukan langkah selanjutnya karena perubahan yang terjadi secara cepat berbeda dengan permainan catur.
3. Kebanyakan RTS menerapkan *Fog-of-war*, pemain hanya dapat melihat daerah yang telah dieksplorasi.
4. Kebanyakan RTS bersifat *non-deterministic*, sehingga beberapa tindakan memiliki kesempatan untuk berhasil.
5. Kompleksitas permainan dari sisi banyaknya tindakan yang bias diambil atau dari luasnya *environment* permainan.

Gambar 2.3 menunjukkan permainan RTS Star Craft.



Gambar 2.3 *Game Star Craft : Brood War* <sup>[21]</sup>.

## 2.4 Logika Fuzzy

Kondisi pada dunia *game* banyak yang tidak bisa hanya didefinisikan sebagai benar atau salah, hitam atau putih. Terdapat hal-hal bernilai abu-abu yang jika diperhatikan maka akan dapat membantu dalam hal pengambilan keputusan secara intuitif lebih adil. Logika fuzzy adalah seperangkat teknik matematika yang dirancang untuk mengatasi daerah abu-abu. Sebagai contoh dalam membuat

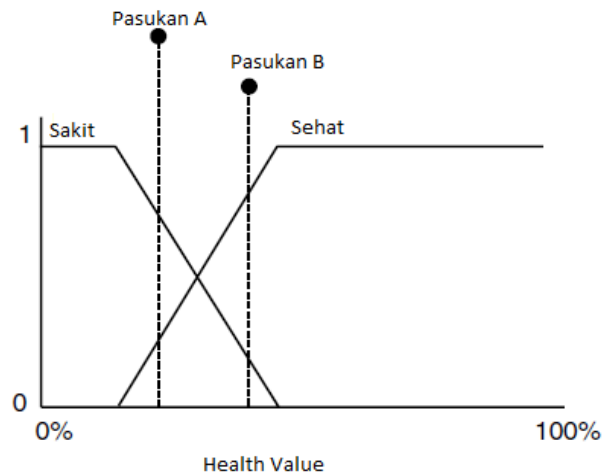
kecerdasan agen ketika berjalan melalui area berbahaya. Agen terdiri dari 2 kondisi yaitu berani dan berhati-hati. Ketika berhati-hati agen berjalan perlahan sambil mengawasi keadaan sekitar. Ketika dalam kondisi berani agen berjalan secara normal. Ketika berjalan agen akan melalui 2 kondisi tersebut maka akan terlihat aneh ketika agen yang berjalan pelan lalu secara signifikan merubah kondisinya menjadi normal yang seakan agen melupakan kondisi sebelumnya. Fuzzy logic memungkinkan untuk mengaburkan batas antara kedua kondisi tersebut, sehingga dapat diciptakan perilaku yang bergradasi dan bisa mencakup berbagai derajat kondisi<sup>[22]</sup>.

#### **2.4.1. Himpunan Fuzzy**

Himpunan fuzzy berbeda dengan himpunan klasik. Himpunan klasik memiliki batasan yang jelas (crisp set). Keanggotaan dari himpunan klasik dapat dinyatakan sebagai anggota himpunan atau bukan sebagai anggota. Pada himpunan fuzzy, keanggotaan suatu elemen pada suatu himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaannya. Sebagai contoh karakter dalam game dapat mengalami kondisi sakit. Pada himpunan klasik maka karakter tersebut hanya dapat berada pada kondisi sakit atau tidak sakit. Pada himpunan fuzzy karakter tersebut dapat memiliki derajat kondisi sakit 0.7 yang berarti lebih sakit dari kondisi sakit dengan derajat yang lebih kecil 0.3. Pada himpunan fuzzy memungkinkan karakter tersebut memiliki *multiple membership* sebagai contoh kondisi karakter bisa sakit 0.3 dan sehat 0.7.

#### **2.4.2 Fuzzifikasi**

Logika fuzzy hanya bekerja dengan derajat keanggotaan dari himpunan fuzzy. Derajat keanggotaan bukan merupakan format data yang umum disimpan dalam permainan. Diperlukan pengkonversiaan dari data reguler menjadi derajat keanggotaan, inilah yang disebut fuzzifikasi. Proses selanjutnya adalah mengembalikan kembali format data yang disebut dengan proses defuzzifikasi. Sebagai contoh pasukan NPC dalam *game* dapat memiliki 2 kondisi yaitu sehat dan sakit. Kemudian kondisi pasukan tersebut dikonversi dalam derajat keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Membership value* Kondisi Pasukan A dan B<sup>[22]</sup>.

### 2.4.3 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi adalah proses untuk merubah kembali data membership menjadi data reguler yang dapat digunakan. Terdapat berbagai macam teknik defuzzifikasi. Namun tidak ada konsensus yang jelas metode mana yang terbaik. Semuanya memiliki struktur dasar yang sama namun berbeda dalam efisiensi dan stabilitas hasil. Beberapa metode Defuzzifikasi<sup>[23]</sup>:

1. *Height Method*

Metode ini secara sederhana memilih nilai *crisp* yang memiliki derajat keanggotaan tertinggi. Teknik ini sangat cepat, simpel dan mudah untuk diimplementasikan. Namun memberikan hasil yang kasar. Sebagai contoh Karakter yang memiliki nilai keanggotaan berjalan 0 dan berlari 1 akan memiliki hasil output kecepatan yang sama dengan nilai keanggotaan berjalan 0.3 dan berlari 0.7.

2. *Weighted Average*

Metode ini mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Maka nilai *crisp* yang dihasilkan adalah :

$$Cr = \frac{\mu(y).y}{\mu(y)} \quad (2.1)$$

Dimana  $Cr$  adalah nilai *crisp* dan  $\mu(y)$  adalah derajat keanggotaan dari *crisp*  $y$ .

### 3. Center of Area

Metode ini paling menarik diantara metode fuzzy. Metode ini memperhitungkan seluruh *membership* bukan hanya yang terbesar. Metode ini mengambil sembarang titik pada area abu-abu lalu diproses dengan persamaan :

$$Cr = \frac{\sum y \cdot \mu(y)}{\sum \mu(y)} \quad (2.2)$$

Dimana  $Cr$  adalah nilai *crisp* dan  $\mu(y)$  adalah derajat keanggotaan dari *crisp y*.

#### 2.4.4 Fuzzy Inference System

Suatu metode untuk pengambilan keputusan dengan memetakan input menjadi output menggunakan *if-then rule*. FIS dapat dibangun dengan 2 metode yaitu mamdani dan sugeno. Keduanya hanya berbeda pada cara menentukan nilai output dari sistem inferensi [23]. Pada model Mamdani aturan fuzzy didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{IF } X_1 \text{ IS } A_1 \text{ AND...AND } X_n \text{ IS } A_n \text{ THEN } y \text{ IS } B \quad (2.3)$$

Dimana  $A_1, \dots, A_n$ , dan  $B$  adalah fuzzy set dan “ $X_1$  IS  $A_1$ ” menyatakan bahwa nilai variabel  $X_1$  adalah anggota fuzzy set  $A_1$ . Pada model Sugeno menggunakan aturan sebagai berikut :

$$\text{IF } X_1 \text{ IS } A_1 \text{ AND...AND } X_n \text{ IS } A_n \text{ THEN } y = f(X_1, \dots, X_n) \quad (2.4)$$

Dimana  $f$  bisa berupa sembarang fungsi dari variabel-variabel *input* yang nilainya berada dalam interval variabel *output*. Tahapan – tahapanya inferensi fuzzy adalah sebagai berikut :

1. Fuzzifikasi, adalah tahapan menentukan derajat keanggotaan dari variabel masukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan.
2. Implikasi, tahapan memperoleh keluaran sebuah *if-then rule* berdasarkan derajat kebenaran *antecedent*. Implikasi dapat dilakukan

dengan fungsi dot (*product*) dan min pada tiap rule dengan memilih derajat keanggotaan minimum.

3. Agregasi, adalah tahapan mengkombinasikan semua keluaran *if-then rule*. Fungsi yang sering digunakan adalah max, sum dan *probabilistic or*.

Penggunaan model mamdani dan sugeno dapat dilihat dari pada tabel 2.1 mengenai keuntungan kedua model tersebut.

Tabel 2.1 Keuntungan Model Mamdani dan Sugeno <sup>[24]</sup>

MAMDANI	SUGENO
Hasil Lebih Intuitif	Perhitungan lebih sederhana
Lebih baik untuk inputan yang berasal dari manusia	Waktu proses cepat
Hasil Dapat diterima banyak pihak	Komputasi efisien
	Bekerja baik untuk teknik optimasi dan adaptif
	Cocok untuk analisa matematika
	Bekerja baik dengan teknik linear seperti PID Control

#### 2.4.5 Koordinasi Perilaku Fuzzy

Koordinasi perilaku berkaitan dengan bagaimana menentukan perilaku yang akan diaktifkan pada saat tertentu. Koordinasi digunakan untuk mengatur ketergantungan antar aktifitas. Sebagai contoh pengaturan dalam penggunaan sumber daya secara bersamaan<sup>[10]</sup>. Pada *Fuzzy behavior-based control* setiap *behavior* memilih sistem fuzzy tersendiri untuk menghasilkan output *behavior value* yang kemudian nilai *behavior* dari setiap sistem *fuzzy* tersebut dikoordinasikan melalui sistem koordinator *fuzzy* untuk menghasilkan *behavior* terkoordinasi yang sesuai dengan kondisi saat itu. Beberapa penelitian tentang koordinasi menggunakan fuzzy adalah :

1. *Fuzzy based Hierarchical Coordination* oleh Hani Hagrah dkk<sup>[15]</sup>. Digunakan untuk mengkoordinasi tim robot Hockey. Pada robot Hockey tersebut terdapat 4 perilaku yaitu *Obstacle avoidance behavior, left and right edge following behavior, goal seeking behavior, goal keeper*). Setiap perilaku tersebut memiliki *fuzzy logic controller* dan *fuzzy rule base* masing-masing. Kemudian masing-masing fuzzy tersebut dapat merespon terhadap perubahan kondisi dan memberikan output kepada *high level fuzzy coordination layer*. Koordinasi pada sistem ini memungkinkan aktivasi perilaku secara parsial ataupun bersamaan. Perpindahan antar perilaku juga lebih *smooth*.
2. *Fuzzy Rule Base Coordination* oleh Vadakkepat<sup>[9]</sup> pada kendali robot *soccer*. Perilaku agen disusun secara hirarki dimana strategi tim pada level paling atas membagi robot roles level dibawahnya menjadi 4 yaitu *attacker, midfielder, defender, goalie*. *Robot role* juga memiliki behavior masing-masing yang berada pada level dibawahnya dibagi lagi menjadi 12 *robot behavior* yaitu *shout, chase, pass, wander, guard, sweep, kick, block, track, shun robot, avoid wall, frustration*. *Robot behavior* terdiri dari beberapa aksi pada level paling bawah yaitu *get ball, get ball fb, get ball at angle, go angle, go position fb stop, avoid left, avoid right, avoid front, avoid left corner, avoid right corner, spin, go position, go position at angle, go position fb*. Koordinasi menggunakan dua metode yaitu *fuzzy rule base coordination* dengan *top-down decision making* untuk memilih perilaku yang *mutualli exclusive* dan metode *Activity and Action Contribution* dengan pendekatan *bottom-up* untuk memilih perilaku yang reaktif seperti *obstacle avoidance*. Kedua metode tersebut saling berkoordinasi untuk menghasilkan perilaku robot. Sebagai contoh *role* yang memiliki aksi *obstacle avoidance*. *Fuzzi rule base* tidak dapat mengaktifkan *obstacle avoidance*. *Obstacle avoidance* akan aktif dengan sendirinya jika dibutuhkan. Dalam situasi tersebut *role* mengkaji *activity value* dari *avoid wall* bersama dengan *behavior* lain didalam *rulebase*

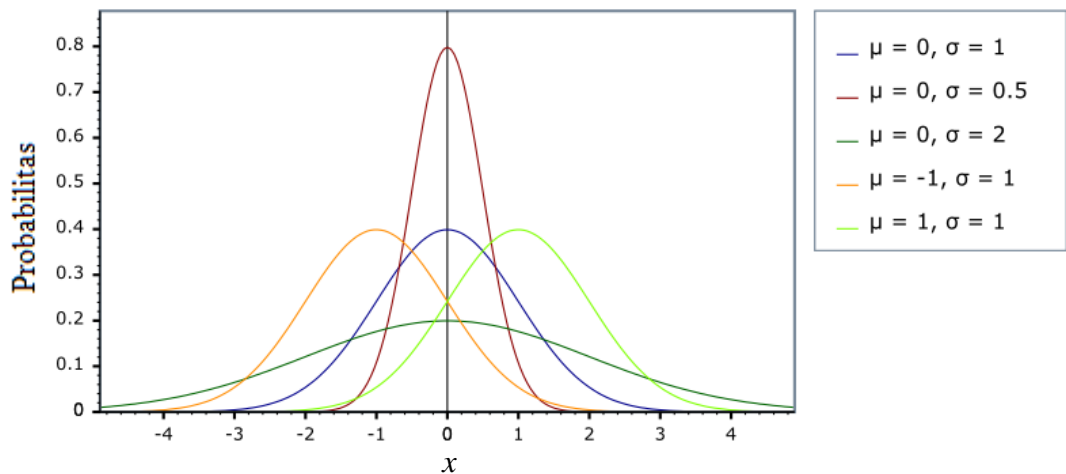
untuk menentukan *behavior* keseluruhan. Dengan metode tersebut perilaku reaktif dan deliberatif dapat dikombinasikan dengan mulus.

3. Fuzzy koordinator untuk koordinasi tim dalam permainan pertempuran jarak dekat oleh Ika <sup>[10]</sup>. Penelitian tersebut mengadopsi counter teroris (CT) dan teroris (T) sebagai NPC. Setiap NPC tersebut memiliki fuzzy controller untuk memilih aksi mereka sendiri berdasarkan keadaan individu. Fuzzy coordinator sebagai leader yang membaca keadaan secara tim dalam permainan untuk menentukan objective tim. Objective tim yang telah terpilih selanjutnya dikombinasikan dengan pilihan aksi dari tiap npc diproses oleh *coordination rule base* menghasilkan pilihan aksi baru untuk setiap npc.

## 2.5 *Gaussian Distribution*

Distribusi *gaussian* merupakan salah satu distribusi dalam bidang statistika yang juga biasa disebut distribusi normal. Distribusi ini dapat mewakili dengan baik gejala alam maupun hasil penelitian. Ditemukan oleh Abraham Demoivre tahun 1733. Namun disebut distribusi Gauss untuk menghormati Karl Fredrich Gauss (1777-1855) yang juga menemukan persamaan tersebut ketika meneliti galat dalam pengukuran berulang-ulang mengenai bahan yang sama <sup>[25]</sup>. Distribusi gaussian dipengaruhi oleh dua parameter yaitu nilai rata-rata atau mean ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ). Nilai kedua paramater tersebut mempengaruhi bentuk kurva seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Mean ( $\mu$ ) menentukan titik tengah atau puncak dari kurva sementara standar deviasi ( $\sigma$ ) menentukan lebar dan tinggi kurva. Distribusi gaussian sebenarnya berdasar dari teori limit pusat yang menyatakan bahwa jika *sample* cukup besar, maka distribusi mean ( $\mu$ ) akan mengikuti distribusi gaussian walaupun populasinya bukan Gaussian. Karakteristik distribusi gaussian adalah sebagai berikut :





Gambar 2.5 Kurva Distribusi Normal <sup>[26]</sup>.

Karakteristik dari distribusi Gaussian adalah sebagai berikut :

1. Kurva berbentuk lonceng dan memiliki satu puncak yang terletak di tengah. Nilai rata-rata sama dengan median dan modus.
2. Distribusi probabilitas dan kurva normal berbentuk kurva simetris pada mean ( $\mu$ ) hitungannya.
3. Kurva menurun di kedua arah yaitu ke kanan untuk nilai positif tak terhingga dan ke kiri untuk nilai negatif tak terhingga.
4. Luas daerah dibawah kurva normal dan diatas sumbu mendatar sama dengan 1.

Persamaan distribusi normal adalah sebagai berikut :

$$P(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2 / (2\sigma^2)} , x \in (-\infty, \infty) \quad (2.5)$$

Dengan :

- $p(x)$  adalah fungsi kerapatan dari  $x$
- $\mu$  adalah nilai rata-rata
- $\sigma$  standar deviasi
- $\pi = 3.14159..$
- $e = 2.71828..$

Distribusi normal standar adalah distribusi normal dengan nilai mean ( $\mu$ ) = 0 dan standar deviasi ( $\sigma$ ) = 1, sehingga persamaan 2.5 menjadi :

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} \quad (2.6)$$

Pada distribusi normal standar untuk memudahkan perhitungan fungsi  $p(x)$  ditransformasikan menjadi  $p(z)$  . Persamaan variabel  $Z$  ditunjukkan pada persamaan 2.7.

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma} \quad (2.7)$$

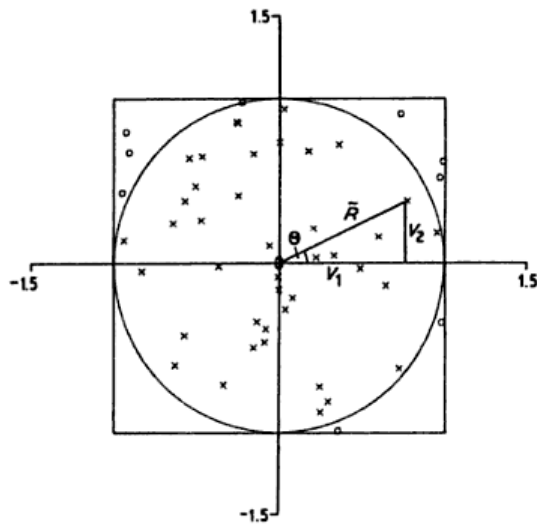
### 2.5.1 Generator Angka Acak Gaussian Metode Marsaglia

Terdapat beberapa metode untuk membangkitkan angka acak Gaussian salah satu metode tersebut adalah Transformasi Box-Muller. Metode ini akan membangkitkan sepasang angka acak dengan distribusi normal standard yang berasal dari angka acak yang terdistribusi uniform<sup>[27]</sup>. Jika  $U_1$  dan  $U_2$  adalah variabel acak terdistribusi *uniform* pada range [0,1]. Sedangkan  $Z_0$  dan  $Z_1$  adalah variabel acak terdistribusi normal standar. Maka dapat dinyatakan :

$$Z_0 = R \cos(\theta) = \sqrt{-2 \ln U_1} \cos(2\pi U_2) \quad (2.8)$$

$$Z_1 = R \sin(\theta) = \sqrt{-2 \ln U_1} \sin(2\pi U_2) \quad (2.9)$$

Algoritma Box-Muller kemudian ditingkatkan oleh Marsaglia dalam hal menghindari penggunaan fungsi trigonometri. Hal ini sangat penting karena fungsi trigonometri menghabiskan banyak waktu komputasi. Variabel random  $R^2$  dan  $\theta$  dalam bentuk koordinat polar dan saling independen. Jika dimisalkan terdapat besaran lain  $v_1$  dan  $v_2$  yang terdistribusi *uniform* pada range [-1,1], dan  $s = R^2 = v_1^2 + v_2^2$  dimana  $0 < s < 1$ . Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Titik terdistribusi *uniform* pada range [-1,1], titik dengan notasi o pada gambar 2.7 adalah titik yang ditolak karena berada diluar area lingkaran.



Gambar 2.7 Koordinat Polar Marsaglia <sup>[28]</sup>

Maka dapat disimpulkan bahwa  $U_1 = s$  dan  $U_2 = \frac{\theta}{2\pi}$ . Sehingga persamaan 2.8 dan 2.9 menjadi:

$$Z_0 = \sqrt{-2 \ln U_1} \left( \frac{u}{\sqrt{s}} \right) = v_1 \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}} \quad (2.10)$$

$$Z_1 = \sqrt{-2 \ln s} \left( \frac{v}{\sqrt{s}} \right) = v_2 \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}} \quad (2.11)$$

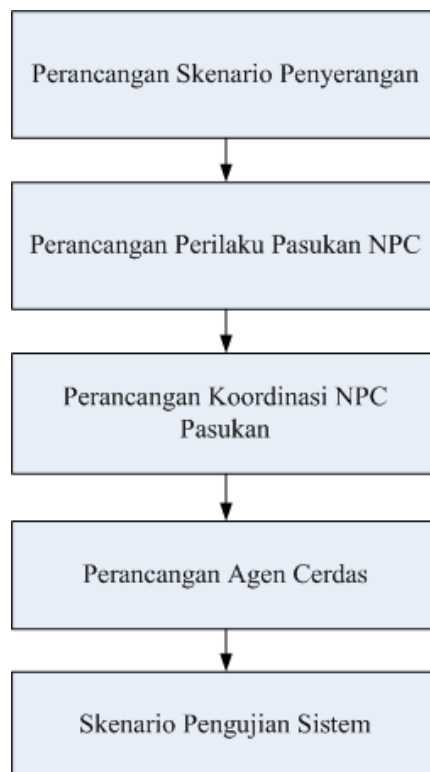
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 3

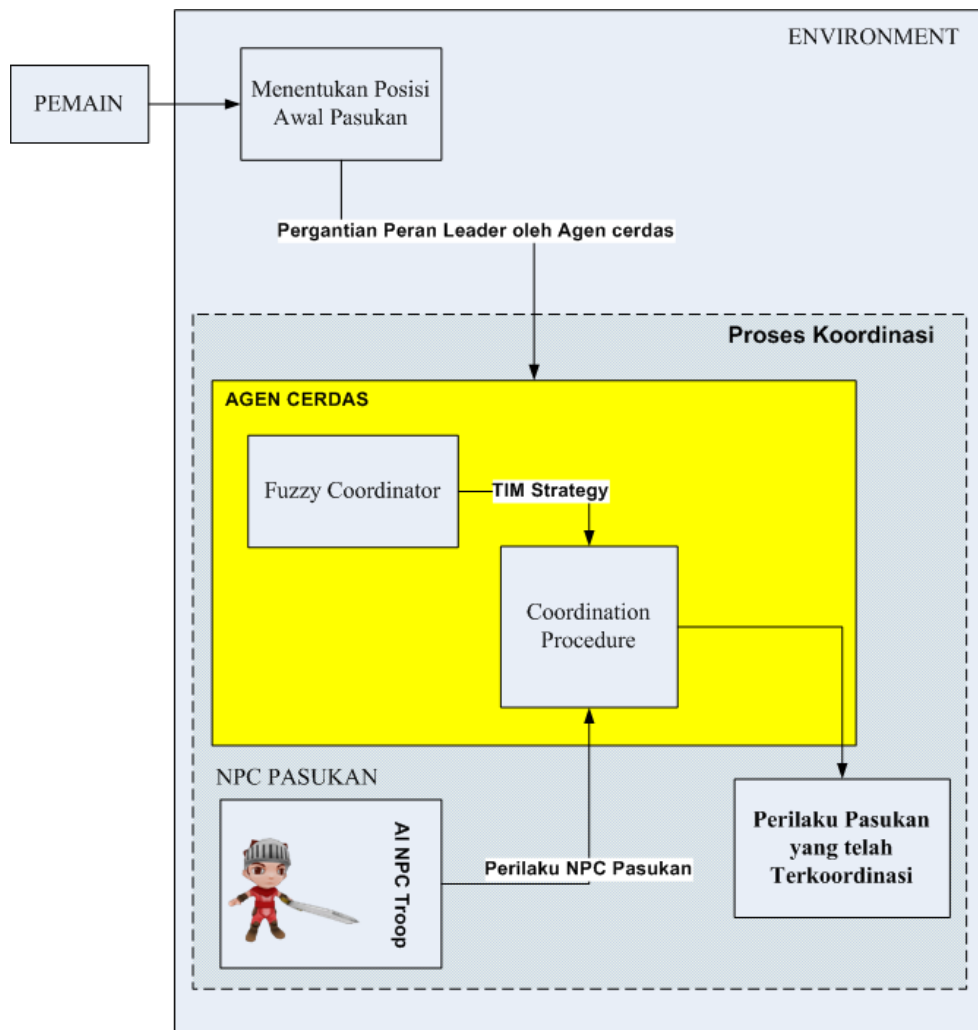
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metodologi

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti koordinasi pasukan NPC dalam memilih perilaku dalam menyerang. Pasukan NPC dikoordinir oleh agen cerdas yang bertindak sebagai *leader* atau koordinator dalam skenario penyerangan pertahanan musuh. Secara garis besar, penulis mengawali dengan pengumpulan landasan teori dan kajian pustaka. Metodologi pada penelitian ini disusun supaya lebih berfokus pada rencana penelitian. Secara garis besar metodologi dalam penelitian ini terdapat pada gambar 3.1. Koordinasi yang dilakukan agen cerdas untuk menggantikan peran pemain sebagai koordinator ditunjukkan oleh gambar 3.2.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.



Gambar 3.2 Ilustrasi Koordinasi oleh Agen Cerdas.

Pada gambar 3.2, pasukan NPC memiliki kecerdasan sendiri untuk memilih perilakunya berdasarkan kondisi dari NPC tersebut dan kondisi dari *environment*. Perilaku kelompok pasukan NPC tersebut perlu dikoordinir agar pasukan tersebut tidak melakukan aksi yang sia-sia, membuang waktu dan nyawa pasukan. dalam mencapai tujuan kelompok. Agen cerdas bertindak sebagai *leader* yang menganalisa keadaan tim pasukan secara keseluruhan dan selanjutnya menentukan strategi yang tepat untuk tim tersebut. *Leader* tersebut menentukan strategi tim. Strategi tim dapat berupa perintah untuk lebih menyerang atau bertahan. Perilaku pilihan dari setiap pasukan tersebut selanjutnya dikoordinasikan dengan strategi tim melalui suatu prosedur koordinasi. Prosedur

koordinasi menghasilkan perilaku terkoordinasi pada tiap-tiap pasukan. Prosedur koordinasi akan dijelaskan lebih detail pada subbab perancangan koordinasi.

Tujuan penyerangan dalam Dwipa Yudha secara umum adalah menyerang pertahanan musuh untuk mendapatkan sumber daya emas sebanyak banyaknya dari bangunan musuh dan menjaga agar *Hero* yang ikut berperang tidak kehabisan nyawa. *Hero* yang kehabisan nyawa akan mengurangi 50% sumber daya emas yang didapat.

### 3.2 Perancangan Skenario Penyerangan

Skenario serangan pada penelitian ini adalah pasukan NPC yang terdiri dari *Swordsman*, *Archer*, *Wizard troop* dan *Hero Swordsman* menyerang pertahanan musuh untuk mendapatkan sumber daya emas sebanyak banyaknya dari bangunan musuh dan menjaga agar *Hero* yang ikut berperang tidak kehabisan nyawa. *Hero* yang kehabisan nyawa akan mengurangi 50% sumber daya emas yang didapat. Bangunan pertahanan musuh yang dimaksud dalam skenario ini adalah *Cannon tower* dan *Archer tower*. Bangunan pertahanan melindungi *gold storage* dan *castle* dari serangan pasukan NPC. Waktu dalam setiap skenario penyerangan adalah 120 detik. Pada saat penyerangan pemain hanya dapat menentukan posisi awal kemunculan tiap pasukan. Pasukan yang muncul secara *autonomous* bergerak untuk menyerang musuh.

Pada penelitian ini meneliti koordinasi dari 3 jenis pasukan NPC yaitu *Swordsman*, *Archer* dan *Wizard troop*. Selain 3 jenis pasukan tersebut dalam skenario serangan ini terdapat NPC *Hero*. Jenis-jenis NPC dan bangunan pada skenario penyerangan ini adalah sebagai berikut:

1. Pasukan NPC, Terdapat empat jenis pasukan yaitu :
  - a. *Swordsman*: Pasukan dengan senjata pedang dan hanya bisa menyerang dari jarak dekat. *Swordsman* memiliki pertahanan yang kuat terhadap serangan musuh.
  - b. *Archer*: *Archer* hanya menyerang target dalam kejauhan. *Archer* memiliki keuntungan dalam jarak namun lemah dalam pertahanan dibanding dengan *Swordsman*.

- c. *Wizard: Passive Support*. Wizard mempunyai keuntungan *area effect* karena dapat menyembuhkan secara berangsur pasukan-pasukan yang berada di dekatnya. *Heal support* dari *wizard* pasukan biasa lebih lambat dari *hero*. Wizard dapat menyerang target dalam kejauhan. *Wizard* memiliki pertahanan terlemah namun memiliki jarak serangan paling jauh.
  - d. *Hero swordsman*: Merupakan pasukan pedang yang istimewa karena memiliki HP (*Hit Points*), serangan dan pertahanan yang lebih kuat dari pasukan biasa. Tiap pemain hanya bisa memiliki 1 *Hero*. *Hero* dapat menyembuhkan secara berangsur pasukan-pasukan yang berada di dekatnya. Kemampuan *heal* dari *Hero* lebih cepat dibandingkan dengan *wizard*. Keistimewaan lain dari *hero* adalah HP *hero* dapat berangsur angsur pulih dengan sendirinya. Perilaku menyerang *hero* adalah menyerang target terdekat.
2. *Canon tower*: Merupakan NPC bangunan pertahanan. Perilaku *Cannon tower* adalah menyerang musuh terdekat yang masuk ke area serangnya.
  3. *Archer tower*: Merupakan NPC bangunan pertahanan. Perilaku *Archer tower* adalah menyerang musuh terdekat yang masuk ke area serangnya.
  4. *Gold Storage*: Tempat menyimpan sumber daya emas.
  5. *Castle*: Bangunan utama yang harus dilindungi oleh *cannon* dan *archer tower*.

Tabel 3.1 menunjukkan *Hitpoints* masing-masing NPC, bangunan pertahanan, *gold storage* dan *castle*. Tabel 3.2 menunjukkan kekuatan serangan dari *Cannon tower* dan *Archer tower*. Tabel 3.3 menunjukkan perbandingan *heal support* antara *Hero* dengan *Wizzard*. Perilaku pasukan NPC akan dibahas pada subbab selanjutnya tentang perancangan perilaku pasukan NPC.

Tabel 3.1 Jenis-jenis Pasukan NPC dan Bangunan.

Jenis NPC	Hit Point	Armor	HP Recovery / second
Swordsman	100	5	-
Archer	100	3	-



Wizzard	100	2	-
Hero	500	20	0.4
Canon Tower	500	-	-
Archer Tower	500	-	-
Gold Storage	1000	-	-
Castle	2000	-	-

Tabel 3.2 Kekuatan Serangan *Cannon* dan *Archer Tower*.

Jenis Tower	Jenis Serangan	Damage	Kecepatan Serangan (detik)	Jarak Serangan
Cannon Tower	Fire Bullet	10	1	6
Archer Tower	Fire Arrow	5	0.5	5

Tabel 3.3 Perbandingan *Heal Support* antara *Hero* dengan *Wizzard*.

Jenis Pasukan	Passive Heal Support ( HP / detik )	Range
Wizzard	3	6
Hero	5	10

Fungsi perhitungan *damage* yang diterima oleh pasukan yaitu sebagai berikut:

$$\text{Damage Reduction} = ((0.06 * \text{Armor}) / (1 + 0.06 * \text{Armor})) * 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Total Damage} = \text{Enemy Damage} - \text{Damage Reduction} \quad (3.2)$$

Sebagai contoh Enemy Damage = 10. Armor Pasukan = 5

$$\text{Damage Reduction} = ((0.06 * 5) / (1 + 0.06 * 5)) * 100\% = 23,1\%$$

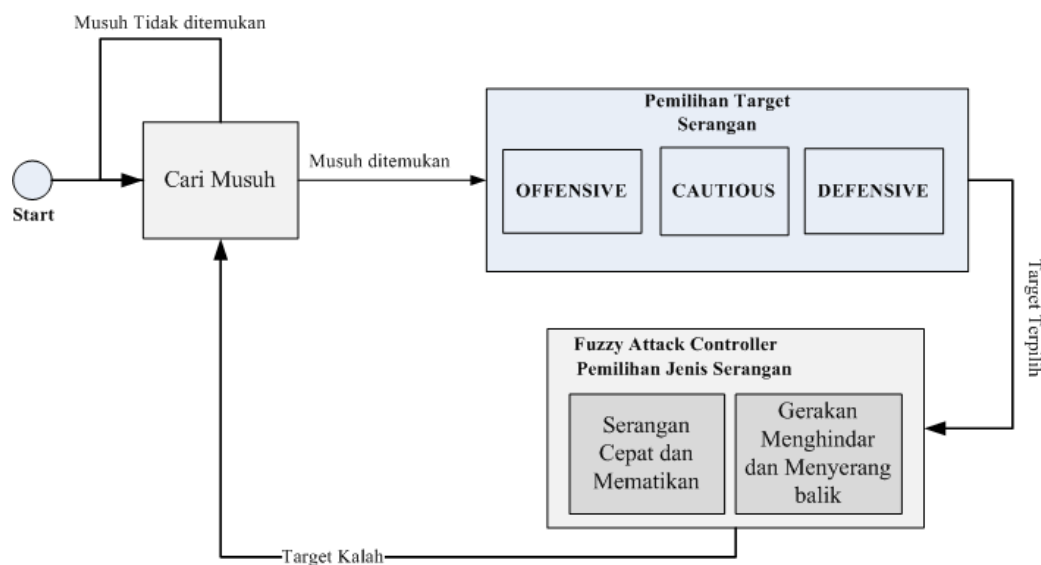
$$\text{Total Damage} = 10 - (10 * 23,1\%) = 7,69$$

### 3.3 Perancangan Perilaku Pasukan NPC

Perilaku merupakan kumpulan aksi yang dilakukan untuk merespon kondisi dari *environment* <sup>[8]</sup>. Perilaku yang dibahas pada penelitian ini adalah perilaku bertarung pasukan NPC. Perilaku bertarung NPC merupakan aksi-aksi NPC yang

dilakukan dalam kondisi pertempuran. Pasukan NPC pada skenario serangan Dwipa Yudha memiliki beberapa perilaku bertarung. Pemilihan perilaku bertarung oleh pasukan NPC tersebut dikoordinasikan agar selaras dengan tujuan utama penyerangan kelompok pasukan tersebut. Penelitian ini akan membahas koordinasi kelompok pasukan NPC yang terdiri dari 3 jenis NPC yaitu *Swordsman*, *Archer* dan *Wizard*. Selain 3 jenis NPC tersebut terdapat NPC *Hero*. Kelompok pasukan NPC tersebut akan melakukan penyerangan terhadap bangunan pertahanan lawan. Kelompok pasukan NPC tersebut bertugas untuk memperoleh sumber daya emas sebanyak banyaknya dari bangunan musuh dan menjaga *Hero* yang ikut berperang agar tidak kehabisan nyawa.

Pada skenario penyerangan dalam Dwipa Yudha, pasukan yang dimunculkan oleh pemain pada area pertempuran secara *autonomous* bergerak mencari musuh kemudian menyerang musuh tersebut dengan *skill* serangan yang dimiliki pasukan tersebut. FSM (*Finite State Machine*) perilaku bertarung NPC ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Finite state Machine* Pasukan NPC

State awal pasukan NPC ketika dimunculkan pemain di arena pertempuran adalah mencari musuh di area pertempuran tersebut. Musuh-musuh yang terdeteksi oleh pasukan NPC kemudian akan diseleksi oleh pasukan tersebut menggunakan

*Target Selection Rule.* Musuh yang telah terpilih kemudian akan diserang menggunakan aksi serangan atau *skill* yang dipilih pasukan menggunakan *Fuzzy Action Controller*. Pasukan NPC melakukan evaluasi target serangan setiap selesai melakukan satu aksi, hal ini dilakukan karena keluaran *Target Selection Rule* bisa secara adaptif merubah perilaku pasukan dalam memilih target serangan. Perilaku pasukan dalam memilih target serangan terdiri dari:

1. ***Offensive***, perilaku pasukan yang menyerang semua musuh yang ditemui dan berada didekatnya.
2. ***Cautious***, perilaku pasukan yang mendekati area *heal* dari *Hero* dan hanya menyerang musuh terdekat yang berada di sekitar area *heal* dari *Hero*. Perilaku ini membuat pasukan berhati-hati dalam melakukan serangan ke musuh dikarenakan kekuatan pasukan yang mulai lemah dan pasukan juga bersiap untuk memberikan *support* kepada *hero*
3. ***Defensive***, perilaku pasukan yang memilih target serangan yang sama dengan *hero*. Perilaku ini memperbesar kemungkinan bertahan dari serangan musuh, memulihkan kembali nyawa pasukan dan memberikan *support* kepada *hero*.

Pasukan NPC memiliki beberapa jenis aksi *skill* serangan. Setiap aksi *skill* serangan memiliki efek serangan yang berbeda. Jenis-jenis serangan tersebut dikelompokkan dalam 2 kategori perilaku bertarung yaitu:

1. Gerakan serangan cepat dan mematikan terdiri dari serangan-serangan yang cepat dan kuat, namun pasukan akan mudah terkena serangan musuh karena kecilnya kemampuan menghindar.
2. Gerakan menghindar dan menyerang balik terdiri dari serangan yang berfokus pada gerakan menghindar atau memiliki persentase *evade* yang besar ( $\geq 40\%$ ) dan memiliki interval aksi yang lebih lama untuk melakukan serangan balik.

Pemilihan perilaku serangan tersebut dilakukan pasukan NPC secara adaptif dengan menyesuaikan kondisi NPC tersebut dan musuh yang dihadapi. Tabel 3.4 menunjukkan perilaku pasukan bertipe *Swordsman*. Tabel 3.5 menunjukkan perilaku pasukan bertipe *Archer*. Tabel 3.6 menunjukkan perilaku pasukan bertipe

Wizard. Tabel 3.7 menunjukkan perilaku *Hero*. Koordinasi yang akan diteliti pada penelitian ini adalah koordinasi pasukan dalam memilih target serangan dan jenis serangan.

Tabel 3.4 Perilaku Penyerangan Pasukan *Swordsman*.

Aksi Perilaku <i>Swordsman</i>		Pilihan Aksi	Action Interval ( second )	Damage / Second	Damage / Hit	Evade ( % )	Range
Perilaku	Gerakan Serangan Cepat dan Mematikan	Skill Pedang 1	0.85	29.41	25	10	1
		Skill Pedang 2	0.95	26.31	25	11.5	1
		Skill Pedang 3	1.1	22.72	25	12.5	1
		Skill Pedang 4	1.2	20.83	25	13.5	1
		Skill Pedang 5	1.35	18.51	25	15	1
	Gerakan Menghindar dan Menyerang balik	Skill Pedang 6	2	12.5	25	40	1
		Skill Pedang 7	2.2	11.36	25	43	1
		Skill Pedang 8	2.5	10	25	45	1
		Skill Pedang 9	3	8.3	25	50	1

Tabel 3.5 Perilaku Penyerangan Pasukan *Archer*.

Aksi Perilaku <i>Archer</i>		Pilihan Aksi	Action Interval ( second )	Damage / Hit	Damage / Second	Evade ( % )	Range
Perilaku	Gerakan Serangan Cepat dan Mematikan	Skill Panah 1	0.85	11	12.94	10	3
		Skill Panah 2	0.95	12	12.63	11.5	3
		Skill Panah 3	1.1	13	11.81	12.5	3
		Skill Panah 4	1.2	14	11.66	13.5	3
		Skill Panah 5	1.35	15	11.11	15	3

	Gerakan Menghindar dan Menyerang balik	Skill Panah 6	2.5	30	12	40	5
		Skill Panah 7	2.7	32	11.85	42	5
		Skill Panah 8	3	35	11.7	45	5
		Skill Panah 9	3.5	40	11.4	50	5

Tabel 3.6 Perilaku Penyerangan Pasukan *Wizzard*.

Aksi Perilaku <i>Wizzard</i>		Pilihan Aksi	Action Interval ( second )	Damage / Hit	Damage / Second	Evade ( % )	Range
Perilaku	Gerakan Serangan Cepat dan Mematikan	Skill Magic 1	0.85	13	15.29	10	4
		Skill Magic 2	0.95	14	14.73	11.5	4
		Skill Magic 3	1.1	15	13.63	12.5	4
		Skill Magic 4	1.2	16	13.33	13.5	4
		Skill Magic 5	1.35	17	12.59	15	4
	Gerakan Menghindar dan Menyerang balik	Skill Magic 6	2.5	30	12	40	6
		Skill Magic 7	2.7	32	11.85	42	6
		Skill Magic 8	3	35	11.7	45	6
		Skill Magic 9	3.5	40	11.4	50	6

Tabel 3.7 Perilaku Penyerangan *Hero Swordsman*.

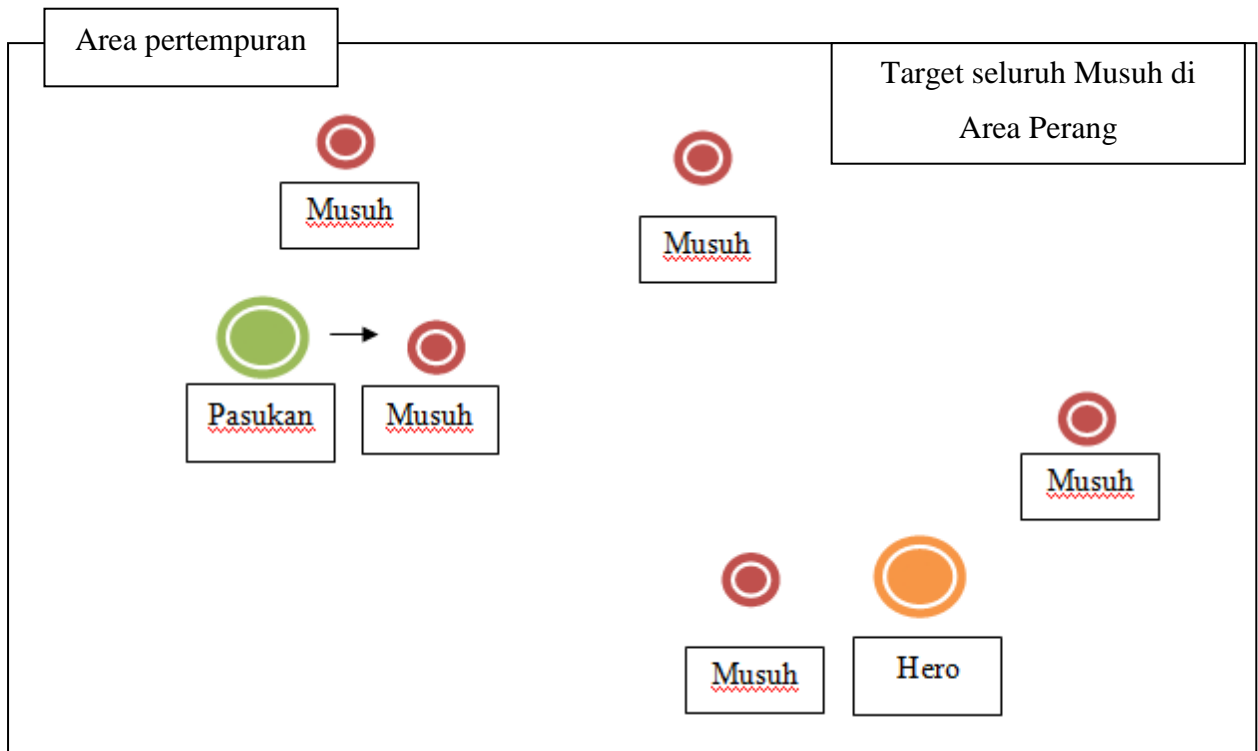
Aksi Perilaku <i>Hero</i>		Pilihan Aksi	Action Interval ( second )	Damage / Hit	Damage / Second	Evade ( % )	Range
Perilaku	Gerakan Serangan Cepat dan Mematikan	Slash dengan mengelak	0.5	50	100	10	2

	Gerakan Menghindar dan Menyerang balik	Swing dengan mengelak	1.5	100	66,7	40	2
--	--	-----------------------	-----	-----	------	----	---

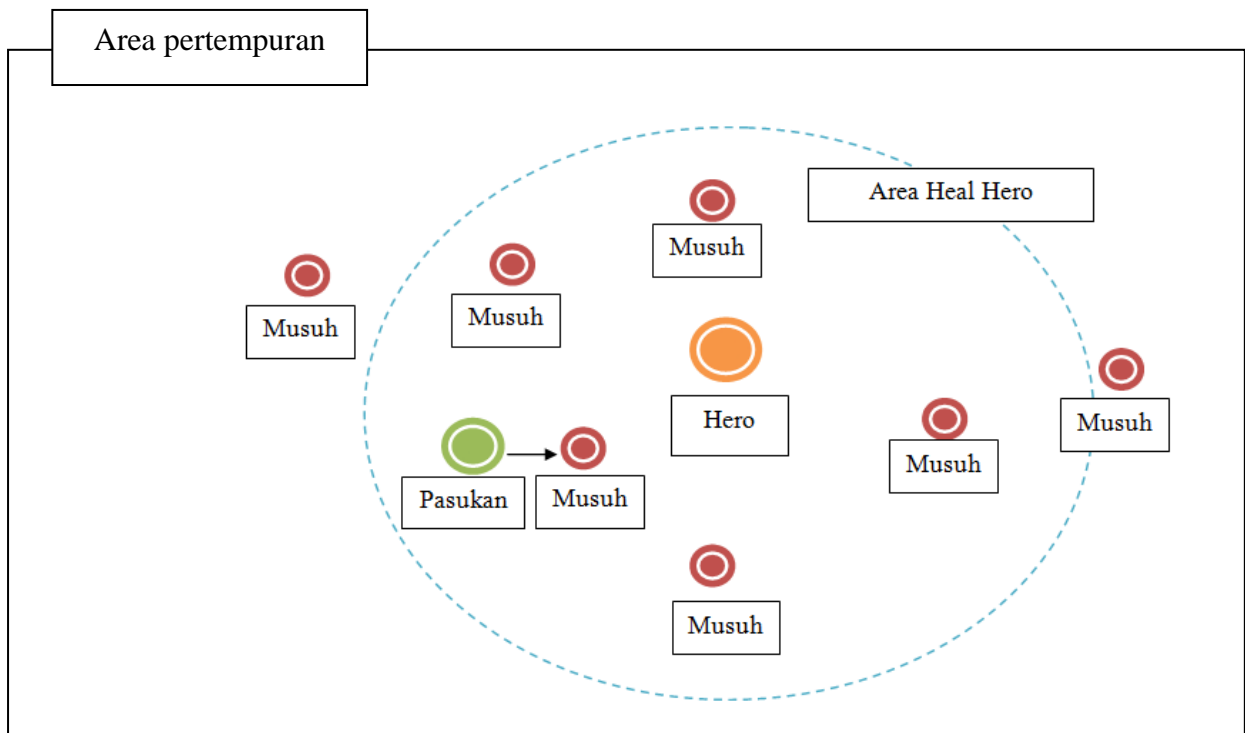
### 3.3.1. Target Selection Rule Pasukan NPC

Musuh-musuh yang akan dihadapi oleh pasukan NPC terlebih dahulu dipilih melalui *Target Selection Rule*. *Output* dari *Target Selection Rule* ini menentukan perilaku pasukan dalam memilih target serangan. Perilaku pasukan dalam memilih target serangan terdiri dari:

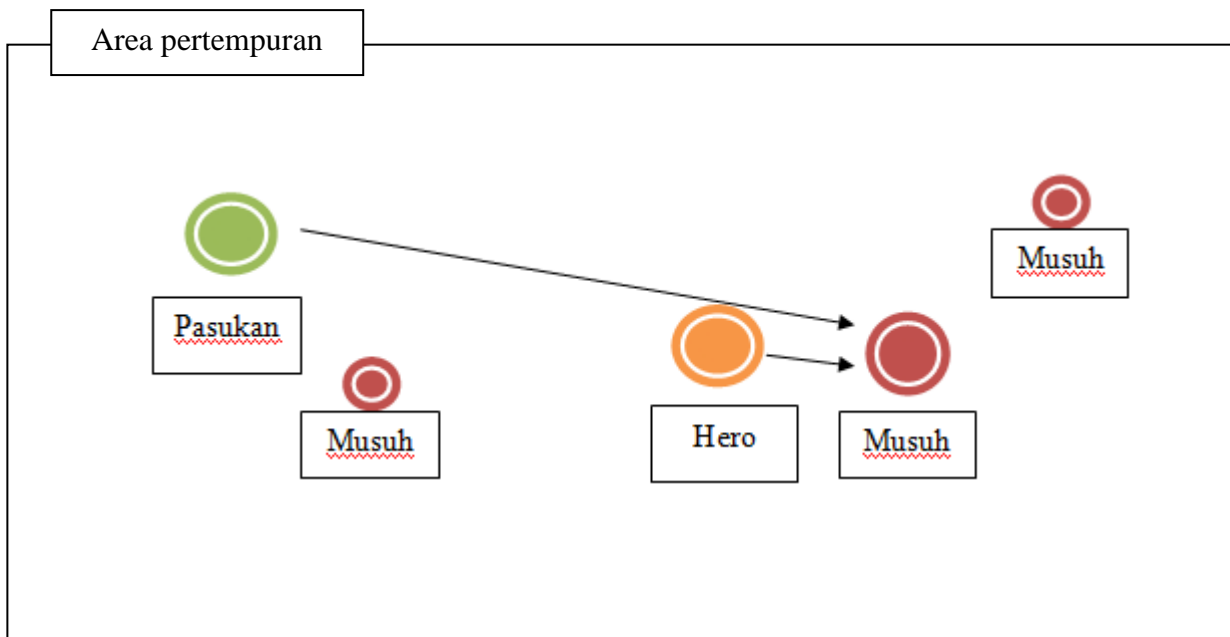
1. **Offensive**, perilaku pasukan yang menyerang semua musuh yang ditemui dan berada didekatnya. Gambar 3.4 menggambarkan perilaku *offensive* dalam memilih target serangan.
2. **Cautious**, perilaku pasukan yang mendekati area *heal* dari *Hero* dan hanya menyerang musuh terdekat yang berada di sekitar area *heal* dari *Hero*. Perilaku ini membuat pasukan berhati-hati dalam melakukan serangan ke musuh dikarenakan kekuatan pasukan yang mulai lemah dan pasukan juga bersiap untuk memberikan *support* kepada *hero*. Gambar 3.5 menggambarkan perilaku *cautious* dalam memilih target serangan.
3. **Defensive**, perilaku pasukan yang memilih target serangan yang sama dengan *hero*. Perilaku ini memperbesar kemungkinan bertahan dari serangan musuh, memulihkan kembali nyawa pasukan dan memberikan *support* kepada *hero*. Gambar 3.6 menggambarkan perilaku *defensive* dalam memilih target serangan.



Gambar 3.4 Perilaku memilih target serangan *offensive*.



Gambar 3.5 Perilaku memilih target serangan *cautious*.



Gambar 3.6 Perilaku memilih target serangan *defensive*.

*Target Selection Rule* menggunakan 2 parameter input yaitu kesehatan *Hero* dan kesehatan pasukan. *Output* perilaku dari *Target Selection Rule* merupakan salah satu perilaku pasukan yang akan dikoordinasikan dengan strategi tim dari *leader*. *Target Selection Rule* pada pasukan dalam melakukan pemilihan target serangan ditunjukkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 *Rule of Target Selection Behavior*

Input	Kondisi Pasukan			
Kondisi Kesehatan <i>Hero</i>		HP > 50	30 < HP ≤ 50	HP ≤ 30
	HP > 200	Offensive	Cautious	Defensive
	100 < HP ≤ 200	Cautious	Cautious	Defensive
	HP ≤ 100	Cautious	Defensive	Defensive



### 3.3.2. Fuzzy Action Controller Pasukan NPC

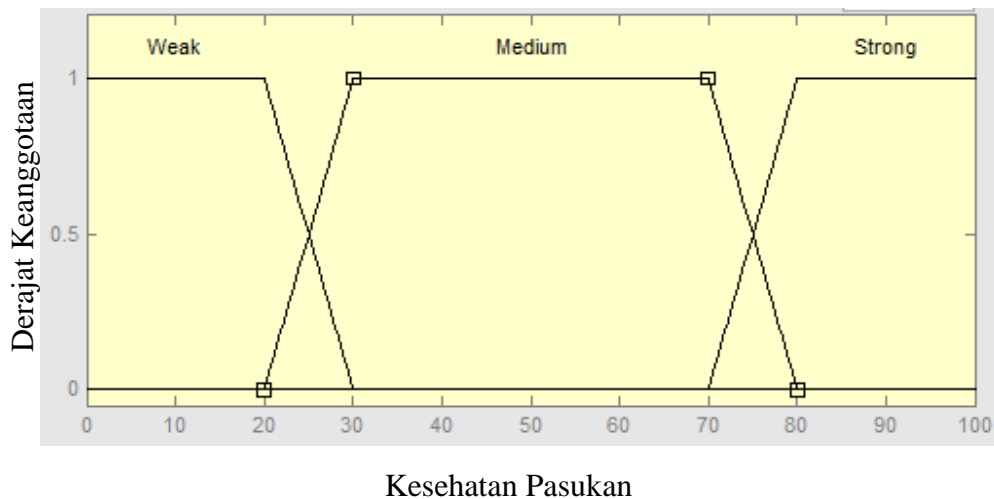
*Fuzzy action controller* digunakan untuk menghasilkan pilihan jenis aksi *skill* serangan pasukan dalam menghadapi musuh. Pilihan aksi dari *Fuzzy Action Controller* ini juga akan dikoordinasikan dengan startegi tim dari *leader*. Parameter yang digunakan dalam sistem *fuzzy* ini adalah kesehatan pasukan NPC dan kesehatan musuh yang dihadapi. Metode inferensi yang digunakan adalah metode zero-order Sugeno. *Defuzzifikasi* menggunakan *Height Method*. Setiap jenis serangan dari NPC mempunyai *action value*. Nilai dari *action value* ini yang akan dikoordinasikan dengan *tim strategy value* dari fuzzy coordinator milik leader. Tabel 3.9 menunjukkan *action value* dari NPC *Swordsman*, *Archer* dan *Wizard*.

Tabel 3.9. Action Value NPC Pasukan

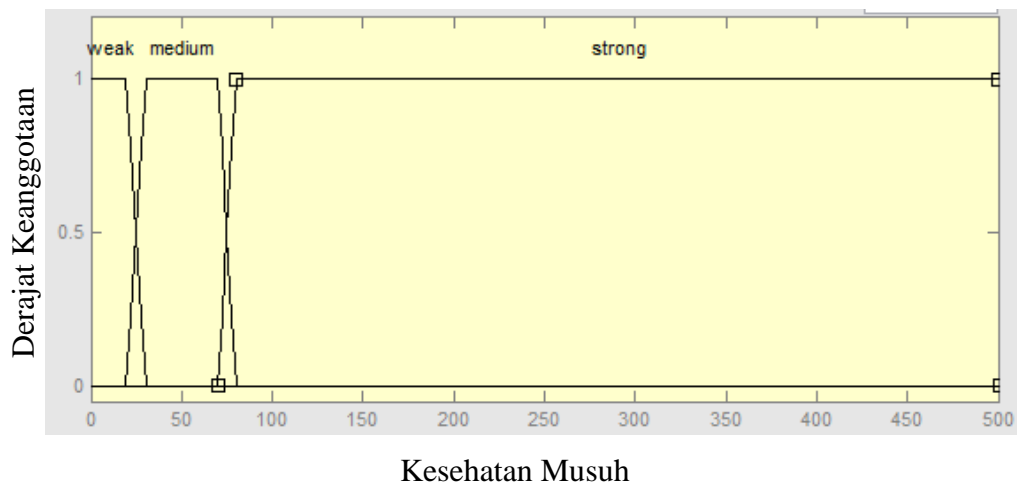
NPC	<i>Skill Serangan</i>	Action Value
<i>Swordsman</i>	Skill Pedang 1	1
	Skill Pedang 2	2
	Skill Pedang 3	3
	Skill Pedang 4	4
	Skill Pedang 5	5
	Skill Pedang 6	6
	Skill Pedang 7	7
	Skill Pedang 8	8
	Skill Pedang 9	9
<i>Archer</i>	Skill Panah 1	1
	Skill Panah 2	2
	Skill Panah 3	3
	Skill Panah 4	4
	Skill Panah 5	5
	Skill Panah 6	6
	Skill Panah 7	7
	Skill Panah 8	8
	Skill Panah 9	9

<i>Wizard</i>	Skill Magic 1	1
	Skill Magic 2	2
	Skill Magic 3	3
	Skill Magic 4	4
	Skill Magic 5	5
	Skill Magic 6	6
	Skill Magic 7	7
	Skill Magic 8	8
	Skill Magic 9	9

Parameter yang digunakan dalam sistem *fuzzy* ini adalah kesehatan pasukan NPC dan kesehatan musuh yang dihadapi. Kesehatan pasukan NPC mempunyai rentang nilai dari 0 sampai dengan 100. Kesehatan musuh memiliki rentang 0 sampai dengan 500. Terdapat tiga kategori kesehatan pasukan dan kesehatan musuh yaitu : *weak*, *medium* dan *strong*. Fungsi keanggotaan dari kesehatan pasukan ditunjukkan pada gambar 3.7. Fungsi keanggotaan dari kesehatan musuh atau tower ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Kesehatan Pasukan.



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Kesehatan Musuh atau Tower.

Output dari *Fuzzy action controller* ditentukan melalui *fuzzy rulebase action*. Tabel 3.10 menunjukkan *fuzzy rulebase action* untuk *swordsman*. Tabel 3.11 menunjukkan *fuzzy rulebase action* untuk *archer*. Tabel 3.12 menunjukkan *fuzzy rulebase action* untuk *wizard*.

Tabel 3.10 Fuzzy Rulebase Action NPC *Swordsman*

Input	Enemy's Health			
		Strong	Medium	Weak
Swordsman Health	Strong	Sword Skill 1	Sword Skill 2	Sword Skill 3
	Medium	Sword Skill 6	Sword Skill 4	Sword Skill 5
	Weak	Sword Skill 9	Sword Skill 8	Sword Skill 7

Tabel 3.11 Fuzzy Rulebase Action NPC *Archer*

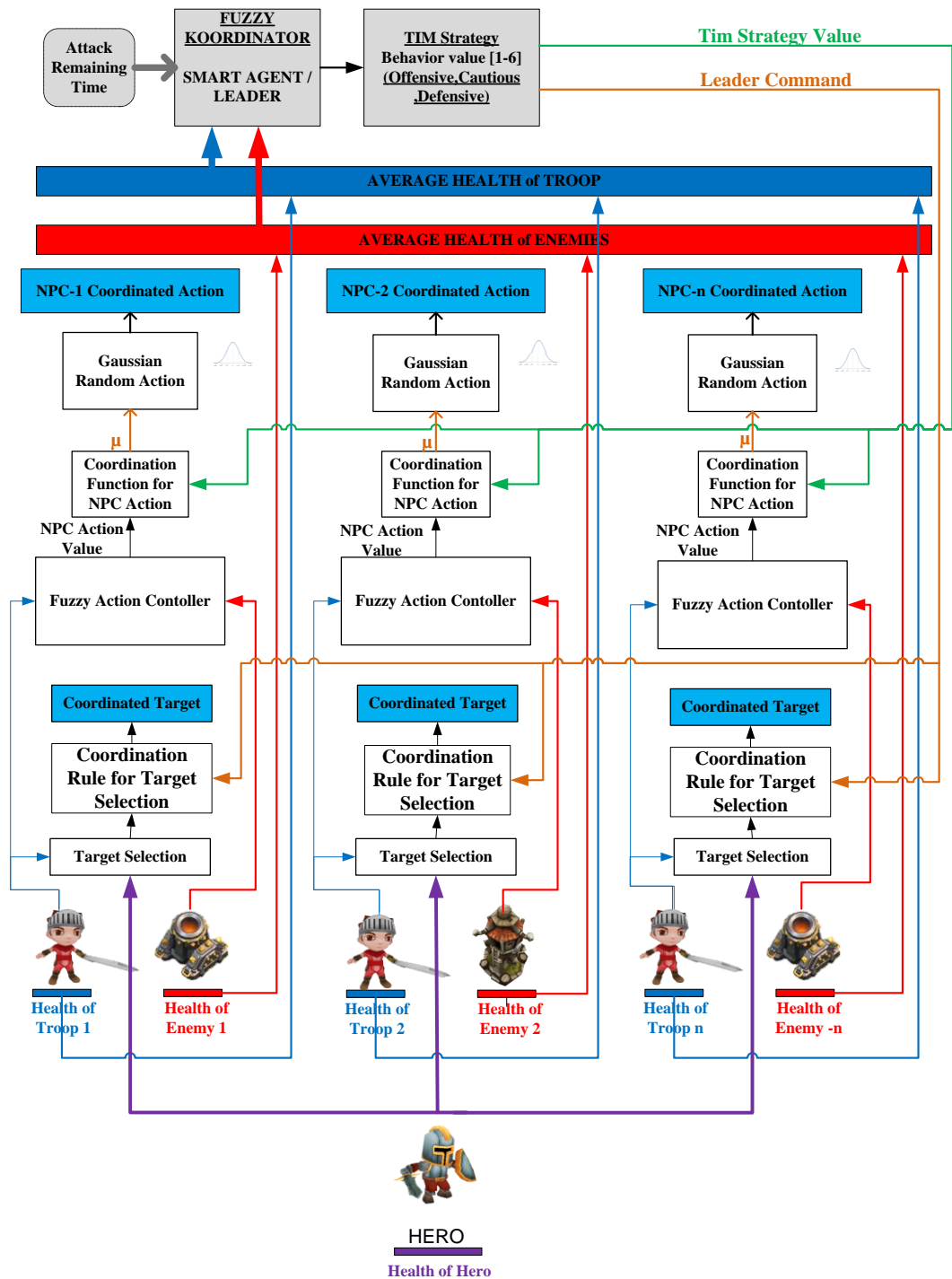
Input	Enemy's Health			
		Strong	Medium	Weak
Swordsman Health	Strong	Archer Skill 1	Archer Skill 2	Archer Skill 3
	Medium	Archer Skill 6	Archer Skill 4	Archer Skill 5
	Weak	Archer Skill 9	Archer Skill 8	Archer Skill 7

Tabel 3.12 Fuzzy Rulebase Action NPC *wizard*

Input	Enemy's Health			
		Strong	Medium	Weak
Swordsman Health	Strong	Magic Skill 1	Magic Skill 2	Magic Skill 3
	Medium	Magic Skill 6	Magic Skill 4	Magic Skill 5
	Weak	Magic Skill 9	Magic Skill 8	Magic Skill 7

### 3.4 Perancangan Koordinasi Pasukan

Koordinasi pasukan dirancang dengan adanya agen cerdas yang berperan sebagai *leader* atau koordinator untuk menggantikan peran dari pemain yang tidak memiliki kendali penuh atas pasukannya ketika pasukan tersebut telah ditentukan posisi kemunculannya oleh pemain tersebut. Agen cerdas akan menganalisa setiap perubahan keadaan dari kelompok pasukan, musuh, dan sisa waktu serangan untuk menentukan strategi tim yang tepat untuk mencapai tujuan kelompok. Strategi dari agen tersebut akan menentukan perilaku kelompok pasukan Gambar 3.9 menunjukkan sistem koordinasi pasukan NPC.



Gambar 3.9 Sistem Koordinasi Pasukan.

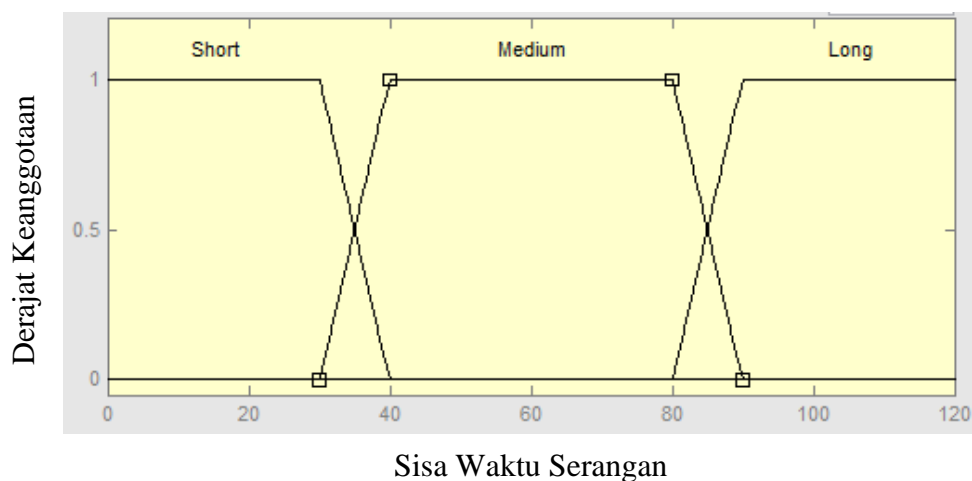
Pada penelitian ini, perilaku pasukan yang akan dikoordinasikan adalah perilaku pasukan dalam memilih target serangan dan jenis skill serangan. Perilaku pasukan tersebut akan diselaraskan dengan strategi tim yang dipilih oleh leader atau koordinator. Pada gambar 3.9 Fuzzy Koordinator diimplementasikan pada

agen cerdas yang bertindak sebagai *leader*. *Output* dari fuzzy koordinator adalah strategi tim berupa *leader command* dan *tim strategy value*. *Leader command* digunakan untuk parameter *coordination rule*. *Coordination rule* merupakan *rule* untuk mengkoordinasi pemilihan target serangan. *Tim strategy value* merupakan angka yang digunakan pada perhitungan *coordination function*. *Coordination function* menghasilkan nilai mean ( $\mu$ ) untuk fungsi Gaussian random pemilihan aksi *skill* serangan menggunakan algoritma Marsaglia.

### 3.5 Pembuatan Agen Cerdas Menggunakan Fuzzy Coordinator

Pada penelitian ini proses koordinasi pasukan dilakukan oleh agen cerdas yang bertindak sebagai pemimpin yang akan menentukan strategi dengan memantau sisa waktu serangan, menganalisa *health* seluruh pasukan NPC dan *health* dari seluruh bangunan musuh. Fuzzy Coordinator pada leader menggunakan 3 parameter yaitu: sisa waktu serangan, rata-rata *health* dari seluruh pasukan NPC dan rata-rata *health* dari seluruh bangunan musuh.

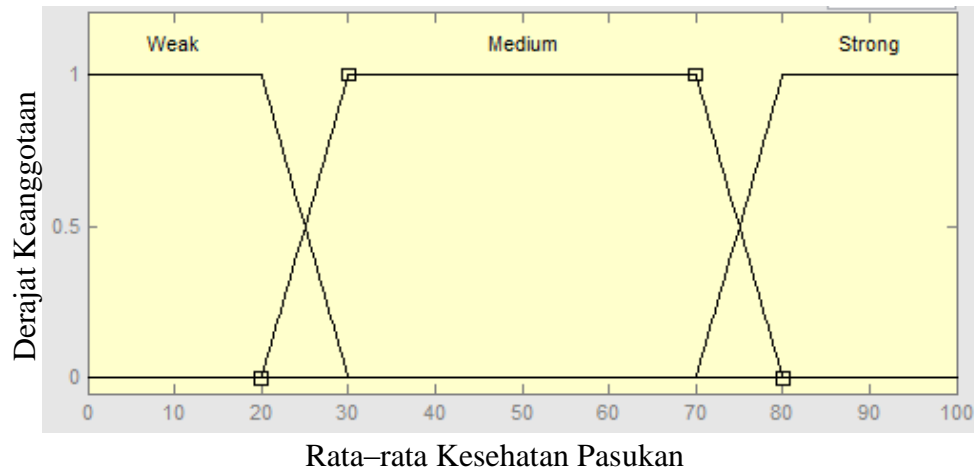
Sisa waktu serangan terbagi dalam 3 kategori yaitu *short*, *medium* dan *long*. Fungsi keanggotaan sisa waktu serangan ditunjukkan pada gambar 3.10.



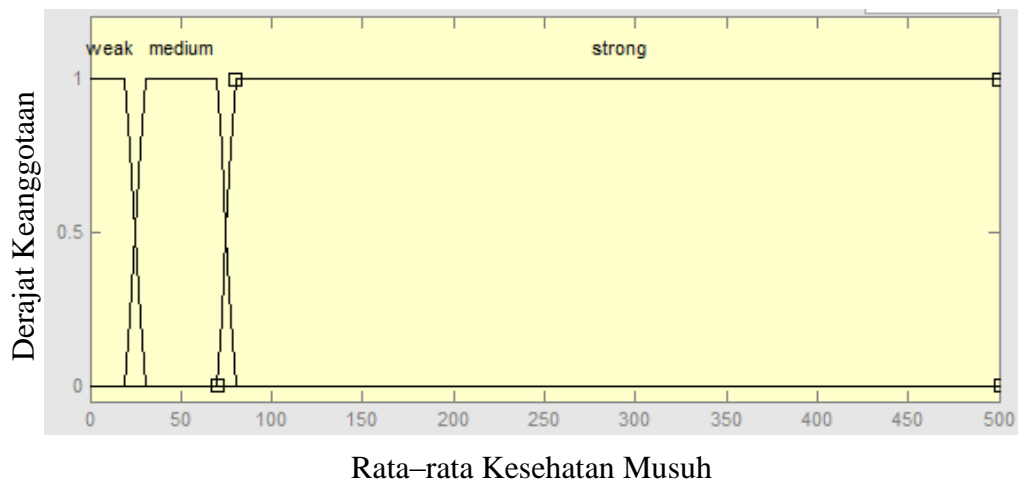
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Sisa Waktu Serangan.

Rata-rata *health* dari pasukan NPC dan rata-rata *health* dari musuh dibagi menjadi 3 kategori yaitu *weak*, *medium* dan *strong*. Fungsi keanggotaan rata-rata health

pasukan NPC ditunjukkan pada gambar 3.11. Fungsi keanggotaan rata-rata health bangunan musuh ditunjukkan pada gambar 3.12.



Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Rata-rata *Health* Pasukan NPC.



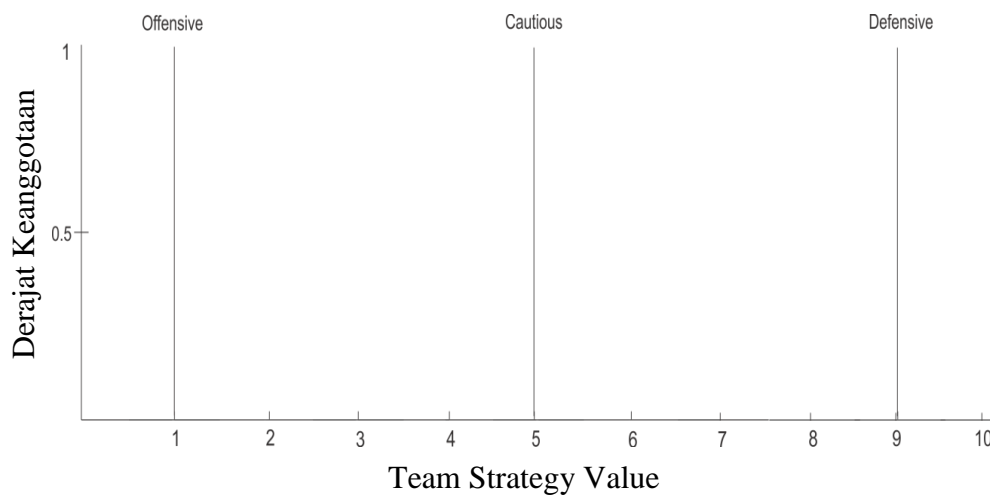
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Rata-rata *Health* Tower Musuh.

*Output* dari Fuzzy Coordinator adalah strategi tim berupa *leader command* dan *tim strategy value*. *Leader command* terdiri dari 3 perintah yaitu *offensive*, *cautious* dan *defensive*. *Leader command* digunakan untuk parameter *coordination rule*. *Coordination rule* merupakan *rule* untuk mengkoordinasi pemilihan target serangan. Tiap *leader command* memiliki *tim strategy value*. *Tim strategy value* digunakan pada perhitungan *coordination function*. *Coordination function* menghasilkan nilai mean ( $\mu$ ) untuk fungsi Gaussian random pemilihan

aksi *skill* serangan. Tabel 3.13 menunjukkan *tim strategy value* dari setiap *leader command*. Gambar 3.13 menunjukkan fungsi keanggotaan *singleton output* dari fuzzy koordinator. *Output* dari fuzzy koordinator ditentukan melalui *fuzzy coordinator rulebase*. Tabel 3.14 menunjukkan *fuzzy coordinator rulebase*.

Tabel 3.13 *Team Strategy Value*

Leader Command	Team Strategy Value
Offensive	1
Cautious	5
Defensive	9



Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Team Strategy Value.

Tabel 3.14 *Fuzzy Coordinator Rulebase*

Average Troop Health	Average Enemy's Building Health	Time	Team Strategy Output
Strong	Strong	Long	Offensive
Strong	Medium	Long	Offensive
Strong	Weak	Long	Offensive
Medium	Strong	Long	Defensive
Medium	Medium	Long	Offensive
Medium	Weak	Long	Offensive
Weak	Strong	Long	Defensive
Weak	Medium	Long	Defensive
Weak	Weak	Long	Offensive



Strong	Strong	Medium	Offensive
Strong	Medium	Medium	Offensive
Strong	Weak	Medium	Offensive
Medium	Strong	Medium	Defensive
Medium	Medium	Medium	Offensive
Medium	Weak	Medium	Offensive
Weak	Strong	Medium	Defensive
Weak	Medium	Medium	Defensive
Weak	Weak	Medium	Offensive
Strong	Strong	Short	Offensive
Strong	Medium	Short	Offensive
Strong	Weak	Short	Offensive
Medium	Strong	Short	Offensive
Medium	Medium	Short	Offensive
Medium	Weak	Short	Offensive
Weak	Strong	Short	Cautious
Weak	Medium	Short	Cautious
Weak	Weak	Short	Offensive

### 3.6 Koordinasi Target serangan

Koordinasi pemilihan target serangan pasukan NPC dilakukan melalui *coordination rule*. *Coordination rule* menggunakan 2 parameter input yaitu output perilaku dari *target selection rule* pasukan NPC dan *leader command* dari fuzzy koordinator. Tabel 3.15 menunjukkan *coordination rule*.

Tabel 3.15 *Target Selection Coordination Rule*

Input	<i>Leader Command</i>			
		Offensive	Cautious	Defensive
Target Selection Behavior of NPC	Offensive	Offensive	Offensive	Cautious
	Cautious	Offensive	Cautious	Defensive
	Defensive	Cautious	Defensive	Defensive

### 3.7 Koordinasi Jenis Aksi Serangan

Pasukan NPC pada skenario serangan Dwipha Yuda memiliki beberapa jenis skill serangan yang mempunyai kekuatan serangan yang berbeda-beda. Jenis-jenis skill serangan pasukan dapat dilihat pada tabel 3.5, 3.6 dan 3.7. Skill

serangan tersebut dipilih oleh pasukan ketika menghadapi musuh. Pemilihan skill serangan tersebut perlu dikoordinasikan agar pasukan tidak melakukan aksi yang sia-sia, membuang waktu, dan nyawa pasukan.

Pada penelitian ini koordinasi dalam pemilihan jenis serangan menggunakan suatu fungsi yang disebut dengan *Coordination Function*. *Coordination Function* menghasilkan nilai tengah antara *action value* dari NPC dengan *team strategy value* dari leader. Hasil dari *Coordination Function* kemudian menjadi parameter mean ( $\mu$ ) untuk fungsi Gaussian random pemilihan aksi serangan. Metode Gaussian random yang digunakan adalah metode Marsaglia. Fungsi random Marsaglia menggunakan standar deviasi  $\sigma = 1$ . *Coordination Function* ditunjukkan pada persamaan 3.3.

$$\mu_{\text{Action Value}} = (\text{Action Value} + \text{Team Strategy Value}) / 2 \quad (3.3)$$

Nilai dari  $\mu_{\text{Action Value}}$  menjadi parameter fungsi Marsaglia pemilihan aksi serangan. Fungsi Marsaglia ditunjukkan pada algoritma 1. Hasil dari Fungsi Marsaglia merupakan action value yang menentukan jenis serangan yang dipilih. Jenis serangan dan action value dapat dilihat pada tabel 3.9.

---

**Algoritma 1.** *Marsaglia method*

---

```

1  Generate uniform random numbers u and v in range [-1,1]
2  Calculate  $s=u^2+v^2$  until ( $s \neq 0$  and  $s < 1$ )
3  Generate random normal number  $z_0 =$ 
    $u * \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$  and  $z_1 = v * \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$ 
4  randomNormalnum *= std_dev
5  randomNormalnum += mean
6  return randomNormalnum

```

---

### 3.8 Skenario Pengujian Sistem

Sistem koordinasi yang telah dirancang akan diuji pada beberapa skenario. Skenario pengujian dilakukan untuk menganalisa keberhasilan sistem koordinasi dalam mencapai objective tim yaitu memperoleh *gold* sebanyak-banyaknya dan

menjaga *Hero* tetap *survive*. Skenario pengujian juga dilakukan untuk membandingkan variasi pilihan perilaku NPC dengan koordinasi dan tanpa koordinasi.

Pengujian untuk membandingkan variasi pilihan perilaku NPC terdiri dari 3 pengujian yaitu:

1. Pengujian 1: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata kurang lebih seimbang dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian pertama ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.
2. Pengujian 2: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata lebih tinggi dibanding dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian kedua ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.
3. Pengujian 3: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata lebih rendah dibanding dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian ketiga ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.

Skenario pengujian untuk menganalisa keberhasilan sistem koordinasi dalam mencapai objective tim dilakukan pada skenario penyerangan yang telah dijelaskan pada subbab 3.2. Skenario penyerangan terdiri dari dua skenario yaitu:

1. Penyerangan tanpa koordinasi.
2. Penyerangan dengan koordinasi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini menjelaskan mengenai hasil percobaan terhadap sistem koordinasi pasukan yang telah dibuat. Percobaan dilakukan untuk menganalisa hasil variasi serangan yang dihasilkan dari sistem koordinasi dan keberhasilan sistem koordinasi dalam mencapai objective tim pada skenario yang telah ditentukan.

#### **4.1. Pengujian Variasi Serangan**

Pengujian variasi serangan terdiri dari 3 pengujian dengan skenario yang berbeda. Perbedaan skenario tersebut untuk membandingkan variasi serangan dari setiap pasukan yang telah menggunakan sistem koordinasi dan tanpa menggunakan sistem koordinasi. Pengujian variasi serangan ini juga dilakukan untuk menganalisa variasi serangan yang dilakukan oleh satu karakter pasukan sebagai hasil dari fungsi acak distribusi normal pada sistem koordinasi.

Pengujian untuk membandingkan variasi pilihan perilaku NPC terdiri dari 3 pengujian yaitu:

1. Pengujian 1: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata kurang lebih seimbang dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian pertama ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.
2. Pengujian 2: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata lebih tinggi dibanding dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian kedua ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.
3. Pengujian 3: 50 data random nyawa pasukan yang memiliki rata-rata lebih rendah dibanding dengan rata-rata 50 data random nyawa musuh. Pengujian ketiga ini dibagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *long*, *medium* dan *short*.

#### 4.1.1. Pengujian 1 Variasi Perilaku Serangan

Pengujian variasi serangan pada pengujian 1 menggunakan 50 data random nyawa pasukan dan 50 data random nyawa musuh. 50 data nyawa pasukan tersebut memiliki rata-rata nyawa yang kurang lebih seimbang dengan rata-rata nyawa dari 50 data nyawa musuh. Pengujian 1 ini dibagi lagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *short*, *medium* dan *long*. Data random nyawa pasukan dan musuh yang digunakan di ketiga skenario waktu pada pengujian 1 ini adalah sama, yang dirubah hanyalah data sisa waktu penyerangan.

Data hasil pengujian 1 dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 pada lampiran 1. Dari 50 data hasil pengujian 1 di tiap skenario, pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 ditampilkan 5 data dari tiap skenario untuk mewakili variasi serangan pada pengujian 1. Tabel 4.1 merupakan 5 data hasil pengujian 1 dengan skenario sisa waktu *short*. Tabel 4.2 merupakan 5 data hasil pengujian 1 dengan skenario sisa waktu *medium*. Tabel 4.3 merupakan 5 data hasil pengujian 1 dengan skenario sisa waktu *long*. Data keseluruhan hasil pengujian 1 dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 pada lampiran 1

Tabel 4.1 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 54.49318. AVG Musuh : 54.24648						
Time remaining : 10(Short). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	3
2	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	3
3	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	4
4	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	3
5	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	2

Tabel 4.2 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu

*Medium.*

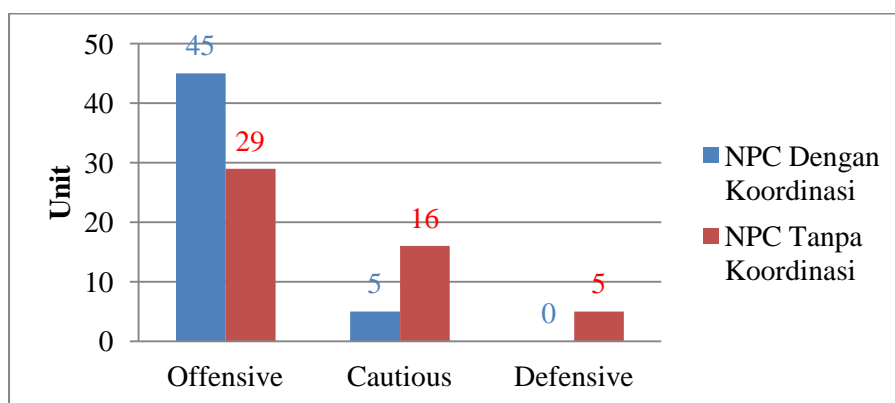
Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 54.49318. AVG Musuh : 54.24648						
Time remaining : 60(Medium) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	2
2	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	2
3	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	3
4	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	2
5	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	5

Tabel 4.3 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Long.*

Team Strategy : Offensive, AVG Pasukan : 53.31593, AVG Musuh : 53.55767						
Time remaining : 100(Long) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	5
2	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	4
3	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	4
4	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	2
5	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	4

Data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan pada seluruh skenario pada pengujian 1, *team strategy* yang dikeluarkan oleh *leader* adalah *offensive*. *Team strategy* yang *offensive* berpengaruh pada pemilihan perilaku pasukan NPC. Sebagai contoh pada data ke 2 dalam tabel 4.1, 4.2 dan 4.3, perilaku *target selection* pasukan yang terkoordinasi berubah dari *cautious* menjadi *offensive*. Pada pengujian 1, data perubahan perilaku *target selection* yang dilakukan oleh pasukan dengan koordinasi adalah sama di setiap skenario sisa waktu. Hal tersebut dikarenakan pada tiga kondisi waktu yang berbeda tersebut dan dengan

kondisi nyawa kelompok pasukan yang seimbang dengan kelompok musuh, *team strategy* yang dikeluarkan oleh *leader* adalah sama yaitu *offensive*. Dalam kondisi seimbang, *leader* memilih untuk tetap *offensive* dalam berbagai kondisi waktu. Data *target selection* pada pengujian 1 kemudian diubah menjadi diagram batang pada gambar 4.1. Diagram tersebut untuk melihat perbandingan frekuensi pemilihan target serangan yang dilakukan oleh pasukan terkoordinasi dan tidak terkoordinasi.



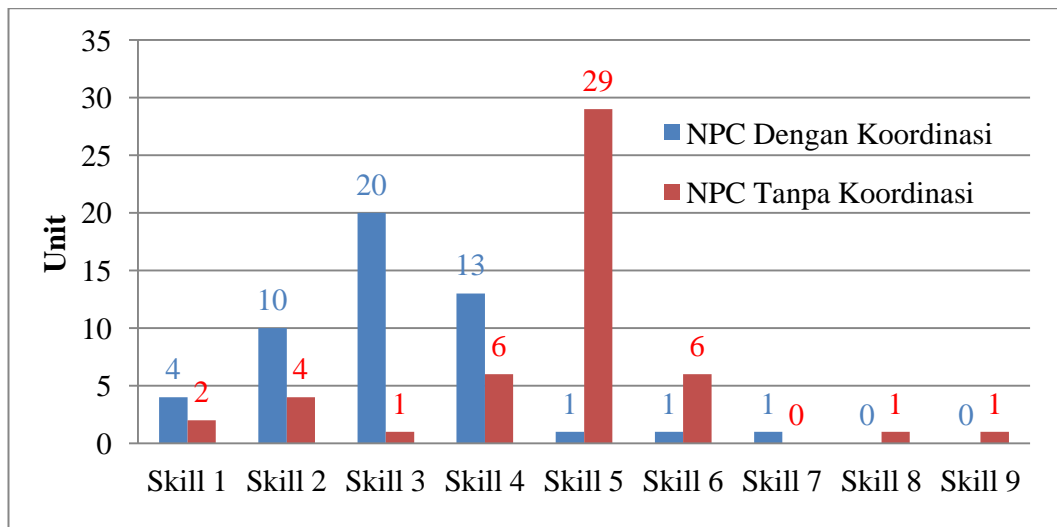
Gambar 4.1 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 1.

Gambar 4.1 menunjukan pilihan perilaku *target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi dan tanpa koordinasi didominasi oleh *offensive target selection*. Gambar 4.1 juga menunjukan bahwa *offensive team strategy* dari *leader* membuat frekuensi pemilihan *offensive target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi lebih tinggi dari pasukan NPC tanpa koordinasi. *Offensive target selection* membuat pasukan NPC lebih berani menyerang musuh-musuh yang ada di dekatnya secara individu. Dari data pengujian 1 tersebut hanya 5 pasukan NPC dengan koordinasi yang memilih *cautious target selection* yaitu hanya menyerang musuh-musuh yang berada di area *heal Hero*.

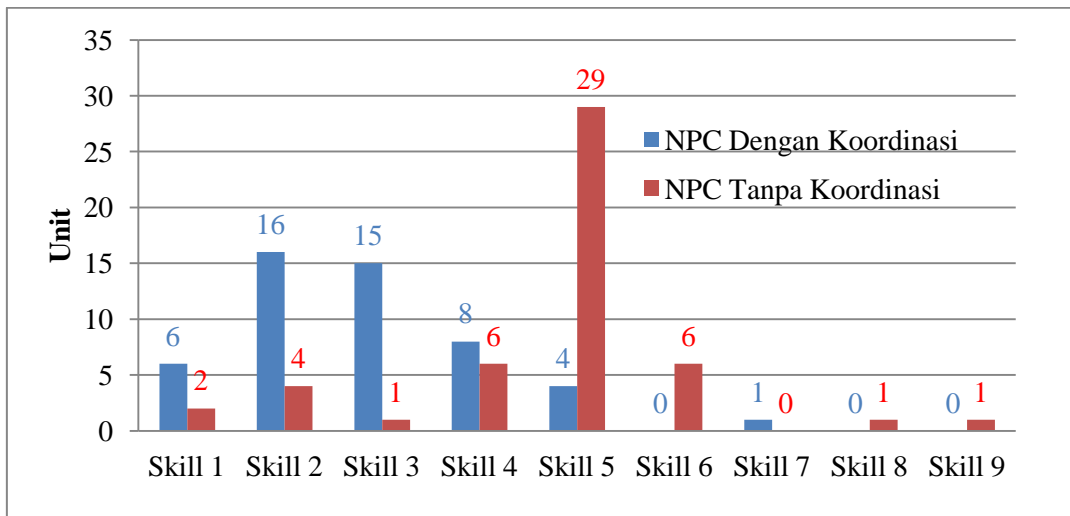
Data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 pada lampiran 1 juga menunjukan variasi pemilihan skill serangan oleh pasukan. *Team strategy* dari *leader* berpengaruh terhadap pemilihan skill serangan pasukan NPC. Pemilihan skill serangan pasukan NPC lebih bervariasi dibandingkan dengan pemilihan target serangan. Hal ini disebabkan oleh fungsi acak distribusi normal yang memberikan variasi terhadap



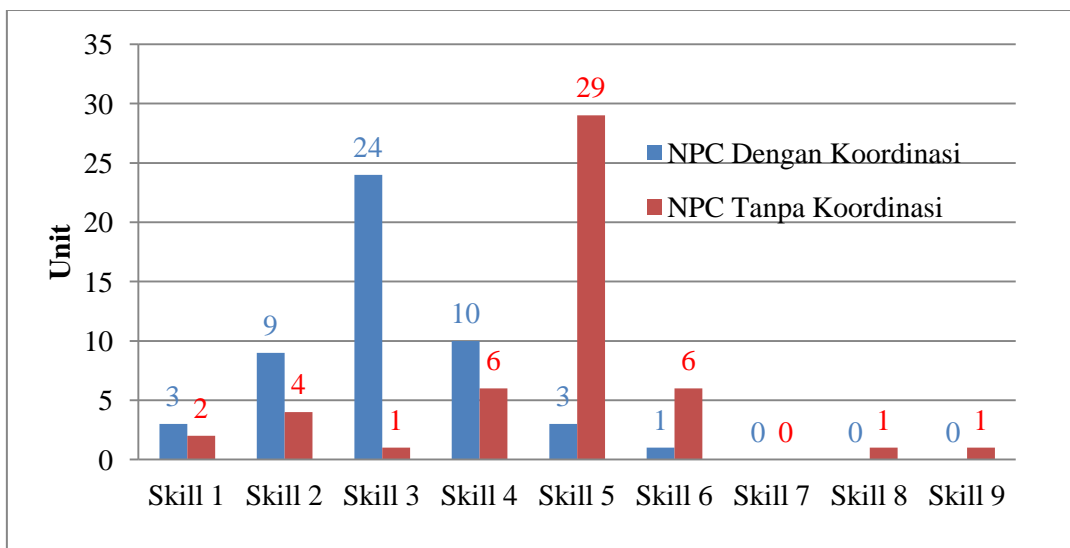
skill serangan pasukan NPC dengan koordinasi. Sebagai contoh pada data ke 2 dalam tabel 4.1, 4.2 dan 4.3, skill serangan pasukan NPC dengan koordinasi pada ketiga skenario tersebut berbeda. Pada ketiga data tersebut, nilai input parameter untuk *coordination function* yang berasal dari *action value* pasukan NPC dan *team strategy value* dari *leader* mempunyai nilai yang sama, namun output skill serangan terkoordinasi yang dihasilkan dapat bervariasi. Pada ketiga data tersebut *coordination function* menghasilkan  $\mu_{\text{Action Value}}$  yang sama yaitu 3.5, hasil nilai tengah dari penjumlahan *action value* pasukan NPC dengan *team strategy value* dari *leader*. Ketiga data tersebut menampilkan bahwa fungsi distribusi normal berhasil memberikan variasi serangan pasukan terkoordinasi disekitar nilai  $\mu_{\text{Action value}}$ . Dari 5 data yang ditampilkan pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 menunjukkan sebagian besar pasukan terkoordinasi merubah skill serangan yang digunakan menjadi lebih cepat dan kuat. Data skill serangan pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 pada lampiran 1 digrafikan untuk melihat pengaruh koordinasi terhadap frekuensi pemilihan skill serangan dari pasukan.



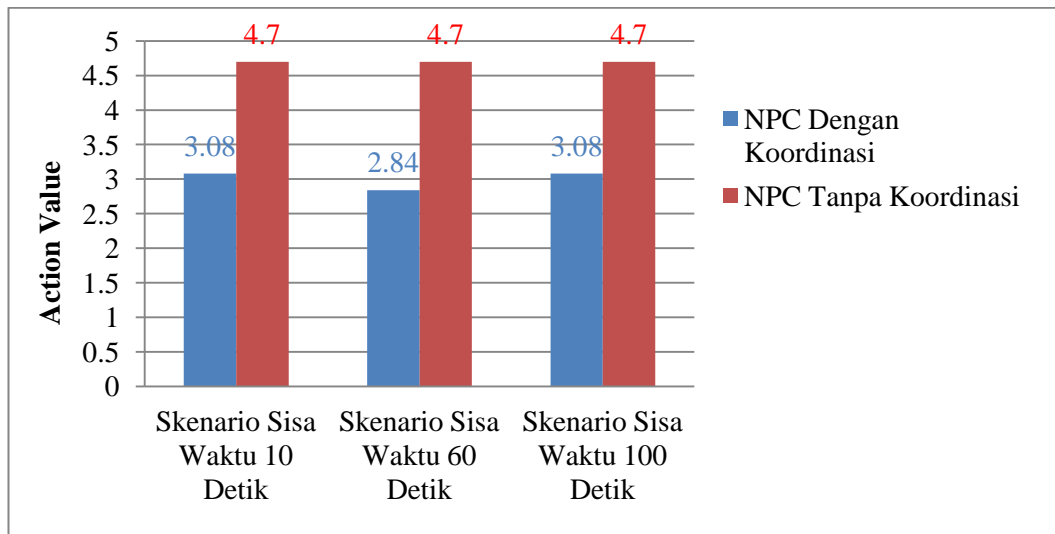
Gambar 4.2 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu *Short* (10 detik).



Gambar 4.3 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu *Medium* (60 detik).



Gambar 4.4 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 1 Sisa Waktu *Long* (100 detik).



Gambar 4.5 Rata-rata *action value* NPC Pasukan Pada Pengujian 1.

Dari gambar grafik 4.2, 4.3 dan 4.4, data pemilihan skill serangan dari pasukan NPC tanpa koordinasi menyebar dari skill 1 sampai skill 9 dan frekuensi tertinggi ada pada skill 5. Gambar 4.2 dan 4.4 menunjukkan data pemilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi pada skenario sisa waktu *short* (10 detik) dan *long* (100 detik) menyebar dari skill 1 sampai dengan skill 7 dan didominasi oleh skill 3. Gambar 4.3 data pemilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi pada skenario sisa waktu *medium* (60 detik) menyebar dari skill 1 sampai dengan skill 7 dan didominasi oleh skill 2.

Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC tanpa koordinasi pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 pada lampiran 1 adalah sama yaitu 4.7. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.1 lampiran 1 adalah 3.08. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.2 lampiran 1 adalah 2.84. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.3 lampiran 1 adalah 3.08. Pada gambar 4.5 menunjukkan seluruh skenario dalam pengujian 1, pasukan NPC dengan koordinasi memiliki rata-rata *action value* yang lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata *action value* milik pasukan NPC tanpa koordinasi. Hal ini menunjukkan bahwa skill serangan yang digunakan oleh pasukan NPC dengan koordinasi di seluruh skenario pengujian 1 adalah skill serangan yang lebih cepat

dan kuat dibandingkan dengan skill yang dipilih oleh pasukan NPC tanpa koordinasi. Hal ini dipengaruhi oleh *offensive team strategy* dari *leader*.

#### 4.1.2. Pengujian 2 Variasi Perilaku Serangan

Pengujian variasi serangan pada pengujian 2 menggunakan 50 data random nyawa pasukan dan 50 data random nyawa musuh. 50 data nyawa pasukan tersebut memiliki rata-rata nyawa lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata nyawa dari 50 data nyawa musuh. Pengujian 2 ini dibagi lagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *short*, *medium* dan *long*. Data random nyawa pasukan dan musuh yang digunakan di ketiga skenario waktu pada pengujian 2 ini adalah sama, yang dirubah hanyalah data sisa waktu penyerangan.

Data hasil pengujian 2 dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 pada lampiran 2. Dari 50 data hasil pengujian di tiap skenario, pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 ditampilkan 5 data dari tiap skenario untuk mewakili variasi serangan pada pengujian 2. Tabel 4.4 merupakan 5 data hasil pengujian 2 dengan skenario sisa waktu *short*. Tabel 4.5 merupakan 5 data hasil pengujian 2 dengan skenario sisa waktu *medium*. Tabel 4.6 merupakan 5 data hasil pengujian 2 dengan skenario sisa waktu *long*. Data keseluruhan hasil pengujian 2 dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 pada lampiran 2.

Tabel 4.4 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 10(Short). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	3
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	2
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	5

Tabel 4.5 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu

*Medium.*

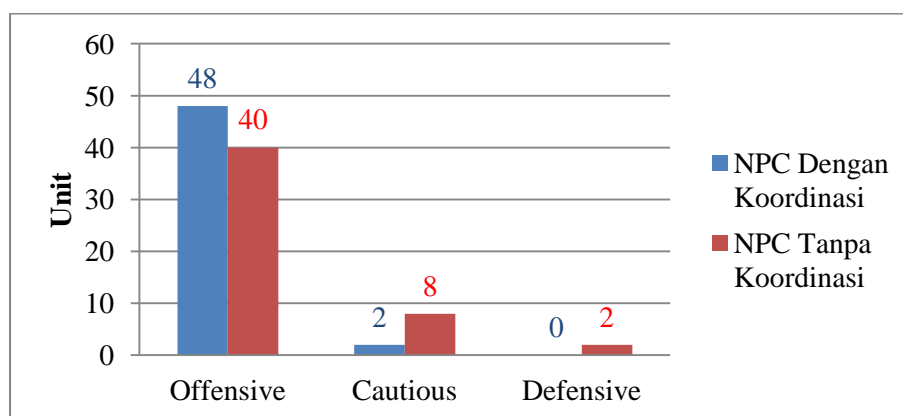
Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 60(Medium) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	1
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	4
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	3

Tabel 4.6 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu *Long.*

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 100(Long) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	4
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	3
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	4

Data pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 menunjukkan pada seluruh skenario pada pengujian 2, *team strategy* yang dikeluarkan oleh *leader* adalah *offensive*. *Team strategy* yang *offensive* berpengaruh pada pemilihan perilaku pasukan. Sebagai contoh pada data ke 2 dalam tabel 4.4, 4.5 dan 4.6, perilaku *target selection* pasukan yang terkoordinasi berubah dari *cautious* menjadi *offensive*. Pada pengujian 2, data perubahan perilaku *target selection* yang dilakukan oleh pasukan terkoordinasi adalah sama di setiap skenario sisa waktu. Hal tersebut dikarenakan pada tiga kondisi waktu yang berbeda tersebut dan dengan kondisi

nyawa kelompok pasukan yang lebih unggul dibanding dengan kelompok musuh, *team strategy* yang dikeluarkan oleh leader adalah sama yaitu *offensive*. Dalam kondisi rata-rata nyawa kelompok pasukan yang unggul terhadap musuh, *leader* memilih untuk tetap *offensive* dalam berbagai kondisi waktu. Data *target selection* pada pengujian 2 kemudian diubah menjadi diagram batang pada gambar 4.5. Diagram tersebut untuk melihat perbandingan frekuensi pemilihan target serangan yang dilakukan oleh pasukan terkoordinasi dan tidak terkoordinasi.

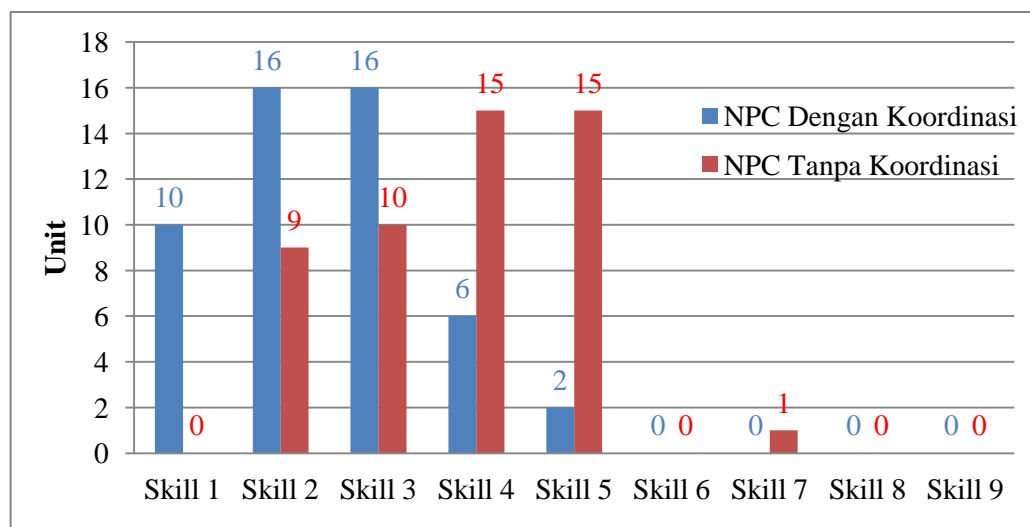


Gambar 4.6 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 2.

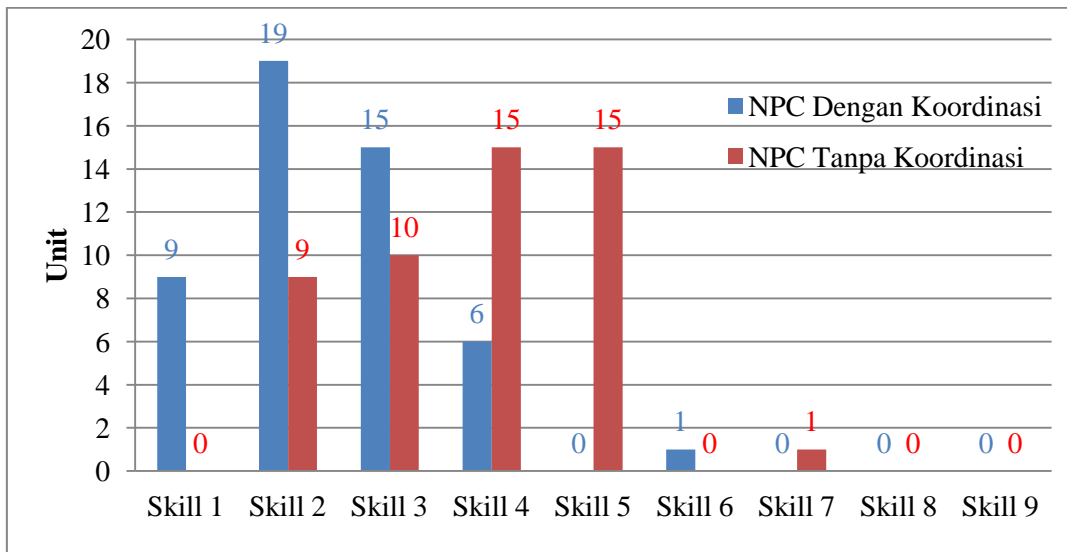
Gambar 4.6 menunjukan pilihan perilaku *target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi dan tanpa koordinasi didominasi oleh *offensive target selection*. Gambar 4.6 juga menunjukkan bahwa *offensive team strategy* dari leader membuat frekuensi pemilihan *offensive target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi lebih tinggi dari pasukan NPC tanpa koordinasi. *Offensive target selection* membuat pasukan lebih berani menyerang musuh-musuh yang ada di dekatnya secara individu. Dari data pengujian 2 tersebut 48 pasukan NPC dengan koordinasi memilih *offensive target selection*.

Data pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 pada lampiran 2 juga menunjukkan variasi pemilihan skill serangan oleh pasukan NPC. *Team strategy* dari leader berpengaruh terhadap pemilihan skill serangan pasukan. Pemilihan skill serangan pasukan lebih bervariasi dibandingkan dengan pemilihan target serangan. Hal ini disebabkan oleh fungsi acak distribusi normal yang memberikan variasi terhadap skill serangan pasukan terkoordinasi. Sebagai contoh skill serangan pasukan NPC

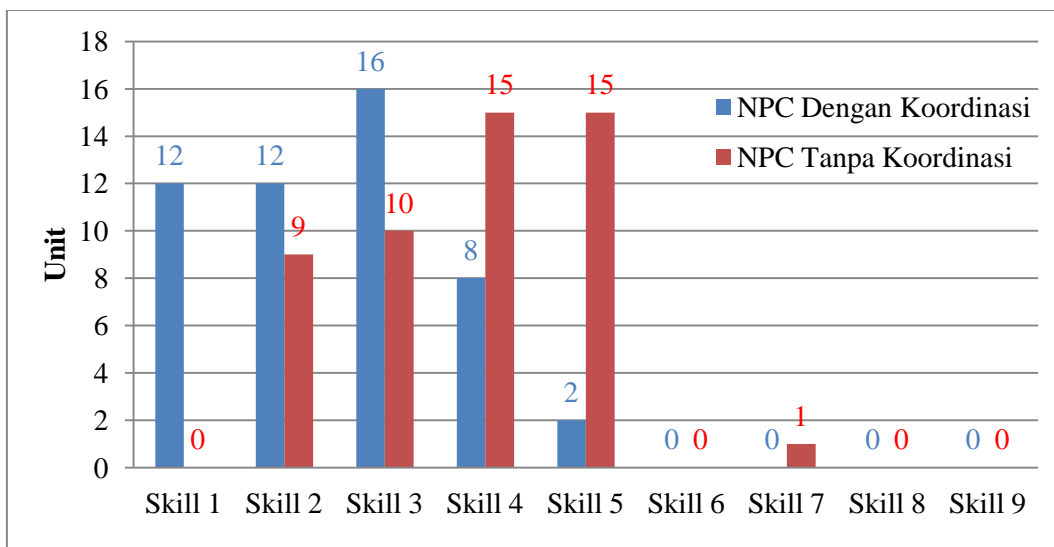
dengan koordinasi pada data ke 2 tabel 4.4 berbeda dengan data ke 2 pada tabel 4.5 dan 4.6. Pada ketiga data tersebut, nilai input parameter untuk *coordination function* yang berasal dari *action value* pasukan dan *team strategy value* dari *leader* mempunyai nilai yang sama, namun output skill serangan terkoordinasi yang dihasilkan dapat bervariasi. Pada ketiga data tersebut *coordination function* menghasilkan  $\mu_{Action Value}$  yang sama yaitu 2.5, hasil nilai tengah dari penjumlahan *action value* pasukan dengan *team strategy value* dari *leader*. Ketiga data tersebut menampilkan bahwa fungsi distribusi normal berhasil memberikan variasi serangan pasukan terkoordinasi disekitar nilai  $\mu_{Action Value}$ . Dari 5 data yang ditampilkan pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 menunjukkan sebagian besar pasukan terkoordinasi merubah skill serangan yang digunakan menjadi lebih cepat dan kuat. Data skill serangan pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 pada lampiran 2 digrafikan untuk melihat pengaruh koordinasi terhadap frekuensi pemilihan skill serangan dari pasukan.



Gambar 4.7 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu *Short* (10 detik).

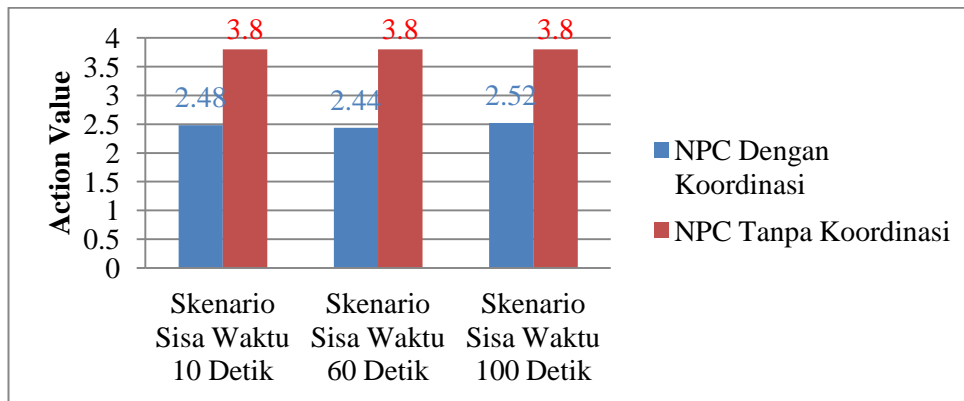


Gambar 4.8 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu *Medium*.



Gambar 4.9 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 2 Sisa Waktu *Long*.





Gambar 4.10 Rata-rata *action value* NPC Pasukan Pada Pengujian 2.

Dari gambar diagram 4.7, 4.8 dan 4.9, data pemilihan skill serangan dari NPC tanpa koordinasi menyebar dari skill 2 sampai skill 7 dan frekuensi tertinggi ada pada skill 4 dan 5. Gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 menunjukkan data pemilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi pada skenario sisa waktu *short* (10 detik), *medium* (60 detik) dan *long* (100 detik) menyebar dari skill 1 sampai dengan skill 6. Pada pengujian 2 kondisi sisa waktu *short* (10 detik), pilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi didominasi oleh skill 2 dan 3. Pada pengujian 2 kondisi sisa waktu *medium* (60 detik), pilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi didominasi oleh skill 2. Pada pengujian 2 kondisi sisa waktu *long* (100 detik), pilihan skill serangan dari pasukan NPC dengan koordinasi didominasi oleh skill 3.

Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC tanpa koordinasi pada data dalam tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 pada lampiran 2 adalah sama yaitu 3.8. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.4 pada lampiran 2 adalah 2.48. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.5 pada lampiran 2 adalah 2.44. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data dalam tabel 4.6 pada lampiran 2 adalah 2.52. Pada gambar 4.10 menunjukkan seluruh skenario dalam pengujian 2, pasukan NPC dengan koordinasi memiliki rata-rata *action value* yang lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata *action value* milik pasukan NPC tanpa koordinasi. Hal ini menunjukkan bahwa skill serangan yang digunakan oleh pasukan NPC dengan koordinasi di seluruh skenario pengujian 2 adalah skill

serangan yang lebih cepat dan kuat dibandingkan dengan skill yang dipilih oleh pasukan tanpa koordinasi. Hal ini dipengaruhi oleh *offensive team strategy* dari *leader*.

#### 4.1.3. Pengujian 3 Variasi Perilaku Serangan

Pengujian variasi serangan pada pengujian 3 menggunakan 50 data random nyawa pasukan dan 50 data random nyawa musuh. 50 data nyawa pasukan tersebut memiliki rata-rata nyawa lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata nyawa dari 50 data nyawa musuh. Pengujian 3 ini dibagi lagi menjadi 3 skenario sisa waktu yaitu *short*, *medium* dan *long*. Data random nyawa pasukan dan musuh yang digunakan di ketiga skenario waktu pada pengujian 3 ini adalah sama, yang dirubah hanyalah data sisa waktu penyerangan.

Data hasil pengujian 3 dapat dilihat pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 pada lampiran 3. Dari 50 data hasil pengujian di tiap skenario, pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 ditampilkan 5 data dari tiap skenario untuk mewakili variasi serangan pada pengujian 3. Tabel 4.7 merupakan 5 data hasil pengujian 3 dengan skenario sisa waktu *short*. Tabel 4.8 merupakan 5 data hasil pengujian 3 dengan skenario sisa waktu *medium*. Tabel 4.9 merupakan 5 data hasil pengujian 3 dengan skenario sisa waktu *long*. Data keseluruhan hasil pengujian 3 dapat dilihat pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 pada lampiran 3.

Tabel 4.7 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Cautious. AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 10(Short), Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	6
2	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	7
3	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	4
4	31.96615	59.93401	Cautious	Cautious	5	3
5	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	5

Tabel 4.8 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu

*Medium.*

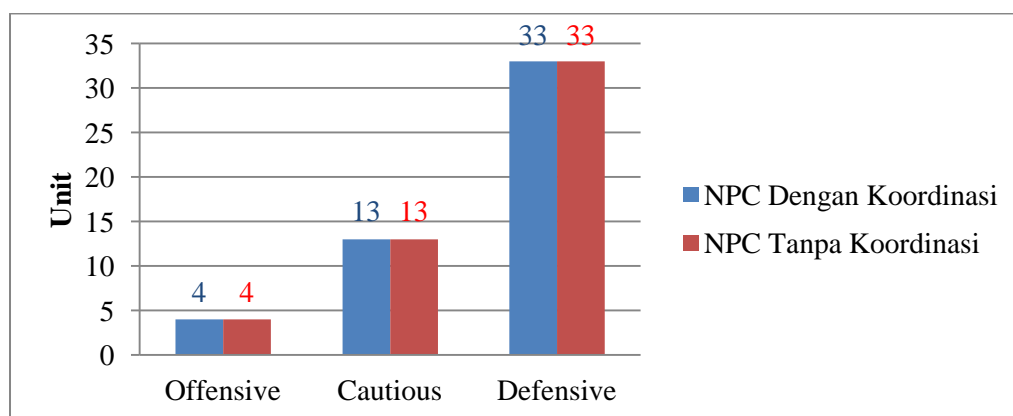
Team Strategy : Defensive. AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 60(Medium) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	9
2	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	9
3	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	6
4	44.70793	110.4893	Cautious	Defensive	6	7
5	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	8

Tabel 4.9 Data 5 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu *Long.*

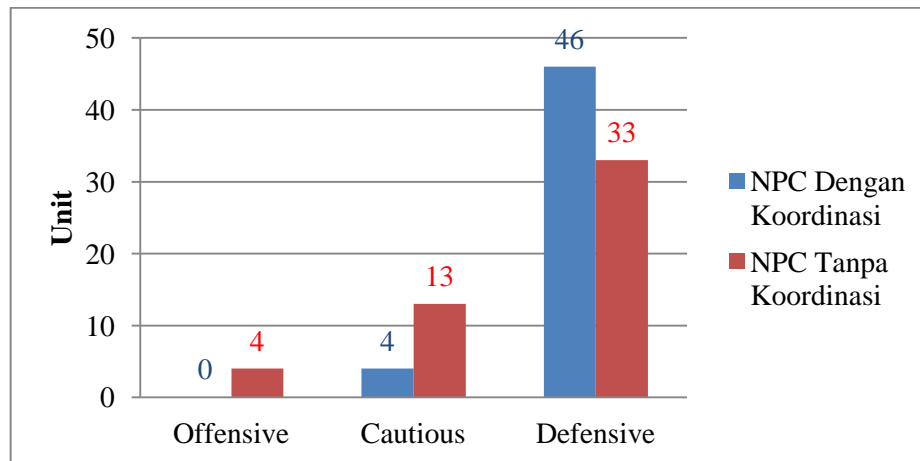
Team Strategy : Defensive, AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 100(Long) , Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	9
2	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	8
3	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	8
4	44.70793	110.4893	Cautious	Defensive	6	8
5	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	9

Data pada tabel 4.7 menunjukkan pada skenario sisa waktu *short* di pengujian 3, *team strategy* yang dikeluarkan oleh *leader* adalah *cautious*. Data pada tabel 4.8 dan 4.9 menunjukkan pada skenario sisa waktu *medium* dan *long* pada pengujian 3, *team strategy* yang dikeluarkan oleh *leader* adalah *defensive*. *Cautious team strategy* tidak merubah perilaku *target selection* dari pasukan NPC. Sebagai contoh seluruh data pada tabel 4.7 dalam lampiran 3, perilaku *target selection* pasukan yang terkoordinasi sama dengan pasukan tanpa koordinasi. Hal ini disebabkan *cautious team strategy* tidak merubah perilaku *target selection*

pasukan NPC. *Cautious team strategy* hanya berpengaruh pada pemilihan skill serangan. *Defensive team strategy* berpengaruh pada pemilihan perilaku *target selection* dan *skill serangan*. Pada data keempat tabel 4.8 dan 4.9 dengan skenario sisa waktu *medium* dan *long* pada pengujian 3, perilaku *target selection* berubah dari *cautious* menjadi *defensive*. Hal ini dipengaruhi oleh strategi *team leader* yaitu *defensive team strategy*. Data pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 pada lampiran 3 menunjukkan bahwa pada kondisi nyawa kelompok pasukan yang lebih lemah dibanding dengan kelompok musuh, sisa waktu penyerangan mempengaruhi strategi yang diambil oleh *team leader*. Pada saat sisa waktu penyerangan dalam rentang *medium* hingga *long* dalam kondisi kelompok pasukan lemah, strategi yang diambil oleh *leader* adalah *defensive*. Pada saat sisa waktu penyerangan *short* maka strategi yang digunakan adalah *cautious*. Data *target selection* pada pengujian 3 kemudian diubah menjadi diagram batang pada gambar 4.11 untuk skenario sisa waktu *short* dan gambar 4.12 untuk skenario sisa waktu *medium* dan *long*. Diagram tersebut untuk melihat perbandingan frekuensi pemilihan target serangan yang dilakukan oleh pasukan terkoordinasi dan tidak terkoordinasi.



Gambar 4.11 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu *Short*.

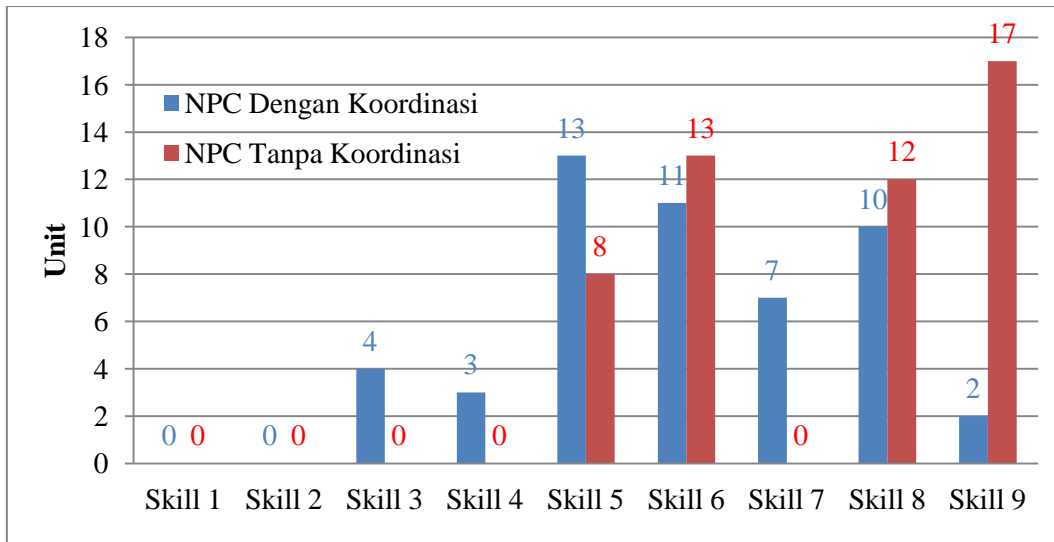


Gambar 4.12 Frekuensi Perilaku Pemilihan Target Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu *Medium* dan *High*.

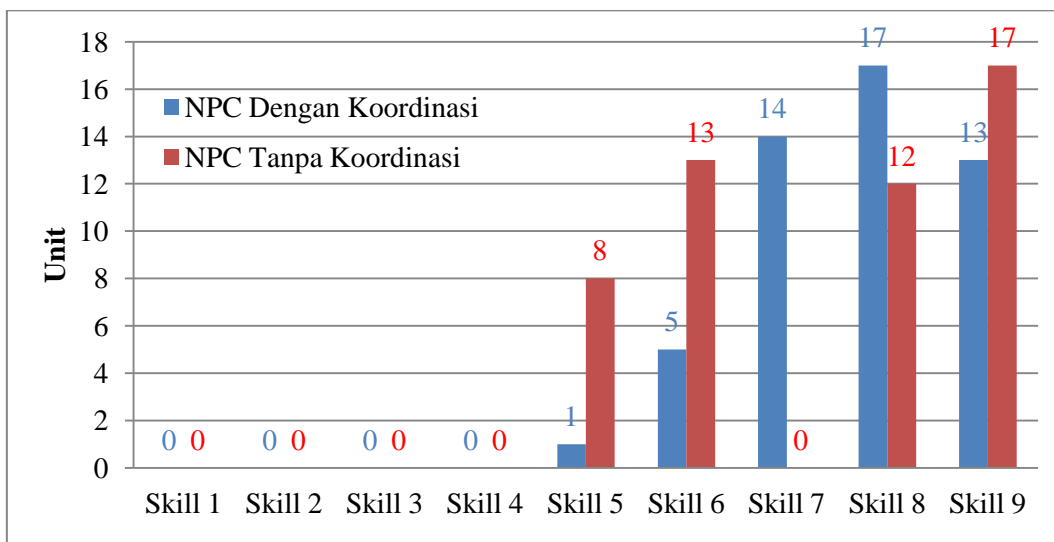
Gambar 4.11 dan 4.12 menunjukkan pilihan perilaku *target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi dan tanpa koordinasi didominasi oleh *defensive target selection*. Gambar 4.11 menunjukkan bahwa *cautious team strategy* dari *leader* tidak merubah frekuensi perilaku pemilihan target serangan dari pasukan NPC. Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa *defensive team strategy* dari *leader* membuat frekuensi pemilihan *defensive target selection* dari pasukan NPC dengan koordinasi lebih tinggi dari pasukan NPC tanpa koordinasi. *Defensive target selection* membuat pasukan memilih menyerang musuh yang sama dengan hero dengan tujuan mendapatkan *heal* dari *Hero* dan memberikan *support* pada *Hero*.

Data pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 pada lampiran 3 juga menunjukkan variasi pemilihan skill serangan oleh pasukan. *Team strategy* dari *leader* berpengaruh terhadap pemilihan skill serangan pasukan. Pemilihan skill serangan pasukan lebih bervariasi dibandingkan dengan pemilihan target serangan. Hal ini disebabkan oleh fungsi acak distribusi normal yang memberikan variasi terhadap skill serangan pasukan terkoordinasi. Sebagai contoh skill serangan pasukan terkoordinasi pada data keempat tabel 4.8 dan 4.9. Pada kedua data tersebut, nilai input parameter untuk *coordination function* yang berasal dari *action value* pasukan NPC dan *team strategy value* dari *leader* mempunyai nilai yang sama, namun output skill serangan yang dihasilkan dapat bervariasi. Pada kedua data tersebut *coordination function* menghasilkan  $\mu_{\text{Action Value}}$  yang sama yaitu 7.5, hasil

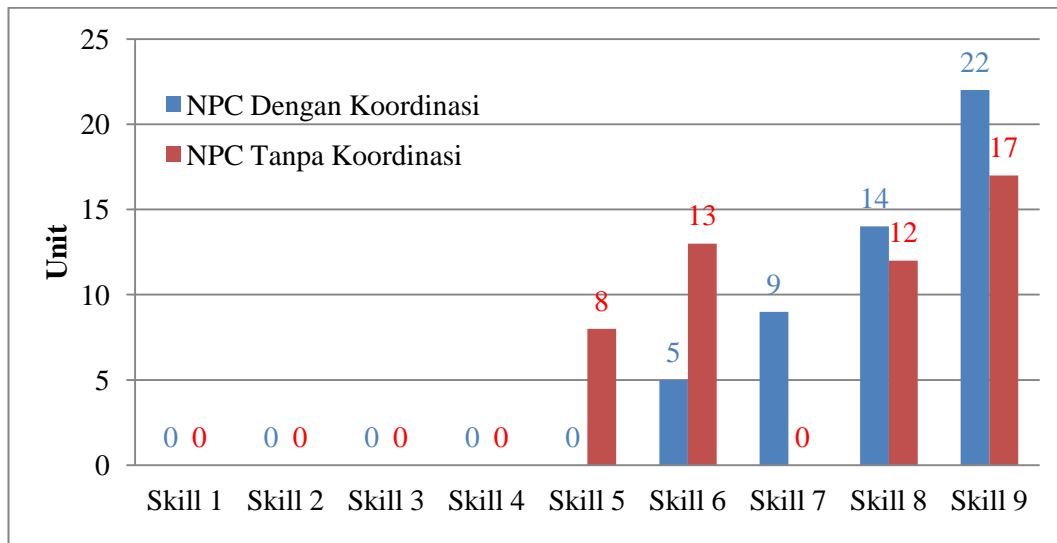
nilai tengah dari penjumlahan *action value* pasukan dengan *team strategy value* dari *leader*. Kedua data tersebut menampilkan bahwa fungsi distribusi normal berhasil memberikan variasi serangan disekitar nilai  $\mu_{Action Value}$ . Data skill serangan pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9 pada lampiran 3 digrafikan untuk melihat pengaruh koordinasi terhadap frekuensi pemilihan skill serangan dari pasukan.



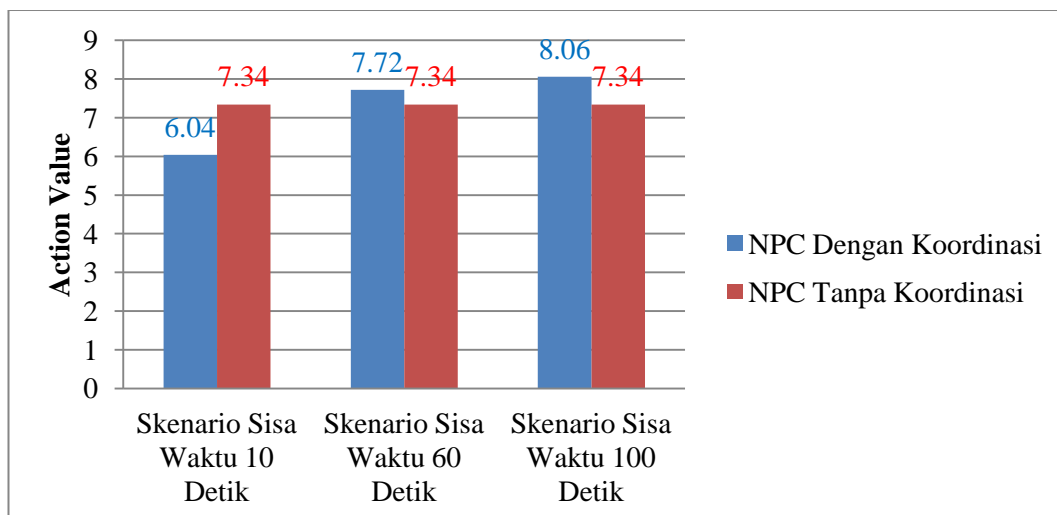
Gambar 4.13 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu *Short*.



Gambar 4.14 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu *Medium*.



Gambar 4.15 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pengujian 3 Sisa Waktu *Long*.



Gambar 4.16 Rata-rata *action value* NPC Pasukan Pada Pengujian 3.

Dari gambar grafik 4.13, 4.14 dan 4.15, frekuensi data pemilihan skill serangan dari pasukan NPC tanpa koordinasi dan pasukan NPC pada pengujian 3 didominasi oleh skill serangan 8 dan 9. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi pasukan NPC yang lebih lemah dari musuh. Pasukan lebih memilih menggunakan serangan lambat namun memiliki kemampuan menghindari serangan musuh atau persentase *evade* yang besar. Pada ketiga skenario pengujian 3, pilihan skill dari pasukan NPC tanpa koordinasi tetap dan tidak dipengaruhi oleh sisa waktu

penyerangan. Gambar 4.16 menunjukkan dari ketiga data tersebut rata-rata *action value* dari NPC pasukan tanpa koordinasi pada tiap skenario pengujian 3 adalah 7.34. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data pengujian 3 skenario sisa waktu *short* adalah 6.04. Nilai tersebut sedikit lebih rendah dari nilai rata-rata *action value* pasukan NPC tanpa koordinasi. Hal ini dipengaruhi oleh *cautious team strategy* dari *leader*. Pada kondisi pasukan NPC yang lebih lemah dengan sisa waktu *short*, *leader* memutuskan pasukan untuk sedikit meningkatkan kecepatan serangan namun tetap menggunakan presentase evade yang cukup besar. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data pengujian 3 skenario sisa waktu *medium* adalah 7.72. Nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi pada data pengujian 3 skenario sisa waktu *long* adalah 8.06. Pada skenario sisa waktu *medium* dan *long* dalam pengujian 3, nilai rata-rata *action value* dari pasukan NPC dengan koordinasi lebih tinggi dari pasukan NPC tanpa koordinasi. Hal ini dipengaruhi oleh *defensive team strategy* dari *leader*. Pada kondisi pasukan NPC yang lebih lemah dengan sisa waktu *medium* hingga *high*, *leader* memutuskan pasukan untuk lebih bertahan dengan memilih skill serangan lambat memiliki kemampuan menghindari serangan musuh atau persentase evade yang besar.

#### **4.1.4. Pengujian Distribusi Normal Variasi Skill Serangan.**

Pengujian distribusi normal variasi skill serangan dilakukan dengan melakukan pengujian sebanyak 50 kali pengujian dengan memberikan nilai input yang sama kepada *coordination function*. Tabel 4.10 menunjukkan data hasil pengujian variasi serangan. Data pada tabel 4.10 kemudian digrafikan pada gambar 4.17 untuk melihat frekuensi dan sebaran data pilihan skill serangan.

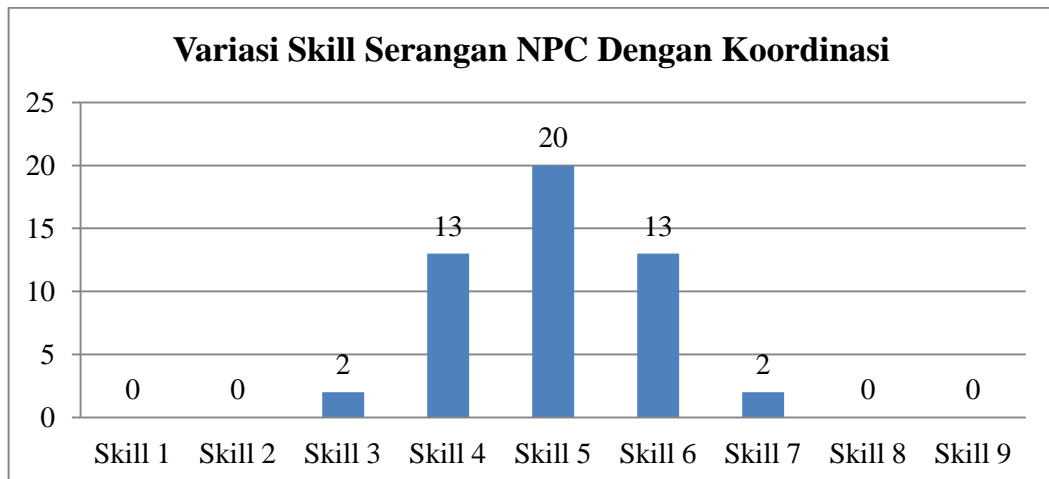


Tabel 4.10 Data Pengujian Variasi Skill Serangan Dengan Menggunakan Koordinasi

Team Strategy : Offensive, AVG Pasukan : 25.42405, AVG Musuh : 58.59572					
Time remaining : 10(Medium) , Nyawa Hero : 250					
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill	Mean Action
1	21.08356	79.87283	9	6	5
2	21.08356	79.87283	9	4	5
3	21.08356	79.87283	9	4	5
4	21.08356	79.87283	9	5	5
5	21.08356	79.87283	9	4	5
6	21.08356	79.87283	9	5	5
7	21.08356	79.87283	9	6	5
8	21.08356	79.87283	9	4	5
9	21.08356	79.87283	9	7	5
10	21.08356	79.87283	9	5	5
11	21.08356	79.87283	9	6	5
12	21.08356	79.87283	9	6	5
13	21.08356	79.87283	9	6	5
14	21.08356	79.87283	9	5	5
15	21.08356	79.87283	9	4	5
16	21.08356	79.87283	9	4	5
17	21.08356	79.87283	9	5	5
18	21.08356	79.87283	9	5	5
19	21.08356	79.87283	9	7	5
20	21.08356	79.87283	9	5	5
21	21.08356	79.87283	9	5	5
22	21.08356	79.87283	9	5	5
23	21.08356	79.87283	9	6	5
24	21.08356	79.87283	9	5	5
25	21.08356	79.87283	9	5	5
26	21.08356	79.87283	9	3	5
27	21.08356	79.87283	9	4	5

**Lanjutan** Tabel 4.10 Data Pengujian Variasi Skill Serangan Dengan Menggunakan Koordinasi

28	21.08356	79.87283	9	6	5
29	21.08356	79.87283	9	5	5
30	21.08356	79.87283	9	5	5
31	21.08356	79.87283	9	5	5
32	21.08356	79.87283	9	4	5
33	21.08356	79.87283	9	4	5
34	21.08356	79.87283	9	5	5
35	21.08356	79.87283	9	6	5
36	21.08356	79.87283	9	6	5
37	21.08356	79.87283	9	5	5
38	21.08356	79.87283	9	5	5
39	21.08356	79.87283	9	4	5
40	21.08356	79.87283	9	6	5
41	21.08356	79.87283	9	5	5
42	21.08356	79.87283	9	5	5
43	21.08356	79.87283	9	5	5
44	21.08356	79.87283	9	4	5
45	21.08356	79.87283	9	6	5
46	21.08356	79.87283	9	4	5
47	21.08356	79.87283	9	3	5
48	21.08356	79.87283	9	6	5
49	21.08356	79.87283	9	4	5
50	21.08356	79.87283	9	6	5



Gambar 4.17 Frekuensi Perilaku Pemilihan Skill Serangan Pasukan NPC Dengan Koordinasi Pada Pengujian Variasi Skill Serangan.

Data pada tabel 4.10 menunjukkan dalam kondisi yang sama, pasukan dengan koordinasi memberikan variasi serangan dari skill 3 hingga skill 7, sementara pasukan tanpa koordinasi memberikan output yang sama yaitu skill 9. Data pada tabel 4.10 menunjukkan *coordination function* menghasilkan  $\mu_{\text{Action Value}} = 5$ . Pada gambar 4.17 menunjukkan bahwa fungsi distribusi normal berhasil mendistribusikan variasi skill serangan disekitar nilai  $\mu_{\text{Action Value}}$ , frekuensi serangan tertinggi ada pada skill serangan 5.

#### 4.2. Pengujian Simulasi Penyerangan

Pengujian simulasi penyerangan dilakukan untuk mengetahui keberhasilan metode koordinasi yang diusulkan. Simulasi penyerangan menggunakan skenario yang telah dijelaskan pada subbab 3.2 dan dengan 3 kondisi yang berbeda yaitu :

1. Penyerangan dengan jumlah pasukan yang lebih banyak dari jumlah musuh, 7 pasukan melawan 4 *tower* dan 3 *storage*. Pasukan terdiri dari 1 *Hero*, 3 *Swordsman*, 2 *Archer* dan 1 *Wizard*. *Tower* terdiri dari 4 *cannon tower*. *Storage* terdiri 3 *Gold Storage* musuh. Maksimal Gold : 34000.
2. Penyerangan dengan jumlah pasukan yang seimbang dengan jumlah musuh, 7 pasukan melawan 7 *tower* dan 3 *storage*. Pasukan terdiri dari 1 *Hero*, 3 *Swordsman*, 2 *Archer* dan 1 *Wizard*. *Tower* Terdiri dari 4 *cannon*

*tower* dan 3 *archer tower*. *Storage* terdiri 3 *Gold Storage* musuh. Maksimal Gold : 37000.

3. Penyerangan dengan jumlah pasukan yang lebih sedikit dari jumlah musuh, 7 pasukan melawan 10 *tower* dan 3 *storage*. Pasukan terdiri dari 1 *Hero*, 3 *Swordsman*, 2 *Archer* dan 1 *Wizard*. *Tower* Terdiri dari 5 *cannon tower* dan 5 *archer tower*. *Storage* terdiri 3 *Gold Storage* musuh. Maksimal Gold : 40000.

Simulasi penyerangan tersebut dilakukan oleh kelompok pasukan dengan koordinasi dan kelompok pasukan tanpa koordinasi. Hasil penyerangan yang dilakukan oleh kelompok pasukan dengan koordinasi akan dibandingkan dengan hasil penyerangan yang dilakukan oleh kelompok pasukan tanpa koordinasi untuk melihat keberhasilan metode koordinasi dalam mencapai tujuan tim dalam penyerangan. Tujuan tim dalam penyerangan ini adalah memperoleh emas-emas sebanyak-banyaknya dan menjaga *Hero* untuk tetap *survive*. Ketiga skenario tersebut diambil 50 data hasil simulasi. Data hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16 di dalam lampiran. Pada subbab ini ditampilkan 10 hasil pengujian pada tiap skenario pada tabel 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 dan 4.16 .Tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 menunjukkan perbandingan rata-rata hasil simulasi antara pasukan tanpa koordinasi dengan pasukan yang menggunakan koordinasi.

**Tabel 4.11 Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 34000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 4, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	34000	470	7
2	34000	470	7
3	34000	465	7
4	34000	465	7
5	34000	465	7
6	34000	475	7
7	34000	470	7

8	34000	465	7
9	34000	470	7
10	34000	470	7

**Tabel 4.12 Hasil Simulasi Kondisi 1 Pasukan Tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 34000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 4, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	34000	465	7
2	34000	475	7
3	34000	470	7
4	34000	470	7
5	34000	470	7
6	34000	475	7
7	34000	475	7
8	34000	475	7
9	34000	465	7
10	34000	465	7

**Tabel 4.13 Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 37000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 7 Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	28948	459	5
2	30056	426	7
3	30856	473	7
4	29667	467	6
5	29896	443	6
6	28948	459	5
7	30056	426	7
8	30856	473	7
9	29667	467	6
10	29896	443	6

**Tabel 4.14 Hasil Simulasi Kondisi 2 Pasukan tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 37000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 7 Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	30286	246	5
2	28923	244	5
3	29073	270	5
4	31372	239	6
5	30812	241	6
6	30286	246	5
7	28923	244	5
8	29073	270	5
9	31372	239	6
10	30812	241	6

**Tabel 4.15 Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 40000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 10, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	28709	229	5
2	28316	254	5
3	28175	269	5
4	28756	254	5
5	20834	311	3
6	27314	241	5
7	27515	292	5
8	29053	452	5
9	28149	260	5
10	27049	272	5

**Tabel 4.16 Hasil Simulasi Kondisi 3 Pasukan Tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 40000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 10, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	27000	107	3
2	30708	281	6
3	15000	0	0
4	15000	0	0
5	20311	163	3
6	29910	207	5
7	12595	0	0
8	28623	203	5
9	27333	161	4
10	28450	262	4

**Tabel 4.17 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 1.**

	Pasukan Tanpa Koordinasi	Pasukan dengan Koordinasi
Average <i>Gold</i> yang didapat	<b>34000</b>	<b>34000</b>
Average Sisa <i>Health Hero</i>	<b>468.8</b>	<b>468.9</b>
Average Sisa Pasukan	<b>7</b>	<b>7</b>

**Tabel 4.18 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 2.**

	Pasukan Tanpa Koordinasi	Pasukan dengan Koordinasi
Average <i>Gold</i> yang didapat	<b>31561.74</b>	<b>29659.76</b>
Average Sisa <i>Health Hero</i>	<b>365.32</b>	<b>436.94</b>
Average Sisa Pasukan	<b>5.82</b>	<b>6.04</b>

**Tabel 4.19 Data Perbandingan Hasil Simulasi Kondisi 3.**

	Pasukan Tanpa Koordinasi	Pasukan dengan Koordinasi
Average <i>Gold</i> yang didapat	<b>23610.54</b>	<b>26449.54</b>
Average Sisa <i>Health Hero</i>	<b>174.3</b>	<b>293.28</b>
Average Sisa Pasukan	<b>3.12</b>	<b>4.58</b>

Data pada tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 menunjukkan bahwa pada seluruh kondisi simulasi, pasukan dengan koordinasi memberikan hasil yang lebih baik pada jumlah pasukan yang tersisa dan kondisi *health* dari *Hero*. Untuk perolehan *gold* metode koordinasi memperoleh emas lebih banyak pada skenario 3 yaitu ketika jumlah pemain lebih sedikit dari musuh. Namun pada skenario 2 yaitu jumlah musuh yang seimbang, metode koordinasi memperoleh *gold* lebih sedikit dibanding dengan tanpa koordinasi. Hal ini dipengaruhi oleh rule koordinasi dari fuzzy koordinator yang dapat dilihat pada tabel 3.14 yaitu kelompok pasukan akan memilih untuk segera bertahan jika kondisinya timnya lebih lemah dari tim musuh pada saat waktu penyerangan dalam rentang *medium* hingga *long*. Namun jika waktu akan segera habis atau masuk dalam rentang waktu *short* maka pasukan akan cenderung menyerang lebih agresif. Rule koordinasi ini masih memiliki kelemahan karena masih belum memperhitungkan jumlah musuh dan pasukan. Sehingga pada simulasi kondisi 2, pasukan dengan koordinasi memperoleh *gold* lebih sedikit dibanding dengan tanpa koordinasi. Hal ini disebabkan oleh *leader* tidak menganalisa jumlah pasukan, sehingga walaupun musuh dengan jumlah yang lebih sedikit tetapi dengan rata-rata nyawa yang masuk dalam kategori *high* akan membuat pasukan tetap memilih untuk bertahan ketika kondisi rata-rata *health* pasukan lebih lemah, sehingga menyebabkan musuh lebih lama untuk dikalahkan. Koordinasi berpengaruh paling signifikan pada simulasi kondisi 3 yaitu ketika musuh berjumlah lebih banyak. Pasukan dengan koordinasi berhasil memperoleh *gold* sebesar 66.12 % dari *gold* keseluruhan. Pasukan tanpa koordinasi hanya memperoleh 59.02 % dari *gold* keseluruhan. Metode koordinasi yang diusulkan telah memberikan hasil yang lebih baik dalam mencapai objektif tim dalam penyerangan.

Untuk menganalisa perilaku pasukan NPC, diambil 1 contoh pasukan NPC dengan koordinasi dan 1 contoh pasukan NPC tanpa koordinasi pada simulasi 3. Tabel 4.20 menunjukkan data perilaku pasukan NPC dengan koordinasi. Tabel 4.21 menunjukkan data perilaku pasukan NPC tanpa koordinasi.



**Tabel 4.20 Data Perilaku Pasukan NPC Dengan Koordinasi Pada Simulasi  
Pertempuran.**

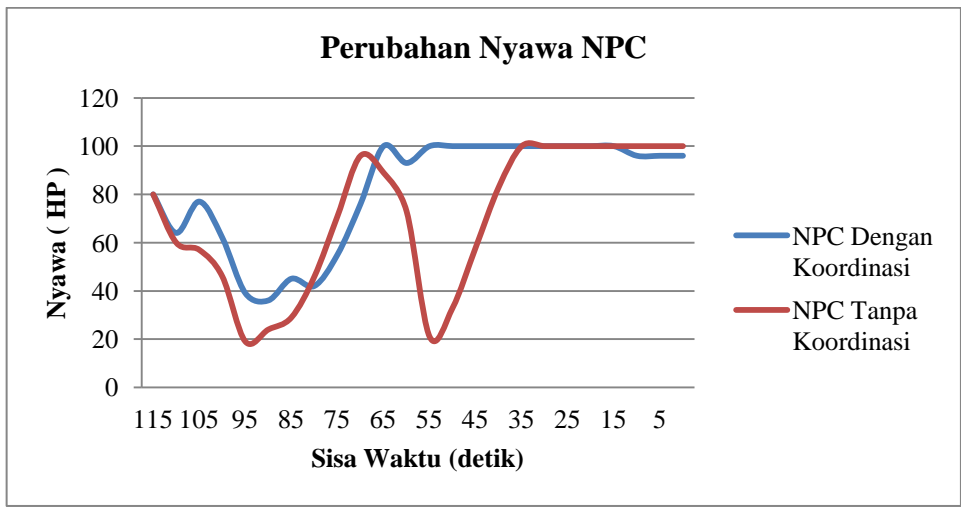
Sisa Waktu	Team Strategy	Nyawa Pasukan	Target Selection	Skill Serangan	Gold	Sisa Pasukan
115	Defensive	80	Cautious	4	0	7
110	Defensive	64	Cautious	8	1000	7
105	Defensive	77	Cautious	6	1000	6
100	Defensive	62	Cautious	9	1000	6
95	Defensive	39	Defensive	7	1000	6
90	Defensive	36	Defensive	7	2000	6
85	Defensive	45	Defensive	6	2000	6
80	Defensive	42	Defensive	6	2000	6
75	Defensive	55	Cautious	8	2000	6
70	Defensive	76	Cautious	4	3000	6
65	Defensive	100	Cautious	6	13000	6
60	Defensive	93	Cautious	7	14000	5
55	Offensive	100	Offensive	1	15000	5
50	Offensive	100	Offensive	2	16000	5
45	Offensive	100	Offensive	2	16000	5
40	Offensive	100	Offensive	2	16000	5
35	Offensive	100	Offensive	1	16000	5
30	Offensive	100	Offensive	1	16000	5
25	Offensive	100	Offensive	1	16000	5
20	Offensive	100	Offensive	1	26000	5
15	Offensive	100	Offensive	2	27000	5
10	Offensive	96	Offensive	2	27000	5
5	Offensive	96	Offensive	1	28000	5
0	Offensive	96	Offensive	2	28981	5

**Tabel 4.21 Data Perilaku Pasukan NPC Tanpa Koordinasi Pada Simulasi  
Pertempuran.**

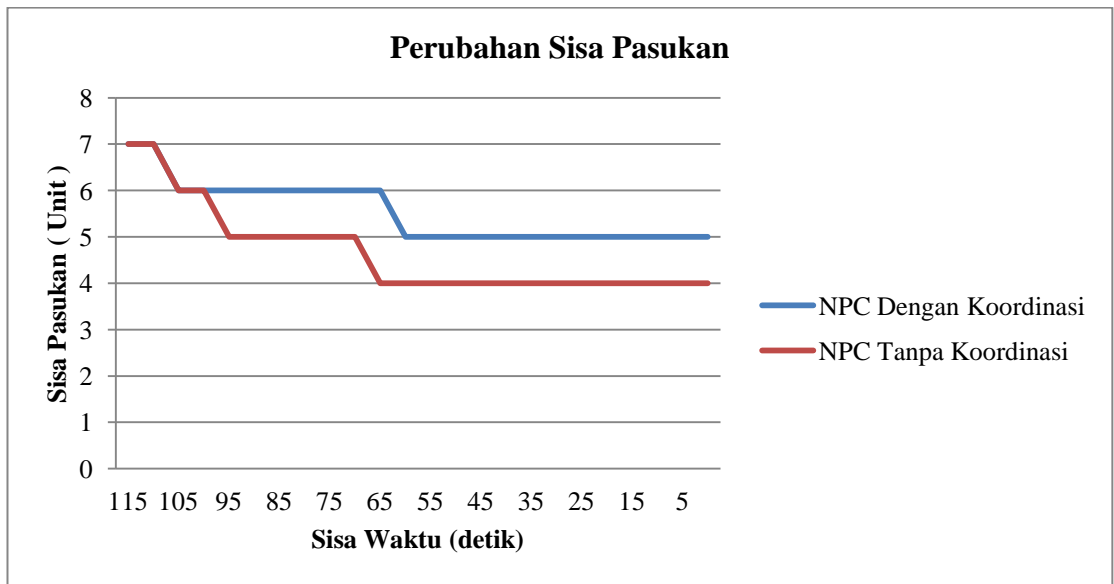
Sisa Waktu	Nyawa Pasukan	Target Selection	Skill Serangan	Gold	Sisa Pasukan
115	80	Offensive	1	0	7
110	60	Offensive	6	1000	7
105	57	Offensive	6	1000	6
100	46	Cautious	5	2000	6
95	19	Defensive	9	2000	5
90	24	Defensive	9	2000	5
85	29	Defensive	6	2000	5
80	46	Cautious	6	3000	5
75	71	Offensive	6	3000	5
70	96	Offensive	1	4000	5
65	89	Offensive	1	14000	4
60	73	Offensive	6	14000	4
55	21	Defensive	9	15000	4

50	33	Cautious	6	16000	4
45	58	Offensive	6	16000	4
40	83	Offensive	1	16000	4
35	100	Offensive	1	16000	4
30	100	Offensive	1	16000	4
25	100	Offensive	1	16000	4
20	100	Offensive	1	16000	4
15	100	Offensive	1	26000	4
10	100	Offensive	1	26000	4
5	100	Offensive	1	27000	4
0	100	Offensive	1	28000	4

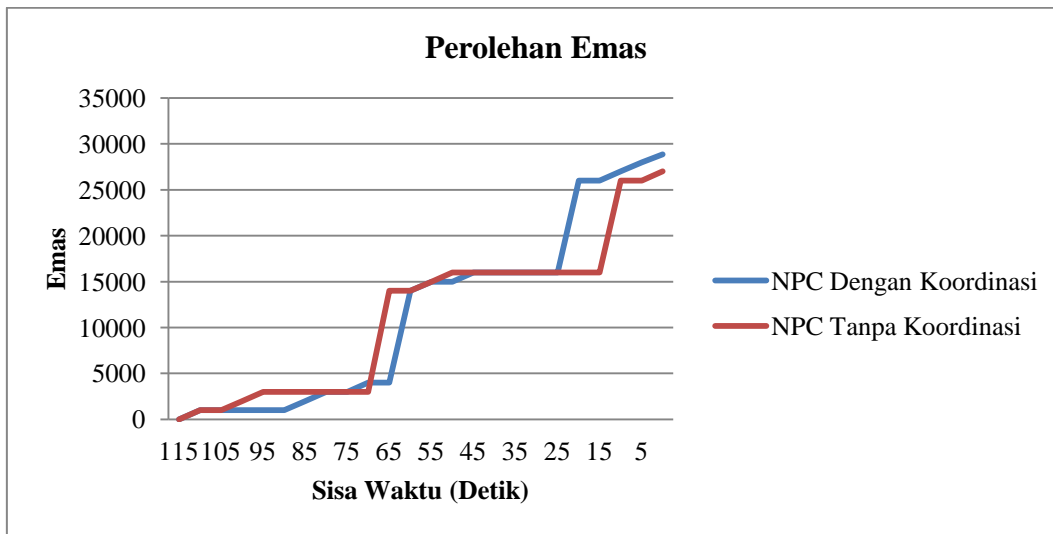
Data pada tabel 4.20 menunjukkan perilaku pasukan NPC dengan koordinasi pada waktu awal pertandingan lebih memilih berhati-hati dalam menyerang, menggunakan skill serangan menghindar dan menyerang balik. Pasukan NPC dengan koordinasi menjadi lebih aggressive ketika waktu menyerang akan berakhir yaitu dalam rentang sisa waktu *medium* hingga *short*. Perilaku pasukan NPC tersebut dipengaruhi oleh strategi *leader* yang pada awal penyerangan menggunakan *defensive team strategy*, kemudian berubah menjadi *offensive* pada saat memasuki akhir penyerangan. Pada tabel 4.21 menunjukkan perilaku pasukan NPC tanpa koordinasi didominasi oleh *offensive target selection*. Pasukan tanpa koordinasi diawal pertandingan memilih perilaku offensive namun ketika kondisi nyawa lemah, perilaku pasukan berubah menjadi defensive. Ketika kondisi pasukan telah pulih, pasukan kembali memilih perilaku offensive. Kondisi pasukan dapat pulih jika berada pada *heal area* milik *Hero*. Pasukan Data pada tabel 4.20 dan 4.21 digrafikan untuk melihat pengaruh perilaku pasukan dengan menggunakan koordinasi.



Gambar 4.18 Perubahan Nyawa Pasukan NPC dalam Simulasi.



Gambar 4.19 Perubahan Sisa Pasukan NPC dalam Simulasi.



Gambar 4.20 Perolehan Gold dalam Simulasi

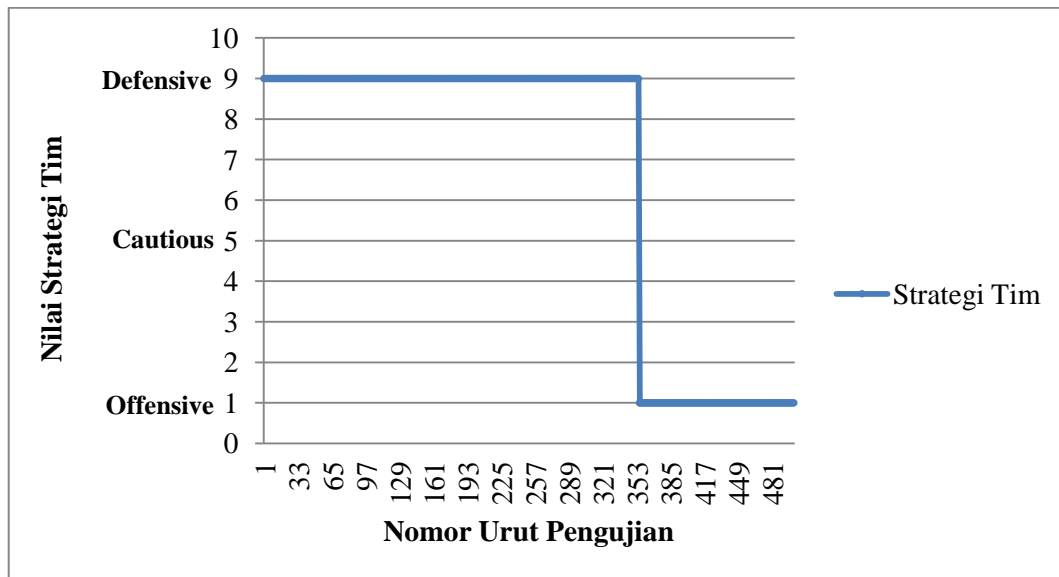
Gambar 4.18 menunjukkan bahwa pasukan dengan koordinasi pada awal pertandingan memilih untuk menjaga kondisi nyawanya karena kondisi musuh yang masih kuat pada awal pertandingan. Kondisi tim musuh yang lebih kuat pada awal pertandingan membuat *leader* memilih strategi *defensive* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.20. Sementara, pasukan tanpa koordinasi di awal pertandingan memilih perilaku *offensive* namun ketika kondisi nyawa lemah, perilaku pasukan berubah menjadi *defensive*. Pasukan tanpa koordinasi hanya melihat kondisi dirinya dan musuh yang sedang dihadapi untuk menentukan perilaku serangan. Hal ini berpengaruh pada jumlah pasukan yang bertahan selama penyerangan. Pada gambar 4.19 menunjukkan bahwa koordinasi membuat jumlah pasukan yang bertahan dalam penyerangan lebih banyak dari jumlah pasukan tanpa menggunakan koordinasi. Grafik pada gambar 4.18 dapat naik dan turun, hal ini disebabkan kondisi nyawa pasukan yang dapat pulih kembali jika berada di *heal area* milik *Hero*. Perilaku *cautious* dan *defensive* akan membuat pasukan menuju area *heal area* milik *Hero* untuk memulihkan kondisi pasukan tersebut. Gambar 4.20 menunjukkan bahwa pada awal penyerangan pasukan tanpa koordinasi lebih cepat dalam pengumpulan *gold* namun karena jumlah pasukan yang berkurang karena mati, di akhir pertandingan jumlah *gold* dari pasukan tanpa koordinasi dapat terlampaui oleh pasukan dengan menggunakan koordinasi. Hal ini disebabkan oleh *team strategy* dari *leader* yang dikoordinasikan kepada pasukan dapat membuat penyerangan lebih baik dalam mencapai objektif kelompok.

### 4.3. Pengujian Fuzzy Coordinator

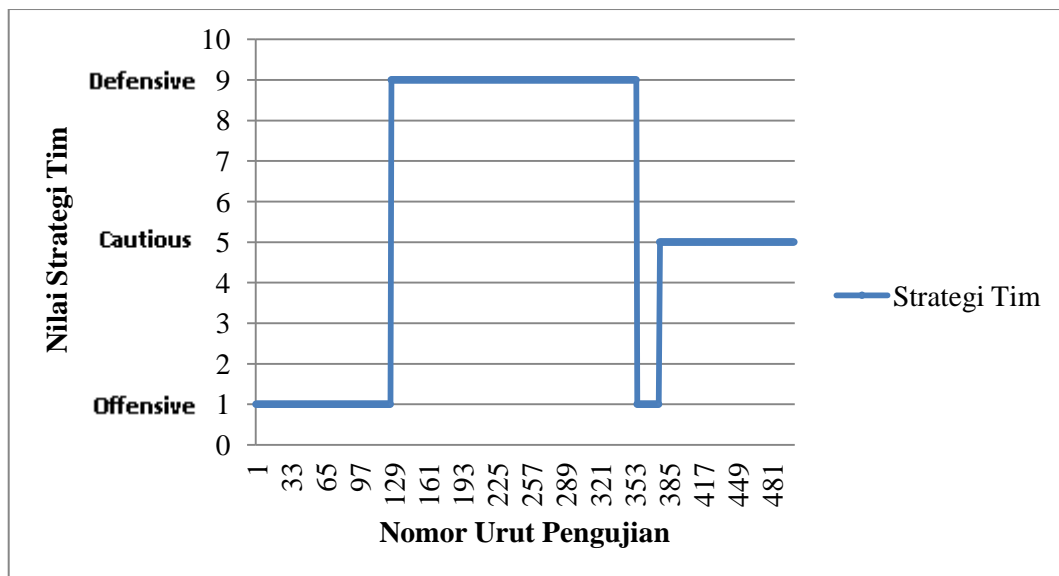
Pengujian ini untuk menguji kesesuaian sistem fuzzy coordinator dengan rancangan strategi tim pada fuzzy coordinator rulebase pada tabel 3.14. Pengujian dilakukan dengan memberikan input pada sistem fuzzy coordinator dengan rentang nilai terkecil hingga terbesarnya. Pengujian dilakukan dengan 2 skenario pengujian :

1. Nilai input rata-rata kesehatan pasukan diberikan dari nilai terkecil(0) sampai dengan terbesar (100), nilai input rata-rata kesehatan musuh diberikan dari nilai terbesar (500) sampai dengan terkecil (0) dan nilai input rata-rata sisa waktu serangan dari nilai terbesar (120) sampai dengan terkecil (0). Pengujian ini untuk menguji strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi lemah menghadapi musuh yang kuat dan waktu pertandingan yang masih sangat lama maka strategi tim yang terpilih adalah *defensive*. Pada kondisi pasukan yang kuat maka strategi tim yang terpilih adalah *offensive*. Pada kondisi pasukan yang kuat strategi tim tidak terpengaruh pada kondisi musuh dan sisa waktu serangan.
2. Nilai input rata-rata kesehatan pasukan diberikan dari nilai terbesar (100) sampai dengan terkecil(0), nilai input rata-rata kesehatan musuh diberikan dari nilai terkecil (0) sampai dengan terbesar (500) dan nilai input rata-rata sisa waktu serangan dari nilai terbesar (120) sampai dengan terkecil (0). Pengujian ini untuk menguji strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi lebih kuat dari musuh maka strategi tim yang terpilih adalah *offensive*. Pada kondisi pasukan yang lebih lemah dari musuh maka strategi tim yang terpilih adalah *deffensive*, namun jika waktu serangan semakin berkurang atau akan habis pasukan akan lebih menyerang yaitu dengan memilih strategi *cautious* atau jika kondisi pasukan tidak terlalu lemah maka strategi yang dipilih adalah *offensive*. Hal ini bermaksud agar pasukan lebih menyerang di waktu akhir-akhir pertandingan.

Tabel 4.22 dan 4.23 pada lampiran 5 menampilkan hasil pengujian output strategi tim dari fuzzy coordinator. Gambar 4.21 dan 4.22 menunjukkan grafik perubahan output hasil pengujian.



**Gambar 4.21** Output Pengujian 1 Sistem Fuzzy Coordinator



**Gambar 4.22** Output Pengujian 2 Sistem Fuzzy Coordinator

Pada gambar 4.21 menunjukkan output pengujian 1. Data gambar 4.21 dapat dilihat pada tabel 4.22 pada lampiran 5. Tabel 4.22 data 1 sampai dengan data 355 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi pasukan yang lemah dihadapkan pada kondisi musuh yang kuat dengan sisa waktu serangan yang masih lama, maka tim strategi yang digunakan adalah *defensive*. Hal ini telah sesuai dengan

rancangan strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi lemah menghadapi musuh yang kuat dan waktu pertandingan yang masih sangat lama maka strategi tim yang terpilih adalah *defensive*. Tabel 4.22 data 356 sampai dengan data 502 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi pasukan yang kuat adalah *offensive* dan pada kondisi tersebut strategi tim tidak terpengaruh oleh sisa waktu serangan.

Pada gambar 4.22 menunjukkan output pengujian 2. Data gambar 4.22 dapat dilihat pada tabel 4.23 pada lampiran 5. Tabel 4.23 data 1 sampai dengan data 126 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi kondisi pasukan yang kuat adalah *offensive*. Jika dibandingkan dengan data 356 sampai dengan data 502 tabel 4.22, sisa waktu serangan pada data 356 sampai dengan data 502 tabel 4.22 dalam rentang *medium* hingga *short*, sisa waktu data 1 sampai dengan data 126 tabel 4.23 dalam rentang *high*, hal ini membuktikan membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi kondisi pasukan yang kuat adalah *offensive*. dan pada kondisi tersebut strategi tim tidak terpengaruh oleh sisa waktu serangan. Hal ini telah sesuai dengan rancangan strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi kuat maka strategi tim yang terpilih adalah *offensive* dan tidak terpengaruh oleh kondisi musuh dan sisa waktu serangan. Tabel 4.23 data 127 sampai dengan data 355 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi pasukan yang tidak seberapa kuat atau *medium* dihadapkan pada kondisi musuh yang kuat dengan sisa waktu serangan yang masih lama, maka tim strategi yang digunakan adalah *defensive*. Hal ini telah sesuai dengan rancangan strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi lebih lemah dari musuh dan waktu pertandingan yang masih di tengah waktu pertandingan maka strategi tim yang terpilih adalah *defensive*. Tabel 4.23 data 356 sampai dengan data 376 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi pasukan yang tidak seberapa kuat atau *medium* dihadapkan pada kondisi musuh yang kuat dengan sisa waktu serangan yang akan segera habis atau *low*, maka tim strategi yang digunakan adalah *offensive*. Hal ini telah sesuai dengan rancangan strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi yang tidak seberapa kuat melawan musuh dalam kondisi kuat dan waktu pertandingan akan segera habis maka strategi tim yang terpilih adalah *offensive*. Pada kondisi tersebut *offensive* dipilih agar pasukan lebih menyerang di waktu akhir-akhir pertandingan. Tabel 4.23 data 377 sampai dengan data 502 membuktikan bahwa strategi tim pada kondisi

pasukan yang lemah dihadapkan pada kondisi musuh yang kuat dengan sisa waktu serangan yang akan segera habis atau *low*, maka tim strategi yang digunakan adalah *cautious*. Hal ini telah sesuai dengan rancangan strategi tim yaitu ketika pasukan dalam kondisi yang lemah melawan musuh dalam kondisi kuat dan waktu pertandingan akan segera habis maka strategi tim yang terpilih adalah *cautious*. Pada kondisi tersebut *cautious* dipilih untuk meningkatkan serangan pasukan namun pasukan tetap berhati-hati dengan memilih serangan yang mempunyai peluang menghindar yang besar dari serangan musuh.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari data yang diambil pada setiap percobaan di setiap skenario dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Penyerangan oleh pasukan NPC yang dikoordinasi oleh agen cerdas berbasis fuzzy coordinator dan distribusi Gaussian terhadap musuh yang lebih lemah hingga musuh yang lebih kuat dari pasukan NPC memberikan rata-rata hasil yang lebih baik dalam perolehan emas, melindungi kesehatan pahlawan dan menjaga jumlah sisa pasukan jika dibandingkan dengan pasukan tanpa menggunakan koordinasi. Pasukan NPC dengan koordinasi mendapatkan rata-rata hasil emas sebesar 82.09%, selisih 0.65% dari pasukan tanpa koordinasi yang mendapatkan rata-rata hasil perolehan emas sebesar 81.44%. Pasukan NPC dengan koordinasi dapat menjaga rata-rata kondisi kesehatan pahlawan sebesar 78.74%, selisih 11.52% dari pasukan tanpa koordinasi yang menjaga rata-rata kondisi kesehatan pahlawan sebesar 67.22%. Pasukan NPC dengan koordinasi dapat menjaga rata-rata jumlah pasukan yang tersisa dalam penyerangan sebesar 83.90%, selisih 8% dari pasukan tanpa koordinasi yang dapat menjaga rata-rata jumlah pasukan yang tersisa dalam penyerangan sebesar 75.9%
2. Pengujian variasi serangan yang telah dilakukan terhadap metode koordinasi yang diusulkan dapat disimpulkan bahwa metode acak distribusi normal pada metode koordinasi yang telah dibuat berhasil membuat variasi serangan yang terdistribusi Gaussian dengan rata-rata pilihan serangan yaitu pada serangan hasil koordinasi. Pada metode koordinasi tanpa distribusi Gaussian hanya memberikan hasil serangan yang statis atau tetap pada pilihan serangan hasil koordinasi.

## 5.2. Saran

Pada penelitian ini metode koordinasi yang diusulkan masih memiliki peluang untuk dikembangkan lebih baik lagi. Sebagai contoh pada skenario dimana jumlah musuh yang seimbang dengan pasukan NPC, metode koordinasi yang diusulkan memiliki kelemahan yaitu memperoleh gold lebih sedikit jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan koordinasi. Maka perlu adanya optimasi dalam *rule strategy* dari *leader* agar *rule strategy* tersebut dapat optimal di berbagai macam skenario. Pengembangan lain yaitu dengan menambahkan parameter jumlah pasukan dan musuh pada sistem koordinasi. Pengembangan selanjutnya adalah dengan membuat *rule strategy* yang adaptif terhadap berbagai macam skenario penyerangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Michael Buro, "Real-time strategy games: A new AI research challenge", In *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, Morgan Kaufmann, 2003, pages 1534-1535.
- [2] Jonathan Tremblay, Christopher Dragert dan Clark Verbrugge, "Target Selection for AI Companions in FPS Games", *Foundations of Digital Games*, 2014.
- [3] Federick W. P. Heckel and G. Michael Youngblood. Multi-agent coordination using dynamic behavior-based subsumption. In *AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, 2010.
- [4] T.J.A. Jansen, "Player Adaptive Cooperative Artificial Intelligence for RTS Games", *BSc. Thesis*, Universiteit Maastricht, 2007.
- [5] Sutarto, "Dasar-dasar Kepemimpinan Administrasi", *Gajahmada University Press*, 2006.
- [6] Microsoft Corporation, "Combat." Game Features, 2005, <http://www.ageofempires3.com/age3/GameFeatures/Combat.aspx> (diakses 30 Juni, 2015).
- [7] Supercell, "Clash of Clans." Games, 17 Desember, 2014, <http://supercell.com/en/games/clashofclans/> (diakses 30 Juni, 2015).
- [8] Vaculín, Roman, and Roman Neruda. "Autonomous behavior of computational agents". *Springer Vienna*, 2005.
- [9] Vadakkepat, P.; Ooi Chia Miin; Xiao Peng; Tong Heng Lee; , "Fuzzy behavior-based control of mobile robots", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* , vol.12, no.4, Aug. 2004, pp. 559- 565.
- [10] Ika Widyastuti, "Pemilihan Perilaku Npc Pada Game Pertarungan Jarak Dekat Menggunakan Fuzzy Coordinator", *Teknik Elektro – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 2012.
- [11] Nur Kholis, "Distribusi Gaussian Perilaku Tarung Npc Prajurit Pada Game Peperangan Menggunakan Metode Box-Muller", *Teknik Elektro – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 2010.

- [12] Olumide Obe, Ioan Dumitrache, "Fuzzy Control Of Autonomous Mobile Robot", *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, Vol. 72, Iss. 3, 2010
- [13] Panus Nattharith, "Fuzzy logic based control of mobile robot navigation: A case study on iRobot Roomba Platform", *Scientific Research and Essays*, Vol. 8(2), pp. 82 -94, 11 Januari, 2013
- [14] Jafreezal Jaafar dan Eric McKenzie, "A Fuzzy Action Selection Method for Virtual Agent Navigation in Unknown Virtual Environments", *Journal of Uncertain Systems*, Vol.2, No.2, pp.144-154, 2008
- [15] Hani Hagra, Rabie A. Ramadan, Mousata Nawito, Mina Zaher, Hala Gabr dan Hussien Fahmy, "A Fuzzy Based Hierarchical Coordination and Control System for a Robotic Agent Team in the Robot Hockey Competition", *Fuzzy Systems (FUZZ) IEEE International Conference*, July 18-23, 2010, pp.1-8
- [16] Russell, Stuart J. dan Norvig, Peter, "Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.)", *Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2*, <http://aima.cs.berkeley.edu/>, chpt. 2, 2003
- [17] Romi Satria W. "Pengantar Software Agent : Teori dan Aplikasi", in *Proceedings of the IECI Japan Workshop 2001*, Vol.3, No.1, 2001
- [18] Julian Togelius, Georgios N. Yannakis, Sergey Karakovskiy dan Noor Shaker lee and Edward A. Lee, "Assesing Believability", In *Hingston, P.,ed., Believable Bots : Can Computers Play Like People?*. Springer, Chapter 9, 2012
- [19] Penelope Sweetser dan Peta Wyeth, "GameFlow : A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games" *ACM Computers in Entertainment*, Vol. 3, No. 3, July 2005
- [20] Darren Doherty dan Colm O'Riordan, "The Design Goals and Implementation of AI in Modern Computer Games", *Techreport*, 2006
- [21] Santiago Ontañón, Gabriel Synnaeve, Alberto Uriarte, Florian Richoux, David Churchill dan Mike Preuss, "A Survey of Real-Time Strategy Game AI Research and Competition in StarCraft", *Computational Intelligence and AI in Games*, IEEE Transactions on Volume:5 , Issue: 4, 2013
- [22] Ian Millington dan John Funge, "Artificial Intelligence for Game (2nd ed.)", *Elsevier Science & Technology*, 2009.

- [23] Suyanto, "Artificial Intelligence : Searching, Reasoning, Planning, Learning", *Informatika*, Bandung, 2007.
- [24] The Mathworks Inc, "Comparison of Mamdani and Sugeno Systems." Support, 2015, <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/comparison-of-sugeno-and-mamdani-systems.html>, (diakses 30 Juni, 2015).
- [25] Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers, dan Keying Ye , "Probability and Statistics for Engineers and Scientists", *Pearson Prentice Hall*, 2007.
- [26] Madock, john, Paul A. Bristow, Hubert Holin, Xiaogang dan Bruno Lalande, "Normal (Gaussian) Distribution" Statistical Distribution and Functions, 2006, <http://www.boost.org/doc/.../libs/math/doc/html/dist.html> (diakses tanggal 30 juni, 2015)
- [27] G. E. P Box dan Mervin E. Muller, "A Note on The Generation of Random Normal Deviates", In *The Annal of Mathematical Statistics*, Volume 29, pages 610-611, 1958.
- [28] Byron J.T. Morgan, "The polar Marsaglia Method" In *Elements of Simulation*, pages 80, Florida: CRC Press, 1995

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN 1

Tabel 4.1. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 54.49318. AVG Musuh : 54.24648						
Time remaining : 10(Short). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	75.90303	74.56381	Offensive	Offensive	2	2
2	66.94305	20.37728	Offensive	Offensive	4	3
3	76.0476	21.81992	Offensive	Offensive	3	1
4	50.94814	83.10983	Offensive	Offensive	6	3
5	67.6494	63.24394	Offensive	Offensive	5	3
6	54.90428	22.16879	Offensive	Offensive	4	4
7	74.64621	28.07986	Offensive	Offensive	5	4
8	77.98603	59.59295	Offensive	Offensive	2	3
9	23.91886	58.06618	Defensive	Cautious	8	6
10	25.0559	66.82561	Defensive	Cautious	5	3
11	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	3
12	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	3
13	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	4
14	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	3
15	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	2
16	33.14602	83.99879	Cautious	Offensive	6	4
17	61.60031	51.31801	Offensive	Offensive	5	4
18	64.57976	49.35469	Offensive	Offensive	5	4
19	40.64079	66.67017	Cautious	Offensive	5	3
20	65.79551	53.31533	Offensive	Offensive	5	4
21	71.60422	96.4407	Offensive	Offensive	6	3
22	64.81075	51.64465	Offensive	Offensive	5	4
23	26.90676	48.4738	Defensive	Cautious	5	4
24	44.52063	42.19859	Cautious	Offensive	5	2
25	75.50732	52.49039	Offensive	Offensive	2	2
26	63.03581	62.39655	Offensive	Offensive	5	3
27	66.51994	37.96997	Offensive	Offensive	5	2

28	44.73707	68.55133	Cautious	Offensive	5	2
29	63.94692	54.28422	Offensive	Offensive	5	3
30	31.03181	47.53448	Cautious	Offensive	5	4
31	72.85593	16.7583	Offensive	Offensive	4	3
32	75.30306	89.06998	Offensive	Offensive	1	1
33	43.94681	39.92631	Cautious	Offensive	5	5
34	85.65955	68.31171	Offensive	Offensive	2	1
35	21.15914	82.2328	Defensive	Cautious	9	7
36	32.08413	19.87803	Cautious	Offensive	4	3
37	68.44392	56.63401	Offensive	Offensive	5	3
38	49.54758	99.87788	Cautious	Offensive	6	4
39	36.68746	31.12466	Cautious	Offensive	5	2
40	85.78419	84.02671	Offensive	Offensive	1	2
41	51.28539	64.87406	Offensive	Offensive	5	3
42	54.72732	14.29611	Offensive	Offensive	4	1
43	27.50027	45.12404	Defensive	Cautious	5	3
44	46.43397	54.88242	Cautious	Offensive	5	4
45	37.7216	43.04134	Cautious	Offensive	5	3
46	36.22993	66.50688	Cautious	Offensive	5	3
47	41.89207	88.19829	Cautious	Offensive	6	2
48	60.56878	19.03667	Offensive	Offensive	4	3
49	71.24203	28.93641	Offensive	Offensive	5	4
50	38.54472	28.46963	Cautious	Offensive	5	2

Tabel 4.2. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu Medium.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 54.49318. AVG Musuh : 54.24648						
Time remaining : 60(Medium) . Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	75.90303	74.56381	Offensive	Offensive	2	1
2	66.94305	20.37728	Offensive	Offensive	4	2
3	76.0476	21.81992	Offensive	Offensive	3	2
4	50.94814	83.10983	Offensive	Offensive	6	4
5	67.6494	63.24394	Offensive	Offensive	5	3



6	54.90428	22.16879	Offensive	Offensive	4	4
7	74.64621	28.07986	Offensive	Offensive	5	3
8	77.98603	59.59295	Offensive	Offensive	2	4
9	23.91886	58.06618	Defensive	Cautious	8	5
10	25.0559	66.82561	Defensive	Cautious	5	1
11	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	2
12	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	2
13	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	3
14	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	2
15	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	5
16	33.14602	83.99879	Cautious	Offensive	6	4
17	61.60031	51.31801	Offensive	Offensive	5	3
18	64.57976	49.35469	Offensive	Offensive	5	3
19	40.64079	66.67017	Cautious	Offensive	5	2
20	65.79551	53.31533	Offensive	Offensive	5	3
21	71.60422	96.4407	Offensive	Offensive	6	3
22	64.81075	51.64465	Offensive	Offensive	5	3
23	26.90676	48.4738	Defensive	Cautious	5	3
24	44.52063	42.19859	Cautious	Offensive	5	5
25	75.50732	52.49039	Offensive	Offensive	2	1
26	63.03581	62.39655	Offensive	Offensive	5	4
27	66.51994	37.96997	Offensive	Offensive	5	3
28	44.73707	68.55133	Cautious	Offensive	5	2
29	63.94692	54.28422	Offensive	Offensive	5	2
30	31.03181	47.53448	Cautious	Offensive	5	3
31	72.85593	16.7583	Offensive	Offensive	4	2
32	75.30306	89.06998	Offensive	Offensive	1	1
33	43.94681	39.92631	Cautious	Offensive	5	2
34	85.65955	68.31171	Offensive	Offensive	2	1
35	21.15914	82.2328	Defensive	Cautious	9	7
36	32.08413	19.87803	Cautious	Offensive	4	3
37	68.44392	56.63401	Offensive	Offensive	5	5
38	49.54758	99.87788	Cautious	Offensive	6	4
39	36.68746	31.12466	Cautious	Offensive	5	1
40	85.78419	84.02671	Offensive	Offensive	1	2

41	51.28539	64.87406	Offensive	Offensive	5	4
42	54.72732	14.29611	Offensive	Offensive	4	2
43	27.50027	45.12404	Defensive	Cautious	5	3
44	46.43397	54.88242	Cautious	Offensive	5	3
45	37.7216	43.04134	Cautious	Offensive	5	4
46	36.22993	66.50688	Cautious	Offensive	5	2
47	41.89207	88.19829	Cautious	Offensive	6	2
48	60.56878	19.03667	Offensive	Offensive	4	2
49	71.24203	28.93641	Offensive	Offensive	5	2
50	38.54472	28.46963	Cautious	Offensive	5	3

Tabel 4.3. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 1 Sisa Waktu *Long*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 54.49318. AVG Musuh : 54.24648						
Time remaining : 100(Long) . Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	75.90303	74.56381	Offensive	Offensive	2	3
2	66.94305	20.37728	Offensive	Offensive	4	2
3	76.0476	21.81992	Offensive	Offensive	3	4
4	50.94814	83.10983	Offensive	Offensive	6	3
5	67.6494	63.24394	Offensive	Offensive	5	4
6	54.90428	22.16879	Offensive	Offensive	4	3
7	74.64621	28.07986	Offensive	Offensive	5	3
8	77.98603	59.59295	Offensive	Offensive	2	1
9	23.91886	58.06618	Defensive	Cautious	8	3
10	25.0559	66.82561	Defensive	Cautious	5	3
11	53.39095	64.07136	Offensive	Offensive	5	5
12	46.5047	94.60704	Cautious	Offensive	6	4
13	61.81113	32.94174	Offensive	Offensive	5	4
14	43.26372	52.02494	Cautious	Offensive	5	2
15	69.68437	62.98298	Offensive	Offensive	5	4
16	33.14602	83.99879	Cautious	Offensive	6	5
17	61.60031	51.31801	Offensive	Offensive	5	4
18	64.57976	49.35469	Offensive	Offensive	5	3

19	40.64079	66.67017	Cautious	Offensive	5	3
20	65.79551	53.31533	Offensive	Offensive	5	3
21	71.60422	96.4407	Offensive	Offensive	6	4
22	64.81075	51.64465	Offensive	Offensive	5	3
23	26.90676	48.4738	Defensive	Cautious	5	3
24	44.52063	42.19859	Cautious	Offensive	5	3
25	75.50732	52.49039	Offensive	Offensive	2	1
26	63.03581	62.39655	Offensive	Offensive	5	5
27	66.51994	37.96997	Offensive	Offensive	5	4
28	44.73707	68.55133	Cautious	Offensive	5	3
29	63.94692	54.28422	Offensive	Offensive	5	3
30	31.03181	47.53448	Cautious	Offensive	5	3
31	72.85593	16.7583	Offensive	Offensive	4	3
32	75.30306	89.06998	Offensive	Offensive	1	2
33	43.94681	39.92631	Cautious	Offensive	5	3
34	85.65955	68.31171	Offensive	Offensive	2	2
35	21.15914	82.2328	Defensive	Cautious	9	6
36	32.08413	19.87803	Cautious	Offensive	4	1
37	68.44392	56.63401	Offensive	Offensive	5	2
38	49.54758	99.87788	Cautious	Offensive	6	3
39	36.68746	31.12466	Cautious	Offensive	5	3
40	85.78419	84.02671	Offensive	Offensive	1	2
41	51.28539	64.87406	Offensive	Offensive	5	4
42	54.72732	14.29611	Offensive	Offensive	4	3
43	27.50027	45.12404	Defensive	Cautious	5	3
44	46.43397	54.88242	Cautious	Offensive	5	3
45	37.7216	43.04134	Cautious	Offensive	5	2
46	36.22993	66.50688	Cautious	Offensive	5	4
47	41.89207	88.19829	Cautious	Offensive	6	3
48	60.56878	19.03667	Offensive	Offensive	4	2
49	71.24203	28.93641	Offensive	Offensive	5	2
50	38.54472	28.46963	Cautious	Offensive	5	3

## LAMPIRAN 2

Tabel 4.4. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 10(Short). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	3
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	2
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	5
6	58.58899	13.81214	Offensive	Offensive	4	2
7	49.04959	30.27985	Cautious	Offensive	5	4
8	90.39767	59.21944	Offensive	Offensive	2	2
9	61.34031	30.40446	Offensive	Offensive	5	2
10	76.78574	33.37338	Offensive	Offensive	2	1
11	41.53906	11.30505	Cautious	Offensive	4	4
12	74.43117	12.79559	Offensive	Offensive	4	2
13	87.51068	11.75438	Offensive	Offensive	3	1
14	55.64164	33.54636	Offensive	Offensive	5	2
15	92.46852	42.42583	Offensive	Offensive	2	2
16	76.95666	4.665365	Offensive	Offensive	3	3
17	63.11236	30.00831	Offensive	Offensive	5	3
18	74.3113	12.80606	Offensive	Offensive	4	3
19	50.23453	47.1166	Offensive	Offensive	5	4
20	87.27208	33.36448	Offensive	Offensive	2	1
21	92.47475	21.95992	Offensive	Offensive	3	1
22	69.62321	36.27406	Offensive	Offensive	5	3
23	88.09189	13.14866	Offensive	Offensive	3	1
24	94.02623	7.367254	Offensive	Offensive	3	3
25	49.23458	23.9445	Cautious	Offensive	4	4
26	77.33347	3.472197	Offensive	Offensive	3	3
27	59.26888	27.97005	Offensive	Offensive	5	3

28	87.64171	6.427731	Offensive	Offensive	3	2
29	65.15466	9.150247	Offensive	Offensive	4	3
30	70.54203	27.53551	Offensive	Offensive	5	2
31	95.20228	64.88762	Offensive	Offensive	2	3
32	42.44416	10.64274	Cautious	Offensive	4	4
33	45.13698	9.938456	Cautious	Offensive	4	3
34	80.43396	29.80926	Offensive	Offensive	2	1
35	59.21204	7.921434	Offensive	Offensive	4	2
36	39.58511	53.83664	Cautious	Offensive	5	3
37	70.39	48.60949	Offensive	Offensive	5	5
38	64.97821	37.29884	Offensive	Offensive	5	3
39	66.82434	3.716919	Offensive	Offensive	4	2
40	90.67963	22.37219	Offensive	Offensive	3	2
41	83.68578	10.60195	Offensive	Offensive	3	1
42	91.20421	9.772968	Offensive	Offensive	3	1
43	19.81464	6.364126	Defensive	Cautious	7	4
44	99.0395	28.62549	Offensive	Offensive	2	2
45	57.0386	26.19407	Offensive	Offensive	5	3
46	83.12286	30.1138	Offensive	Offensive	2	2
47	56.26054	31.4547	Offensive	Offensive	5	2
48	25.1907	19.14569	Defensive	Cautious	4	1
49	71.23998	9.175762	Offensive	Offensive	4	3
50	39.69427	24.23563	Cautious	Offensive	4	2

Tabel 4.5. Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu Medium.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 60(Medium). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	1
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	4
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	3

6	58.58899	13.81214	Offensive	Offensive	4	4
7	49.04959	30.27985	Cautious	Offensive	5	3
8	90.39767	59.21944	Offensive	Offensive	2	1
9	61.34031	30.40446	Offensive	Offensive	5	2
10	76.78574	33.37338	Offensive	Offensive	2	2
11	41.53906	11.30505	Cautious	Offensive	4	2
12	74.43117	12.79559	Offensive	Offensive	4	2
13	87.51068	11.75438	Offensive	Offensive	3	1
14	55.64164	33.54636	Offensive	Offensive	5	2
15	92.46852	42.42583	Offensive	Offensive	2	1
16	76.95666	4.665365	Offensive	Offensive	3	2
17	63.11236	30.00831	Offensive	Offensive	5	3
18	74.3113	12.80606	Offensive	Offensive	4	2
19	50.23453	47.1166	Offensive	Offensive	5	2
20	87.27208	33.36448	Offensive	Offensive	2	2
21	92.47475	21.95992	Offensive	Offensive	3	2
22	69.62321	36.27406	Offensive	Offensive	5	3
23	88.09189	13.14866	Offensive	Offensive	3	3
24	94.02623	7.367254	Offensive	Offensive	3	4
25	49.23458	23.9445	Cautious	Offensive	4	4
26	77.33347	3.472197	Offensive	Offensive	3	3
27	59.26888	27.97005	Offensive	Offensive	5	3
28	87.64171	6.427731	Offensive	Offensive	3	3
29	65.15466	9.150247	Offensive	Offensive	4	3
30	70.54203	27.53551	Offensive	Offensive	5	1
31	95.20228	64.88762	Offensive	Offensive	2	1
32	42.44416	10.64274	Cautious	Offensive	4	3
33	45.13698	9.938456	Cautious	Offensive	4	2
34	80.43396	29.80926	Offensive	Offensive	2	2
35	59.21204	7.921434	Offensive	Offensive	4	4
36	39.58511	53.83664	Cautious	Offensive	5	2
37	70.39	48.60949	Offensive	Offensive	5	2
38	64.97821	37.29884	Offensive	Offensive	5	3
39	66.82434	3.716919	Offensive	Offensive	4	2
40	90.67963	22.37219	Offensive	Offensive	3	2

41	83.68578	10.60195	Offensive	Offensive	3	3
42	91.20421	9.772968	Offensive	Offensive	3	2
43	19.81464	6.364126	Defensive	Cautious	7	6
44	99.0395	28.62549	Offensive	Offensive	2	1
45	57.0386	26.19407	Offensive	Offensive	5	3
46	83.12286	30.1138	Offensive	Offensive	2	2
47	56.26054	31.4547	Offensive	Offensive	5	4
48	25.1907	19.14569	Defensive	Cautious	4	1
49	71.23998	9.175762	Offensive	Offensive	4	2
50	39.69427	24.23563	Cautious	Offensive	4	3

Tabel 4.6 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 2 Sisa Waktu *Long*.

Team Strategy : Offensive. AVG Pasukan : 67.85783. AVG Musuh : 23.96432						
Time remaining : 100(Long). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	81.23679	54.70272	Offensive	Offensive	2	1
2	33.61742	2.682182	Cautious	Offensive	4	4
3	64.90884	26.95846	Offensive	Offensive	5	3
4	74.77188	6.877361	Offensive	Offensive	4	3
5	64.14688	38.15002	Offensive	Offensive	5	4
6	58.58899	13.81214	Offensive	Offensive	4	1
7	49.04959	30.27985	Cautious	Offensive	5	4
8	90.39767	59.21944	Offensive	Offensive	2	1
9	61.34031	30.40446	Offensive	Offensive	5	3
10	76.78574	33.37338	Offensive	Offensive	2	3
11	41.53906	11.30505	Cautious	Offensive	4	3
12	74.43117	12.79559	Offensive	Offensive	4	1
13	87.51068	11.75438	Offensive	Offensive	3	3
14	55.64164	33.54636	Offensive	Offensive	5	4
15	92.46852	42.42583	Offensive	Offensive	2	2
16	76.95666	4.665365	Offensive	Offensive	3	4
17	63.11236	30.00831	Offensive	Offensive	5	3
18	74.3113	12.80606	Offensive	Offensive	4	1

19	50.23453	47.1166	Offensive	Offensive	5	4
20	87.27208	33.36448	Offensive	Offensive	2	1
21	92.47475	21.95992	Offensive	Offensive	3	2
22	69.62321	36.27406	Offensive	Offensive	5	3
23	88.09189	13.14866	Offensive	Offensive	3	2
24	94.02623	7.367254	Offensive	Offensive	3	2
25	49.23458	23.9445	Cautious	Offensive	4	5
26	77.33347	3.472197	Offensive	Offensive	3	1
27	59.26888	27.97005	Offensive	Offensive	5	3
28	87.64171	6.427731	Offensive	Offensive	3	2
29	65.15466	9.150247	Offensive	Offensive	4	3
30	70.54203	27.53551	Offensive	Offensive	5	2
31	95.20228	64.88762	Offensive	Offensive	2	3
32	42.44416	10.64274	Cautious	Offensive	4	3
33	45.13698	9.938456	Cautious	Offensive	4	3
34	80.43396	29.80926	Offensive	Offensive	2	2
35	59.21204	7.921434	Offensive	Offensive	4	1
36	39.58511	53.83664	Cautious	Offensive	5	3
37	70.39	48.60949	Offensive	Offensive	5	4
38	64.97821	37.29884	Offensive	Offensive	5	2
39	66.82434	3.716919	Offensive	Offensive	4	2
40	90.67963	22.37219	Offensive	Offensive	3	1
41	83.68578	10.60195	Offensive	Offensive	3	1
42	91.20421	9.772968	Offensive	Offensive	3	1
43	19.81464	6.364126	Defensive	Cautious	7	5
44	99.0395	28.62549	Offensive	Offensive	2	1
45	57.0386	26.19407	Offensive	Offensive	5	4
46	83.12286	30.1138	Offensive	Offensive	2	2
47	56.26054	31.4547	Offensive	Offensive	5	3
48	25.1907	19.14569	Defensive	Cautious	4	2
49	71.23998	9.175762	Offensive	Offensive	4	2
50	39.69427	24.23563	Cautious	Offensive	4	3



### LAMPIRAN 3

Tabel 4.7 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu *Short*.

Team Strategy : Cautious. AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 10(Short). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	3.65423	76.65012	Defensive	Defensive	9	7
2	44.70793	110.4893	Cautious	Cautious	6	8
3	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	6
4	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	7
5	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	4
6	31.96615	59.93401	Cautious	Cautious	5	3
7	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	5
8	26.40992	99.59264	Defensive	Defensive	6	5
9	9.097893	85.12382	Defensive	Defensive	9	7
10	8.461852	97.43247	Defensive	Defensive	9	9
11	26.82395	64.42671	Defensive	Defensive	5	5
12	5.512304	92.11084	Defensive	Defensive	9	9
13	14.96034	40.92895	Defensive	Defensive	8	8
14	42.10846	60.02821	Cautious	Cautious	5	5
15	33.66127	84.50361	Cautious	Cautious	6	3
16	22.27643	60.1618	Defensive	Defensive	8	6
17	10.8502	82.86172	Defensive	Defensive	9	6
18	53.08127	80.58401	Offensive	Offensive	6	5
19	4.469079	78.27219	Defensive	Defensive	9	8
20	22.66577	74.88215	Defensive	Defensive	8	5
21	5.793646	86.11768	Defensive	Defensive	9	7
22	13.10818	109.1804	Defensive	Defensive	9	5
23	45.07044	83.78795	Cautious	Cautious	6	6
24	36.24777	98.92258	Cautious	Cautious	6	6
25	10.57813	68.48841	Defensive	Defensive	8	6
26	9.398144	135.0705	Defensive	Defensive	9	8
27	33.11052	58.80156	Cautious	Cautious	5	3

28	8.815413	82.49512	Defensive	Defensive	9	8
29	22.22056	64.40019	Defensive	Defensive	8	5
30	5.134054	76.00358	Defensive	Defensive	9	8
31	63.70262	91.15285	Offensive	Offensive	6	4
32	35.0488	73.90862	Cautious	Cautious	5	6
33	49.11107	81.27316	Cautious	Cautious	6	3
34	19.81933	101.1332	Defensive	Defensive	9	7
35	20.36539	69.85046	Defensive	Defensive	8	6
36	16.94553	72.89457	Defensive	Defensive	8	8
37	29.23972	78.75581	Defensive	Defensive	6	4
38	2.109762	48.21162	Defensive	Defensive	8	7
39	59.11153	56.77044	Offensive	Offensive	5	6
40	4.911619	57.85665	Defensive	Defensive	8	8
41	3.30273	86.51437	Defensive	Defensive	9	6
42	40.62057	61.88515	Cautious	Cautious	5	6
43	9.012619	54.31382	Defensive	Defensive	8	5
44	33.75293	97.30249	Cautious	Cautious	6	5
45	16.60737	97.69444	Defensive	Defensive	9	8
46	30.04886	103.1004	Cautious	Cautious	6	5
47	7.335962	79.93777	Defensive	Defensive	9	8
48	49.38464	75.60289	Cautious	Cautious	6	5
49	13.0195	131.7668	Defensive	Defensive	9	7
50	51.2483	92.67998	Offensive	Offensive	6	5

Tabel 4.8 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu *Medium*.

Team Strategy : Defensive. AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 60(Medium). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	3.65423	76.65012	Defensive	Defensive	9	7
2	44.70793	110.4893	Cautious	Defensive	6	7
3	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	9
4	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	9
5	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	6

6	31.96615	59.93401	Cautious	Defensive	5	7
7	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	8
8	26.40992	99.59264	Defensive	Defensive	6	8
9	9.097893	85.12382	Defensive	Defensive	9	9
10	8.461852	97.43247	Defensive	Defensive	9	7
11	26.82395	64.42671	Defensive	Defensive	5	8
12	5.512304	92.11084	Defensive	Defensive	9	9
13	14.96034	40.92895	Defensive	Defensive	8	8
14	42.10846	60.02821	Cautious	Defensive	5	7
15	33.66127	84.50361	Cautious	Defensive	6	7
16	22.27643	60.1618	Defensive	Defensive	8	8
17	10.8502	82.86172	Defensive	Defensive	9	9
18	53.08127	80.58401	Offensive	Cautious	6	7
19	4.469079	78.27219	Defensive	Defensive	9	9
20	22.66577	74.88215	Defensive	Defensive	8	7
21	5.793646	86.11768	Defensive	Defensive	9	8
22	13.10818	109.1804	Defensive	Defensive	9	9
23	45.07044	83.78795	Cautious	Defensive	6	7
24	36.24777	98.92258	Cautious	Defensive	6	7
25	10.57813	68.48841	Defensive	Defensive	8	9
26	9.398144	135.0705	Defensive	Defensive	9	8
27	33.11052	58.80156	Cautious	Defensive	5	7
28	8.815413	82.49512	Defensive	Defensive	9	8
29	22.22056	64.40019	Defensive	Defensive	8	6
30	5.134054	76.00358	Defensive	Defensive	9	9
31	63.70262	91.15285	Offensive	Cautious	6	6
32	35.0488	73.90862	Cautious	Defensive	5	7
33	49.11107	81.27316	Cautious	Defensive	6	8
34	19.81933	101.1332	Defensive	Defensive	9	7
35	20.36539	69.85046	Defensive	Defensive	8	9
36	16.94553	72.89457	Defensive	Defensive	8	9
37	29.23972	78.75581	Defensive	Defensive	6	6
38	2.109762	48.21162	Defensive	Defensive	8	8
39	59.11153	56.77044	Offensive	Cautious	5	8
40	4.911619	57.85665	Defensive	Defensive	8	8

41	3.30273	86.51437	Defensive	Defensive	9	8
42	40.62057	61.88515	Cautious	Defensive	5	8
43	9.012619	54.31382	Defensive	Defensive	8	8
44	33.75293	97.30249	Cautious	Defensive	6	5
45	16.60737	97.69444	Defensive	Defensive	9	7
46	30.04886	103.1004	Cautious	Defensive	6	8
47	7.335962	79.93777	Defensive	Defensive	9	9
48	49.38464	75.60289	Cautious	Defensive	6	8
49	13.0195	131.7668	Defensive	Defensive	9	9
50	51.2483	92.67998	Offensive	Cautious	6	6

Tabel 4.9 Perilaku Serangan Pasukan pada Pengujian 3 Sisa Waktu *Long*.

Team Strategy : Defensive. AVG Pasukan : 23.48562, AVG Musuh : 79.37985						
Time remaining : 100(Long). Nyawa Hero : 250						
No	Nyawa Pasukan	Nyawa Musuh	Uncoordinated Target Selection	Coordinated Target Selection	Uncoordinated Skill	Coordinated Skill
1	3.65423	76.65012	Defensive	Defensive	9	9
2	44.70793	110.4893	Cautious	Defensive	6	8
3	23.03075	48.87482	Defensive	Defensive	8	9
4	7.56571	64.02597	Defensive	Defensive	8	8
5	28.43272	56.91818	Defensive	Defensive	5	8
6	31.96615	59.93401	Cautious	Defensive	5	7
7	10.36888	75.31767	Defensive	Defensive	9	9
8	26.40992	99.59264	Defensive	Defensive	6	9
9	9.097893	85.12382	Defensive	Defensive	9	9
10	8.461852	97.43247	Defensive	Defensive	9	7
11	26.82395	64.42671	Defensive	Defensive	5	7
12	5.512304	92.11084	Defensive	Defensive	9	9
13	14.96034	40.92895	Defensive	Defensive	8	9
14	42.10846	60.02821	Cautious	Defensive	5	6
15	33.66127	84.50361	Cautious	Defensive	6	8
16	22.27643	60.1618	Defensive	Defensive	8	8
17	10.8502	82.86172	Defensive	Defensive	9	9
18	53.08127	80.58401	Offensive	Cautious	6	7

19	4.469079	78.27219	Defensive	Defensive	9	9
20	22.66577	74.88215	Defensive	Defensive	8	9
21	5.793646	86.11768	Defensive	Defensive	9	9
22	13.10818	109.1804	Defensive	Defensive	9	9
23	45.07044	83.78795	Cautious	Defensive	6	8
24	36.24777	98.92258	Cautious	Defensive	6	7
25	10.57813	68.48841	Defensive	Defensive	8	9
26	9.398144	135.0705	Defensive	Defensive	9	9
27	33.11052	58.80156	Cautious	Defensive	5	8
28	8.815413	82.49512	Defensive	Defensive	9	9
29	22.22056	64.40019	Defensive	Defensive	8	9
30	5.134054	76.00358	Defensive	Defensive	9	9
31	63.70262	91.15285	Offensive	Cautious	6	7
32	35.0488	73.90862	Cautious	Defensive	5	6
33	49.11107	81.27316	Cautious	Defensive	6	7
34	19.81933	101.1332	Defensive	Defensive	9	7
35	20.36539	69.85046	Defensive	Defensive	8	9
36	16.94553	72.89457	Defensive	Defensive	8	8
37	29.23972	78.75581	Defensive	Defensive	6	8
38	2.109762	48.21162	Defensive	Defensive	8	9
39	59.11153	56.77044	Offensive	Cautious	5	6
40	4.911619	57.85665	Defensive	Defensive	8	9
41	3.30273	86.51437	Defensive	Defensive	9	9
42	40.62057	61.88515	Cautious	Defensive	5	6
43	9.012619	54.31382	Defensive	Defensive	8	7
44	33.75293	97.30249	Cautious	Defensive	6	8
45	16.60737	97.69444	Defensive	Defensive	9	8
46	30.04886	103.1004	Cautious	Defensive	6	8
47	7.335962	79.93777	Defensive	Defensive	9	8
48	49.38464	75.60289	Cautious	Defensive	6	6
49	13.0195	131.7668	Defensive	Defensive	9	9
50	51.2483	92.67998	Offensive	Cautious	6	8

## LAMPIRAN 4

**Tabel 4.11 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 1 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 34000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 4, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	34000	470	7
2	34000	470	7
3	34000	465	7
4	34000	465	7
5	34000	465	7
6	34000	475	7
7	34000	470	7
8	34000	465	7
9	34000	470	7
10	34000	470	7
11	34000	465	7
12	34000	470	7
13	34000	470	7
14	34000	465	7
15	34000	470	7
16	34000	465	7
17	34000	470	7
18	34000	465	7
19	34000	485	7
20	34000	470	7
21	34000	465	7
22	34000	465	7
23	34000	465	7
24	34000	480	7
25	34000	465	7
26	34000	470	7
27	34000	465	7
28	34000	470	7
29	34000	465	7
30	34000	470	7
31	34000	470	7
32	34000	475	7
33	34000	470	7
34	34000	475	7
35	34000	465	7
36	34000	470	7
37	34000	465	7
38	34000	465	7
39	34000	465	7
40	34000	465	7
41	34000	470	7
42	34000	470	7
43	34000	475	7
44	34000	470	7

45	34000	475	7
46	34000	465	7
47	34000	465	7
48	34000	475	7
49	34000	465	7
50	34000	470	7
<b>AVG</b>	<b>34000</b>	<b>468.9</b>	<b>7</b>

**Tabel 4.12 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 1 Pasukan Tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 34000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 4, Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	34000	465	7
2	34000	475	7
3	34000	470	7
4	34000	470	7
5	34000	470	7
6	34000	475	7
7	34000	475	7
8	34000	475	7
9	34000	465	7
10	34000	465	7
11	34000	465	7
12	34000	465	7
13	34000	470	7
14	34000	470	7
15	34000	475	7
16	34000	470	7
17	34000	465	7
18	34000	465	7
19	34000	475	7
20	34000	480	7
21	34000	460	7
22	34000	465	7
23	34000	480	7
24	34000	465	7
25	34000	470	7
26	34000	470	7
27	34000	465	7
28	34000	470	7
29	34000	465	7
30	34000	470	7
31	34000	470	7
32	34000	465	7
33	34000	465	7
34	34000	465	7
35	34000	465	7
36	34000	470	7
37	34000	470	7
38	34000	470	7
39	34000	465	7

40	34000	465	7
41	34000	465	7
42	34000	465	7
43	34000	470	7
44	34000	470	7
45	34000	475	7
46	34000	465	7
47	34000	470	7
48	34000	470	7
49	34000	470	7
50	34000	465	7
<b>AVG</b>	<b>34000</b>	<b>468.8</b>	<b>7</b>

**Tabel 4.13 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 2 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 37000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 7 Waktu penyerangan 120 detik..			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	29468	455	6
2	30806	467	7
3	29587	428	6
4	28392	370	5
5	30314	428	7
6	29952	476	6
7	27873	367	5
8	30049	444	6
9	27441	325	4
10	29647	280	6
11	28948	459	5
12	30056	426	7
13	30856	473	7
14	29667	467	6
15	29896	443	6
16	30573	448	6
17	28126	434	5
18	30666	441	6
19	29496	473	6
20	29713	426	6
21	30836	442	7
22	30852	464	7
23	30215	456	6
24	29292	428	6
25	29114	467	6
26	29602	456	6
27	26513	450	5
28	29663	440	7
29	30792	464	6
30	30066	476	7
31	29706	456	6
32	28523	367	5
33	29534	446	6
34	28073	379	5



35	27991	470	5
36	30066	464	6
37	29769	470	6
38	30981	473	6
39	30722	459	7
40	30704	473	7
41	30756	442	7
42	28414	446	6
43	29762	442	6
44	30762	418	7
45	29736	464	6
46	29908	461	6
47	29671	262	5
48	29605	458	6
49	30489	457	7
50	29345	467	6
<b>AVG</b>	<b>29659.76</b>	<b>436.94</b>	<b>6.04</b>

**Tabel 4.14 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 2 Pasukan Tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 37000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 7 Waktu penyerangan 120 detik.			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	31461	292	6
2	31472	285	6
3	31538	453	6
4	30627	464	6
5	31173	244	6
6	31770	248	6
7	31840	464	7
8	30752	237	6
9	31353	464	6
10	37000	450	7
11	31664	470	6
12	31174	239	6
13	30390	461	6
14	31312	261	6
15	37000	459	7
16	30737	424	6
17	30974	331	6
18	30286	246	5
19	28923	244	5
20	29073	270	5
21	31372	239	6
22	30812	241	6
23	30254	269	6
24	37000	453	7
25	29782	319	6
26	37000	459	7
27	37000	461	7
28	31459	401	6
29	30940	449	6

30	37000	461	7
31	30243	457	6
32	30347	470	6
33	29634	358	5
34	37000	464	7
35	37000	421	6
36	37000	442	6
37	31496	464	6
38	31953	435	7
39	28910	441	5
40	27452	333	4
41	28600	270	5
42	28017	433	4
43	28985	210	5
44	29010	388	5
45	29134	439	5
46	29828	401	5
47	30439	298	5
48	31882	237	6
49	28935	445	4
50	29084	102	5
<b>AVG</b>	<b>31561.74</b>	<b>365.32</b>	<b>5.82</b>

**Tabel 4.15 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 3 Pasukan dengan Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 40000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 10, Waktu penyerangan 120 detik			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	28709	229	5
2	28316	254	5
3	28175	269	5
4	28756	254	5
5	20834	311	3
6	27314	241	5
7	27515	292	5
8	29053	452	5
9	28149	260	5
10	27049	272	5
11	29599	296	6
12	20728	251	3
13	27377	245	5
14	27175	288	4
15	26331	239	4
16	28250	419	5
17	20272	187	3
18	28000	440	5
19	20256	181	3
20	27162	247	5
21	29615	288	6
22	20649	338	3
23	19980	230	3
24	28000	430	5

25	27227	284	5
26	20223	195	3
27	20874	229	3
28	27000	429	4
29	27461	429	5
30	20247	231	3
31	28700	247	6
32	27152	216	5
33	26000	236	4
34	27274	247	5
35	29246	242	5
36	28176	295	5
37	27440	260	5
38	26000	244	4
39	28000	350	5
40	28713	431	6
41	27202	265	5
42	27100	244	4
43	27000	437	4
44	26320	235	4
45	27499	434	5
46	27268	285	5
47	28000	437	5
48	29627	331	6
49	26259	272	4
50	29205	246	6
<b>AVG</b>	<b>26449.54</b>	<b>293.28</b>	<b>4.58</b>

**Tabel 4.16 Hasil Lengkap Simulasi Kondisi 3 Pasukan Tanpa Koordinasi**

Jumlah Maksimal Gold : 40000, Maksimal <i>Health Hero</i> : 500, Jumlah Pasukan : 7, Jumlah Musuh 10, Waktu penyerangan 120 detik			
Percobaan ke-	Gold Yang Didapat	Sisa <i>Health Hero</i>	Sisa Pasukan
1	27000	107	3
2	30708	281	6
3	15000	0	0
4	15000	0	0
5	20311	163	3
6	29910	207	5
7	12595	0	0
8	28623	203	5
9	27333	161	4
10	28450	262	4
11	27050	316	3
12	30295	230	5
13	29985	264	5
14	19125	169	2
15	13482	0	0
16	28277	209	4
17	18000	58	1
18	29253	246	5
19	13348	0	0

20	20000	260	2
21	27213	434	4
22	20990	218	3
23	20751	198	3
24	19119	180	2
25	29949	200	5
26	27000	292	3
27	26030	229	4
28	19972	98	3
29	14000	0	0
30	30882	308	6
31	12839	0	0
32	30157	267	5
33	29658	300	5
34	18300	92	1
35	26098	229	4
36	20373	206	3
37	30087	241	6
38	28970	252	5
39	29736	267	5
40	14200	0	0
41	28923	207	5
42	27144	214	4
43	17700	21	1
44	28000	134	4
45	28645	134	5
46	12719	0	0
47	13492	0	0
48	26100	147	3
49	29138	253	5
50	28597	458	5
<b>AVG</b>	<b>23610.54</b>	<b>174.3</b>	<b>3.12</b>

## LAMPIRAN 5

**Tabel 4.22 Hasil Pengujian 1 Sistem Fuzzy Coordinator.**

No	Rata-rata Nyawa Pasukan	Rata-rata Nyawa Musuh	Sisa Waktu Serangan	Team Strategy Value
1	0	500	120	9
2	0.2	499	119.76	9
3	0.4	498	119.52	9
4	0.6	497	119.28	9
5	0.8	496	119.04	9
6	1	495	118.8	9
7	1.2	494	118.56	9
8	1.4	493	118.32	9
9	1.6	492	118.08	9
10	1.8	491	117.84	9
11	2	490	117.6	9
12	2.2	489	117.36	9
13	2.4	488	117.12	9
14	2.6	487	116.88	9
15	2.8	486	116.64	9
16	3	485	116.4	9
17	3.200001	484	116.16	9
18	3.400001	483	115.92	9
19	3.600001	482	115.68	9
20	3.800001	481	115.44	9
21	4	480	115.2	9
22	4.2	479	114.96	9
23	4.4	478	114.72	9
24	4.6	477	114.48	9
25	4.8	476	114.2401	9
26	5	475	114.0001	9
27	5.199999	474	113.7601	9
28	5.399999	473	113.5201	9
29	5.599999	472	113.2801	9
30	5.799999	471	113.0401	9
31	5.999999	470	112.8001	9
32	6.199998	469	112.5601	9
33	6.399998	468	112.3201	9
34	6.599998	467	112.0801	9
35	6.799998	466	111.8401	9
36	6.999998	465	111.6001	9
37	7.199997	464	111.3601	9

38	7.399997	463	111.1201	9
39	7.599997	462	110.8801	9
40	7.799997	461	110.6401	9
41	7.999997	460	110.4001	9
42	8.199997	459	110.1601	9
43	8.399997	458	109.9201	9
44	8.599997	457	109.6801	9
45	8.799996	456	109.4401	9
46	8.999996	455	109.2001	9
47	9.199996	454	108.9601	9
48	9.399996	453	108.7201	9
49	9.599996	452	108.4801	9
50	9.799995	451	108.2401	9
51	9.999995	450	108.0001	9
52	10.2	449	107.7601	9
53	10.39999	448	107.5201	9
54	10.59999	447	107.2801	9
55	10.79999	446	107.0401	9
56	10.99999	445	106.8001	9
57	11.19999	444	106.5601	9
58	11.39999	443	106.3201	9
59	11.59999	442	106.0801	9
60	11.79999	441	105.8401	9
61	11.99999	440	105.6001	9
62	12.19999	439	105.3601	9
63	12.39999	438	105.1201	9
64	12.59999	437	104.8801	9
65	12.79999	436	104.6401	9
66	12.99999	435	104.4001	9
67	13.19999	434	104.1601	9
68	13.39999	433	103.9201	9
69	13.59999	432	103.6801	9
70	13.79999	431	103.4401	9
71	13.99999	430	103.2001	9
72	14.19999	429	102.9602	9
73	14.39999	428	102.7202	9
74	14.59999	427	102.4802	9
75	14.79999	426	102.2402	9
76	14.99999	425	102.0002	9
77	15.19999	424	101.7602	9
78	15.39999	423	101.5202	9
79	15.59999	422	101.2802	9

80	15.79999	421	101.0402	9
81	15.99999	420	100.8002	9
82	16.19999	419	100.5602	9
83	16.39999	418	100.3202	9
84	16.59999	417	100.0802	9
85	16.79999	416	99.84018	9
86	16.99999	415	99.60018	9
87	17.19999	414	99.36018	9
88	17.39999	413	99.12019	9
89	17.59999	412	98.88019	9
90	17.8	411	98.64019	9
91	18	410	98.40019	9
92	18.2	409	98.16019	9
93	18.4	408	97.9202	9
94	18.6	407	97.6802	9
95	18.8	406	97.4402	9
96	19	405	97.2002	9
97	19.2	404	96.96021	9
98	19.4	403	96.72021	9
99	19.6	402	96.48021	9
100	19.8	401	96.24021	9
101	20	400	96.00021	9
102	20.2	399	95.76022	9
103	20.40001	398	95.52022	9
104	20.60001	397	95.28022	9
105	20.80001	396	95.04022	9
106	21.00001	395	94.80022	9
107	21.20001	394	94.56023	9
108	21.40001	393	94.32023	9
109	21.60001	392	94.08023	9
110	21.80001	391	93.84023	9
111	22.00001	390	93.60023	9
112	22.20001	389	93.36024	9
113	22.40001	388	93.12024	9
114	22.60001	387	92.88024	9
115	22.80001	386	92.64024	9
116	23.00002	385	92.40025	9
117	23.20002	384	92.16025	9
118	23.40002	383	91.92025	9
119	23.60002	382	91.68025	9
120	23.80002	381	91.44025	9
121	24.00002	380	91.20026	9

122	24.20002	379	90.96026	9
123	24.40002	378	90.72026	9
124	24.60002	377	90.48026	9
125	24.80002	376	90.24026	9
126	25.00002	375	90.00027	9
127	25.20002	374	89.76027	9
128	25.40002	373	89.52027	9
129	25.60003	372	89.28027	9
130	25.80003	371	89.04028	9
131	26.00003	370	88.80028	9
132	26.20003	369	88.56028	9
133	26.40003	368	88.32028	9
134	26.60003	367	88.08028	9
135	26.80003	366	87.84029	9
136	27.00003	365	87.60029	9
137	27.20003	364	87.36029	9
138	27.40003	363	87.12029	9
139	27.60003	362	86.88029	9
140	27.80003	361	86.6403	9
141	28.00003	360	86.4003	9
142	28.20004	359	86.1603	9
143	28.40004	358	85.9203	9
144	28.60004	357	85.68031	9
145	28.80004	356	85.44031	9
146	29.00004	355	85.20031	9
147	29.20004	354	84.96031	9
148	29.40004	353	84.72031	9
149	29.60004	352	84.48032	9
150	29.80004	351	84.24032	9
151	30.00004	350	84.00032	9
152	30.20004	349	83.76032	9
153	30.40004	348	83.52032	9
154	30.60004	347	83.28033	9
155	30.80005	346	83.04033	9
156	31.00005	345	82.80033	9
157	31.20005	344	82.56033	9
158	31.40005	343	82.32034	9
159	31.60005	342	82.08034	9
160	31.80005	341	81.84034	9
161	32.00005	340	81.60034	9
162	32.20005	339	81.36034	9
163	32.40005	338	81.12035	9



164	32.60005	337	80.88035	9
165	32.80005	336	80.64035	9
166	33.00005	335	80.40035	9
167	33.20005	334	80.16035	9
168	33.40005	333	79.92036	9
169	33.60006	332	79.68036	9
170	33.80006	331	79.44036	9
171	34.00006	330	79.20036	9
172	34.20006	329	78.96037	9
173	34.40006	328	78.72037	9
174	34.60006	327	78.48037	9
175	34.80006	326	78.24037	9
176	35.00006	325	78.00037	9
177	35.20006	324	77.76038	9
178	35.40006	323	77.52038	9
179	35.60006	322	77.28038	9
180	35.80006	321	77.04038	9
181	36.00006	320	76.80038	9
182	36.20007	319	76.56039	9
183	36.40007	318	76.32039	9
184	36.60007	317	76.08039	9
185	36.80007	316	75.84039	9
186	37.00007	315	75.6004	9
187	37.20007	314	75.3604	9
188	37.40007	313	75.1204	9
189	37.60007	312	74.8804	9
190	37.80007	311	74.6404	9
191	38.00007	310	74.40041	9
192	38.20007	309	74.16041	9
193	38.40007	308	73.92041	9
194	38.60007	307	73.68041	9
195	38.80008	306	73.44041	9
196	39.00008	305	73.20042	9
197	39.20008	304	72.96042	9
198	39.40008	303	72.72042	9
199	39.60008	302	72.48042	9
200	39.80008	301	72.24043	9
201	40.00008	300	72.00043	9
202	40.20008	299	71.76043	9
203	40.40008	298	71.52043	9
204	40.60008	297	71.28043	9
205	40.80008	296	71.04044	9

206	41.00008	295	70.80044	9
207	41.20008	294	70.56044	9
208	41.40009	293	70.32044	9
209	41.60009	292	70.08044	9
210	41.80009	291	69.84045	9
211	42.00009	290	69.60045	9
212	42.20009	289	69.36045	9
213	42.40009	288	69.12045	9
214	42.60009	287	68.88046	9
215	42.80009	286	68.64046	9
216	43.00009	285	68.40046	9
217	43.20009	284	68.16046	9
218	43.40009	283	67.92046	9
219	43.60009	282	67.68047	9
220	43.80009	281	67.44047	9
221	44.0001	280	67.20047	9
222	44.2001	279	66.96047	9
223	44.4001	278	66.72047	9
224	44.6001	277	66.48048	9
225	44.8001	276	66.24048	9
226	45.0001	275	66.00048	9
227	45.2001	274	65.76048	9
228	45.4001	273	65.52048	9
229	45.6001	272	65.28049	9
230	45.8001	271	65.04049	9
231	46.0001	270	64.80049	9
232	46.2001	269	64.56049	9
233	46.4001	268	64.3205	9
234	46.60011	267	64.0805	9
235	46.80011	266	63.8405	9
236	47.00011	265	63.60049	9
237	47.20011	264	63.36049	9
238	47.40011	263	63.12049	9
239	47.60011	262	62.88049	9
240	47.80011	261	62.64049	9
241	48.00011	260	62.40049	9
242	48.20011	259	62.16048	9
243	48.40011	258	61.92048	9
244	48.60011	257	61.68048	9
245	48.80011	256	61.44048	9
246	49.00011	255	61.20048	9
247	49.20012	254	60.96048	9

248	49.40012	253	60.72047	9
249	49.60012	252	60.48047	9
250	49.80012	251	60.24047	9
251	50.00012	250	60.00047	9
252	50.20012	249	59.76047	9
253	50.40012	248	59.52047	9
254	50.60012	247	59.28046	9
255	50.80012	246	59.04046	9
256	51.00012	245	58.80046	9
257	51.20012	244	58.56046	9
258	51.40012	243	58.32046	9
259	51.60012	242	58.08046	9
260	51.80013	241	57.84045	9
261	52.00013	240	57.60045	9
262	52.20013	239	57.36045	9
263	52.40013	238	57.12045	9
264	52.60013	237	56.88045	9
265	52.80013	236	56.64045	9
266	53.00013	235	56.40044	9
267	53.20013	234	56.16044	9
268	53.40013	233	55.92044	9
269	53.60013	232	55.68044	9
270	53.80013	231	55.44044	9
271	54.00013	230	55.20044	9
272	54.20013	229	54.96043	9
273	54.40014	228	54.72043	9
274	54.60014	227	54.48043	9
275	54.80014	226	54.24043	9
276	55.00014	225	54.00043	9
277	55.20014	224	53.76043	9
278	55.40014	223	53.52042	9
279	55.60014	222	53.28042	9
280	55.80014	221	53.04042	9
281	56.00014	220	52.80042	9
282	56.20014	219	52.56042	9
283	56.40014	218	52.32042	9
284	56.60014	217	52.08041	9
285	56.80014	216	51.84041	9
286	57.00014	215	51.60041	9
287	57.20015	214	51.36041	9
288	57.40015	213	51.12041	9
289	57.60015	212	50.88041	9

290	57.80015	211	50.6404	9
291	58.00015	210	50.4004	9
292	58.20015	209	50.1604	9
293	58.40015	208	49.9204	9
294	58.60015	207	49.6804	9
295	58.80015	206	49.4404	9
296	59.00015	205	49.20039	9
297	59.20015	204	48.96039	9
298	59.40015	203	48.72039	9
299	59.60015	202	48.48039	9
300	59.80016	201	48.24039	9
301	60.00016	200	48.00039	9
302	60.20016	199	47.76038	9
303	60.40016	198	47.52038	9
304	60.60016	197	47.28038	9
305	60.80016	196	47.04038	9
306	61.00016	195	46.80038	9
307	61.20016	194	46.56038	9
308	61.40016	193	46.32037	9
309	61.60016	192	46.08037	9
310	61.80016	191	45.84037	9
311	62.00016	190	45.60037	9
312	62.20016	189	45.36037	9
313	62.40017	188	45.12037	9
314	62.60017	187	44.88036	9
315	62.80017	186	44.64036	9
316	63.00017	185	44.40036	9
317	63.20017	184	44.16036	9
318	63.40017	183	43.92036	9
319	63.60017	182	43.68036	9
320	63.80017	181	43.44035	9
321	64.00017	180	43.20035	9
322	64.20016	179	42.96035	9
323	64.40016	178	42.72035	9
324	64.60016	177	42.48035	9
325	64.80016	176	42.24035	9
326	65.00015	175	42.00034	9
327	65.20015	174	41.76034	9
328	65.40015	173	41.52034	9
329	65.60014	172	41.28034	9
330	65.80014	171	41.04034	9
331	66.00014	170	40.80033	9

332	66.20013	169	40.56033	9
333	66.40013	168	40.32033	9
334	66.60013	167	40.08033	9
335	66.80013	166	39.84033	9
336	67.00012	165	39.60033	9
337	67.20012	164	39.36032	9
338	67.40012	163	39.12032	9
339	67.60011	162	38.88032	9
340	67.80011	161	38.64032	9
341	68.00011	160	38.40032	9
342	68.2001	159	38.16032	9
343	68.4001	158	37.92031	9
344	68.6001	157	37.68031	9
345	68.80009	156	37.44031	9
346	69.00009	155	37.20031	9
347	69.20009	154	36.96031	9
348	69.40009	153	36.72031	9
349	69.60008	152	36.4803	9
350	69.80008	151	36.2403	9
351	70.00008	150	36.0003	9
352	70.20007	149	35.7603	9
353	70.40007	148	35.5203	9
354	70.60007	147	35.2803	9
355	70.80006	146	35.04029	9
356	71.00006	145	34.80029	1
357	71.20006	144	34.56029	1
358	71.40005	143	34.32029	1
359	71.60005	142	34.08029	1
360	71.80005	141	33.84029	1
361	72.00005	140	33.60028	1
362	72.20004	139	33.36028	1
363	72.40004	138	33.12028	1
364	72.60004	137	32.88028	1
365	72.80003	136	32.64028	1
366	73.00003	135	32.40028	1
367	73.20003	134	32.16027	1
368	73.40002	133	31.92027	1
369	73.60002	132	31.68027	1
370	73.80002	131	31.44028	1
371	74.00002	130	31.20028	1
372	74.20001	129	30.96028	1
373	74.40001	128	30.72028	1

374	74.60001	127	30.48028	1
375	74.8	126	30.24028	1
376	75	125	30.00028	1
377	75.2	124	29.76028	1
378	75.39999	123	29.52028	1
379	75.59999	122	29.28028	1
380	75.79999	121	29.04028	1
381	75.99998	120	28.80028	1
382	76.19998	119	28.56028	1
383	76.39998	118	28.32028	1
384	76.59998	117	28.08028	1
385	76.79997	116	27.84028	1
386	76.99997	115	27.60028	1
387	77.19997	114	27.36028	1
388	77.39996	113	27.12028	1
389	77.59996	112	26.88028	1
390	77.79996	111	26.64028	1
391	77.99995	110	26.40028	1
392	78.19995	109	26.16028	1
393	78.39995	108	25.92028	1
394	78.59995	107	25.68028	1
395	78.79994	106	25.44028	1
396	78.99994	105	25.20028	1
397	79.19994	104	24.96028	1
398	79.39993	103	24.72028	1
399	79.59993	102	24.48028	1
400	79.79993	101	24.24028	1
401	79.99992	100	24.00028	1
402	80.19992	99	23.76028	1
403	80.39992	98	23.52028	1
404	80.59991	97	23.28028	1
405	80.79991	96	23.04028	1
406	80.99991	95	22.80028	1
407	81.19991	94	22.56028	1
408	81.3999	93	22.32028	1
409	81.5999	92	22.08028	1
410	81.7999	91	21.84028	1
411	81.99989	90	21.60028	1
412	82.19989	89	21.36028	1
413	82.39989	88	21.12029	1
414	82.59988	87	20.88029	1
415	82.79988	86	20.64029	1

416	82.99988	85	20.40029	1
417	83.19987	84	20.16029	1
418	83.39987	83	19.92029	1
419	83.59987	82	19.68029	1
420	83.79987	81	19.44029	1
421	83.99986	80	19.20029	1
422	84.19986	79	18.96029	1
423	84.39986	78	18.72029	1
424	84.59985	77	18.48029	1
425	84.79985	76	18.24029	1
426	84.99985	75	18.00029	1
427	85.19984	74	17.76029	1
428	85.39984	73	17.52029	1
429	85.59984	72	17.28029	1
430	85.79984	71	17.04029	1
431	85.99983	70	16.80029	1
432	86.19983	69	16.56029	1
433	86.39983	68	16.32029	1
434	86.59982	67	16.08029	1
435	86.79982	66	15.84029	1
436	86.99982	65	15.60029	1
437	87.19981	64	15.36029	1
438	87.39981	63	15.12029	1
439	87.59981	62	14.88029	1
440	87.7998	61	14.64029	1
441	87.9998	60	14.40029	1
442	88.1998	59	14.16029	1
443	88.3998	58	13.92029	1
444	88.59979	57	13.68029	1
445	88.79979	56	13.44029	1
446	88.99979	55	13.20029	1
447	89.19978	54	12.96029	1
448	89.39978	53	12.72029	1
449	89.59978	52	12.48029	1
450	89.79977	51	12.24029	1
451	89.99977	50	12.00029	1
452	90.19977	49	11.76029	1
453	90.39977	48	11.52029	1
454	90.59976	47	11.28029	1
455	90.79976	46	11.04029	1
456	90.99976	45	10.80029	1
457	91.19975	44	10.5603	1

458	91.39975	43	10.3203	1
459	91.59975	42	10.0803	1
460	91.79974	41	9.840296	1
461	91.99974	40	9.600296	1
462	92.19974	39	9.360296	1
463	92.39973	38	9.120296	1
464	92.59973	37	8.880297	1
465	92.79973	36	8.640297	1
466	92.99973	35	8.400297	1
467	93.19972	34	8.160297	1
468	93.39972	33	7.920298	1
469	93.59972	32	7.680298	1
470	93.79971	31	7.440298	1
471	93.99971	30	7.200298	1
472	94.19971	29	6.960299	1
473	94.3997	28	6.720299	1
474	94.5997	27	6.480299	1
475	94.7997	26	6.240299	1
476	94.99969	25	6.000299	1
477	95.19969	24	5.7603	1
478	95.39969	23	5.5203	1
479	95.59969	22	5.2803	1
480	95.79968	21	5.0403	1
481	95.99968	20	4.800301	1
482	96.19968	19	4.560301	1
483	96.39967	18	4.320301	1
484	96.59967	17	4.080301	1
485	96.79967	16	3.840301	1
486	96.99966	15	3.600301	1
487	97.19966	14	3.360301	1
488	97.39966	13	3.120301	1
489	97.59966	12	2.880301	1
490	97.79965	11	2.640301	1
491	97.99965	10	2.400301	1
492	98.19965	9	2.160301	1
493	98.39964	8	1.920301	1
494	98.59964	7	1.680301	1
495	98.79964	6	1.440301	1
496	98.99963	5	1.200301	1
497	99.19963	4	0.960301	1
498	99.39963	3	0.720301	1
499	99.59962	2	0.480301	1



500	99.79962	1	0.240301	1
501	99.99962	0	0.000301	1
502	100	0	0	1

**Tabel 4.23 Hasil Pengujian 2 Sistem Fuzzy Coordinator.**

No	Rata-rata Nyawa Pasukan	Rata-rata Nyawa Musuh	Sisa Waktu Serangan	Team Strategy Value
1	100	0	120	1
2	99.8	1	119.76	1
3	99.60001	2	119.52	1
4	99.40001	3	119.28	1
5	99.20001	4	119.04	1
6	99.00002	5	118.8	1
7	98.80002	6	118.56	1
8	98.60002	7	118.32	1
9	98.40002	8	118.08	1
10	98.20003	9	117.84	1
11	98.00003	10	117.6	1
12	97.80003	11	117.36	1
13	97.60004	12	117.12	1
14	97.40004	13	116.88	1
15	97.20004	14	116.64	1
16	97.00005	15	116.4	1
17	96.80005	16	116.16	1
18	96.60005	17	115.92	1
19	96.40005	18	115.68	1
20	96.20006	19	115.44	1
21	96.00006	20	115.2	1
22	95.80006	21	114.96	1
23	95.60007	22	114.72	1
24	95.40007	23	114.48	1
25	95.20007	24	114.2401	1
26	95.00008	25	114.0001	1
27	94.80008	26	113.7601	1
28	94.60008	27	113.5201	1
29	94.40009	28	113.2801	1
30	94.20009	29	113.0401	1
31	94.00009	30	112.8001	1
32	93.80009	31	112.5601	1
33	93.6001	32	112.3201	1
34	93.4001	33	112.0801	1
35	93.2001	34	111.8401	1

36	93.00011	35	111.6001	1
37	92.80011	36	111.3601	1
38	92.60011	37	111.1201	1
39	92.40012	38	110.8801	1
40	92.20012	39	110.6401	1
41	92.00012	40	110.4001	1
42	91.80013	41	110.1601	1
43	91.60013	42	109.9201	1
44	91.40013	43	109.6801	1
45	91.20013	44	109.4401	1
46	91.00014	45	109.2001	1
47	90.80014	46	108.9601	1
48	90.60014	47	108.7201	1
49	90.40015	48	108.4801	1
50	90.20015	49	108.2401	1
51	90.00015	50	108.0001	1
52	89.80016	51	107.7601	1
53	89.60016	52	107.5201	1
54	89.40016	53	107.2801	1
55	89.20016	54	107.0401	1
56	89.00017	55	106.8001	1
57	88.80017	56	106.5601	1
58	88.60017	57	106.3201	1
59	88.40018	58	106.0801	1
60	88.20018	59	105.8401	1
61	88.00018	60	105.6001	1
62	87.80019	61	105.3601	1
63	87.60019	62	105.1201	1
64	87.40019	63	104.8801	1
65	87.2002	64	104.6401	1
66	87.0002	65	104.4001	1
67	86.8002	66	104.1601	1
68	86.6002	67	103.9201	1
69	86.40021	68	103.6801	1
70	86.20021	69	103.4401	1
71	86.00021	70	103.2001	1
72	85.80022	71	102.9602	1
73	85.60022	72	102.7202	1
74	85.40022	73	102.4802	1
75	85.20023	74	102.2402	1
76	85.00023	75	102.0002	1
77	84.80023	76	101.7602	1

78	84.60023	77	101.5202	1
79	84.40024	78	101.2802	1
80	84.20024	79	101.0402	1
81	84.00024	80	100.8002	1
82	83.80025	81	100.5602	1
83	83.60025	82	100.3202	1
84	83.40025	83	100.0802	1
85	83.20026	84	99.84018	1
86	83.00026	85	99.60018	1
87	82.80026	86	99.36018	1
88	82.60027	87	99.12019	1
89	82.40027	88	98.88019	1
90	82.20027	89	98.64019	1
91	82.00027	90	98.40019	1
92	81.80028	91	98.16019	1
93	81.60028	92	97.9202	1
94	81.40028	93	97.6802	1
95	81.20029	94	97.4402	1
96	81.00029	95	97.2002	1
97	80.80029	96	96.96021	1
98	80.6003	97	96.72021	1
99	80.4003	98	96.48021	1
100	80.2003	99	96.24021	1
101	80.00031	100	96.00021	1
102	79.80031	101	95.76022	1
103	79.60031	102	95.52022	1
104	79.40031	103	95.28022	1
105	79.20032	104	95.04022	1
106	79.00032	105	94.80022	1
107	78.80032	106	94.56023	1
108	78.60033	107	94.32023	1
109	78.40033	108	94.08023	1
110	78.20033	109	93.84023	1
111	78.00034	110	93.60023	1
112	77.80034	111	93.36024	1
113	77.60034	112	93.12024	1
114	77.40034	113	92.88024	1
115	77.20035	114	92.64024	1
116	77.00035	115	92.40025	1
117	76.80035	116	92.16025	1
118	76.60036	117	91.92025	1
119	76.40036	118	91.68025	1

120	76.20036	119	91.44025	1
121	76.00037	120	91.20026	1
122	75.80037	121	90.96026	1
123	75.60037	122	90.72026	1
124	75.40038	123	90.48026	1
125	75.20038	124	90.24026	1
126	75.00038	125	90.00027	1
127	74.80038	126	89.76027	9
128	74.60039	127	89.52027	9
129	74.40039	128	89.28027	9
130	74.20039	129	89.04028	9
131	74.0004	130	88.80028	9
132	73.8004	131	88.56028	9
133	73.6004	132	88.32028	9
134	73.40041	133	88.08028	9
135	73.20041	134	87.84029	9
136	73.00041	135	87.60029	9
137	72.80042	136	87.36029	9
138	72.60042	137	87.12029	9
139	72.40042	138	86.88029	9
140	72.20042	139	86.6403	9
141	72.00043	140	86.4003	9
142	71.80043	141	86.1603	9
143	71.60043	142	85.9203	9
144	71.40044	143	85.68031	9
145	71.20044	144	85.44031	9
146	71.00044	145	85.20031	9
147	70.80045	146	84.96031	9
148	70.60045	147	84.72031	9
149	70.40045	148	84.48032	9
150	70.20045	149	84.24032	9
151	70.00046	150	84.00032	9
152	69.80046	151	83.76032	9
153	69.60046	152	83.52032	9
154	69.40047	153	83.28033	9
155	69.20047	154	83.04033	9
156	69.00047	155	82.80033	9
157	68.80048	156	82.56033	9
158	68.60048	157	82.32034	9
159	68.40048	158	82.08034	9
160	68.20049	159	81.84034	9
161	68.00049	160	81.60034	9

162	67.80049	161	81.36034	9
163	67.60049	162	81.12035	9
164	67.4005	163	80.88035	9
165	67.2005	164	80.64035	9
166	67.0005	165	80.40035	9
167	66.80051	166	80.16035	9
168	66.60051	167	79.92036	9
169	66.40051	168	79.68036	9
170	66.20052	169	79.44036	9
171	66.00052	170	79.20036	9
172	65.80052	171	78.96037	9
173	65.60052	172	78.72037	9
174	65.40053	173	78.48037	9
175	65.20053	174	78.24037	9
176	65.00053	175	78.00037	9
177	64.80054	176	77.76038	9
178	64.60054	177	77.52038	9
179	64.40054	178	77.28038	9
180	64.20055	179	77.04038	9
181	64.00055	180	76.80038	9
182	63.80055	181	76.56039	9
183	63.60055	182	76.32039	9
184	63.40055	183	76.08039	9
185	63.20055	184	75.84039	9
186	63.00055	185	75.6004	9
187	62.80054	186	75.3604	9
188	62.60054	187	75.1204	9
189	62.40054	188	74.8804	9
190	62.20054	189	74.6404	9
191	62.00054	190	74.40041	9
192	61.80054	191	74.16041	9
193	61.60054	192	73.92041	9
194	61.40054	193	73.68041	9
195	61.20054	194	73.44041	9
196	61.00054	195	73.20042	9
197	60.80054	196	72.96042	9
198	60.60054	197	72.72042	9
199	60.40054	198	72.48042	9
200	60.20053	199	72.24043	9
201	60.00053	200	72.00043	9
202	59.80053	201	71.76043	9
203	59.60053	202	71.52043	9

204	59.40053	203	71.28043	9
205	59.20053	204	71.04044	9
206	59.00053	205	70.80044	9
207	58.80053	206	70.56044	9
208	58.60053	207	70.32044	9
209	58.40053	208	70.08044	9
210	58.20053	209	69.84045	9
211	58.00053	210	69.60045	9
212	57.80053	211	69.36045	9
213	57.60052	212	69.12045	9
214	57.40052	213	68.88046	9
215	57.20052	214	68.64046	9
216	57.00052	215	68.40046	9
217	56.80052	216	68.16046	9
218	56.60052	217	67.92046	9
219	56.40052	218	67.68047	9
220	56.20052	219	67.44047	9
221	56.00052	220	67.20047	9
222	55.80052	221	66.96047	9
223	55.60052	222	66.72047	9
224	55.40052	223	66.48048	9
225	55.20052	224	66.24048	9
226	55.00051	225	66.00048	9
227	54.80051	226	65.76048	9
228	54.60051	227	65.52048	9
229	54.40051	228	65.28049	9
230	54.20051	229	65.04049	9
231	54.00051	230	64.80049	9
232	53.80051	231	64.56049	9
233	53.60051	232	64.3205	9
234	53.40051	233	64.0805	9
235	53.20051	234	63.8405	9
236	53.00051	235	63.60049	9
237	52.80051	236	63.36049	9
238	52.60051	237	63.12049	9
239	52.40051	238	62.88049	9
240	52.2005	239	62.64049	9
241	52.0005	240	62.40049	9
242	51.8005	241	62.16048	9
243	51.6005	242	61.92048	9
244	51.4005	243	61.68048	9
245	51.2005	244	61.44048	9

246	51.0005	245	61.20048	9
247	50.8005	246	60.96048	9
248	50.6005	247	60.72047	9
249	50.4005	248	60.48047	9
250	50.2005	249	60.24047	9
251	50.0005	250	60.00047	9
252	49.8005	251	59.76047	9
253	49.60049	252	59.52047	9
254	49.40049	253	59.28046	9
255	49.20049	254	59.04046	9
256	49.00049	255	58.80046	9
257	48.80049	256	58.56046	9
258	48.60049	257	58.32046	9
259	48.40049	258	58.08046	9
260	48.20049	259	57.84045	9
261	48.00049	260	57.60045	9
262	47.80049	261	57.36045	9
263	47.60049	262	57.12045	9
264	47.40049	263	56.88045	9
265	47.20049	264	56.64045	9
266	47.00048	265	56.40044	9
267	46.80048	266	56.16044	9
268	46.60048	267	55.92044	9
269	46.40048	268	55.68044	9
270	46.20048	269	55.44044	9
271	46.00048	270	55.20044	9
272	45.80048	271	54.96043	9
273	45.60048	272	54.72043	9
274	45.40048	273	54.48043	9
275	45.20048	274	54.24043	9
276	45.00048	275	54.00043	9
277	44.80048	276	53.76043	9
278	44.60048	277	53.52042	9
279	44.40047	278	53.28042	9
280	44.20047	279	53.04042	9
281	44.00047	280	52.80042	9
282	43.80047	281	52.56042	9
283	43.60047	282	52.32042	9
284	43.40047	283	52.08041	9
285	43.20047	284	51.84041	9
286	43.00047	285	51.60041	9
287	42.80047	286	51.36041	9

288	42.60047	287	51.12041	9
289	42.40047	288	50.88041	9
290	42.20047	289	50.6404	9
291	42.00047	290	50.4004	9
292	41.80046	291	50.1604	9
293	41.60046	292	49.9204	9
294	41.40046	293	49.6804	9
295	41.20046	294	49.4404	9
296	41.00046	295	49.20039	9
297	40.80046	296	48.96039	9
298	40.60046	297	48.72039	9
299	40.40046	298	48.48039	9
300	40.20046	299	48.24039	9
301	40.00046	300	48.00039	9
302	39.80046	301	47.76038	9
303	39.60046	302	47.52038	9
304	39.40046	303	47.28038	9
305	39.20045	304	47.04038	9
306	39.00045	305	46.80038	9
307	38.80045	306	46.56038	9
308	38.60045	307	46.32037	9
309	38.40045	308	46.08037	9
310	38.20045	309	45.84037	9
311	38.00045	310	45.60037	9
312	37.80045	311	45.36037	9
313	37.60045	312	45.12037	9
314	37.40045	313	44.88036	9
315	37.20045	314	44.64036	9
316	37.00045	315	44.40036	9
317	36.80045	316	44.16036	9
318	36.60044	317	43.92036	9
319	36.40044	318	43.68036	9
320	36.20044	319	43.44035	9
321	36.00044	320	43.20035	9
322	35.80044	321	42.96035	9
323	35.60044	322	42.72035	9
324	35.40044	323	42.48035	9
325	35.20044	324	42.24035	9
326	35.00044	325	42.00034	9
327	34.80044	326	41.76034	9
328	34.60044	327	41.52034	9
329	34.40044	328	41.28034	9



330	34.20044	329	41.04034	9
331	34.00043	330	40.80033	9
332	33.80043	331	40.56033	9
333	33.60043	332	40.32033	9
334	33.40043	333	40.08033	9
335	33.20043	334	39.84033	9
336	33.00043	335	39.60033	9
337	32.80043	336	39.36032	9
338	32.60043	337	39.12032	9
339	32.40043	338	38.88032	9
340	32.20043	339	38.64032	9
341	32.00043	340	38.40032	9
342	31.80043	341	38.16032	9
343	31.60043	342	37.92031	9
344	31.40042	343	37.68031	9
345	31.20042	344	37.44031	9
346	31.00042	345	37.20031	9
347	30.80042	346	36.96031	9
348	30.60042	347	36.72031	9
349	30.40042	348	36.4803	9
350	30.20042	349	36.2403	9
351	30.00042	350	36.0003	9
352	29.80042	351	35.7603	9
353	29.60042	352	35.5203	9
354	29.40042	353	35.2803	9
355	29.20042	354	35.04029	9
356	29.00042	355	34.80029	1
357	28.80042	356	34.56029	1
358	28.60041	357	34.32029	1
359	28.40041	358	34.08029	1
360	28.20041	359	33.84029	1
361	28.00041	360	33.60028	1
362	27.80041	361	33.36028	1
363	27.60041	362	33.12028	1
364	27.40041	363	32.88028	1
365	27.20041	364	32.64028	1
366	27.00041	365	32.40028	1
367	26.80041	366	32.16027	1
368	26.60041	367	31.92027	1
369	26.40041	368	31.68027	1
370	26.20041	369	31.44028	1
371	26.0004	370	31.20028	1

372	25.8004	371	30.96028	1
373	25.6004	372	30.72028	1
374	25.4004	373	30.48028	1
375	25.2004	374	30.24028	1
376	25.0004	375	30.00028	1
377	24.8004	376	29.76028	5
378	24.6004	377	29.52028	5
379	24.4004	378	29.28028	5
380	24.2004	379	29.04028	5
381	24.0004	380	28.80028	5
382	23.8004	381	28.56028	5
383	23.6004	382	28.32028	5
384	23.40039	383	28.08028	5
385	23.20039	384	27.84028	5
386	23.00039	385	27.60028	5
387	22.80039	386	27.36028	5
388	22.60039	387	27.12028	5
389	22.40039	388	26.88028	5
390	22.20039	389	26.64028	5
391	22.00039	390	26.40028	5
392	21.80039	391	26.16028	5
393	21.60039	392	25.92028	5
394	21.40039	393	25.68028	5
395	21.20039	394	25.44028	5
396	21.00039	395	25.20028	5
397	20.80038	396	24.96028	5
398	20.60038	397	24.72028	5
399	20.40038	398	24.48028	5
400	20.20038	399	24.24028	5
401	20.00038	400	24.00028	5
402	19.80038	401	23.76028	5
403	19.60038	402	23.52028	5
404	19.40038	403	23.28028	5
405	19.20038	404	23.04028	5
406	19.00038	405	22.80028	5
407	18.80038	406	22.56028	5
408	18.60038	407	22.32028	5
409	18.40038	408	22.08028	5
410	18.20037	409	21.84028	5
411	18.00037	410	21.60028	5
412	17.80037	411	21.36028	5
413	17.60037	412	21.12029	5

414	17.40037	413	20.88029	5
415	17.20037	414	20.64029	5
416	17.00037	415	20.40029	5
417	16.80037	416	20.16029	5
418	16.60037	417	19.92029	5
419	16.40037	418	19.68029	5
420	16.20037	419	19.44029	5
421	16.00037	420	19.20029	5
422	15.80037	421	18.96029	5
423	15.60037	422	18.72029	5
424	15.40037	423	18.48029	5
425	15.20037	424	18.24029	5
426	15.00037	425	18.00029	5
427	14.80037	426	17.76029	5
428	14.60037	427	17.52029	5
429	14.40037	428	17.28029	5
430	14.20037	429	17.04029	5
431	14.00037	430	16.80029	5
432	13.80037	431	16.56029	5
433	13.60037	432	16.32029	5
434	13.40037	433	16.08029	5
435	13.20037	434	15.84029	5
436	13.00037	435	15.60029	5
437	12.80037	436	15.36029	5
438	12.60037	437	15.12029	5
439	12.40037	438	14.88029	5
440	12.20037	439	14.64029	5
441	12.00037	440	14.40029	5
442	11.80037	441	14.16029	5
443	11.60037	442	13.92029	5
444	11.40037	443	13.68029	5
445	11.20037	444	13.44029	5
446	11.00037	445	13.20029	5
447	10.80037	446	12.96029	5
448	10.60037	447	12.72029	5
449	10.40037	448	12.48029	5
450	10.20037	449	12.24029	5
451	10.00037	450	12.00029	5
452	9.800372	451	11.76029	5
453	9.600372	452	11.52029	5
454	9.400373	453	11.28029	5
455	9.200373	454	11.04029	5

456	9.000373	455	10.80029	5
457	8.800373	456	10.5603	5
458	8.600373	457	10.3203	5
459	8.400373	458	10.0803	5
460	8.200374	459	9.840296	5
461	8.000374	460	9.600296	5
462	7.800374	461	9.360296	5
463	7.600374	462	9.120296	5
464	7.400374	463	8.880297	5
465	7.200375	464	8.640297	5
466	7.000375	465	8.400297	5
467	6.800375	466	8.160297	5
468	6.600375	467	7.920298	5
469	6.400375	468	7.680298	5
470	6.200376	469	7.440298	5
471	6.000376	470	7.200298	5
472	5.800376	471	6.960299	5
473	5.600376	472	6.720299	5
474	5.400376	473	6.480299	5
475	5.200377	474	6.240299	5
476	5.000377	475	6.000299	5
477	4.800377	476	5.7603	5
478	4.600377	477	5.5203	5
479	4.400377	478	5.2803	5
480	4.200377	479	5.0403	5
481	4.000378	480	4.800301	5
482	3.800378	481	4.560301	5
483	3.600378	482	4.320301	5
484	3.400378	483	4.080301	5
485	3.200377	484	3.840301	5
486	3.000377	485	3.600301	5
487	2.800377	486	3.360301	5
488	2.600377	487	3.120301	5
489	2.400377	488	2.880301	5
490	2.200377	489	2.640301	5
491	2.000377	490	2.400301	5
492	1.800377	491	2.160301	5
493	1.600377	492	1.920301	5
494	1.400377	493	1.680301	5
495	1.200377	494	1.440301	5
496	1.000377	495	1.200301	5
497	0.800377	496	0.960301	5

498	0.600377	497	0.720301	5
499	0.400377	498	0.480301	5
500	0.200377	499	0.240301	5
501	0.000377	500	0.000301	5
502	0	500	0	5

## BIOGRAFI PENULIS



**Muhammad Aminul Akbar**, Putra Ketiga dari 3 bersaudara. Lahir di Bengkulu, 13 Oktober 1989. Mengenyam pendidikan dasar di SD HangTuah X Juanda Sidoarjo, lalu melanjutkan ke SMPN 12 Surabaya dan SMAN 5 Surabaya. Tahun 2008 menempuh pendidikan S1 Teknik Informatika Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 2013. Penulis memiliki cita-cita salah satunya adalah untuk memajukan bangsa Indonesia melalui pendidikan, maka penulis meneruskan pendidikan Magister pada tahun 2013 di Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia dan mempelajari bidang keahlian Teknologi Permainan dan menyelesaikannya pada tahun 2015.

*Contact person :*

Email : [muhammad.aminul@ub.ac.id](mailto:muhammad.aminul@ub.ac.id)

“Jika engkau berada di sore hari, maka janganlah engkau menunggu datangnya pagi, dan jika engkau berada di waktu pagi hari, maka janganlah engkau menunggu datangnya sore. Manfaatkan waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu, dan waktu hidupmu sebelum datang matimu”. (HR. Bukhari)