



TESIS - TE - 142599

PERUBAHAN DINAMIS FORMASI MENYERANG NPC PADA PERTEMPURAN MENGGUNAKAN HFSM

TAUFIKUR RAHMAN
2213205701

DOSEN PEMBIMBING

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
KONSENTRASI TEKNOLOGI PERMAINAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



TESIS - TE - 142599

DYNAMIC CHANGE OF FORMATION NPC ATTACK IN COMBAT SITUATION USING HFSM

TAUFIKUR RAHMAN
2213205701

SUPERVISORS

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

MAGISTER PROGRAM
EXPERTISE FIELD OF MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :
Taufikur Rahman
NRP. 2213205701

Tanggal Ujian : 7 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

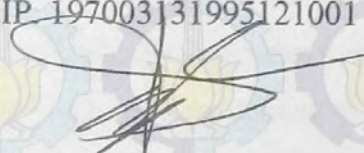
Disetujui Oleh :



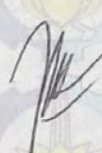
1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Pembimbing I)
NIP. 196912091997031002



2. Dr. Supeno Mardi Susiki N, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 197003131995121001



3. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. (Penguji)
NIP. 196906131997021003



4. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Penguji)
NIP. 196907301995121001

Direktur Program Pasca Sarjana



Prof. Dr. Djauhar Sumanfaat, M.Sc., Ph.D
NIP. 196012021987011001

PERUBAHAN DINAMIS FORMASI MENYERANG NPC PADA PERTEMPURAN MENGGUNAKAN HFISM

Nama Mahasiswa : Taufikur Rahman

N R P : 2213205701

Pembimbing : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T

ABSTRAK

Real Time Strategy salah satu dari *genre game* yang menuntut visualisasi dan kecerdasan yang tinggi untuk memainkannya. Formasi pada sebuah kelompok pasukan menjadi salah satu penentu menang atau kalah dalam sebuah pertempuran. Formasi statis pada pasukan tidak berubah secara dinamis sesuai dengan keadaan kelompok *NPC* maupun lawan dalam kondisi unggul atau terdesak.

Pada penelitian ini digunakan metode *Hierarchical Finite State Machine* (HFISM) untuk membuat perubahan formasi berdasarkan perbandingan parameter *Hit Point* rata-rata lawan dan bentuk formasi lawan dengan kelompok *NPC* sehingga berubah sesuai dengan kondisi di pertempuran.

Dari beberapa percobaan yang dilakukan terbukti bahwa formasi dinamis dengan menggunakan metode HFISM menjadikan pasukan lebih kuat dan lebih cepat untuk memenangkan pertempuran. Pada percobaan 9 agen Batara melawan Kirna dengan formasi baris dimenangkan pasukan Batara dengan waktu 18,36 detik. Jika menggunakan formasi panah maka pertempuran dimenangkan oleh Kirna dengan waktu kemenangan 27,95 detik. Jika formasi diganti formasi “V” pertempuran dimenangkan oleh Kirna dengan waktu kemenangan 33,06 detik. Jika menggunakan formasi dinamis didapatkan data kemenangan lebih cepat dari formasi yang lain yaitu 16,88 detik dimenangkan oleh pasukan Batara.

Kata Kunci : HFISM, Formasi Pasukan, NPC

DYNAMIC CHANGE OF FORMATION NPC ATTACK IN COMBAT SITUATION USING HFSM

Student name : Taufikur Rahman
N R P : 2213205701
Supervisor : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D
Co-Cupervisor : Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T

ABSTRACT

Real Time Strategy one of the genres of games that require visualization and high intelligence to play. Formation on a group of troops to be one determinant of winning or losing in a battle. Static formations of the force does not change dynamically according to the state of the NPC and the group of opponents in a superior or recessive condition.

In this study used methods Hierarchical Finite State Machine (HFSM) to make lineup changes based on comparison of the average Hit Point opponents and group formations with NPC opponents to change according to conditions on the battle.

From several experiments conducted proved that the dynamic formation using HFSM make forces more powerful and faster to win the battle. In the experiment 9 Batara agent against Kirna with rows formations Batara forces won with a time of 18.36 seconds. If using an arrow formation, the battle was won by Kirna with a time of 27.95 seconds victory. If the formation is replaced formations "V" the battle is won by Kirna with a time of 33.06 seconds victory. If using the dynamic formation obtained victories faster than other formations, namely 16.88 seconds won by troops Batara

Keywords: HFSM, Formation Forces, NPC

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil Alamin...

Alhamdulillah segala puji kehadiran Allah atas segala limpahan Rahmat dan nikmatnya. Dengan nikmat kesehatan selama menjalani masa studi dan selama menyusun Tesis alhamdulillah buku tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Shalawat semoga tetap tercurahkan kehadiran nabi Muhammad SAW yang telah melimpahkan berkah ilmu kepada segenap ummatnya.

Tesis yang berjudul PERUBAHAN DINAMIS FORMASI MENYERANG NPC PADA PERTEMPURAN MENGGUNAKAN HFSM ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada bidang konsentrasi Teknologi Permainan, bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia, jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terima kasih untuk semua yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku “eppak” Marsuto dan almarhumah “ebok” Siti Aminah atas semua amal baik, support, doa serta harapan yang tidak sempat dinikmati “ebok” karena telah mendahului ditengah perjalanan masa studi penulis
2. Istriku tercinta Nina yang selalu setia menemani masa-masa sulit dan rela kesepian selama masa studi serta anakku Izam dan Akhdan telah rela meluangkan waktu bermain bersama ayahnya sering hilang.
3. Semua dosen Elektro ITS khususnya pak Hariadi, pak Uki, pak Surya, Pak Akok dan Prof. Hery yang telah membimbing selama masa studi.
4. Pembimbing tesis Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph dan Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T, M.T. yang telah memberikan wawasan dan ilmu baru kepada saya
5. Teman-teman Game Tech angkatan 2013, kakak tingkat 2012 dan sebelumnya, adik kelas 2014 dan setelahnya. Terima kasih atas kebersamaan dan sharing ilmunya.
6. Kepala sekolah dan teman-teman guru SMKN 1 Sumenep terima kasih atas pengertiannya kalau sering bolos he..he..

7. Direktur, Koordinator, Admin dan semua teman-teman dosen Akademi
Komunitas Negeri Sumenep program studi teknik Informatika dan Multimedia
Broadcasting

Penulis sadar akan kekurangan pada buku tesis ini. Maka dari itu penulis mohon
maaf dan harapan kedepan akan ada penyempurnaan tema ini. Kritik saran yang
membangun kami harapkan untuk penyempurnaan penelitian ini kedepan.

Sumenep, Januari 2016

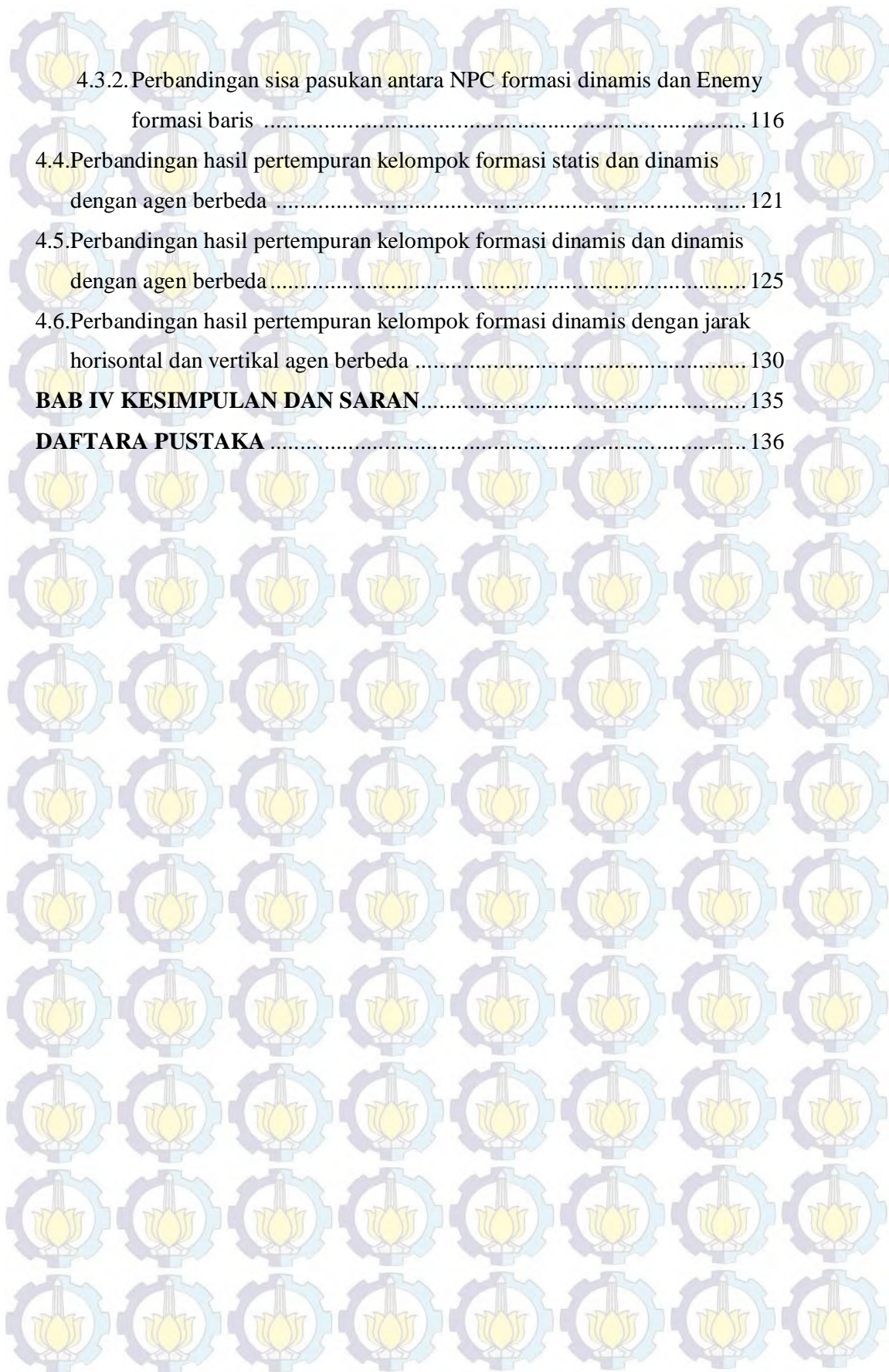
Taufikur Rahman

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. RUMUSAN MASALAH.....	5
1.3. BATASAN MASALAH.....	5
1.4. TUJUAN.....	6
1.5. MANFAAT.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1. <i>Game</i>	7
2.1.1. Berdasarkan pada Media Permainan.....	8
2.1.2. Berdasarkan pada genre Permainan.....	8
2.2. Artificial Intellegence (AI).....	14
2.3. Agen.....	16
2.4. Steering Behaviour.....	19
2.4.1. Seek.....	19
2.4.2. Flee.....	20
2.4.3. Arrive.....	20
2.4.4. Path Following.....	21
2.4.5. Leader Following.....	21
2.5. Flocking (<i>Boids</i>).....	22
2.5.1. <i>Separation</i>	22
2.5.2. <i>Alignment</i>	23
2.5.3. <i>Cohesion</i>	24

2.5.4. <i>Random Movement</i>	26
2.6. Perang.....	27
2.7. TaktikPerang.....	28
2.7.1. Strategi Bertahan (Defense)	28
2.7.2. Strategi Bertahan dengan Menyerang	28
2.7.3. Strategi Bertahan dengan Menjebak musuh	29
2.7.4. Strategi Bertahan dengan Menghindar	29
2.8. Formasi Perang.....	29
2.9. FSM.....	32
2.9.1. Kelebihan FSM	35
2.9.2. Kelemahan FSM	36
2.10. <i>Hierarchical Finite State Machine (HFSM)</i>	36
2.11. Decision making	39
2.12. Rule Based System	41
2.13. <i>Game Engine</i>	43
2.14. Unity 3D.....	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1. Desain Agen.....	52
3.1.1. NPC Batara	53
3.1.2. NPC Wira.....	53
3.1.3. NPC Kirna.....	54
3.2. Desain Environment.....	55
3.3. Desain NPC lawan	55
3.4. Formasi kelompok.....	56
3.4.1. Formasi panah	57
3.4.2. Formasi baris.....	59
3.4.3. Formasi “V”	60
3.5. Desain Hierarchical Finite <i>State Machine (HFSM)</i>	61
3.6. Parameter Hit Point Kelompok NPC	63
3.7. Rule based pengambilan keputusan perubahan formasi.....	63
3.7.1. Ilustrasi Perubahan Formasi.....	66
3.8. Skenario Percobaan.....	68

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISIS	69
4.1.FORMASI STATIS	69
4.1.1.NPC BATARA	69
4.1.1.1. 9 NPC Melawan 5 Batara	69
4.1.1.2. 9 NPC Melawan 9 Batara	73
4.1.1.3. 9 NPC Melawan 13 Batara	76
4.1.2.NPC KIRNA.....	78
4.1.2.1. 9 NPC Melawan 5 Kirna	79
4.1.2.2. 9 NPC Melawan 9 Kirna	82
4.1.2.3. 9 NPC Melawan 13 Kirna	85
4.1.3.NPC WIRA.....	88
4.1.3.1. 9 NPC Melawan 5 Wira.....	88
4.1.3.2. 9 NPC Melawan 9 Wira	91
4.1.3.3. 9 NPC Melawan 13 Wira	94
4.2.FORMASI DINAMIS	96
4.2.1.NPC BATARA	97
4.2.1.1. 9 NPC Melawan 5 Batara	97
4.2.1.2. 9 NPC Melawan 9 Batara	98
4.2.1.3. 9 NPC Melawan 13 Batara	100
4.2.2.NPC KIRNA.....	101
4.2.2.1. 9 NPC Melawan 5 Kirna	102
4.2.2.2. 9 NPC Melawan 9 Kirna	103
4.2.2.3. 9 NPC Melawan 13 Kirna	104
4.2.3.NPC WIRA.....	106
4.2.3.1. 9 NPC Melawan 5 Wira	106
4.2.3.2. 9 NPC Melawan 9 Wira	108
4.2.3.3. 9 NPC Melawan 13 Wira	109
4.3.Grafik perbandingan hasil pertempuran 9 NPC formasi dinamis melawan Enemy formasi statis	110
4.3.1.Perbandingan waktu untuk menyelesaikan pertempuran antara NPC formasi dinamis dan Enemy formasi Baris	111



4.3.2. Perbandingan sisa pasukan antara NPC formasi dinamis dan Enemy formasi baris	116
4.4. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi statis dan dinamis dengan agen berbeda	121
4.5. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi dinamis dan dinamis dengan agen berbeda	125
4.6. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi dinamis dengan jarak horisontal dan vertikal agen berbeda	130
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	135
DAFTAR PUSTAKA	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gerombolan barbarian menyerang tower	3
Gambar 1.2 Formasi statik pada pasukan	4
Gambar 2.1 RPG: Torchlight	9
Gambar 2.2 FPS Game: Into The Dead	9
Gambar 2.3 TPS Game: Hounds	10
Gambar 2.4 Strategy Game: Clas of Clans	11
Gambar 2.5 Sport Game: FIFA13	11
Gambar 2.6 Simulation Game: Flight simulation.....	12
Gambar 2.7 Tycoon Game: trailer park	12
Gambar 2.8 Racing Game: Need For Speed	13
Gambar 2.9 Action Game: battle alert	13
Gambar 2.10 Arcade Game: pacman.....	14
Gambar 2.11 Fighting Game: taken 5	14
Gambar 2.12 Perilaku dasar agen.....	16
Gambar 2.13 Interaksi agen dalam Multi agent system.....	18
Gambar 2.14 Steering Behavior (seek).....	19
Gambar 2.15 steering behavior (flee)	20
Gambar 2.16 Steering behavior (arrive)	20
Gambar 2.17 Steering behavior (Path Following).....	21
Gambar 2.18 Steering behavior (Leader Following).....	21
Gambar 2.19 Separation Parameter	23
Gambar 2.20 Alignment Parameter	24
Gambar 2.21 Cohesion Parameter	25
Gambar 2.22 perang pada film “The Hobbit”	27
Gambar 2.23 formasi baris pada pasukan di film “The Hobbit”	30
Gambar 2.24 formasi panah pada pasukan di film “The Hobbit”	30
Gambar 2.25 formasi bulan sabit pada pasukan di film “The Hobbit”.....	31
Gambar 2.26 formasi kotak pada pasukan di film “Alexander”	31
Gambar 2.27 Sebuah Company yang terbentuk dari dua platoon	32

Gambar 2.28 Formasi Baris Pasukan.....	32
Gambar 2.29. Contoh FSM sederhana dengan Penjelasannya	34
Gambar 2.30 Contoh FSM Dasar	34
Gambar 2.31 Hierarchical Finite State Machine (HFSM)	37
Gambar 2.32 Finite State Machine Robot Pencari Sampah	39
Gambar 2.33 Hierarchical Finite State Machine Robot Pencari Sampah	39
Gambar 2.34 Decision Making dalam game	40
Gambar 2.35 Blok Diagram Sistem Rule Based	42
Gambar 2.36 Elemen Game Engine.....	44
Gambar 2.37. interface game engine Unity 3D.....	47
Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian.....	51
Gambar 3.2 pohon penelitian	52
Gambar 3.3. agen Batara dengan senjata Clurit	53
Gambar 3.4. agen Wira dengan senjata panah	54
Gambar 3.5 agen Kirna dengan senjata sihir.....	54
Gambar 3.6 Desain Environment medan perang.....	55
Gambar 3.7 desain NPC lawan (Kirna, Batara, Wira).....	56
Gambar 3.8 Posisi agen pada formasi secara umum [26].....	57
Gambar 3.9 disposisi agen formasi panah pada sumbu x dan y.....	58
Gambar 3.10 koordinat agen pada formasi panah	58
Gambar 3.11 disposisi agen formasi baris pada sumbu x dan.....	59
Gambar 3.12 koordinat agen pada formasi baris	59
Gambar 3.13 disposisi agen formasi “V” pada sumbu x dan y.....	60
Gambar 3.14 koordinat agen pada formasi “V”	60
Gambar 3.15 ilustrasi scanning area	62
Gambar 3.16 Hierarchical Finite State machine.....	63
Gambar 3.17 pergerakan pasukan membentuk formasi baris	67
Gambar 3.18 pergerakan pasukan membentuk formasi “V”	67
Gambar 3.19. Pergerakan pasukan membentuk formasi panah.....	67
Gambar 4.1 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara formasi baris statis	70
Gambar 4.2 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis	71

Gambar 4.3 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi “V” statis	72
Gambar 4.4 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi baris statis	73
Gambar 4.5 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi panah statis	74
Gambar 4.6 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi “V” statis	75
Gambar 4.7 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi baris statis	76
Gambar 4.8 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi panah statis	77
Gambar 4.9 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi “V” statis	78
Gambar 4.10 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi baris statis	79
Gambar 4.11 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi panah statis	80
Gambar 4.12 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi “V” statis	81
Gambar 4.13 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi baris statis	82
Gambar 4.14 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi panah statis	83
Gambar 4.15 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi “V” statis	84
Gambar 4.16 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi baris statis	85
Gambar 4.17 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi panah statis	86
Gambar 4.18 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi “V” statis	87

Gambar 4.19 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi baris statis	88
Gambar 4.20 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi panah statis	89
Gambar 4.21 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi “V” statis	90
Gambar 4.22 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi baris statis	91
Gambar 4.23 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi panah statis	92
Gambar 4.24 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi “V” statis	93
Gambar 4.25 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi baris statis	94
Gambar 4.26 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi panah statis	95
Gambar 4.27 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi “V” statis	96
Gambar 4.69 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 5 Enemy	111
Gambar 4.70 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 9 Enemy	111
Gambar 4.71 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 13 Enemy	112
Gambar 4.72 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 5 Enemy	113
Gambar 4.73 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 9 Enemy	113
Gambar 4.74 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 13 Enemy	114
Gambar 4.75 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 5 Enemy	114
Gambar 4.76 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 9 Enemy	115

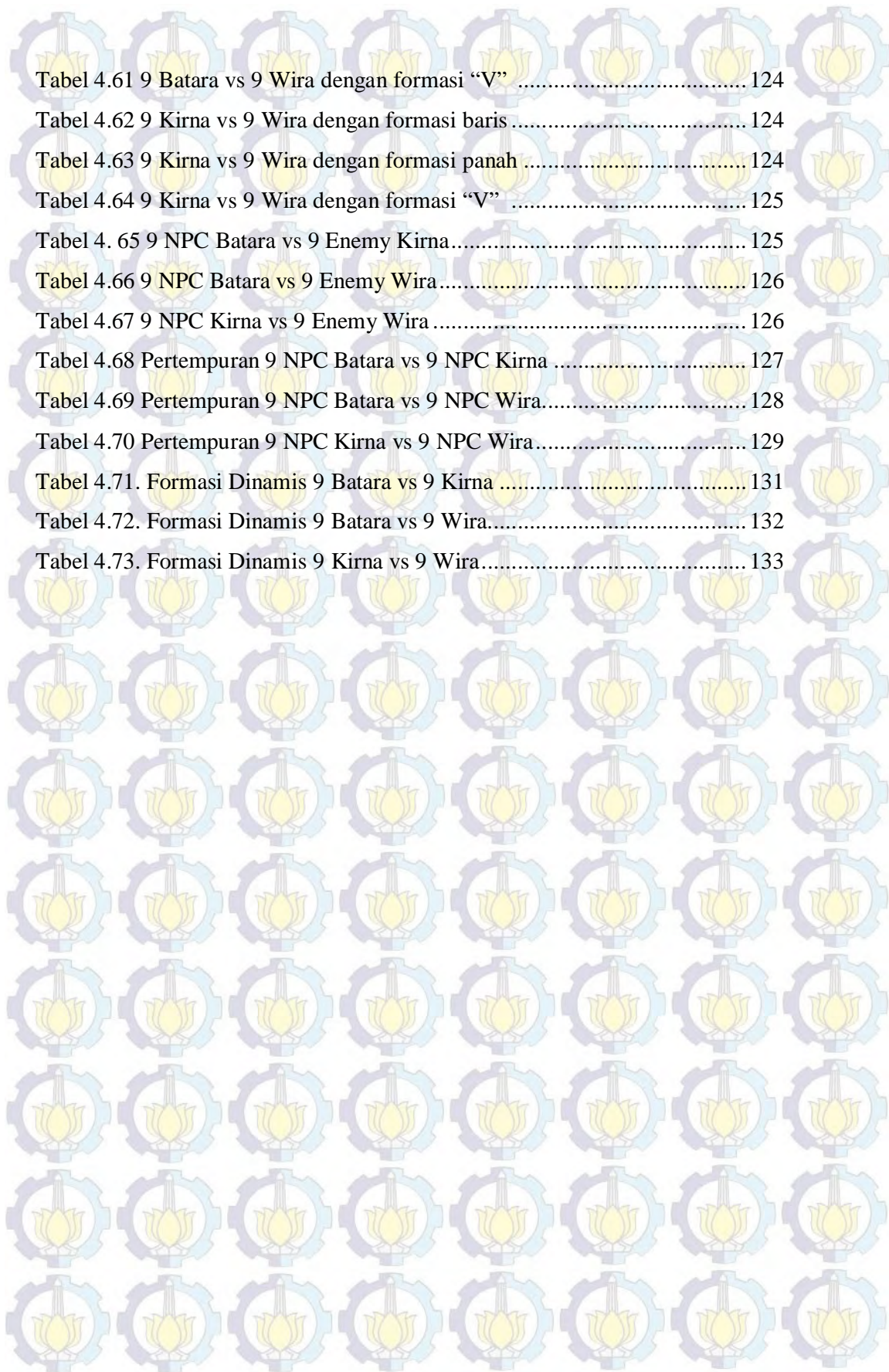
Gambar 4.77 perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 13 Enemy.....	116
Gambar 4.78 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 5 Enemy Batara.....	116
Gambar 4.79 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 9 Enemy Batara.....	117
Gambar 4.80 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 13 Enemy Batara.....	118
Gambar 4.81 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 5 Enemy Kirna	118
Gambar 4.82 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 9 Enemy Kirna	119
Gambar 4.83 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 13 Enemy Kirna	119
Gambar 4.84 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 5 Enemy Wira	120
Gambar 4.85 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 9 Enemy Wira	120
Gambar 4.86 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 13 Enemy Wira	121
Gambar 4. 87 perbandingan waktu pertempuran Batara vs kirna dengan berbagai formasi	127
Gambar 4. 88 perbandingan waktu pertempuran Batara vs Wira dengan berbagai formasi	128
Gambar 4. 89 perbandingan waktu pertempuran Kirna vs Wira dengan berbagai formasi	129
Gambar 4.90 grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Kirna dengan vertikal dan horisontal distance berbeda	131
Gambar 4.91. Grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Wira dengan vertikal dan horisontal distance berbeda.....	132
Gambar 4.92. Grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Kirna vs 9 Wira dengan vertikal dan horisontal distance berbeda.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Karakteristik NPC dalam CoC	2
Tabel 1.2 Bentuk Perang	3
Tabel 2.1 State perpindahan FSM	35
Tabel 2.2 Trace dari Hierarchical FSM.....	38
Tabel 3.1 Parameter NPC Hero	56
Tabel 3.2 Id formasi lawan.....	62
Tabel 3.4 Tabel perilaku perubahan formasi kelompok NPC.....	64
Tabel 4.1 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi baris statis	70
Tabel 4.2 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis.....	71
Tabel 4.3 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis.....	72
Tabel 4.4 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi baris statis	73
Tabel 4.5 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi panah statis.....	74
Tabel 4.6 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis.....	75
Tabel 4.7 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi baris statis	76
Tabel 4.8 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi panah statis.....	77
Tabel 4.9 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi “V” statis.....	78
Tabel 4.10 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi baris statis	79
Tabel 4.11 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi panah statis.....	80

Tabel 4.12 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi “V” statis.....	81
Tabel 4.13 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi baris statis	82
Tabel 4.14 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi panah statis.....	83
Tabel 4.15 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi “V” statis.....	84
Tabel 4.16 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi baris statis	85
Tabel 4.17 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi panah statis.....	86
Tabel 4.18 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi “V” statis.....	87
Tabel 4.19 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi baris statis	88
Tabel 4.20 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi panah statis.....	89
Tabel 4.21 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi “V” statis.....	90
Tabel 4.22 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi baris statis	91
Tabel 4.23 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi panah statis.....	92
Tabel 4.24 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi “V” statis.....	93
Tabel 4.25 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi baris statis	94
Tabel 4.26 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi panah statis.....	95
Tabel 4.27 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi “V” statis.....	96

Tabel 4.28 Enemy Menggunakan formasi Baris	97
Tabel 4.29 Enemy Menggunakan Formasi Panah	98
Tabel 4.30 Enemy Menggunakan formasi “V”	98
Tabel 4.31 Enemy Menggunakan formasi Baris	99
Tabel 4.32 Enemy Menggunakan Formasi Panah	99
Tabel 4.34 Enemy Menggunakan formasi V	100
Tabel 4.35 Enemy Menggunakan formasi Baris	100
Tabel 4.36 Enemy Menggunakan Formasi Panah	101
Tabel 4.37 Enemy Menggunakan formasi “V”	101
Tabel 4.38 Enemy Menggunakan formasi Baris	102
Tabel 4.39 Enemy Menggunakan Formasi Panah	102
Tabel 4.40 Enemy Menggunakan formasi “V”	103
Tabel 4.41 Enemy Menggunakan formasi Baris	103
Tabel 4.42 Enemy Menggunakan Formasi Panah	104
Tabel 4.43 Enemy Menggunakan formasi “V”	104
Tabel 4.44 Enemy Menggunakan formasi Baris	105
Tabel 4.45 Enemy Menggunakan Formasi Panah	105
Tabel 4.46 Enemy Menggunakan formasi “V”	106
Tabel 4.47 Enemy Menggunakan formasi Baris	107
Tabel 4.48 Enemy Menggunakan Formasi Panah	107
Tabel 4.49 Enemy Menggunakan formasi “V”	107
Tabel 4.50 Enemy Menggunakan formasi Baris	108
Tabel 4.51 Enemy Menggunakan Formasi Panah	108
Tabel 4.52 Enemy Menggunakan formasi “V”	109
Tabel 4.53 Enemy Menggunakan formasi Baris	109
Tabel 4.54 Enemy Menggunakan Formasi Panah	110
Tabel 4.55 Enemy Menggunakan formasi “V”	110
Tabel 4.56 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi baris	122
Tabel 4.57 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi panah	122
Tabel 4.58 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi “V”	123
Tabel 4.59 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi baris	123
Tabel 4.60 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi panah	123



Tabel 4.61 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi “V”	124
Tabel 4.62 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi baris	124
Tabel 4.63 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi panah	124
Tabel 4.64 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi “V”	125
Tabel 4. 65 9 NPC Batara vs 9 Enemy Kirna.....	125
Tabel 4.66 9 NPC Batara vs 9 Enemy Wira.....	126
Tabel 4.67 9 NPC Kirna vs 9 Enemy Wira	126
Tabel 4.68 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 NPC Kirna	127
Tabel 4.69 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 NPC Wira.....	128
Tabel 4.70 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 NPC Wira.....	129
Tabel 4.71. Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Kirna	131
Tabel 4.72. Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Wira.....	132
Tabel 4.73. Formasi Dinamis 9 Kirna vs 9 Wira.....	133

BAB 1

PENDAHULUAN













1.1. LATAR BELAKANG

Game merupakan aplikasi yang digunakan dengan tujuan hiburan dan pendidikan yang memiliki sistem partisipatoris dinamis yang memungkinkan pengguna ikut terlibat dalam alur cerita yang tidak dimiliki dalam skenario film [19]. Perkembangan *game* saat ini menuntut visualisasi grafis dan kecerdasan agen yang tinggi sehingga permainan terlihat alami dan realistis terutama pada *game* yang bergenre *Real time Strategy*.

RTS (*Real time strategy*) adalah salah satu genre dalam *game* yang banyak diminati oleh *player*. Dalam *game* RTS *player* dapat memainkan sebuah *game* secara *real time*. Biasanya pada permainan tipe ini *player* akan membangun sebuah negara atau peradaban dengan cara mengumpulkan sumber daya atau *resource*, membangun gedung-gedung, membuat pasukan, mengupdate gedung dan pasukan, menyerang atau berdiplomasi dengan negara atau peradaban lain dan sebagainya. Strategi sangatlah penting pada permainan ini, mulai dari strategi memilih lokasi peradaban, manajemen pasukan tempur, ekonomi, diplomasi dan sebagainya. Sehingga pada *game* ini terlihat seolah-olah nyata seperti pada keadaan sebenarnya. Berbeda dengan TBS (*Turn-Based Strategy*) dimana pemain bermain *game* (biasanya sejenis *game* perang) yang bergiliran tiap pemain, pada *game Real time strategy* ini pemain dapat bermain secara simultan membangun kekuatan atau menyerang tanpa harus bergiliran dengan pemain lain

Strategi peperangan dalam RTS bervariasi sesuai dengan skenario dan strategi yang memainkannya. Seperti pada *game Clash of Clans* setiap agen memiliki karakter menyerang dengan karakteristik masing-masing seperti pada Tabel 1.1.

Table 1.1 Karakteristik NPC dalam CoC [20]

No	Hero	Gambar	Jenis senjata	Target	Area
1	Barbarian		Pedang	Tunggal/any	Ground
2	Archer		Panah	Tunggal/any	Ground/air
3	giant,		hand	Tunggal/defense	Ground
4	dragon		Api	Splash/any	Ground/air
5	Pekka		samurai	Tunggal/any	Ground
6	Minion		batu	Tunggal/any	Ground/air
7	Goblin		Karung	Resource/any	Ground
8	Golem		hand	Tunggal/defense	Ground
9	hog rider		palu	Defense	ground
10	skeleton		pedang	Any	Ground/air
11	wall braker		bom	Wall	Ground
12	Balon		Bom	Any	Ground

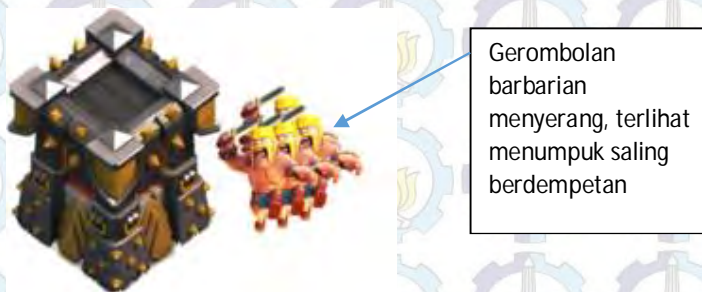
Perang merupakan sebuah aksi fisik dan non fisik (dalam arti sempit, adalah kondisi permusuhan dengan menggunakan kekerasan) antara dua atau lebih kelompok manusia untuk melakukan dominasi di wilayah yang dipertentangkan

[25]. Bentuk dan strategi perang bermacam-macam tergantung dari kebutuhan dan situasi. Beberapa kemungkinan perang antara lain seperti pada Tabel 1.2

Table 1.2. Bentuk perang

<p><i>Satu lawan Satu</i></p>  <p>Hero Enemy</p>	<p><i>Satu lawan banyak</i></p>  <p>Hero Enemy</p>
<p><i>Banyak lawan satu</i></p>  <p>Hero Enemy</p>	<p><i>Banyak lawan banyak</i></p>  <p>Hero Enemy</p>

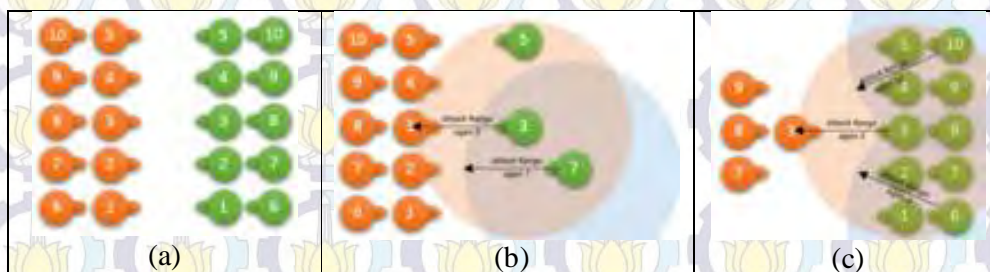
Barbarian ada salah satu pasukan perang yang memiliki karakter menyerang dan menghancurkan target bangunan musuh, pada saat di deploy di area musuh pasukan barbarian akan bergerak mencari dan menyerang secara bergerombol dan terlihat seperti berdempetan serta saling bertabrakan tanpa memperhitungkan jarak posisi antar agen sehingga pergerakannya terlihat kurang alamiah seperti pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Gerombolan barbarian menyerang tower

Formasi dapat diartikan sebuah pengaturan pola atau susunan unit/agen sehingga membentuk sebuah bentuk. Formasi pada pasukan biasanya digunakan untuk tujuan menyerang secara taktis maupun bertahan ketika dalam keadaan berperang [12]. Pada permainan-permainan terutama pada permainan yang bergenre RTS seperti *Age of Empire*, *Total Warr II*, *Empire Earth (I, II, III)*, banyak sekali formasi yang bisa di jumpai seperti formasi Kotak, Sayap, Sejajar, Bulan sabit atau setengah lingkaran [12][6]. Konsep formasi pasukan dalam sebuah permainan banyak mengadopsi dari formasi pasukan pada masa kerajaan jaman dulu seperti kerajaan Romawi yang memiliki berbagai bentuk formasi yang digunakan sesuai dengan kondisi medan perang dan musuh yang dihadapi. Namun penggunaan formasi masih dilakukan secara manual oleh *player* sehingga formasi tidak berubah secara dinamis sesuai dengan keadaan musuh.

Pada peperangan antar kelompok pasukan ada kemungkinan pasukan kalah atau menang. Formasi yang digunakan antara kondisi awal dan kondisi akhir tidak dapat berubah secara dinamis sesuai dengan kondisi kelompok apakah dalam posisi menang atau posisi terjepit sehingga permainan lebih terlihat realistis atau lebih efektif menyerang hingga akhir peperangan. Kurangnya interaksi antar agen ketika bergerak sehingga formasi berantakan dan pasukan tidak kuat [21]



Gambar 1.2 formasi statik pada pasukan

Keterangan :  = Hero,  = Enemy

Pada Gambar 1.2 (a) terlihat formasi awal pasukan menggunakan baris dengan jumlah dan formasi musuh yang sama, pada saat posisi kalah seperti pada Gambar 1.2 (b) agen nomer 7 tetap pada posisi mempertahankan formasi awal dan formasi tidak berubah secara dinamis sehingga tidak dapat menyerang lawan karena

Attack Range yang terbatas serta tidak dapat melindungi agen nomer 5 karena posisinya yang jauh. Pada keadaan nyata atau film ketika dalam kondisi kalah agen yang tersisa merapatkan barisan supaya bisa saling melindungi antar agen dan mampu bertahan secara maksimal, begitu juga ketika kelompok dalam keadaan menang seperti pada Gambar 1.2 (c) pasukan tidak mengubah formasi mendekati atau mengelilingi musuh agar masuk dalam jangkauan serang semua agen sehingga kelompok lebih cepat untuk mengalahkan kelompok musuh yang tinggal sedikit

Kelompok pasukan yang bergerak mencari dan menyerang musuh sampai dengan berakhirnya pertempuran melalui beberapa tahapan mulai dari bergerak maju, mendeteksi lawan, membentuk formasi, menyerang, kalah, menang dan sebagainya. Tahapan tersebut dapat didefinisikan dengan state-state pada metode *Finite State Machine* (FSM) sehingga mudah untuk mendesain perubahan perilaku kelompok pasukan. State-state perubahan perilaku kelompok dedesain masing-masing sehingga pergerakan menyerang kelompok memiliki banyak state. Beberapa state memiliki tahapan yang saling berkaitan seperti state scanning, analisa lawan dan formasi. Pada state formasi terdapat beberapa state perilaku perilaku yang lain seperti state formasi baris, state formasi panah, state formasi “V” dan formasi yang lainnya. *Hierarchical Finite State Machine* (HFSM) menyederhanakan state yang banyak dan rumit kedalam satu state master sehingga memudahkan transisi perubahan perilaku. State master terdiri dari beberapa state yang bisa diuraikan kembali.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Kesalahan formasi pasukan ketika menghadapi musuh akan membuat pasukan tidak kuat dan mengakibatkan kekalahan pasukan. Kelompok pasukan dalam kondisi perang ada kalanya menang atau kalah. Desain bentuk formasi kelompok pasukan yang statis saat ini didesain dengan metode FSM sehingga tidak berubah bentuk secara dinamis sesuai keadaan musuh ketika menang atau kalah dan harus dirubah secara manual oleh *player*.

1.3. BATASAN MASALAH

1. NPC bergerak pada 2 kordinat (x dan y)
2. Penelitian ini fokus pada perubahan formasi pasukan NPC ketika berhadapan dengan musuh
3. Formasi yang digunakan adalah formasi Baris, Panah, dan “V”
4. Simulasi NPC pasukan menghadapi sesama NPC pasukan musuh

1.4. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mendesain perilaku perubahan formasi dengan metode HFSSM supaya bentuk formasi pasukan dapat berubah secara dinamis sesuai dengan situasi
2. Membuat pasukan NPC lebih kuat saat menyerang dan dapat memenangkan pertempuran

1.5. MANFAAT

1. Memberikan metode menyerang bagi kelompok agen NPC sehingga dapat memenangkan peperangan
2. Memberikan tampilan permainan yang terlihat realistis dan menambah permainan lebih menarik
3. Berkontribusi terhadap penelitian yang berkaitan dengan *Artificial intelligence*

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. *Game*

Game adalah kegiatan yang bersifat menyenangkan dengan menggunakan beberapa media dengan menggunakan beberapa aturan untuk mencapai tujuannya.

Game biasanya bersifat partisipatoris dinamis dimana cerita pada *game* berubah secara dinamis tidak seperti pada cerita film-film yang memiliki alur cerita sesuai dengan alur yang sudah ditentukan.

Game merupakan satu dari sekian banyak teknologi yang perkembangannya sangat pesat di era modern ini. Banyak *game* yang sudah diciptakan oleh para developer *game* seperti *game* kartu, catur sampai permainan yang di mainkan dengan menggunakan media berteknologi canggih seperti. Playstation 2 Playstation 3, Xbox 360, Nintendo Wii, PSP, Nintendo DS, maupun PC dari yang berbasis personal ataupun *multiplayer*.

Pada perkembangannya *game* tidak hanya bertujuan sebagai permainan yang menghilangkan stres pada pemainnya tapi *game* juga berfungsi sebagai media pembelajaran, dimana seorang anak didik akan lebih mudah untuk menyerap memahami suatu materi atau persoalan setelah disajikan dalam bentuk permainan yan sederhana. Tidak hanya sebagai media pembelajaran *game* juga sudah mulai digunakan untuk media promosi suatu produk, sosialisasi program dan sebagainya.

Jenis *game* sampai saat ini sangat beragam berdasarkan pada media yang digunakan untuk memainkannya, cara bermain, jumlah pemain dan lain sebagainya.

Berikut beberapa jenis atau genre *game* yang berkembang sampai saat ini.

2.1.1. Berdasarkan pada Media Permainan

1. *Arcade Game*

Game ini di Indonesia sering juga disebut dengan *dingdong*, biasanya memiliki *box* atau mesin yang khusus didesain untuk jenis video *game* tertentu dan tidak jarang memiliki fitur yang dapat membuat pemainnya lebih merasa masuk dan menikmati permainan seperti pistol, motor, bola, air, setir mobil, kursi khusus, sensor gerakan, palu dan lain sebagainya.

2. *PC game*

Video *game* yang dimainkan menggunakan media personal komputer.

3. *Console game*

Game yang dimainkan dengan menggunakan console tertentu seperti PlayStation 2, PlayStation 3, XBOX 360 dan Nintendo Wii.

4. *Handheld Game*

Game yang dimainkan di console khusus video *game* yang dapat dibawa kemana-mana seperti Nintendo DS, Sony PSP dan sebagainya.

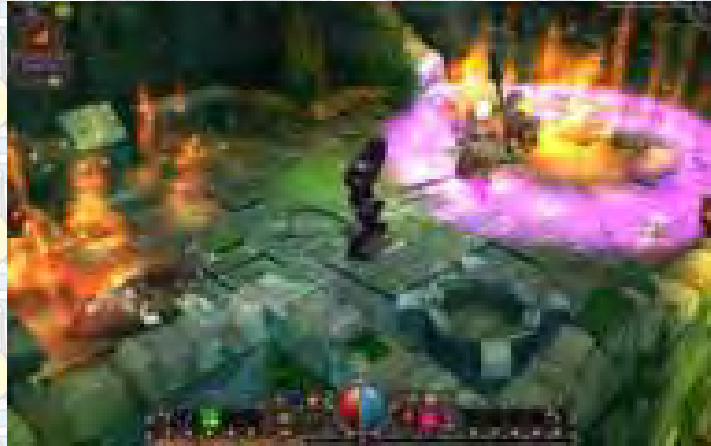
5. *Mobile Game*

Game yang dapat dimainkan dengan menggunakan media mobile seperti Android, iOS, PDA dll.

2.1.2. Berdasarkan pada genre Permainan

1. *RPG (Role Playing Game)*

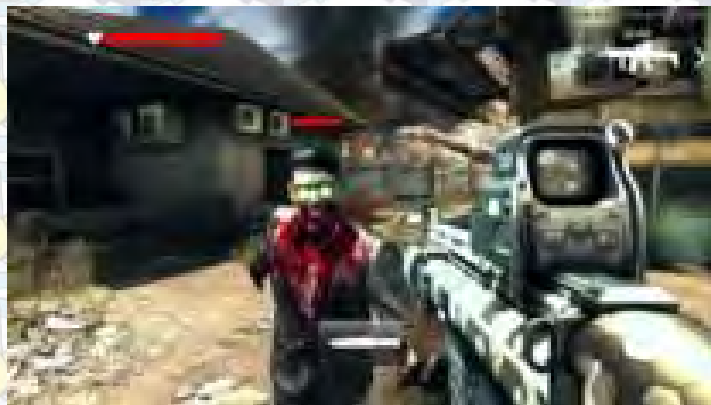
RPG adalah salah satu *game* yg mengandung unsur experience atau leveling dalam *gameplay* nya. Biasanya dalam *game* ini kita memiliki kebebasan untuk menjelajah dunia *game* tersebut, dan kadang kala dalam beberapa *game*, kita dapat menentukan ending dari *game* tersebut. RPG terbagi 2 yaitu : Action RPG & Turn Based RPG seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. RPG : Torchlight

2. **First Person Shooter (FPS)**

FPS adalah *game* yg tembak menembak seperti pada Gambar 2.2. yg memiliki ciri utamanya adalah penggunaan sudut pandang orang pertama yg membuat kita dibelakang senjata.



Gambar 2.2. FPS Game : Into The Dead

3. *Third Person Shooter (TPS)*

TPS adalah *game* yg mirip dengan FPS yaitu memiliki *gameplay* tembak menembak hanya saja sudut pandang yg digunakan dalam *game* ini adalah orang ketiga seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. *TPS Game : hounds*

4. *Strategy*

Strategy adalah genre *game* yg memiliki *gameplay* untuk mengatur suatu unit atau pasukan untuk menyerang markas musuh dalam rangka memenangkan permainan. *Games Strategy* dibagi 2 : *Real Time Strategy*, pada *game* ini, kita dapat mengendalikan pasukan secara langsung, dari mencari sumber daya, hingga menghancurkan musuh. Semua pertempuran ini dapat kita saksikan secara langsung. *Turn Based Strategy*, sistemnya seperti *Real Time Strategy*, tetapi disini selain mengendalikan karakter utama, kita mengendalikan pasukan dan Kota kita untuk memenangkan pertarungan. Biasanya kita memainkan *game* nya di atas peta seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Strategy Game : Clas of Clans

5. *Sports*

Sports Adalah genre bertema permainan olahraga seperti pada Gambar 2.5. Sistem permainan akan berbeda-beda tergantung jenis olahraga yang menjadi tema *game* tersebut



Gambar 2.5. Sport game : FIFA13

6. *Simulation*

Simulasi Adalah genre yang digunakan untuk permainan yang detail mementingkan realita yang didesain mirip seperti nyata. Parameter material, cuaca referensi didesain semirip mungkin dengan dunia nyata. Genre *game* ini biasanya

digunakan pada *game* racing, penerbangan, sampai militer seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Simulation game : Flight simulation

7. Tycoon

Tycoon adalah *game* yg menjadikan kita sebagai seorang *businessman* yang akan mengembangkan sesuatu *Property* untuk dikembangkan hingga laku di pasaran. Layout *game* genre Tycoon seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Tycoon game : trailer park

8. Racing Game

adalah *game* sejenis racing yg memungkinkan kita untuk mengendalikan sebuah kendaraan untuk memenangkan sebuah balapan seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Racing game : Need For Speed

9. Action Adventure

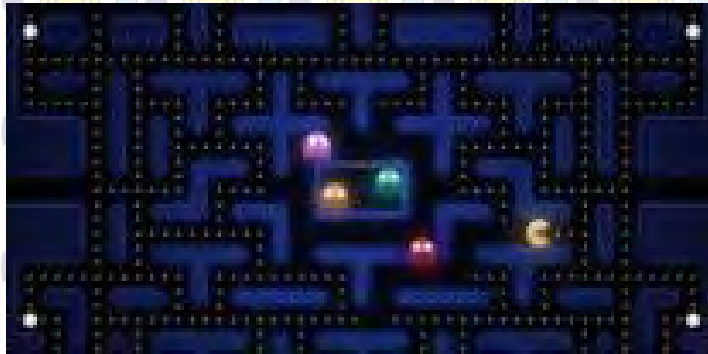
Action Adventure adalah *game* berupa petualangan salah seorang karakter yg penuh dengan penuh aksi yg akan terus ada hingga *game* tersebut tamat. Salah satu game Action seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Action game : battle alert

10. Arcade

Arcade *game* adalah genre *game* yang tidak terfokus pada cerita, melainkan hanya dimainkan "*just for fun*" atau untuk kejar-mengejar *point / highscore* seperti pada game Pacman Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Arcade game : pacman

11. *Fighting Game*

Fighting adalah genre *game* bertarung. Seperti dalam *arcade*, pemain dapat mengeluarkan jurus-jurus ampuh dalam pertarungannya. Genre *fighting* biasanya *one on one* dalam sebuah arena yang sempit seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Fighting game : Taken 5

2.2. Artificial Intelligence (AI)

Kecerdasan buatan atau dalam bahasa Inggrisnya *Artificial Intelligence* sering disingkat AI merupakan cabang terpenting dalam dunia komputer. Akhir-akhir ini teknologi AI telah begitu banyak mempengaruhi kehidupan manusia.

AI adalah ilmu dan rekayasa, yang membuat mesin mempunyai intelegensi tertentu khususnya program komputer yang 'cerdas'. Intelegensi merupakan

bagian kemampuan komputasi untuk mencapai tujuan di dalam dunia. Ada beberapa macam jenis dan derajat intelegensi untuk manusia, binatang dan beberapa mesin.

AI berhubungan dengan penggunaan komputer untuk melaksanakan tugas atau menyelesaikan masalah yang memerlukan kecerdasan atau kepintaran. Pada umumnya komputer memerlukan aplikasi atau software untuk melaksanakan tugas atau menyelesaikan masalah, maka aplikasi atau software yang berdasarkan teknologi AI diperlukan.

Para ahli mendefinisikan AI secara berbeda-beda tergantung pada sudut pandang mereka masing-masing. Ada yang fokus pada logika berpikir manusia saja, tetapi ada juga yang mendefinisikan AI secara lebih luas pada tingkah laku manusia. *Stuart Russel* dan *Peter Norvig* mengelompokkan definisi AI, yang diperoleh dari beberapa textbook berbeda, ke dalam empat kategori [4], yaitu :

1. *Thinking humanly : the cognitive modeling approach*
2. *Acting humanly : the Turing test approach*
3. *Thinking rationally : the laws of thought approach*
4. *Acting rationally : the rational agent approach*

Thinking humanly dan *acting humanly* adalah dua definisi dalam arti yang sangat luas. Sampai saat ini, pemikiran manusia yang diluar rasio, yakni refleks dan intuitif (berhubungan dengan perasaan), belum dapat ditirukan sepenuhnya oleh komputer. Dengan demikian, kedua definisi ini dirasa kurang tepat untuk saat ini. Jika kita menggunakan definisi ini, maka banyak produk komputasi cerdas saat ini yang tidak layak disebut sebagai produk AI.

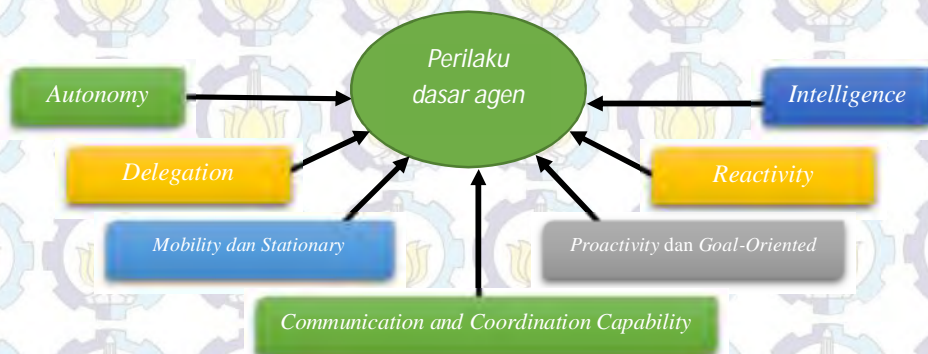
Definisi *thinking rationally* terasa lebih sempit daripada *acting rationally*. Oleh karena itu, definisi AI yang paling tepat untuk saat ini adalah *acting rationally* dengan pendekatan *rational agent*. Hal ini berdasarkan pemikiran bahwa komputer

bisa melakukan penalaran secara logis dan juga bisa melakukan aksi secara rasional berdasarkan hasil penalaran tersebut.

Penerapan AI banyak dilakukan pada bidang *game*, simulasi, dan robotika. Pada setiap bidang dan aplikasi, cabang AI yang diperlukan berbeda-beda. Pada *game* dan simulasi, kemampuan deduksi, penalaran, dan pemecahan masalah lebih diutamakan. Agen yang mempunyai AI akan mampu membuat keputusan berdasarkan parameter yang terdapat pada dirinya dan parameter yang terdapat pada lingkungan sekitarnya. Selain itu, pada *game*, AI yang memiliki kemampuan membuat rencana dan belajar akan lebih disukai oleh *player* karena akan menjadi lebih menarik[3].

2.3. Agen

Agen adalah suatu entitas *software* komputer yang memungkinkan user (pengguna) untuk mendelegasikan tugas kepadanya secara mandiri (*autonomously*). Pada penelitian sebelumnya simulasi kerumunan agen menggunakan robot, tentu ini sangat mahal harganya mengingat jika agen robot terjadi tabrakan antar agen akan banyak memakan biaya penelitian sehingga kemudian beralih pada simulasi komputer untuk merepresentasikan sebuah kerumunan agen. Agen mempunyai kemampuan untuk melakukan suatu tugas/pekerjaan. Agen melakukan suatu tugas/pekerjaan dalam kapasitas untuk sesuatu, atau untuk orang lain [7].



Gambar 2.12. Perilaku dasar agen

Pada beberapa penelitian sebelumnya kemampuan agen kurang memenuhi kemampuan dari agen yang terlihat seperti nyata, maka dari itu dikembangkan sebuah beberapa agen yang memiliki kemampuan multi seperti saling berinteraksi antar agen, bernegosiasi dan berkoordinasi antar agen yang kemudian disebut sebagai multi agen sistem yang digambarkan pada Gambar 2.12. Beberapa perilaku dasar agen antara lain sebagai berikut[8]:

1. *Autonomy*

Agent dapat bergerak melakukan tugas secara mandiri secara intelligence dan tidak dipengaruhi secara langsung oleh *user*, *agent* lain ataupun oleh lingkungan (*environment*).

2. *Intelligence, Reasoning, dan Learning*

Ada tiga komponen *intelligence* yang harus dimiliki: *internal knowledge base*, kemampuan *reasoning* berdasar pada *knowledge base* yang dimiliki, dan kemampuan *learning* untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

3. *Mobility dan Stationary*

Khusus untuk *mobile agent*, harus memiliki kemampuan mobilitas, berkebalikan *stationary agent*. Keduanya tetap harus memiliki kemampuan untuk mengirim pesan dan berkomunikasi dengan *agent* lain.

4. *Delegation*

Agent bergerak dalam kerangka menjalankan tugas yang diperintahkan oleh *user*.

5. *Reactivity*

Karakteristik *agent* yang lain adalah cepat beradaptasi dengan adanya perubahan informasi yang ada dalam suatu lingkungan (*agent* lain, *user*, adanya

informasi dari luar).

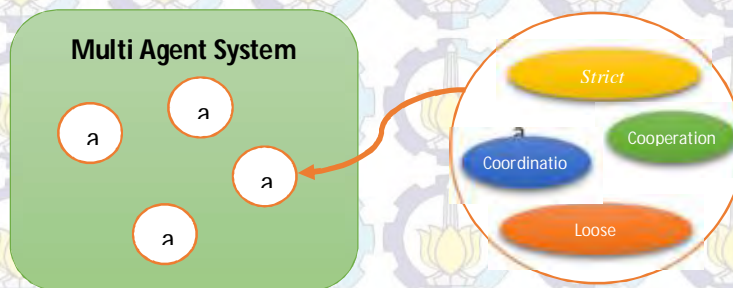
6. *Proactivity dan Goal-Oriented*

Agent tidak hanya dituntut bisa beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, tetapi juga harus mengambil inisiatif langkah penyelesaian apa yang harus diambil. *Agent* didesain memiliki *goal* dan *goal-oriented*.

7. *Communication and Coordination Capability*

Agent harus memiliki kemampuan berkomunikasi dengan user dan juga *agent* lain.

Sedangkan interaksi antar *agent* dalam multi *agent system* dapat dilihat pada Gambar 2.13 :



Gambar 2.13. Interaksi agen dalam Multi agent system

1. *Cooperation*

Pada interaksi *cooperation*, dua *agent* tersebut memiliki tujuan yang sama.

2. *Coordination*

Menampilkan *tujuan* dan *knowledge* ke *agent* lain. Dua *agent* tersebut memiliki tujuan yang berbeda.

3. *Loose Competition*

Mempunyai *tujuan* dan menyembunyikan *knowledge* ke *agent* lain.

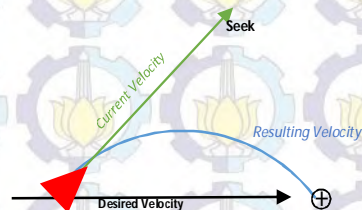
4. *Strict Competition*

2.4. Steering Behaviour

Steering behavior atau perilaku kendali mulai dikembangkan pertama kali oleh Craig Reynold pada tahun 1990. Adalah algoritma yang memberikan kemampuan pada agen untuk mengubah kecepatan dan sudut arah gerakan dari waktu ke waktu sesuai dengan kendali perilakunya. Kemampuan ini memungkinkan individu untuk bergerak menelusuri lingkungan dengan cara menyerupai kehidupan nyata seperti pencarian, mengejar, menghindari, mengembara, mengikuti jalur, lari, mengikuti pemimpin dan lain sebagainya. Untuk kasus agen otonomi tunggal, perilaku-perilaku ini mudah untuk difahami dan diterapkan, yaitu dengan menggunakan konsep *steering vector*. Dalam hal ini objek memiliki variabel tambahan seperti : *maximum force*, dan *maximum velocity*, dan memiliki metode untuk menghitung *steering vector* ke arah penempatan target pada lokasi yang telah ditentukan.

2.4.1. Seek

Perilaku mengejar target diam, adalah perilaku yang bertindak untuk mengarahkan karakter menuju posisi tertentu. Sedangkan besarnya kecepatan merupakan kecepatan maksimum dari karakter. Jika karakter diberi kemudi ini ia akan terus melakukan proses mencari, yang pada akhirnya bergerak melewati target, setelah melewati target karakter kemudian kembali melakukan pencarian dan bergerak mendekat lagi seperti pada Gambar 2.14.



Gambar. 2.14. Steering Behavior (*seek*)

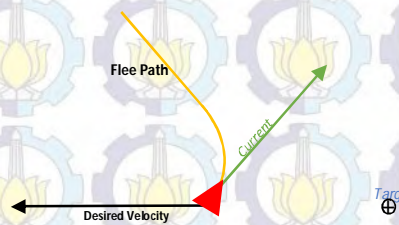
$$\text{desired_velocity} = \text{normalize}(\text{position} - \text{target}) * \text{max_speed}$$

$$\text{steering} = \text{desired_velocity} - \text{velocity}$$

Desired velocity adalah vektor yang menunjuk secara langsung dari penempatan karakter ke arah target. Sedangkan *steering* adalah perbedaan antara kecepatan yang diinginkan dengan kecepatan arus karakter.

2.4.2. Flee

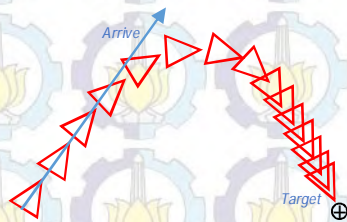
Flee merupakan kebalikan dari Seek, jika pada Seek agen mendekati target tapi pada flee agen melarikan diri atau menghindar menjauhi target seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Steering behavior (flee)

2.4.3. Arrive

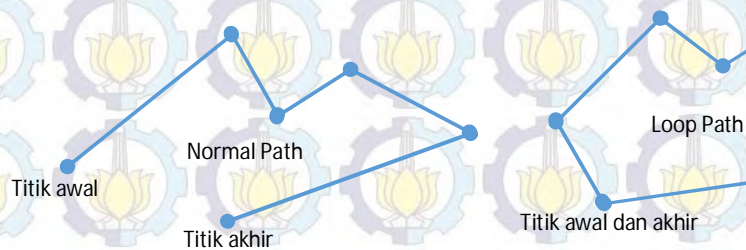
Arrive hampir sama dengan *seek*. Perilaku ini memiliki kecepatan dinamis dan Tapi tidak bergerak melebihi kecepatan target dengan kecepatan penuh, perilaku ini menyebabkan karakter untuk memperlambat gerak jika mendekati target, dan akhirnya memperlambat untuk berhenti tepat pada target seperti pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Steering behavior (arrive)

2.4.4. Path Following

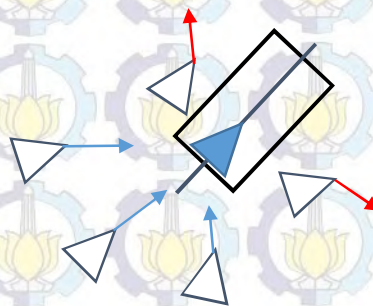
Perilaku karakter yang bergerak sepanjang titik-titik yang bersambung membentuk sebuah pola jalan yang memiliki titik awal dan titik akhir, kadang titik akhir kembali pada titik awal sehingga membentuk pola jalan tertutup seperti pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Steering behavior (Path Following)

2.4.5. Leader Following

Perilaku dimana karakter atau agen mengikuti leader atau pemimpin yang ditandai seperti pada Gambar 2.18. Pada umumnya pengikut mengikuti pemimpin, jika ada lebih dari satu pengikut maka pengikut tidak akan berkerumun di belakang pemimpin melainkan menjaga jarak supaya tidak terjadi tabrakan antar, persamaan leader following seperti pada persamaan (1)



Gambar 2.18. Steering behavior (Leader Following)

Perilaku ini menggunakan perilaku arrive dan separation, dengan perilaku dasar arrive karakter akan menuju pemimpin, perilaku separation karakter akan menghindar ketika terlalu dekat dengan karakter lain sesuai dengan parameternya.

$$\overrightarrow{Led}_i = L * (\overrightarrow{p}_i - \overrightarrow{p}_j) \quad (1)$$

Dimana :

- \overrightarrow{Led}_i = Leader Following
- L = Leader Strength factor
- \overrightarrow{p}_i = leader yang dipilih
- \overrightarrow{p}_j = posisi boids yang terlihat

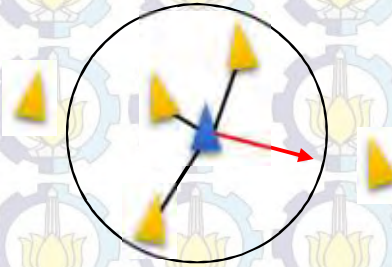
2.5. Flocking (*Boids*)

Boids berasal dari kata “birds” adalah sebuah algoritma yang merepresentasikan gerak dari sebuah kawanan. Perilaku yang dihasilkan sangat mirip dengan kumpulan ikan atau kawanan burung. *Boids* bereaksi hanya untuk *flockmates* dalam lingkungannya sendiri. Lingkungan ditandai dengan jarak (diukur dari pusat *Boids*) dan sudut (diukur dari arah asal *Boids*), sedangkan *flockmates* di luar lingkungan akan diabaikan. Pada pertengahan tahun 1980 Craig Reynolds menerapkan prinsip-prinsip *A-Life* untuk fenomena kawanan burung terbang yang terkoordinasi. Tantangannya adalah untuk mengungkap aturan sederhana bahwa setiap burung (atau *Boids*) bias mengikuti gerakan berkelompok dengan sempurna sebagai sebuah perilaku. *Boids* memiliki tiga aturan dasar, yaitu *separation*, *cohesion*, dan *alignment* [1].

2.5.1. Separation

Separation yaitu kemampuan dari tiap-tiap agen untuk mempertahankan jarak antara agen satu dengan agen yang lain dalam

radius yang dekat disekitar agen tersebut supaya tidak terjadi tabrakan. Hal ini untuk mencegah banyak agen dari kondisi kepadatan secara bersamaan. Seperti pada Gambar 2.19 beberapa agen yang saling berdekatan dalam radius tertentu akan mendapat pengaruh gaya tolak dari tiap-tiap agen tersebut [9].



Gambar 2.19 Separation Parameter

Untuk mengimplementasikan aturan ini dapat menggunakan persamaan (2) :

$$\overrightarrow{Sep}_i = - \sum_{v_j \in r} (\overrightarrow{p}_i - \overrightarrow{p}_j) \quad (2)$$

Dimana :

\overrightarrow{Sep}_i = Separation Steer

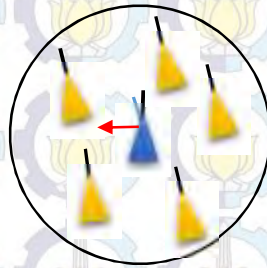
\overrightarrow{p}_i = posisi boids

\overrightarrow{p}_j = posisi boids yang terlihat

2.5.2. Alignment

Alignment merupakan kemampuan dari agen untuk mensejajarkan dirinya dengan agen disekitarnya. Kesejajaran ini dalam hal arah dan kecepatan dengan agen disekitarnya. Alignment dapat diperoleh dengan mencari agen di sekitarnya atau neighborhood yang diperoleh suatu grup agen, kemudian kecepatan dari grup agen tersebut dirata-rata. Rata-rata ini kemudian menjadi kecepatan yang diinginkan

dari grup agen dalam pergerakannya. Alignment memiliki kecenderungan bahwa agen yang menjadi pusat kesejajaran untuk merotasi dirinya sehingga diperoleh kesejajaran posisi [9]. Seperti pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Alignment Parameter

Alignment dapat dihitung dengan 2 cara yaitu dengan menghitung rata-rata kecepatan vector dari pusat kerumunan seperti pada persamaan (3) dan menghitung posisi vector seperti pada persamaan (4)

$$\overrightarrow{Fv}_t = \sum_{\forall b_j \in f} \frac{\overrightarrow{v}_j}{N} \quad (3)$$

$$\overrightarrow{Al}_t = \overrightarrow{Fv}_t - \overrightarrow{v}_t \quad (4)$$

Dimana :

\overrightarrow{Fv}_t = Kecepatan vector Flock Mates

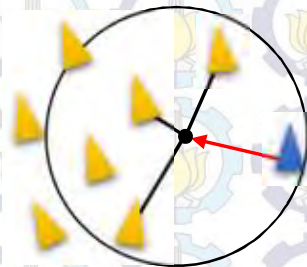
\overrightarrow{Al}_t = Alignment

\overrightarrow{v}_t = Kecepatan vektor Boids (i)

2.5.3. Cohesion

Cohesion merupakan *Steering Behaviour* yang memberikan kemampuan daya tarik menarik antar agen ditiap-tiap kelompok agen yang saling berdekatan seperti terlihat pada Gambar 2.21. Seperti halnya separation, cohesion juga bersifat lokal dalam grup agen yang berdekatan. Hal yang pertama dilakukan adalah mencari agen yang berada di sebelahnya kemudian menentukan rata-rata posisi dari

kelompok agen untuk memperoleh pusat gravitasi dari beberapa group agen tersebut. Rata-rata posisi dari grup agen diperoleh dengan menjumlahkan masing-masing posisi dari agen dan membaginya dalam jumlah agen dari suatu grup [9].



Gambar 2.21. Cohesion Parameter

Nilai Cohesion (Coh_i) dari Boids (b_i) dapat dicari dengan dua cara yaitu mencari pusat (\vec{F}_c) flock (f) seperti pada persamaan (5) dan menentukan navigasi Boids seperti pada persamaan (6)

$$\vec{F}_c = \sum_{j=1}^N \vec{p}_j \quad (5)$$

$$Coh_i = \vec{F}_c - \vec{p}_i \quad (6)$$

Dimana :

P_j = posisi dari Boids j

N = jumlah Boid f

Menirukan lingkungan realistik tersebut, diperlukan untuk menerapkan perilaku kelompok. Perilaku kelompok dapat diprogram atau dipandu secara langsung oleh pembuat[13]. Perilaku tingkat tinggi untuk kelompok terdiri dari beberapa jenis perilaku.

- a. *Flocking*, agen dari kelompok yang sama berjalan bersama dengan kecepatan yang sama menuju tujuan yang sama pada situasi normal.

- b. *Following*, individu dari kelompok yang sama mengikuti pemimpin kelompok.
- c. *Goal Changing*, dalam situasi panik, individu mengubah tujuan awal menuju tujuan keluar.
- d. *Avoid Static Obstacles*, metode sederhana untuk menghindari rintangan menggunakan persamaan matematika untuk menentukan posisi future dari saat ini. Benturan dihindari dengan bergerak menjauh dari rintangan.
- e. *Collision avoiding*, menghindari benturan adalah salah satu perilaku yang penting dan umum dilakukan oleh manusia atau hewan. Saat persepsi agen mendeteksi potensi suatu benturan, arah dan kecepatan diubah. Benturan antar agen tidak selalu bisa dihindarkan.

Sedangkan menurut kajian yang dilakukan oleh Tu dan Terzopolous lebih mengarah pada prinsip *Artificial Life*, yaitu simulasi kehidupan buatan sehingga melibatkan kebutuhan untuk realisme gerakan yang berasal dari simulasi fisis. Kasus yang diuji pada kajian ini adalah memodelkan animasi perilaku sekawanan ikan yang dibentuk dari model geometrik, pergerakan yang berbasis fisis dengan memodelkan gerakan ikan dari model otot, dan navigasi yang berbasis sensor penglihatan.

2.5.4. *Random Movement*

Perpindahan posisi agen secara acak akan lebih terlihat realistis pada *game*. Rule dari random movement terlihat seperti persamaan (7)

$$\overline{Rand}_i = -ffactor \cdot \vec{r} \quad (7)$$

Dimana :

- \overline{Rand}_i = Random movement Boids (*i*)
- $ffactor$ = flock random strength factor
- \vec{r} = radian vektor

Untuk pergerakan vektor agen Boids menggunakan kombinasi dari aturan diatas seperti Cohesion (Coh_i), Separation (Sep_i), Alignment (Ali_i), Leader Following (Led_i) dan Random Movement ($Rand_i$). Seperti pada persamaan (8)

$$\vec{V}_i = w_1 \vec{Coh}_i + w_2 \vec{Ali}_i + w_3 \vec{Sep}_i + w_4 \vec{Led}_i + w_5 \vec{Rand}_i \quad (8)$$

Dimana :

- \vec{V}_i = Pergerakan Vektor dari Boids (i)
- $w_1 \vec{Coh}_i$ = Koefisien Vektor Kohesi Boids (i)
- $w_2 \vec{Ali}_i$ = Koefisien Vektor Alignment Boids (i)
- $w_3 \vec{Sep}_i$ = Koefisien Vektor Separation Boids (i)
- $w_4 \vec{Led}_i$ = Koefisien Vektor Leader Following Boids (i)
- $w_5 \vec{Rand}_i$ = Koefisien Vektor Random Movement Boids (i)

2.6. Perang

Perang adalah sebuah aksi fisik dan non fisik (dalam arti sempit, adalah kondisi permusuhan dengan menggunakan kekerasan) antara dua atau lebih kelompok manusia untuk melakukan dominasi di wilayah yang dipertentangkan. Perang secara purba di maknai sebagai pertikaian bersenjata. Di era modern, perang lebih mengarah pada superioritas teknologi dan industri. Hal ini tercermin dari doktrin angkatan perangnya seperti "Barang siapa menguasai ketinggian maka menguasai dunia". Hal ini menunjukkan bahwa penguasaan atas ketinggian harus dicapai oleh teknologi. Namun kata perang tidak lagi berperan sebagai kata kerja, namun sudah bergeser pada kata sifat. Yang memopulerkan hal ini adalah para jurnalis, sehingga lambat laun pergесeran ini mendapatkan posisinya, namun secara umum perang berarti "pertentangan". Pada Gambar 2.22 adalah visualisasi dari perang pada film "The Hobbit"



Gambar 2.22. Perang pada film "The Hobbit"

2.7. Taktik Perang

Taktik perang adalah cabang ilmu militer berurusan dengan manuver rinci untuk mencapai tujuan yang ditetapkan oleh strategi. Taktik juga merupakan rencana untuk mencapai tujuan tertentu.

Taktik perang sebagai ilmu dan seni tentang pelaksanaan manuver pasukan dan penggunaan alat senjata untuk memenangkan pertempuran. Strategi medan tempur, terkenal dengan istilah taktik. Merumuskan dan melaksanakan taktik adalah sangat penting dalam sebuah pertempuran karena sebuah negara pun masih bisa kalah dalam medan pertempuran meskipun strategi perang yang sudah terkoordinasi baik, strategi militer yang tepat, dan strategi operasi yang terancang baik.

2.7.1. Strategi Bertahan (Defense)

Dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) Bertahan berasal dari kata tahan. Kata tahan mendapat imbuhan awalan *ber-*.

Kata Bertahan memiliki arti : (1) tetap pada tempatnya ; (2) mempertahankan diri terhadap serangan ; (3) tidak mau menyerah.

Strategi bertahan adalah strategi dalam permainan untuk mempertahankan diri dari serangan musuh. Ada banyak macam strategi bertahan dalam permainan. Adakalanya strategi bertahan dengan menyerang musuh, strategi bertahan dengan diam, strategi bertahan dengan menghindar.

2.7.2. Strategi Bertahan dengan Menyerang

Menyerang adalah salah satu strategi bertahan pada sebuah permainan (*game*). Dengan menyerang musuh, ruang gerak musuh dapat dipersempit, kesehatan musuh berkurang. Pola penyerangan terhadap musuh juga bervariasi bergantung strategi yang diterapkan. Penyerangan jarak jauh memperhitungkan aspek

amunisi dan jarak. Sedangkan pertempuran jarak dekat melihat aspek kekuatan serangan dan pemilihan lawan yang tepat agar penyerangan efektif.

2.7.3. Strategi Bertahan dengan Menjebak musuh

Menjebak musuh merupakan bagian dari strategi bertahan dalam permainan. Diantara variasi jebakan adalah menaruh ranjau, meletakkan bom, membikin lubang atau parit dan menaruh pagar agar sulit dilewati. Fungsi dari jebakan ini mengurangi kecepatan gerak musuh, menguras *health* musuh, atau merusak konsentrasi pemain (*player*).

2.7.4. Strategi Bertahan dengan Menghindar

Selain dua strategi Menyerang dan Diam, ada strategi bertahan lainnya yaitu dengan cara menghindar. Gaya menghindar bisa bervariasi misalnya dengan bersembunyi, atau menghindar dengan memutar rute yang dilalui. Strategi ini juga bisa dipake pada *game* pertarungan jarak dekat dengan melakukan gerakan mundur atau berpindah posisi.

2.8. Formasi Perang

Formasi perang merupakan bagian terpenting dari taktik perang, perang tidak pernah lepas dari formasi, karena semua jenderal perang pasti memperhitungkan pentingnya menjaga pasukan dalam formasi, kecuali beberapa bangsa yang suka menyerang secara bebas.

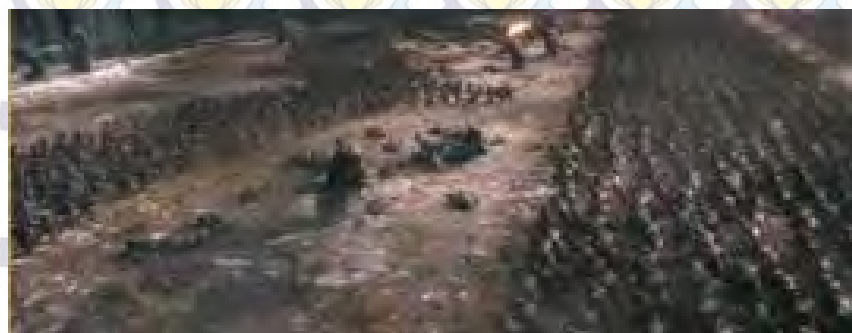
Formasi diartikan sebagai suatu pengaturan atau disposisi agen. Formasi biasanya diterapkan untuk tujuan strategis dalam peperangan [6]. Formasi yang sering terlihat formasi yang dibentuk, seperti formasi baris, sayap, bentuk “V”, mata panah, formasi bulan sabit dan sebagainya. Secara histori formasi telah banyak digunakna pada pasukan militer modern. Pada permainan *game* terlihat formasi

digunakan pada beberapa *game* RTS seperti Total War, empire Eearth, Age of Empire III, Stronghold Crusader, Clash of Clans, Clash of King dll.

Beberapa pendekatan formasi yang digunakan antara lain formasi statis dimana formasi terbentuk secara statis sesuai dengan keinginan player yang kedua adalah formasi dinamis, dimana kerumunan agen akan membentuk sebuah formasi berdasarkan pada kondisi dilapangan dan berdasarkan pada formasi lawan yang dihadapi. Formasi dinamis ini akan selalu berubah sesuai dengan keadaan lingkungan dan parameter yang ada seperti pada Gambar 2.23, Gambar 2.24, Gambar 2.5 dan Gambar 2.26.



Gambar 2.23. Formasi baris pada pasukan di film “The Hobbit”



Gambar 2.24. Formasi panah pada pasukan di film “The Hobbit”

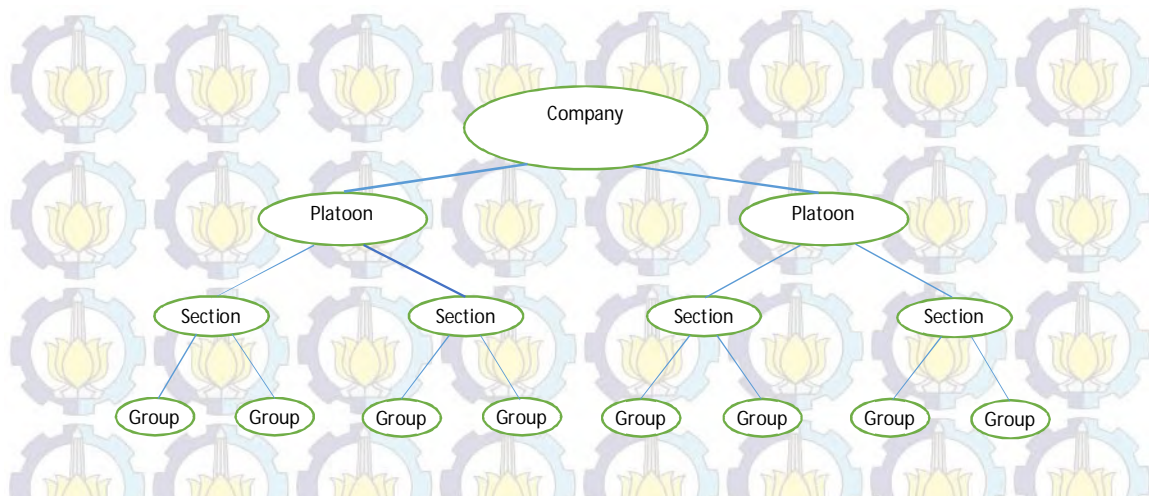


Gambar 2.25. Formasi bulan sabit pada pasukan di film “The Hobbit”

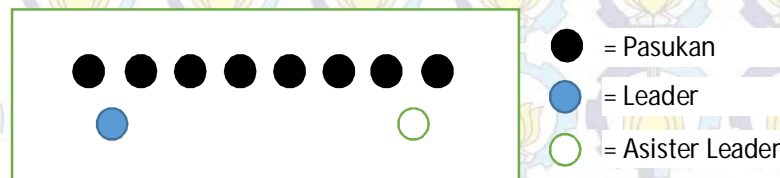


Gambar 2.26. Formasi kotak pada pasukan di film “Alexander”

Pada penelitian sebelumnya [6] beberapa group kecil dapat di jadikan sebuah section, beberapa section yang tergabung dapat dibuat sebuah pelton yang kemudian digabungkan menjadi sebuah kelompok besar dan menjadi satu komando seperti yang telah banyak diterapkan pada pasukan tempur. Struktur hirarki Company yang terbentuk dari pelton, section dan group diilustrasikan pada Gambar 2.27 dan Gambar 2.28.



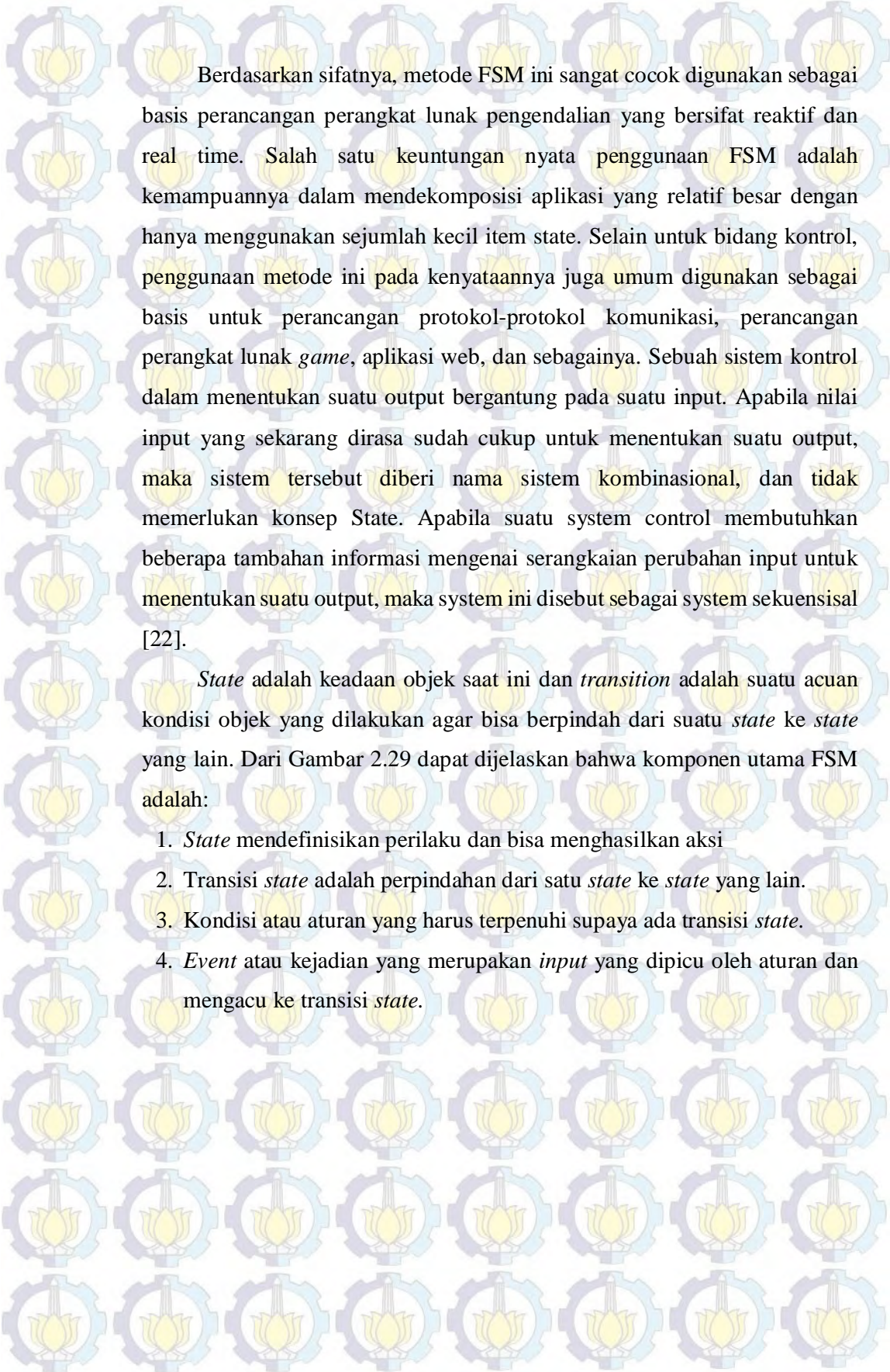
Gambar 2.27. Sebuah Company yang terbentuk dari dua platoon



Gambar 2.28. Formasi Baris Pasukan

2.9. FSM

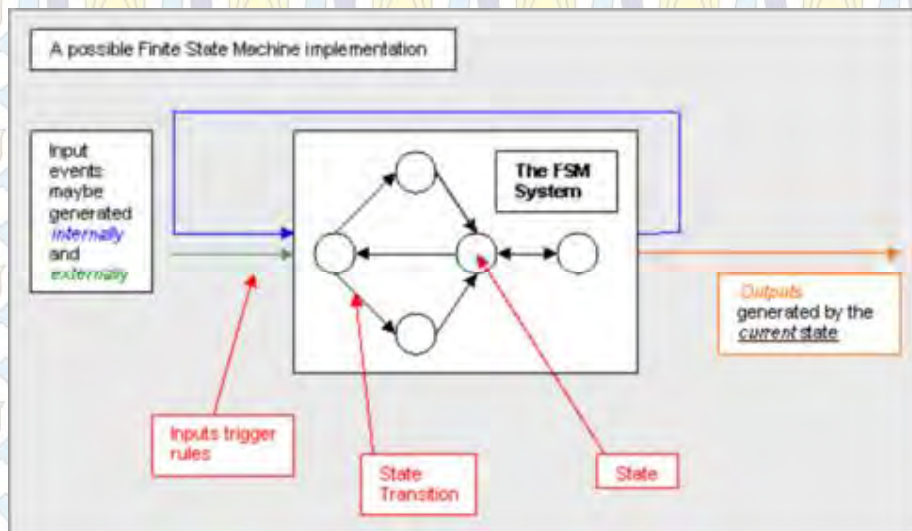
Finite State Machine (FSM) adalah Metode paling populer yang digunakan dalam *game*. *Finite State Machine* (FSM) adalah suatu model pemecahan *behavior* objek berdasarkan statenya. Sistem kerja FSM dengan menggunakan tiga hal berikut : *State* (Keadaan), *Event* (Kejadian), *Transition* (Transisi) dan *Action* (Aksi) [22]. Pada satu saat dalam periode waktu yang cukup signifikan, system akan berada pada salah satu state yang aktif. System dapat beralih atau bertransisi menuju state lain jika mendapatkan masukan atau event tertentu, baik yang berasal dari 15 perangkat luar atau komponen dalam sistemnya itu sendiri (misal : interupsi timer). Transisi keadaan ini umumnya juga disertai oleh aksi yang dilakukan oleh system ketika menanggapi masukan yang terjadi. Aksi yang dilakukan tersebut dapat berupa aksi yang sederhana atau melibatkan rangkaian proses yang relative kompleks.



Berdasarkan sifatnya, metode FSM ini sangat cocok digunakan sebagai basis perancangan perangkat lunak pengendalian yang bersifat reaktif dan real time. Salah satu keuntungan nyata penggunaan FSM adalah kemampuannya dalam mendekomposisi aplikasi yang relatif besar dengan hanya menggunakan sejumlah kecil item state. Selain untuk bidang kontrol, penggunaan metode ini pada kenyataannya juga umum digunakan sebagai basis untuk perancangan protokol-protokol komunikasi, perancangan perangkat lunak *game*, aplikasi web, dan sebagainya. Sebuah sistem kontrol dalam menentukan suatu output bergantung pada suatu input. Apabila nilai input yang sekarang dirasa sudah cukup untuk menentukan suatu output, maka sistem tersebut diberi nama sistem kombinasional, dan tidak memerlukan konsep State. Apabila suatu system control membutuhkan beberapa tambahan informasi mengenai serangkaian perubahan input untuk menentukan suatu output, maka system ini disebut sebagai system sekuensial [22].

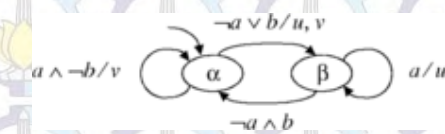
State adalah keadaan objek saat ini dan *transition* adalah suatu acuan kondisi objek yang dilakukan agar bisa berpindah dari suatu *state* ke *state* yang lain. Dari Gambar 2.29 dapat dijelaskan bahwa komponen utama FSM adalah:

1. *State* mendefinisikan perilaku dan bisa menghasilkan aksi
2. Transisi *state* adalah perpindahan dari satu *state* ke *state* yang lain.
3. Kondisi atau aturan yang harus terpenuhi supaya ada transisi *state*.
4. *Event* atau kejadian yang merupakan *input* yang dipicu oleh aturan dan mengacu ke transisi *state*.



Gambar 2.29. Contoh FSM sederhana dengan Penjelasannya [24]

FSM digambarkan sebagai jaringan semantic yang merepresentasikan maksud dan hubungan dengan menggunakan kata. State dilambangkan dengan lingkaran. Sedangkan transition disimbolkan dengan anak panah dengan arah tertentu. Tiap lingkaran dan anak panah memiliki nama masing – masing yang menunjukkan status *state* atau transisi [16]. Menurut Jason Brownlee, komponen utama FSM secara sederhana ditunjukkan seperti Gambar 2.30.



Gambar 2.30. Contoh Fsm Dasar [16]

Secara Teoritis, Finite State Machine (FSM) dapat dijelaskan seperti berikut. Pada gambar 2.30 di atas, merupakan contoh sederhana dari FSM dengan dua state. FSM di atas mempunyai lima definisi. Yakni $(Q, \Sigma, \Delta, \sigma, q_0)$ dimana

Q : didefinisikan sebagai symbol suatu state;

Σ : didefinisikan sebagai *Possible Input*;

Δ : didefinisikan sebagai *Possible Output*;

σ : fungsi transisi pemetaan misalkan $Q \times \Sigma$ menuju $Q \times \Delta$;

$q_0 \in Q$: didefinisikan sebagai initial state (kondisi awal).

Jika kita melihat Gambar 2.30 dapat dijelaskan bahwa contoh sederhana dari FSM. Diumpamakan $Q = \{\alpha, \beta\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, $\Delta = \{\epsilon, u, v\}$, Dimana kondisi awal diumpamakan dengan ($q_0 = \alpha$). Dan fungsi pemetaannya adalah $\sigma : Q \times \Sigma \rightarrow Q \times \Delta$ dimana $\sigma(\alpha, b) = (\beta, v)$ menjelaskan bahwa *current state* $\alpha \in Q$ mendapatkan input $b \in \Sigma$ sehingga berpindah menuju *state* berikutnya $\beta \in Q$ dan simbol outputnya $v \in \Delta$. Fungsi pemetaan lainnya adalah $\sigma(\beta, a) = (\alpha, u)$. menjelaskan bahwa *current state* $\beta \in Q$ mendapatkan input $a \in \Sigma$ sehingga berpindah menuju *state* berikutnya $\alpha \in Q$ dan simbol outputnya $u \in \Delta$. Selain itu ada transisi diri sendiri $\sigma(\alpha, a) = (\alpha, \epsilon)$ dan $\sigma(\beta, b) = (\beta, \epsilon)$. Keterangan lebih lanjut dapat dijelaskan pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 State perpindahan FSM

Current State	α	α	β	β
Input Symbol	A	b	b	a
Next State	α	β	β	α
Output Symbol	ϵ	v	ϵ	u

2.9.1 Kelebihan FSM

Terdapat beberapa kelebihan atau keuntungan penggunaan FSM dalam membangun sebuah sistem kontrol, antara lain[21]:

1. Sederhana, sehingga mudah diimplementasikan bagi mereka yang belum berpengalaman.
2. Dapat diprediksi (pada model yang deterministic), transisi State mudah diprediksi sehingga memudahkan untuk melakukan tes.

3. Komputasi ringan, waktu eksekusi dapat dibagi antar modul atau sub sistem. Hanya kode pada State sekarang yang perlu di eksekusi dan memakai logika sederhana untuk mengenali State sekarang.
4. Relatif fleksibel sehingga mudah untuk digabungkan dengan teknik yang lain.
5. Merupakan metode AI lama yang bisa digunakan pada berbagai sistem, telah teruji secara baik sebagai teknik pengembangan AI.
6. Mudah ditransfer dari konsep abstrak menjadi kode program komputasi.

2.9.2 Kelemahan FSM

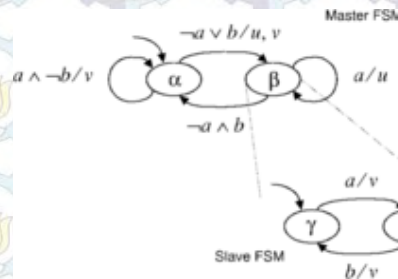
Kelemahan penggunaan FSM antara lain[21]:

1. Karena sifatnya mudah diprediksi, maka implementasi pada *game* kurang disukai (non deterministic mungkin dapat menjadi alternatif)
2. Implementasi pada sistem yang lebih besar lebih sulit karena pengaturan dan pemeliharannya jadi kompleks. Transisi State yang banyak menyebabkan faktor kerumitan spaghetti ketika ingin mengikuti alurnya
3. Sebaiknya hanya dipergunakan pada sistem dimana sifat sistem bias di dekomposisi menjadi State terpisah dengan definisi kondisi yang jelas untuk transisi State. Dalam artian semua State, transisi dan kondisi harus diketahui sebelumnya dan terdefinisikan dengan baik
4. Kondisi untuk transisi State adalah tetap

2.10. Hierarchical Finite State Machine (HFSM)

Metode FSM sudah sangat familiar karena kehandalannya jika diterapkan dalam *game*. Namun, FSM sangat sulit dalam memperlihatkan agen yang terdiri dari beberapa perilaku. FSM juga memiliki kelemahan untuk menganalisa system jika memiliki banyak transisi dan *state* . Salah satu solusi untuk memperbaiki permasalahan ini adalah dengan menggunakan metode HFSM.

Dalam HFSM, satu *state* FSM didefinisikan kembali dalam FSM lain. FSM yang ada di dalam bisa kita sebut dengan *slave* dan FSM yang ada di luar kita sebut *master*.



Gambar 2.31. Hierarchical Finite State Machine (HFSM) [16]

Pada dasarnya, *HFSM* tidak menambahkan model komputasi. Juga tidak mengurangi jumlah *state*. Tetapi *HFSM* bisa mengurangi jumlah transisi secara signifikan dan membuat FSM lebih intuitif dan lebih mudah dipahami.

Pada Gambar 2.31, diberikan contoh perpindahan *state* dari *state* α menuju *state* β . *state* γ menuju *state* α dan *state* δ menuju *state* α . Ruang *state* pada basic FSM bernilai $Q = \{\alpha, \beta, \delta\}$.

Alphabet Input FSM *Slave* adalah bagian dari alphabet input master. Pada FSM dasar, sinyal input untuk FSM *Slave* adalah subset input untuk FSM *Master*. Demikian juga, Output sinyal dari FSM *slave* adalah subset output dari sinyal FSM *Master*.

Semantik Hierarki mendefinisikan bagaimana reaksi FSM *Slave* saling berhubungan (relatif) terhadap reaksi FSM *Master*. Sebuah semantik proposional mendefinisikan HFSM seperti berikut : Jika *current state* tidak didefinisikan kembali, HFSM dianggap FSM biasa. Apabila *current state* didefinisikan ulang, mula – mula FSM *Slave* beraksi kemudian FSM *Master*. Kemudian, dua transisi dibangkitkan, dan dua aksi saling memberi reaksi. Dua aksi ini harus digabungkan menjadi satu.

Trace dari aksi HFSM yang mungkin terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.2. Dalam contoh tabel tersebut dijelaskan juga bahwa dalam *state* dan substate dan sinyal input dalam kondisi present, aksi yang memicu slave FSM adalah “v” dan aksi yang memicu master FSM adalah “u”. Output dari HFSM

tersebut adalah u dan v , dimana output sinyal u dan v dalam kondisi present.

[16]

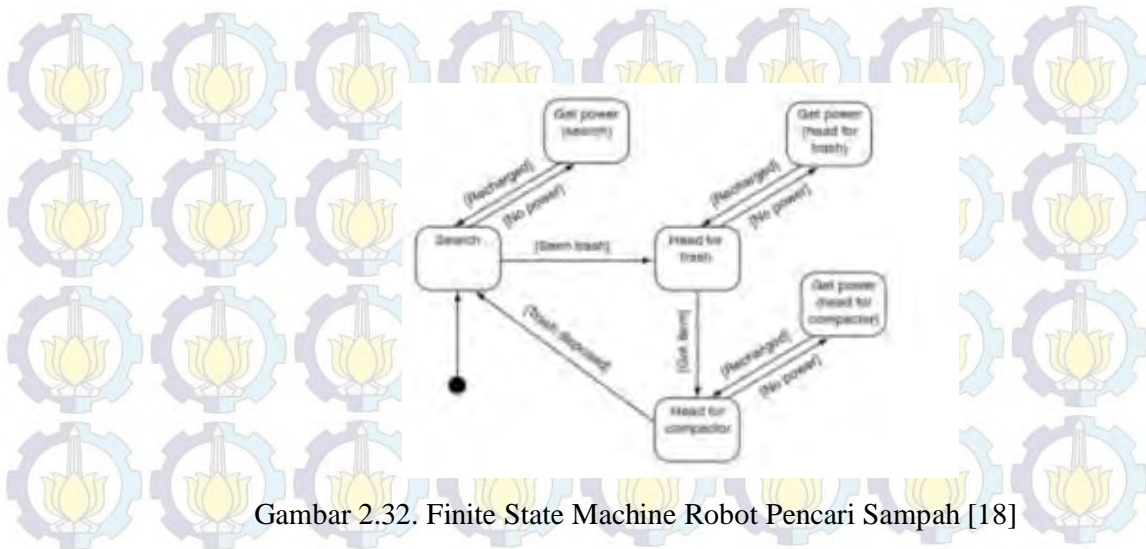
Tabel 2.2 Trace dari Hierarchical FSM

<i>Current State</i>	a	a	$\beta\gamma$	$\beta\delta$	a	...
a	present	absent	present	absent	absent	...
b	absent	absent	absent	present	absent	...
<i>Next State</i>	a	$\beta\gamma$	$\beta\delta$	a	$\beta\gamma$...
u	absent	present	present	absent	present	...
v	present	present	present	present	present	...

Pada Gambar 2.31, HFSM *hanya* terdiri dari dua tingkatan. Namun, slave FSM dapat benar-benar menjadi HFSM yang lain. Dengan HFSM benar-benar mendorong setiap FSM yang ada didalamnya. Modularitas yang merupakan ciri

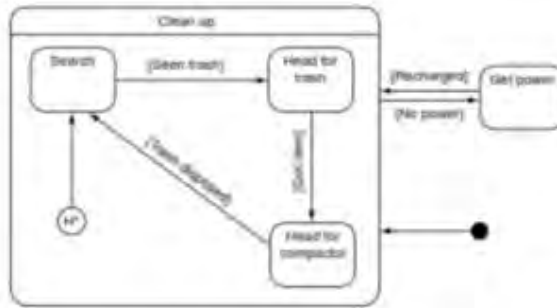
FSM tidak mengurangi kompleksitas dari desain, yang pada gilirannya mempermudah proses pembuatannya.[21]

Contoh sederhana dari FSM dan HFSM adalah Alarm pada robot pembersih lantai. Robot pembersih lantai mempunyai state machine yang menggambarkan pola kerja robot yang ditunjukkan oleh Gambar 2.32. Robot pembersih lantai mempunyai state mencari objek sampah. Jika robot melihat sampah, robot akan menjalankan state berjalan menuju sampah. Jika sudah berada di posisi sampah, robot akan mengambil sampah dan menjalankan state berjalan menuju tempat sampah. Saat sampah sudah tidak ada di lantai, robot akan kembali menjalankan state mencari sampah. Gambar 2.32 merupakan gambar dari state robot pembersih sampah. Namun, robot bisa mendadak kehabisan power baterai. Sehingga robot akan mencari sumber listrik. Dalam kondisi ini, robot akan menjalankan state mencari sumber listrik. State mencari sumber listrik ini bisa muncul saat state mencari sampah, state berjalan menuju sampah, dan state mencari tempat sampah.



Gambar 2.32. Finite State Machine Robot Pencari Sampah [18]

Jika kita merujuk desain FSM awal yang ditunjukkan Gambar 2.29, kita akan melihat banyak transisi yang sama. Banyak sekali transisi yang redundant dan menyebabkan Alarm Behaviour. Karena menyebabkan banyak transisi perlu metode untuk meng-hierarki beberapa state dan membungkus dalam satu state besar. Pada Gambar 2.33 State mencari sampah, State Berjalan menuju sampah, State mencari tempat sampah disatukan dalam satu hierarki State besar yaitu State Clean Up.

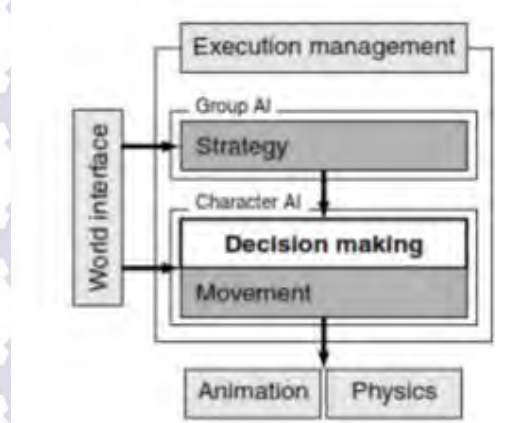


Gambar 2.33. Hierarchical Finite State Machine Robot Pencari Sampah [18]

2.11. Decision making

Para *Developer game* terus *berpikir* mengenai *Artificial Intelligent* permainan dan mendesain *decision making* dari masing – masing karakter. *Decision making* merupakan bagian kecil agar permainan semakin *immersive* dan menarik. Gambar 2.34 merupakan gambaran umum *decision making* dalam pembuatan *game*. Metode yang sering dipakai untuk *Decision Making*

adalah *state machine* dan *decision tree*. Namun dalam dekade terakhir ini kecendrungan itu bergeser ke metode fuzzy logic dan neural network. (Millington, 2006)



Gambar 2.34. Decision Making dalam game

Decision making adalah kajian *mengidentifikasi* dan pemilihan alternatif berdasarkan nilai dan prefensi (pilihan) dari pengambil keputusan.(Fulop). *Decision making* dapat juga diartikan sebagai proses pengurangan ketidakpastian dan keraguan dari alternatif untuk menghargai pilihan rasional yang harus diambil. (Harris, 1998). *Decision making* seharusnya diawali dengan identifikasi dari *decision makers* dan *stakeholder* di dalam keputusan, mengurangi kemungkinan pertentangan pendapat tentang persoalan definisi, syarat, goal, dan kriteria. Proses *decision making* secara umum dibagi dalam tahapan berikut.

Tahap 1. Menetapkan Persoalan

Tahap 2. Menetapkan Prasyarat

Tahap 3. Membuat goals.

Tahap 4. Mengedintifikasi alternatif

Tahap 5. Mendefinisikan kriteria

Tahap 6. Memilih alat decision making

Tahap 7. Evaluasi alternative terhadap kriteria

Tahap 8. Validasi solusi terhadap against pernyataan persoalan.

2.12. Rule Based System

Rule based system digunakan sebagai cara untuk menyimpan dan memanipulasi data untuk menginterpretasikan informasi dalam cara yang bermanfaat. Rule based sering digunakan dalam aplikasi kecerdasan buatan dan penelitian [22]. Sedangkan menurut Ajitd Abraham, *Rule based* sistem sering juga disebut dengan *expert* sistem. Sistem *rule based* digunakan sebagai salah satu cara untuk menyimpan dan memanipulasi pengetahuan untuk diwujudkan suatu informasi yang dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai permasalahan. Sistem *rule based* mampu menjelaskan proses penalaran dan menyelesaikan tingkat kepercayaan dan ketidakpastian, dimana algoritma konvensional tidak bisa menyelesaikannya. [23]. Beberapa keuntungan penting dari sistem rule based adalah sebagai berikut:

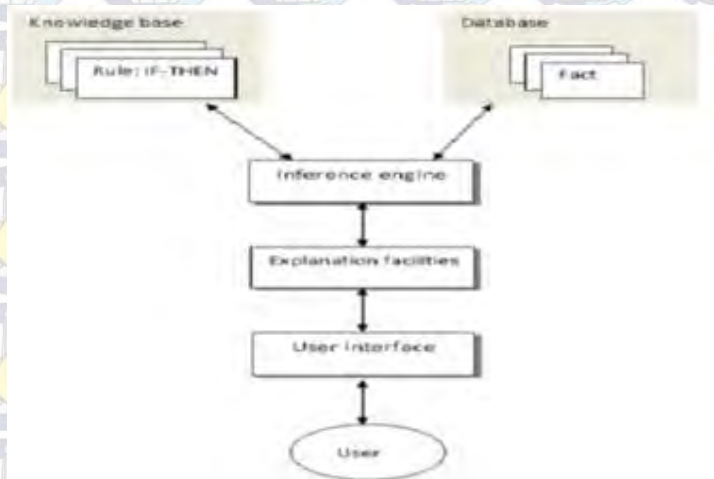
1. Memiliki *kemampuan* untuk menangkap dan mempertahankan pengalaman manusia yang tak tergantikan.
2. Memiliki kemampuan untuk mengembangkan sistem yang lebih konsisten daripada manusia.
3. Mampu meminimalisir keahlian manusia yang diperlukan di sejumlah lokasi pada waktu yang sama (terutama di lingkungan yang berbahaya bagi kesehatan manusia).
4. Mampu memberikan solusi yang lebih cepat dari manusia

Sistem *rule based* adalah sebuah sistem *expert* yang menggunakan *rule* untuk membuat pemotongan atau pilihan. Sebagai contoh, sebuah sistem dapat membantu dokter memilih diagnosis yang benar berdasarkan pada sekelompok gejala, atau pemilihan langkah taktis untuk bermain *game*. Sebuah sistem rule based memiliki lima komponen dasar :

1. *Knowledge base*: berisi aturan-aturan dasar pengetahuan ahli tentang dasar masalah. Knowledge base sering juga disebut dengan rule base.
2. Database : berisi kumpulan fakta yang diketahui tentang masalah yang sedang diselesaikan.

3. Mesin inference : melakukan proses *inference* dengan menghubungkan aturan dengan fakta yang diketahui untuk mendapatkan solusi.
4. *Explanation facilities*: memberikan informasi kepada pengguna tentang langkah-langkah penalaran yang sedang diikuti.
5. *User interface* : komunikasi antara pengguna dan sistem.

Diagram blok dari sistem *rule based* dapat dijelaskan pada Gambar 2.35.



Gambar 2.35 Blok Diagram Sistem *Rule Based*

Bagian dari rule setelah if disebut premis yang berisi "subgoal". Bagian dari rule setelah then disebut kesimpulan. Kumpulan dari sebuah rule memungkinkan berisi beberapa subgoal yang *dikombinasikan* dengan and atau or. Dimana and dan or tidak bisa digunakan bersama dalam rule yang sama. Struktur dari rule base terdiri atas [23]:

1. A set of rules,
2. A set of prompts untuk user input,
3. Satu atau lebih goals, dengan optional nilai default

Proses *inferensi* yang digunakan dalam sistem rulebase adalah inferensi deduktif. Disini berarti bahwa aturan *logika* yang digunakan untuk menyimpulkan pengetahuan baru dari pengetahuan dan rule yang ada. Sebuah

sistem *rule based* terdiri dari aturan if-then, sekelompok fakta, dan seorang penerjemah yang mengendalikan penerapan rule-rule, memberikan fakta-fakta[13]. Dalam hal ini pernyataan aturan if-then digunakan untuk merumuskan laporan kondisional yang terdiri lengkap dasar pengetahuan. Sebuah aturan if-then mengasumsikan bentuk 'if x is A then y is B' dan bagian dari aturan 'x is A' disebut anteseden atau premis, sedangkan then merupakan bagian dari perintah 'y is B' yang disebut konsekuen atau kesimpulan. Ada dua jenis mesin inferensi yang digunakan dalam aturan berbasis sistem, yaitu: sistem forward chaining dan backward chaining.

Dalam sistem *forward chaining*, fakta-fakta awal diproses pertama, dan tetap menggunakan aturan untuk menarik kesimpulan baru mengenai fakta-fakta

tersebut. Dalam sistem *backward chaining*, hipotesis (solusi/tujuan) adalah hal pertama yang dilakukan dan terus mencari rule-rule yang memungkinkan dalam proses *menyimpulkan* hipotesis itu. Dalam proses pengolahan, sub tujuan baru juga ditetapkan untuk mendapatkan validasi. Forward chaining adalah sistem utama dari data-driven, sementara backward chaining adalah sistem utama dari goal-driven.

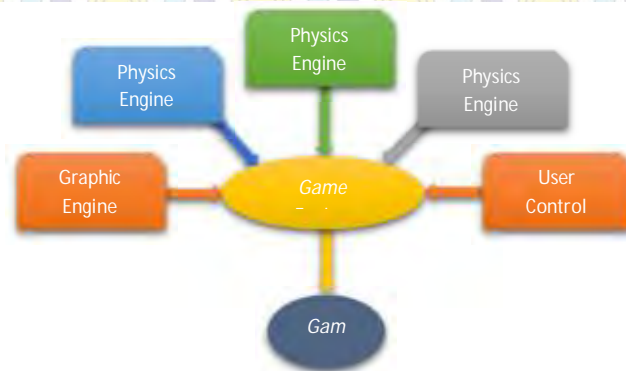
Langkah-langkah dalam proses pengembangan sistem rule based untuk menentukan persyaratan yang sebenarnya terdiri dari akuisisi pengetahuan, membangun komponen sistem rule based, mengimplementasikan hasil, dan merumuskan prosedur untuk pemeliharaan dan peninjauan [13].

2.13. Game Engine

Untuk perancangan dan simulasi, keberadaan *game engine* tidak bisa dilepaskan dari perancangan *game*. *Game engine* terlibat secara signifikan untuk memanifestasikan rancangan yang sudah dibuat untuk kemudian mensimulasikannya kedalam bentuk *game* yang bisa dimainkan.

Fungsi utama yang diberikan oleh *game engine* meliputi rendering untuk 2D atau 3D graphic, collision detection, sound, scripting, animasi, artificial

intelligence, networking, memory management, threading dan scene graph. *Game engines* memberikan perangkat untuk visual development dengan tambahan komponen perangkat lunak yang dapat dipakai berulang kali. Perangkat ini pada umumnya memberikan *integrated development environment* yang dapat mempermudah, serta mempercepat pengembangan *game*. *Game engine* juga sering disebut juga “*Game Middleware*”. *Game Middleware* adalah software yang didalamnya sudah terdapat elemen-elemen yang dibutuhkan oleh seorang *game developer*, kebanyakan dari *game middleware* memberikan fasilitas guna menunjang pengembangan *game* dengan mudah seperti graphics, physics, sound, user control dan Artificial intelligence seperti pada Gambar 2.36.



Gambar 2.36. Elemen Game Engine

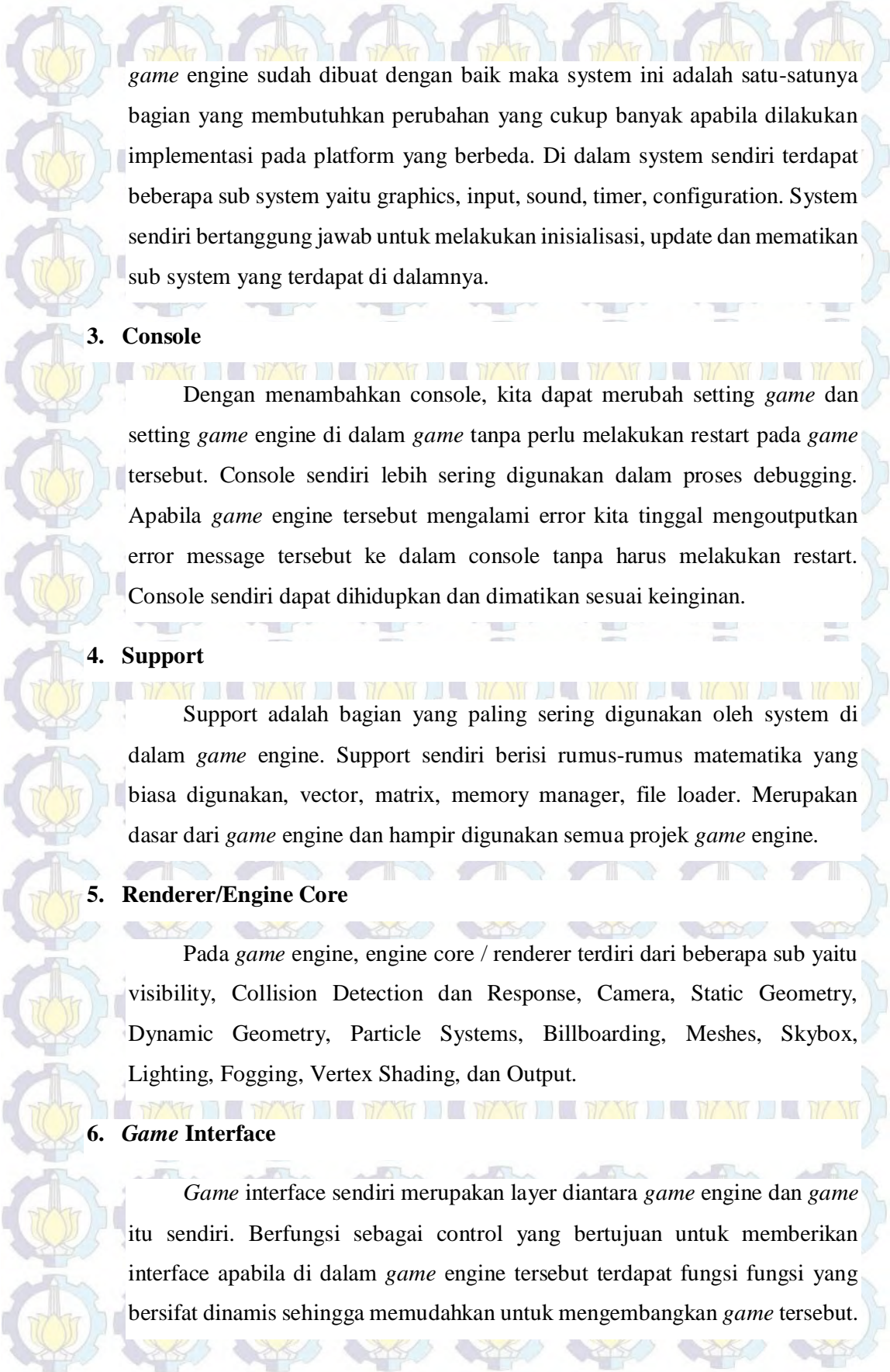
Beberapa elemen yang ada di dalam *game engine* adalah :

1. Tools/Data

Dalam pengembangan *game*, dibutuhkan data yang tidak mudah menuliskan text files. Dalam pengembangan *game*, paling tidak dibutuhkan beberapa tools seperti 3d model editor, level editor dan graphics programs. Bahkan jika diperlukan, seringkali kita mengembangkan *game engine* tersebut dengan menambahkan beberapa code dan fitur yang diperlukan.

2. System

System sendiri adalah bagian dari *game engine* yang berfungsi untuk melakukan komunikasi dengan hardware yang berada di dalam mesin. Jika



game engine sudah dibuat dengan baik maka system ini adalah satu-satunya bagian yang membutuhkan perubahan yang cukup banyak apabila dilakukan implementasi pada platform yang berbeda. Di dalam system sendiri terdapat beberapa sub system yaitu graphics, input, sound, timer, configuration. System sendiri bertanggung jawab untuk melakukan inisialisasi, update dan mematikan sub system yang terdapat di dalamnya.

3. Console

Dengan menambahkan console, kita dapat merubah setting *game* dan setting *game engine* di dalam *game* tanpa perlu melakukan restart pada *game* tersebut. Console sendiri lebih sering digunakan dalam proses debugging. Apabila *game engine* tersebut mengalami error kita tinggal mengoutputkan error message tersebut ke dalam console tanpa harus melakukan restart. Console sendiri dapat dihidupkan dan dimatikan sesuai keinginan.

4. Support

Support adalah bagian yang paling sering digunakan oleh system di dalam *game engine*. Support sendiri berisi rumus-rumus matematika yang biasa digunakan, vector, matrix, memory manager, file loader. Merupakan dasar dari *game engine* dan hampir digunakan semua projek *game engine*.

5. Renderer/Engine Core

Pada *game engine*, engine core / renderer terdiri dari beberapa sub yaitu visibility, Collision Detection dan Response, Camera, Static Geometry, Dynamic Geometry, Particle Systems, Billboarding, Meshes, Skybox, Lighting, Fogging, Vertex Shading, dan Output.

6. Game Interface

Game interface sendiri merupakan layer diantara *game engine* dan *game* itu sendiri. Berfungsi sebagai control yang bertujuan untuk memberikan interface apabila di dalam *game engine* tersebut terdapat fungsi fungsi yang bersifat dinamis sehingga memudahkan untuk mengembangkan *game* tersebut.

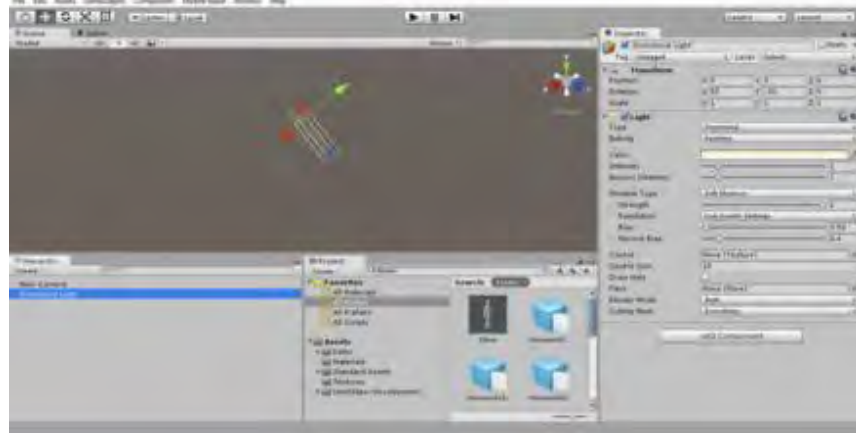
7. The Game

Merupakan inti dari penggunaan *game engine* sendiri, sehingga terserah kita bagaimana mengembangkan *game* tersebut.

2.14. Unity 3D

Unity 3D merupakan suatu aplikasi yang digunakan untuk mengembangkan *game* multi platform yang didesain untuk mudah digunakan. Editor pada Unity dibuat dengan user interface yang sederhana. Grafis pada unity dibuat dengan grafis tingkat tinggi untuk OpenGL dan DirectX. Unity mendukung semua format file, terutamanya format umum seperti semua format dari art applications. Unity dapat dijalankan pada versi 64-bit dan dapat beroperasi pada Mac OS x dan windows dan dapat menghasilkan *game* untuk Mac, Windows, Wii, iPhone, iPad dan Android. Pada gambar 2.37 adalah interface game engine unity 3D

Unity secara rinci dapat digunakan untuk membuat video *game* 3D, real time animasi 3D dan visualisasi arsitektur dan isi serupa yang interaktif lainnya. Editor Unity dapat menggunakan plugin untuk web player dan menghasilkan *game* browser yang didukung oleh Windows dan Mac. Plugin web player dapat juga dipakai untuk widgets Mac. Unity juga akan mendukung console terbaru seperti PlayStation 3 dan Xbox 360. Pada tahun 2010, telah memperoleh Technology Innovation Award yang diberikan oleh Wall Street Journal dan tahun 2009, Unity Technology menjadi 5 perusahaan *game* terbesar. Tahun 2006, menjadi juara dua pada Apple Design Awards.



Gambar 2.37. Interface game engine Unity 3D

Server aset dari Unity dapat digunakan semua scripts dan aset *game* sebagai solusi dari versi kontrol dan dapat mendukung proyek yang terdiri atas banyak gigabytes dan ribuan dari file multi-megabyte. Editor Unity dapat menyimpan metadata dan versi mereka, itu dapat berjalan , pembaharuan dan didalam perbandingan versi grafis. Editor Unity dapat diperbaharui dengan sesegera mungkin seperti file yang telah dimodifikasi. Server aset Unity juga cocok pada Mac, Windows dan Linux dan juga berjalan pada PostgreSQL, database server opensource.

Perizinan atau license dari Unity ada dua bentuk. Ada Unity dan Unity Pro. Versi Unity tersedia dalam bentuk gratis, sedang versi Unity Pro hanya dapat dibeli. Versi Unity Pro ada dengan fitur bawaan seperti efek post processing dan render efek texture. Versi Unity merupakan yang gratis memperlihatkan aliran untuk *game* web dan layar splash untuk *game* yang berdiri sendiri. Unity dan Unity Pro menyediakan tutorial, isi, contoh project, wiki, dukungan melalui forum dan perbaruan kedepannya. Unity digunakan pada iPhone, iPod dan iPad operating system yang mana iOS ada sebagai add-ons pada Unity editor yang telah ada lisensinya, dengan cara yang sama juga pada Android. Fitur-fitur yang terdapat pada *game* engine unity 3D antara lain :

1. Rendering

Graphics engine yang digunakan adalah Direct3D (Windows, Xbox 360), OpenGL (Mac, Windows, Linux, PS3), OpenGL ES (Android, iOS), dan proprietary APIs (Wii). Ada pula kemampuan untuk bump mapping, reflection mapping, parallax mapping, screen space ambient occlusion (SSAO), dynamic shadows using shadow maps, render-to-texture and full-screen post-processing effects.[4]


Unity dapat mengambil format desain dari 3ds Max, Maya, Softimage, Blender, modo, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Adobe Photoshop, Adobe Fireworks and Allegorithmic Substance. Asset tersebut dapat ditambahkan ke *game* project dan diatur melalui graphical user interface Unity.

2. Scripting

Script *game* engine dibuat dengan Mono 2.6, sebuah implementasi open-source dari .NET Framework. Programmer dapat menggunakan UnityScript (bahasa terkustomisasi yang terinspirasi dari syntax ECMAScript, dalam bentuk JavaScript), C#, atau Boo (terinspirasi dari syntax bahasa pemrograman python). Dimulai dengan dirilisnya versi 3.0, Unity menyertakan versi MonoDevelop yang terkustomisasi untuk debug script.

3. Asset Tracking

Unity juga menyertakan Server Unity Asset – sebuah solusi terkontrol untuk defeloper *game* asset dan script. Server tersebut menggunakan PostgreSQL sebagai backend, sistem audio dibuat menggunakan FMOD library (dengan kemampuan untuk memutar Ogg Vorbis compressed audio), video playback menggunakan Theora codec, engine daratan dan vegetasi (dimana mensupport tree billboard, Occlusion Culling dengan Umbra), built-in lightmapping dan global



illumination dengan Beast, multiplayer networking menggunakan RakNet, dan navigasi mesh pencari jalur built-in.

4. Platforms

Unity support pengembangan ke berbagai platform. Didalam project, developer memiliki kontrol untuk mengirim perangkat mobile, web browser, desktop, and console. Unity juga mengizinkan spesifikasi kompresi tekstur dan pengaturan resolusi di setiap platform yang didukung.

Saat ini platform yang didukung adalah BlackBerry 10, Windows 8, Windows Phone 8, Windows, Mac, Linux, Android, iOS, Unity Web Player, Adobe Flash, PlayStation 3, Xbox 360, Wii U and Wii. Meskipun tidak semua terkonfirmasi secara resmi, Unity juga mendukung PlayStation Vita yang dapat dilihat pada *game* Escape Plan dan Oddworld: New 'n' Tasty.

Rencana platform berikutnya adalah PlayStation 4 dan Xbox One. Dan juga rumor untuk kedepannya mengatakan HTML akan menjadi platformnya, dan plug-in Adobe baru dimana akan disubstitusikan ke Flash Player, juga akan menjadi platform berikutnya.

5. Asset Store

Diluncurkan November 2010, Unity Asset Store adalah sebuah resource yang hadir di Unity editor. Asset store terdiri dari koleksi lebih dari 4,400 asset packages, beserta 3D models, textures dan materials, sistem particle, musik dan efek suara, tutorial dan project, scripting package, editor extensions dan servis online.



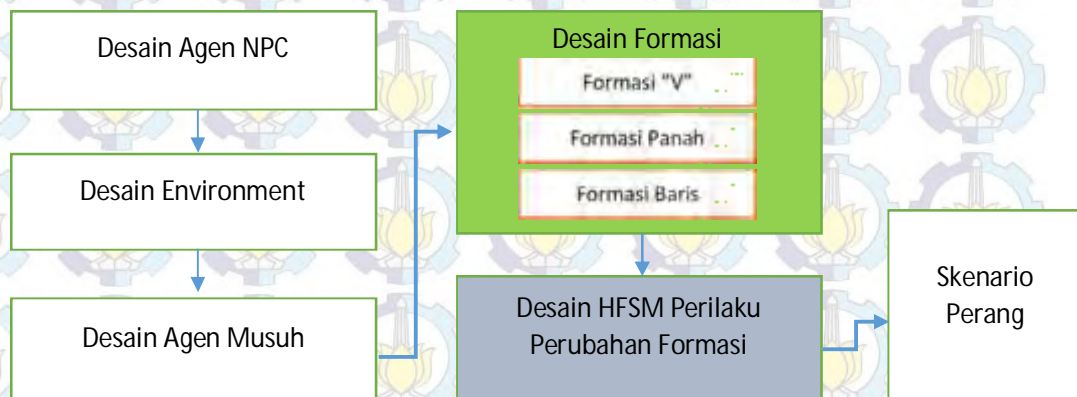
6. Physics

Unity juga memiliki support built-in untuk PhysX physics engine (sejak Unity 3.0) dari Nvidia (sebelumnya Ageia) dengan penambahan kemampuan untuk simulasi real-time cloth pada arbitrary dan skinned meshes, thick ray cast, dan collision layers

BAB III

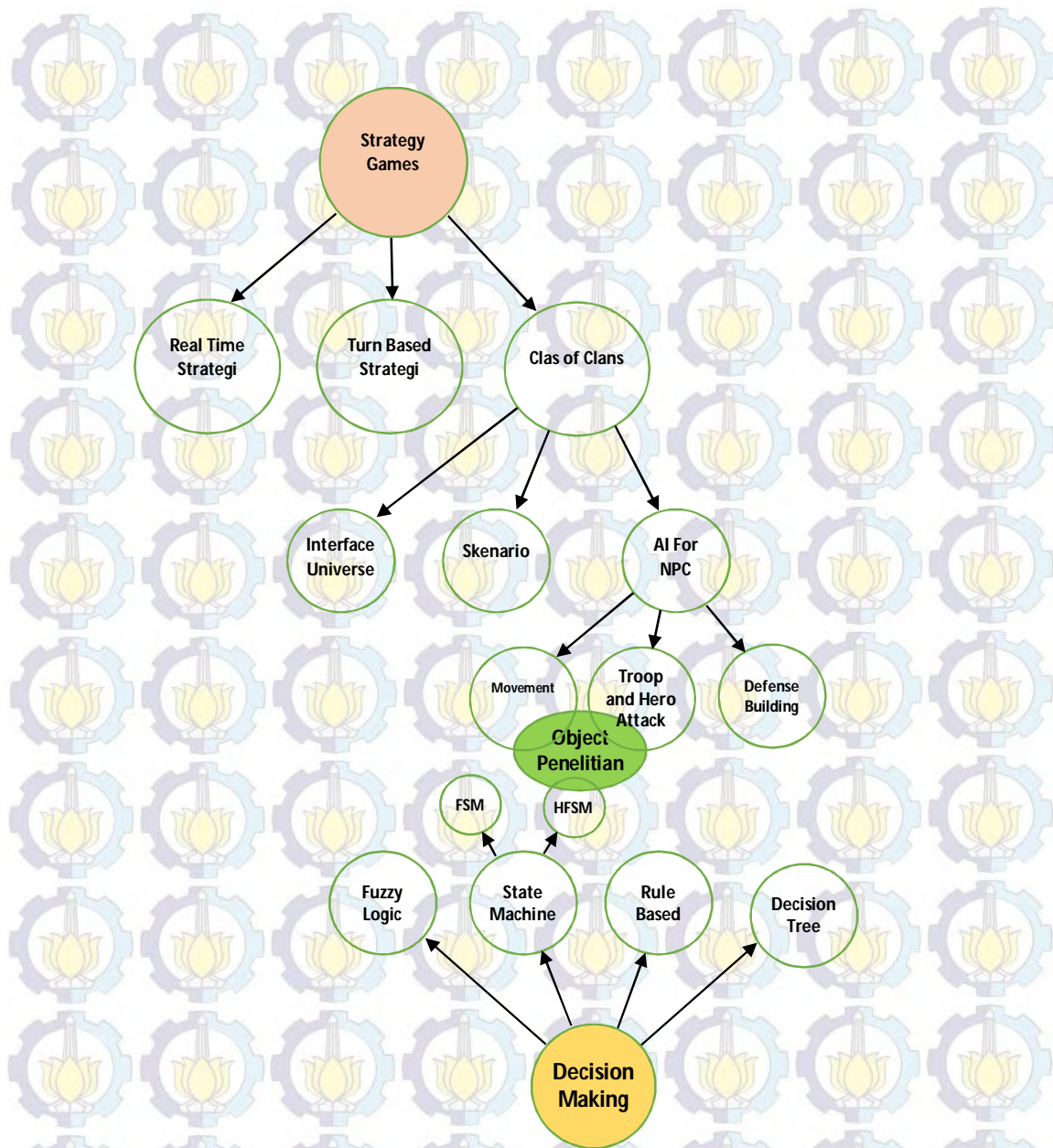
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dirancang pada agen yang bergerak pada dua sumbu atau pada pasukan darat dengan tujuan membentuk perubahan formasi pada pasukan secara dinamis yang dapat berubah sesuai dengan kondisi dan kekuatan lawan yang dihadapi dengan menggunakan metode *Hierarchical Finite State Machine* (HFSM). Pada simulasi ini formasi akan berubah menjadi 3 bentuk formasi yaitu formasi baris, formasi panah dan formasi "V" sesuai dengan informasi formasi dan *Hit Point* kelompok lawan yang dihadapi dalam perang. Untuk mempermudah pembuatan simulasi dibagi menjadi beberapa tahapan sebagaimana bagan Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah membuat project besar yaitu game *Dwipa Yudha* yang bergenre *Real Time Strategy* (RTS) dengan mengikuti alur permainan seperti pada game *Clas of Clans*. Sedangkan tujuan khusus dalam penelitian ini adalah untuk membentuk perubahan formasi NPC ketika dalam keadaan menyerang. Agar penelitian lebih terarah dan lebih fokus, pada Gambar 3.2 merupakan bagan dari *project game dwipa yudha* yang berbasis RTS.



Gambar 3.2 Pohon penelitian

3.1. Desain Agen

Agan pada simulasi penelitian ini menggunakan pasukan yang bergerak di bidang datar atau pasukan darat yang mampu berinteraksi dan berkordinasi dengan agan lainnya sehingga membentuk kerumunan agan yang bisa membentuk sebuah formasi. Masing-masing agan di bekal perilaku dasar *leader following* sehingga

pergerakannya mengikuti *leader* yang bergerak memimpin menyerang kerumunan musuh yang dipilih.

Agen yang digunakan pada penelitian ini ada 3 jenis agen pasukan seperti pada Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 dengan karakter senjata, perilaku dan *Hit Point* yang berbeda yaitu :

3.1.1. NPC Batara Maheswara

NPC *Batara* menggunakan senjata *clurit* dengan *attack range* 5, *attack type* *single target* atau tunggal, *attack speed* 1 s, *Hit Point* 400 dan *damage* 100 serta menyerang semua karakter lawan yang berada pada *area ground*.



Gambar 3.3. Agen Batara Maheswara dengan senjata Clurit

3.1.2. NPC Wira Oragastra

NPC *Wira* merupakan karakter yang menggunakan senjata panah dengan target tunggal dan menyerang semua karakter lawan baik yang berada di darat atau udara. Area jangkauan senjatanya 15 lebih jauh dari pedang sehingga ketika berperang untuk menyerang musuh NPC tidak harus berdekatan dengan musuh tersebut.



Gambar 3.4. Agen Wira Oragastra dengan senjata panah

3.1.3. NPC Kirna Waranggani

Kirna merupakan hero perempuan yang menggunakan senjata sihir dengan attack range 8, dapat menyerang lawan yang bergerak di *Ground* maupun *Air* dengan *Hit Point* 450



Gambar 3.5. Agen Kirna Waranggani dengan senjata sihir

3.2. Desain Environment

Pada simulasi percobaan perubahan formasi secara dinamis di gambarkan di medan pertempuran dimana pasukan dapat bergerak bebas tanpa ada halangan. Agen NPC kelompok pasukan di *deploy* di titik tertentu kemudian bergerak menyerang pada pasukan lawan sesuai dengan skenario yang telah dirancang. Desain *environment* seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.6 Desain Environment medan perang

3.3. Desain NPC lawan

NPC lawan di desain sama dengan NPC hero yakni *Batara*, *Wira* dan *Kirna*. Dengan parameter kekuatan NPC seperti pada Tabel 3.1 yang membedakan kekuatan NPC lawan dengan NPC Hero adalah formasi dan jumlah *Hit Point* lawan. Pada kelompok NPC lawan formasi disaat berperang tidak berubah secara dinamis



Gambar 3.7 Desain NPC lawan (Kirna, Batara, Wira)

Untuk parameter NPC pasukan dan NPC lawan yang digunakan pada penelitian ini selengkapnya pada Tabel 3.1

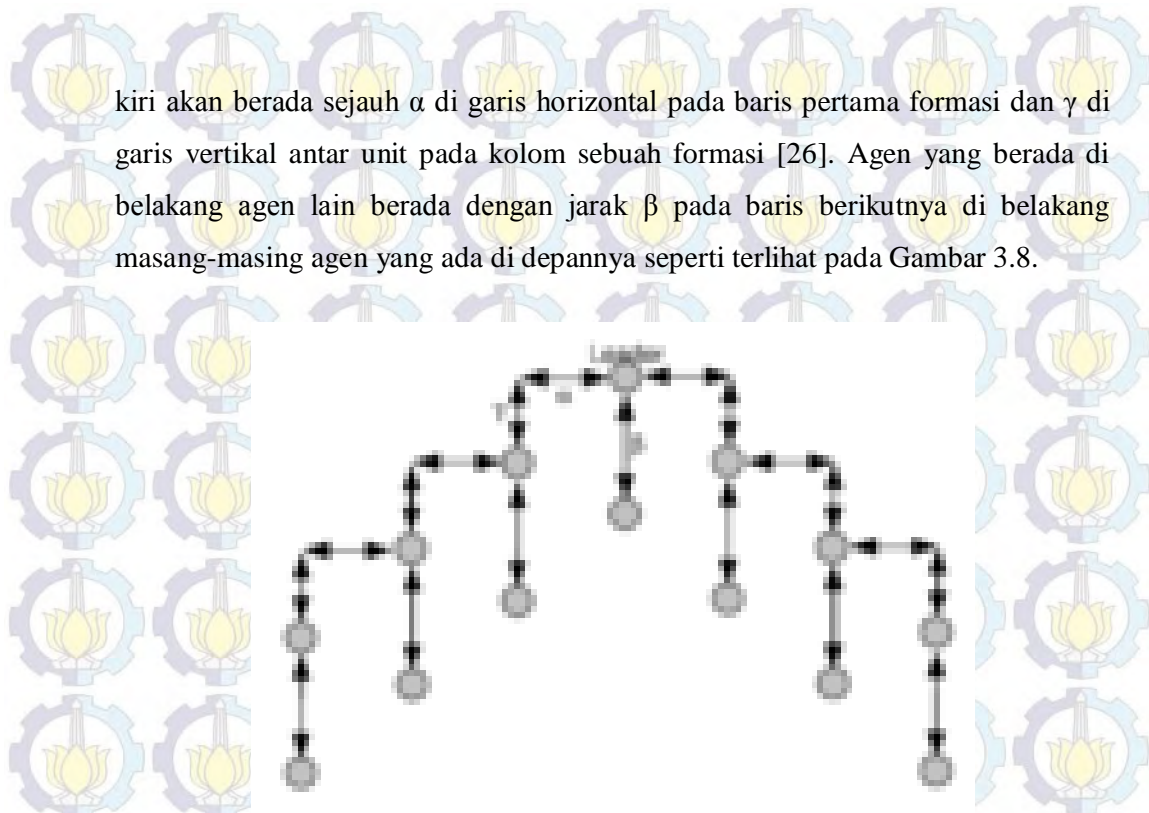
Tabel 3.1 Parameter NPC Hero

no	Parameter NPC	Batara (senjata Clurit)	Wira (Senjata Panah)	Kirna (Senjata Sihir)
1	<i>Attack Range</i>	5	15	8
2	<i>Attack Type</i>	<i>Single attack</i>	<i>Single attack</i>	<i>Splash area</i>
3	<i>Attack Speed</i>	1 s	1,2 s	0,8 s
4	<i>Hit Point</i>	400	380	450
5	<i>Damage</i>	10	8	6

3.4. Formasi kelompok

Formasi merupakan disposisi unit atau NPC pada titik yang telah ditentukan. Formasi banyak digunakan pada permainan khususnya permainan yang bergenre *Real Time Strategy* seperti *Age of Empire*, *Empire Earth*, *Clash of Clans* dan lain sebagainya. Tidak hanya pada permainan, formasi juga banyak digunakan pada pasukan perang jaman dahulu seperti pada jaman kerajaan Romawi. Pada jaman sekarang formasi juga banyak digunakan pada pasukan infantri maupun pesawat. Pada formasi panah NPC yang bertindak sebagai *Leader* akan berada di titik awal dengan sumbu kordinat tertentu, sedangkan agen di sebelah kanan atau

kiri akan berada sejauh α di garis horizontal pada baris pertama formasi dan γ di garis vertikal antar unit pada kolom sebuah formasi [26]. Agen yang berada di belakang agen lain berada dengan jarak β pada baris berikutnya di belakang masing-masing agen yang ada di depannya seperti terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Posisi agen pada formasi secara umum [26]

Dimana :

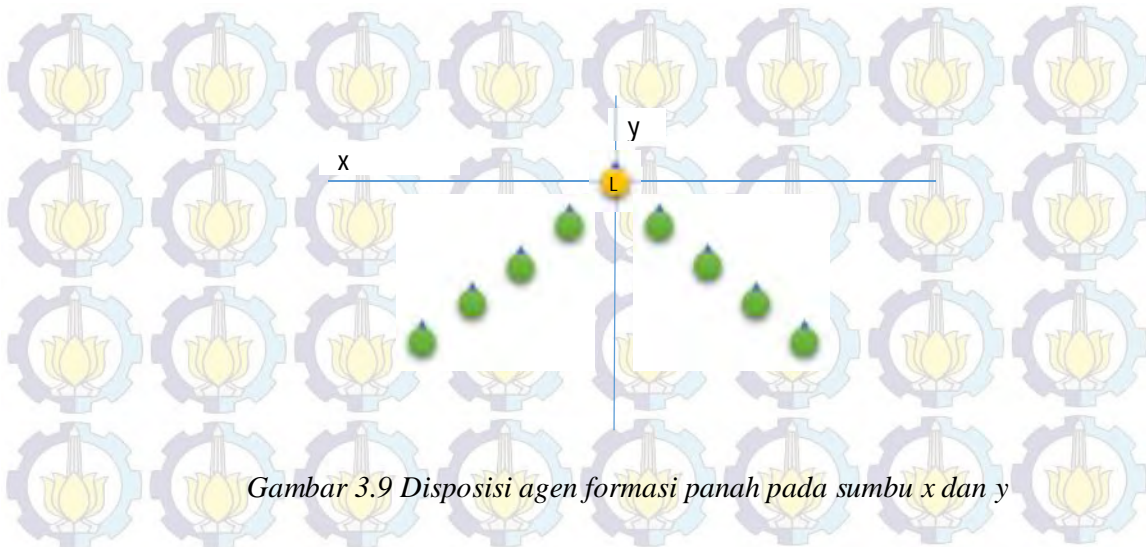
(α) = Jarak antar agen di baris pertama

(β) = Jarak horizontal di baris yang berbeda di kelompok yang sama

(γ) = Jarak vertikal antar unit pada kolom formasi

3.4.1. Formasi panah

Pada formasi panah *leader* di disposisi pada kordinat awal (0,0) mengarah pada kerumunaan lawan, sedang delapan agen diposisikan di belakang *leader* pada koordinat yang berbeda seperti pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Disposisi agen formasi panah pada sumbu x dan y

				L (0,0)				
			B2 (-1,-1)		B1 (1,-1)			
		B4 (-2,-2)				B3 (2,-2)		
	B6 (-3,-3)						B5 (3,-3)	
B8 (-4,-4)								B7 (4,-4)

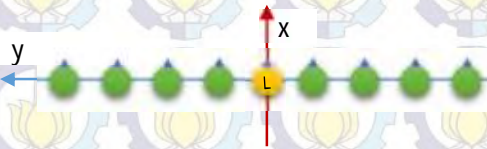
Gambar 3.10 Koordinat agen pada formasi panah

1. *Leader* berada di posisi awal pada titik koordinat awal (0,0)
2. Agen nomer 1 berada dibelakang posisi *leader* dengan sudut (γ) pada koordinat (1,-1)
3. Agen nomer 2 berada dibelakang posisi *leader* dengan sudut (γ) pada koordinat (-1,-1)
4. Agen nomer 3 berada di belakang agen nomer 1 dengan sudut (γ) pada koordinat (2,-2),
5. Agen nomer 4 berada di belakang agen nomer 2 dengan sudut (γ) pada koordinat (-2,-2),
6. Agen nomer 5 berada dibelakang agen nomer 3 dengan sudut (γ) pada koordinat (3,-3)
7. Agen nomer 6 berada di belakang agen nomer 4 dengan sudut (γ) pada koordinat (-3,-3)

8. Agen nomer 7 berada di belakang agen nomer 5 dengan sudut (γ) pada koordinat (4,-4)
9. Agen nomer 8 berada di belakang agen nomer 6 dengan sudut (γ) pada koordinat (-4,-4)

3.4.2. Formasi baris

Pada formasi baris posisi *leader* berada di tengah-tengah menghadap ke lawan, sedangkan agen *follower* yang lain berbaris berada disamping kanan dan kiri lawan dengan jarak antar agen sejauh (α) seperti pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12.



Gambar 3.11 Disposisi agen formasi baris pada sumbu x dan y

	B8 (-4,0)	B6 (-3,0)	B4 (-2,0)	B2 (-1,0)	L (0,0)	B1 (1,0)	B3 (2,0)	B5 (3,0)	B7 (4,0)	

Gambar 3.12 Koordinat agen pada formasi baris

1. posisi *leader* berada pada koordinat 0,0 menghadap lawan
2. agen nomer 1 berada di sebelah kanan *leader* dengan jarak $x+1$
3. agen nomer 3 berada di sebelah kanan *leader* dengan jarak $x+2$
4. agen nomer 5 berada di sebelah kanan *leader* dengan jarak $x+3$
5. agen nomer 7 berada di sebelah kanan *leader* dengan jarak $x+4$
6. agen nomer 2 berada di sebelah kiri *leader* dengan jarak $x-1$
7. agen nomer 4 berada di sebelah kiri *leader* dengan jarak $x-2$
8. agen nomer 6 berada di sebelah kiri *leader* dengan jarak $x-3$
9. agen nomer 8 berada di sebelah kiri *leader* dengan jarak $x-4$

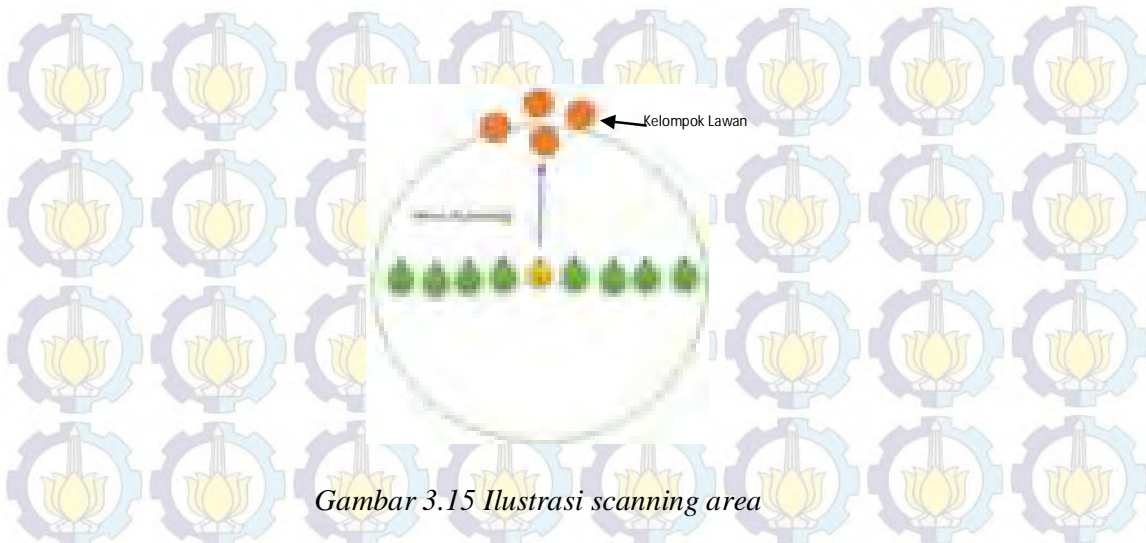
3. Agen nomer 2 berada di depan posisi *leader* dengan sudut (γ) pada koordinat (-1,1)
4. Agen nomer 3 berada di depan agen nomer 1 dengan sudut (γ) pada koordinat (2,2),
5. Agen nomer 4 berada di depan agen nomer 2 dengan sudut (γ) pada koordinat (-2,2),
6. Agen nomer 5 berada di depan agen nomer 3 dengan sudut (γ) pada koordinat (3,3)
7. Agen nomer 6 berada di depan agen nomer 4 dengan sudut (γ) pada koordinat (-3,3)
8. Agen nomer 7 berada di depan agen nomer 5 dengan sudut (γ) pada koordinat (4,4)
9. Agen nomer 8 berada di belakang agen nomer 6 dengan sudut (γ) pada koordinat (-4, 4)

3.5. Desain Hierarchical Finite State Machine (HFSM)

Pada penelitian ini perubahan dinamis pada formasi NPC ketika dalam kondisi perang melawan kelompok NPC lawan menggunakan metode HFSM. Sedangkan Decision making menggunakan Rule Based untuk menentukan perubahan bentuk formasi berdasarkan hasil dari parameter lawan.

Pada saat kondisi berperang adakalanya kondisi NPC menang atau kalah menghadapi lawan sehingga diperlukan perubahan bentuk formasi seperti pada desain HFSM Gambar 3.16 adalah desain HFSM dari perubahan formasi NPC dalam game Dwipa Yudha

1. Pada kondisi awal NPC pasukan *dideploy* di area yang ditentukan kemudian bergerak mendekati kelompok pasukan lawan dengan menggunakan formasi awal.
2. Pada kondisi *Scanning*, *Leader* akan mendeteksi apakah ada musuh atau tidak, seperti pada Gambar 3.15



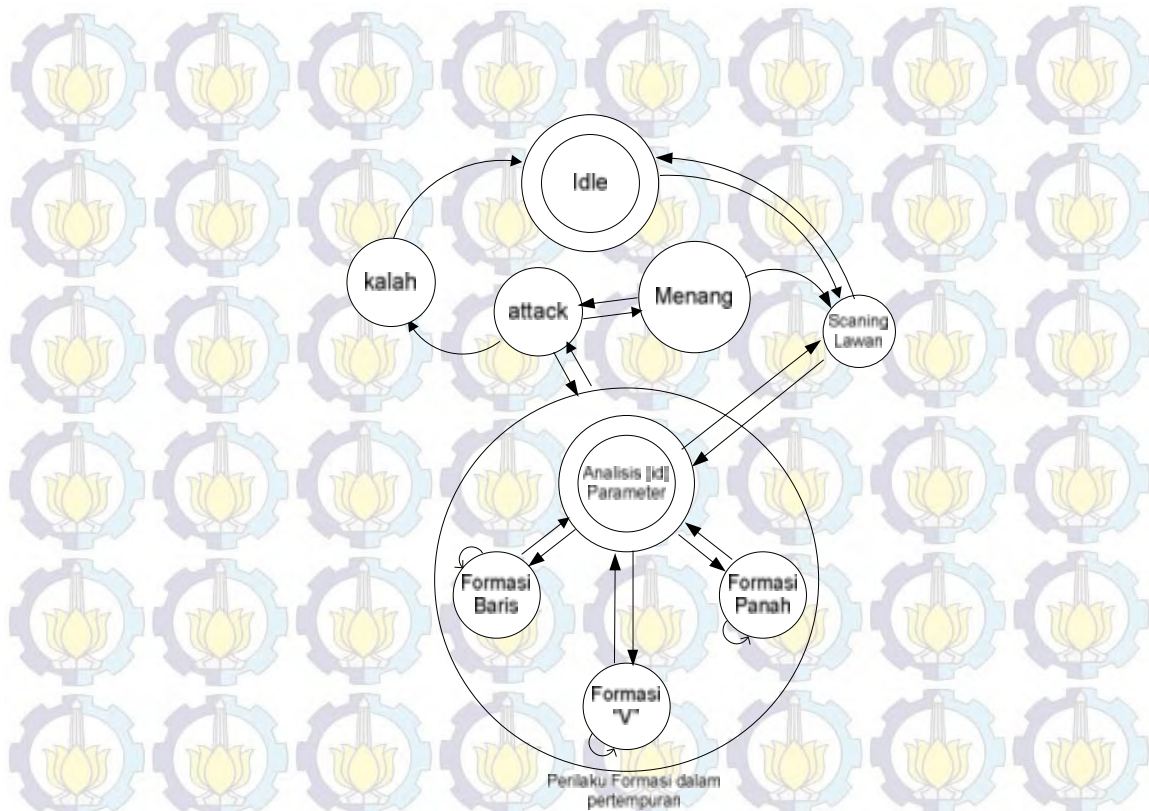
Gambar 3.15 Ilustrasi scanning area

3. Pada *state* bertemu dengan target serangan kelompok akan menganalisis kekuatan musuh berdasarkan parameter formasi lawan, dan *Hit Point* dan membandingkan dengan kekuatan kelompoknya. Pada Tabel 3.2 adalah daftar ID tiap formasi.

Tabel 3.2 Id formasi lawan

No	Formasi	ID
1	Baris	1
2	Panah	2
3	“V”	3

4. Pada *state* membentuk formasi baris. pasukan akan menempati koordinat masing-masing sesuai dengan posisi baru yang mengacu pada hasil analisis id formasi NPC musuh dan nilai *Hit Point* kelompok lawan pada *state* sebelumnya
5. Pada *State* membentuk formasi, pasukan akan menempati koordinat masing-masing sesuai dengan posisi baru yang mengacu pada hasil analisis id NPC musuh dan nilai *Hit Point* pada saat *scanning*
6. *State* berikutnya adalah membentuk formasi panah. pasukan akan menempati koordinat masing-masing sesuai dengan posisi baru yang mengacu pada hasil analisis id NPC musuh dan nilai *Hit Point* pada saat *scanning*



Gambar 3.16 Hierarchical Finite State machine

3.6. Parameter Hit Point Kelompok NPC

Parameter yang digunakan sebagai input terhadap perubahan formasi NPC adalah total penjumlahan Hit Point dari seluruh agen NPC yang ada dalam kelompoknya. Jika agen yang digunakan pada percobaan Batara dan berjumlah 9, maka total Hit Point dari kelompok tersebut adalah $9 \times 400 = 3600$. Nilai Hit Point agen NPC seperti pada Tabel 3.1 Jika dituliskan dalam bentuk matematis adalah :

$$\text{Total Hit Point Kelompok} = \text{jumlah kelompok} \times \text{nilai Hit Point agen NPC}$$

3.7. Rule based pengambilan keputusan perubahan formasi

Pada pengambilan keputusan menggunakan Rule based penggabungan dari IF-THEN parameter-parameter sebagai contoh pada pengambilan keputusan perubahan formasi kelompok NPC Batara berhadapan dengan kelompok NPC

Batara seperti pada Tabel 3.4 tentang tabel perilaku perubahan formasi kelompok NPC

Tabel 3.4 Tabel perilaku perubahan formasi kelompok NPC

No	NPC	NPC enemy	HP enemy	Formasi Enemy	perilaku kelompok	Perilaku Formasi	
1	Batara	Batara	Lebih besar	Baris	bertahan	panah	
2				panah	bertahan	panah	
3				"V"	bertahan	panah	
4			Sama	Sama	Baris	menyerang	baris
5					panah	menyerang	baris
6					"V"	menyerang	baris
7			Lebih kecil	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
8					panah	menyerang	V
9					"V"	menyerang	V
10	Batara	Wira	Lebih besar	Baris	bertahan	panah	
11				panah	bertahan	panah	
12				"V"	bertahan	panah	
13			Sama	Sama	Baris	menyerang	baris
14					panah	menyerang	baris
15					"V"	menyerang	baris
16			Lebih kecil	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
17					panah	menyerang	V
18					"V"	menyerang	V
19	Wira	Batara	Lebih besar	Baris	bertahan	panah	
20				panah	bertahan	panah	
21				"V"	bertahan	panah	
22			Sama	Sama	Baris	menyerang	baris
23					panah	menyerang	baris
24					"V"	menyerang	baris
25			Lebih kecil	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
26					panah	menyerang	V
27					"V"	menyerang	V
28	Wira	Batara	Lebih besar	Baris	bertahan	panah	
29				panah	bertahan	panah	
30				"V"	bertahan	panah	
31			Sama	Sama	Baris	menyerang	baris
32					panah	menyerang	baris
33					"V"	menyerang	Baris

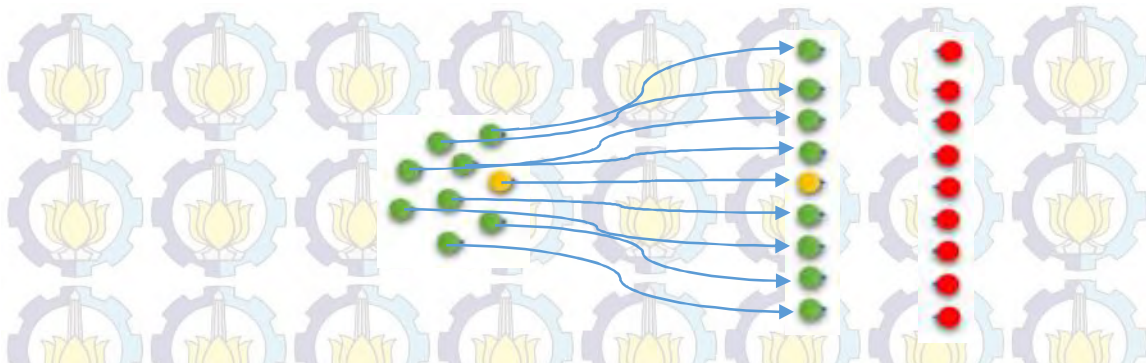
No	NPC	NPC enemy	HP enemy	Formasi Enemy	perilaku kelompok	Perilaku Formasi
34	Wira	Batara	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
35				panah	menyerang	V
36				"V"	menyerang	V
37	Wira	Wira	Lebih besar	Baris	bertahan	panah
38				panah	bertahan	panah
39				"V"	bertahan	panah
40	Wira	Wira	Sama	Baris	menyerang	baris
41				panah	menyerang	baris
42				"V"	menyerang	baris
43	Wira	Wira	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
44				panah	menyerang	V
45				"V"	menyerang	V
46	Wira	Wira	Lebih besar	Baris	bertahan	panah
47				panah	bertahan	panah
48				"V"	bertahan	panah
49	Wira	Wira	Sama	Baris	menyerang	baris
50				panah	menyerang	baris
51				"V"	menyerang	baris
52	Wira	Wira	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
53				panah	menyerang	V
54				"V"	menyerang	V
55	Wira	Wira	Lebih besar	Baris	bertahan	panah
56				panah	bertahan	panah
57				"V"	bertahan	panah
58	Wira	Batara	Sama	Baris	menyerang	baris
59				panah	menyerang	baris
60				"V"	menyerang	baris
61	Wira	Wira	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
62				panah	menyerang	V
63				"V"	menyerang	V
64	Wira	Wira	Lebih besar	Baris	bertahan	panah
65				panah	bertahan	panah
66				"V"	bertahan	panah
67	Wira	Wira	Sama	Baris	menyerang	baris
68				panah	menyerang	baris
69				"V"	menyerang	baris
70	Wira	Wira	Lebih kecil	Baris	menyerang	V
71				panah	menyerang	V

No	NPC	NPC enemy	HP enemy	Formasi Enemy	perilaku kelompok	Perilaku Formasi	
72	Kirna	Wira	Lebih kecil	"V"	menyerang	V	
73		Kirna	Kirna	Lebih besar	Baris	bertahan	panah
74					panah	bertahan	panah
75					"V"	bertahan	panah
76				Sama	Baris	menyerang	baris
77					panah	menyerang	baris
78					"V"	menyerang	baris
79					Baris	menyerang	V
80				Lebih kecil	panah	menyerang	V
81					"V"	menyerang	V

3.7.1. Ilustrasi Perubahan Formasi

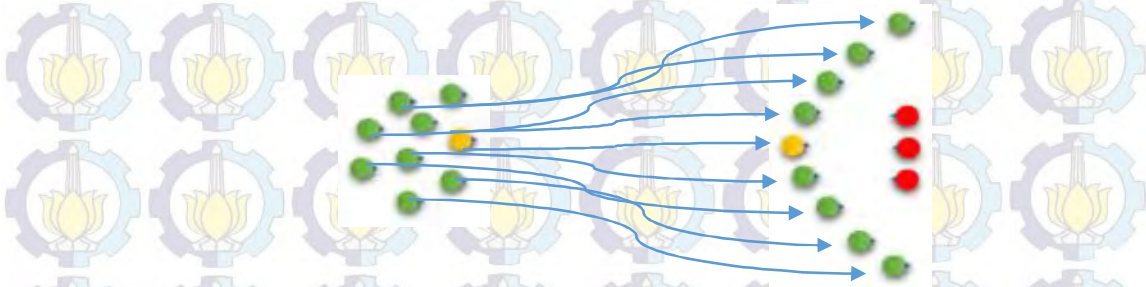
Leader dari sebuah kerumunan memiliki pergerakan yang bebas pada bidang datar yang diikuti oleh pergerakan agen NPC. Desain karakter untuk semua agen yang mengikuti *leadernya* sama. Untuk kontrol perubahan formasi tergantung dari *leader* yang mendeteksi keadaan atau musuh yang dihadapi ketika menyerang. Pada Gambar 3.17, 3.18 dan 3.19 digambarkan tentang perubahan formasi

- Mula-mula gerombolan pasukan bergerak menuju posisi target untuk menyerang
- Ketika *leader* mendeteksi keberadaan lawan atau kelompok lain, *leader* akan memerintahkan *follower* untuk membentuk formasi sesuai dengan keadaan dan informasi yang di dapat *leader* dari lawan berdasarkan parameter lawan.
- Jika *leader* mendeteksi jumlah lawan sama, maka *leader* akan mengintrusikan agen untuk membentuk formasi baris seperti pada Gambar 3.17



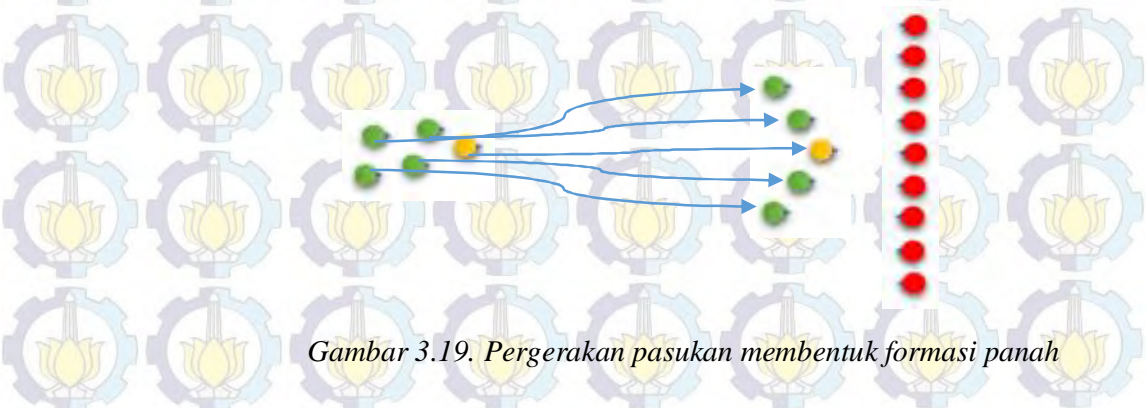
Gambar 3.17 Pergerakan pasukan membentuk formasi baris

- Jika *leader* mendeteksi jumlah lawan lebih sedikit atau kondisi kelompok menang, maka *leader* akan menginstruksikan kepada agen yang lain untuk membentuk formasi “V” dengan arah sasaran lawan seperti pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 Pergerakan pasukan membentuk formasi “V”

- Jika *leader* mendeteksi jumlah lawan yang lebih banyak dari kerumunannya, maka *leader* akan memerintahkan agen untuk membentuk formasi panah dengan posisi mata panah terhadap lawan. Seperti pada Gambar 3.19



Gambar 3.19. Pergerakan pasukan membentuk formasi panah

3.9. Skenario Percobaan

Simulasi percobaan pada penelitian ini yaitu sebuah gerombolan pasukan yang menggunakan pedang (*Batara*), panah (*Wira*) atau Sihir (*Kima*) bergerak menuju target serangan. Setelah *leader* mendeteksi keberadaan musuh maka *leader* memberikan instruksi kepada agen untuk membentuk formasi sesuai dengan parameter musuh yang di deteksi. Simulasi percobaan ini untuk mendapatkan hasil statistik yang membandingkan antara peperangan yang menggunakan formasi statis dengan formasi dinamis yang menggunakan metode HFSM

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Hasil desain yang telah diuraikan pada metodologi penelitian di Bab 3 diimplementasi pada simulasi pergerakan menyerang dan perubahan bentuk formasi secara dinamis dengan menggunakan game engine Unity 3D 5.02.

Pada percobaan yang dilakukan agen NPC berjumlah 9 NPC dengan dihadapkan pada NPC enemy yang berjumlah lebih banyak yakni 13, berjumlah sama yakni 9 NPC dan berjumlah lebih sedikit yakni 5 NPC. Formasi yang digunakan pada NPC enemy statis sedangkan formasi yang digunakan pada NPC menggunakan formasi dinamis yang mampu berubah bentuk sesuai dengan parameter yang sudah di desain pada Bab 3

4.1.FORMASI STATIS

Pada percobaan Formasi statis bertujuan untuk mendapatkan data untuk kemudian dibandingkan dengan data pada percobaan dengan menggunakan formasi dinamis. Pasukan yang digunakan pada percobaan ini memiliki tiga karakter yaitu NPC Batara dengan senjata Clurit, NPC Kirna dengan senjata Sihir dan NPC Wira dengan senjata Panah.

4.1.1.NPC BATARA

Pada percobaan formasi statis NPC Batara melawan enemy batara dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Batara melawan 5 Enemy Batara, 9 NPC Batara melawan 9 Enemy Batara dan 9 NPC Batara melawan 13 Enemy Batara

4.1.1.1. 9 NPC Melawan 5 Batara

Pada Gambar 4.1 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis.

Sedangkan lawan berjumlah 5 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.2 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 5 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.3 jumlah kelompok lawan 5 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.1 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi baris statis

Pada Tabel 4.1 adalah hasil dari percobaan menggunakan formasi baris dengan jumlah lawan lebih sedikit dari pada NPC agen yaitu 5 Enemy Batara

Tabel 4.1. Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi baris statis

Percobaan	Winner	Time to win	Sisa Army	Sisa Enemy
1	army	13.03	8	0
2	army	13.02	8	0
3	army	13.12	8	0
4	army	13.71	7	0
5	army	12.54	9	0
6	army	13.36	8	0
7	army	13.02	8	0
8	army	13.21	8	0
9	army	13.06	7	0
10	army	12.47	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.1 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy dengan menggunakan formasi baris, NPC Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 13,05 detik dengan rata-rata sisa pasukan 7,9.



Gambar 4.2 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis

Tabel 4.2 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	15.98	8	0
2	army	14.75	7	0
3	army	15.09	7	0
4	army	14.56	6	0
5	army	14.34	7	0
6	army	15.37	7	0
7	army	15.11	7	0
8	army	15.6	6	0
9	army	14.65	7	0
10	army	14.17	7	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.2 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Batara dengan menggunakan formasi panah, NPC Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 14,96 detik dengan rata-rata sisa pasukan 6,9.



Gambar 4.3 Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi “V” statis

Tabel 4.3 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 5 Batara dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	18.8	6	0
2	army	20.06	6	0
3	army	18.58	7	0
4	army	19.52	6	0
5	army	18.57	6	0
6	army	17.51	6	0
7	army	19.51	6	0
8	army	18.22	6	0
9	army	20.49	6	0
10	army	18.2	6	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.3 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Batara dengan menggunakan formasi “V”, NPC Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 18,94 detik dengan rata-rata sisa pasukan 6,1.

4.1.1.2. 9 NPC Melawan 9 Batara

Pada Gambar 4.4 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 9 agen di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.5 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 9 agen dengan menggunakan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.6 jumlah kelompok lawan berjumlah 9 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.4 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi baris statis

Tabel 4.4 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi baris statis

Percobaan	Winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	Army	18.14	2	0
2	Enemy	18.36	0	4
3	Enemy	16.26	0	6
4	Enemy	17.48	0	4
5	Enemy	19.32	0	3
6	Enemy	16	0	6
7	Enemy	16.49	0	3
8	Enemy	14.89	0	6
9	Enemy	15.55	0	6
10	Enemy	19.63	0	2

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.4 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Batara dengan menggunakan formasi baris, Enemy Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 17,21 detik dengan rata-rata sisa pasukan 4.



Gambar 4.5 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi panah statis

Tabel 4.5 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	21.03	0	2
2	army	24.02	1	0
3	enemy	21.05	0	4
4	enemy	22.96	0	1
5	army	23.11	2	0
6	enemy	20.06	0	5
7	army	23.09	2	0
8	army	20.81	2	0
9	army	22.83	2	0
10	enemy	23.36	0	1

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.5 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Batara dengan menggunakan formasi panah, Enemy Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 22,23 detik dengan rata-rata sisa pasukan 1,3.



Gambar 4.6 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi “V” statis

Tabel 4.6 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 Batara dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	31.07	1	0
2	army	30.9	1	0
3	army	28.1	1	0
4	army	29.76	2	0
5	army	28.35	1	0
6	army	25.65	2	0
7	army	30.97	1	0
8	enemy	27.85	0	2
9	enemy	25.59	0	3
10	enemy	31.63	0	1

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.6 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Batara dengan menggunakan formasi “V”, NPC Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 28,98 detik dengan rata-rata sisa pasukan 0,9.

4.1.1.3. 9 NPC Melawan 13 Batara

Pada Gambar 4.7 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 13 agen di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.8 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 13 agen dengan menggunakan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.9 jumlah kelompok lawan berjumlah 13 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.7 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi baris statis

Tabel 4.7 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	15.11	0	11
2	enemy	14.96	0	10
3	enemy	17.65	0	8
4	enemy	16.31	0	11
5	enemy	16.44	0	9
6	enemy	16.12	0	8
7	enemy	14.72	0	10
8	enemy	15.25	0	11
9	enemy	15.95	0	10
10	enemy	16.03	0	10

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.7 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Batara dengan menggunakan formasi baris, Enemy Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 15,85 detik dengan rata-rata sisa pasukan 4.



Gambar 4.8 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi panah statis

Tabel 4.8 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	18.81	0	8
2	enemy	19.83	0	9
3	enemy	19.34	0	7
4	enemy	19.73	0	9
5	enemy	19.14	0	9
6	enemy	18.88	0	9
7	enemy	20.16	0	8
8	enemy	20.1	0	8
9	enemy	18.55	0	8
10	enemy	20.2	0	8

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.8 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Batara dengan menggunakan formasi panah, Enemy Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 19,47 detik dengan rata-rata sisa pasukan 8,3.



Gambar 4.9 Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi “V” statis

Tabel 4.9 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Batara vs 13 Batara dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	23.93	0	7
2	enemy	25.62	0	6
3	enemy	24.04	0	8
4	enemy	20.8	0	9
5	enemy	25.19	0	6
6	enemy	21.66	0	8
7	enemy	25.36	0	7
8	enemy	20.49	0	8
9	enemy	27.67	0	5
10	enemy	18.34	0	10

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.8 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Batara dengan menggunakan formasi “V”, Enemy Batara memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 23,31 detik dengan rata-rata sisa pasukan 7,4.

4.1.2.NPC KIRNA

Pada percobaan formasi statis NPC Kirna melawan Enemy Kirna dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Kirna melawan 5

Enemy Kirna, 9 NPC Kirna melawan 9 Enemy Kirna dan 9 NPC Kirna melawan 13 Enemy Kirna

4.1.2.1. 9 NPC Melawan 5 Kirna

Pada Gambar 4.10 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 5 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.11 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 5 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.12 jumlah kelompok lawan 5 agen dengan menggunakan formasi “V”.

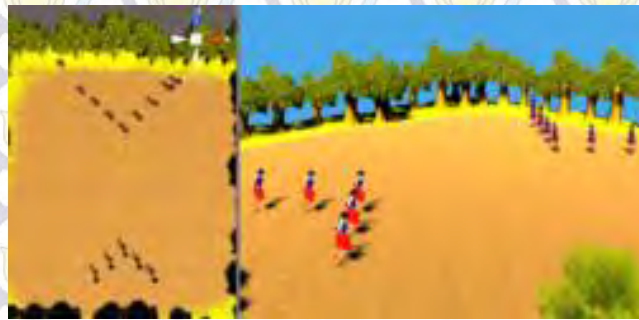


Gambar 4.10 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi baris statis

Tabel 4.10 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	14.27	9	0
2	army	14.29	9	0
3	army	15.83	8	0
4	army	14.27	9	0
5	army	14.34	9	0
6	army	14.32	8	0
7	army	14.33	8	0
8	army	17.3	8	0
9	army	15.86	8	0
10	army	14.31	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.10 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi baris, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 14,91 detik dengan rata-rata sisa pasukan 8,4.



Gambar 4.11 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi panah statis

Tabel 4.11 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	18.44	8	0
2	army	18.41	8	0
3	army	18.69	8	0
4	army	19.99	8	0
5	army	19.72	8	0
6	army	18.42	8	0
7	army	18.42	8	0
8	army	18.41	8	0
9	army	19.47	8	0
10	army	18.43	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.11 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi panah, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 18,84 detik dengan rata-rata sisa pasukan 8.



Gambar 4.12 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi “V” statis

Tabel 4.12 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 5 Kirna dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	17.8	8	0
2	enemy	18.19	8	0
3	enemy	18.67	8	0
4	enemy	18.42	8	0
5	enemy	19.04	7	0
6	enemy	17.83	8	0
7	enemy	17.8	8	0
8	enemy	18.34	8	0
9	enemy	17.76	8	0
10	enemy	18.33	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.12 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi “V”, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 18,21 detik dengan rata-rata sisa pasukan 7,9.

4.1.2.2. 9 NPC Melawan 9 Kirna

Pada Gambar 4.13 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 9 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.14 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 9 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.15 jumlah kelompok lawan 9 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.13 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi baris statis

Tabel 4.13 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	23.41	3	0
2	enemy	28.02	0	1
3	enemy	26.5	0	3
4	enemy	28.02	0	1
5	enemy	23.47	0	7
6	enemy	27.99	0	2
7	enemy	26.5	0	2
8	army	23.43	3	0
9	army	23.41	3	0
10	enemy	23.47	0	6

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.13 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi baris, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 25,42 detik dengan rata-rata sisa pasukan 2,2.



Gambar 4.14 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi panah statis

Tabel 4.14 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi panah statis

Percobaan	Winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	35.21	0	3
2	enemy	33.87	0	2
3	enemy	30.33	0	3
4	enemy	31.93	0	4
5	enemy	36.94	0	2
6	enemy	36.94	0	2
7	enemy	33.46	0	3
8	enemy	32.38	0	4
9	enemy	33.26	0	3
10	enemy	33.89	0	4

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.14 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi panah, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 33,82 detik dengan rata-rata sisa pasukan 3.



Gambar 4.15 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi “V” statis

Tabel 4.15 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 Kirna dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	40.41	0	2
2	enemy	42.18	0	2
3	army	44.1	1	0
4	enemy	44.78	0	1
5	army	35.59	2	0
6	enemy	37.38	0	3
7	enemy	40.02	0	1
8	enemy	38.9	0	2
9	enemy	47.66	0	1
10	enemy	38.92	0	2

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.15 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi “V”, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 40,99 detik dengan rata-rata sisa pasukan 1,4.

4.1.2.3. 9 NPC Melawan 13 Kirna

Pada Gambar 4.16 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 13 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.17 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 13 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.18 jumlah kelompok lawan 13 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.16 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi baris statis

Tabel 4.16 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	17.41	0	12
2	enemy	17.4	0	12
3	enemy	17.39	0	11
4	enemy	17.43	0	12
5	enemy	18.9	0	10
6	enemy	17.38	0	12
7	enemy	17.37	0	12
8	enemy	17.4	0	12
9	enemy	17.41	0	12
10	enemy	17.4	0	12

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.16 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi baris, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 17,54 detik dengan rata-rata sisa pasukan 11,7.



Gambar 4.17 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi panah statis

Tabel 4.17 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	22.24	0	11
2	enemy	21.52	0	11
3	enemy	21.81	0	11
4	enemy	21.76	0	10
5	enemy	22.36	0	10
6	enemy	22.62	0	10
7	enemy	22.83	0	10
8	enemy	22.32	0	8
9	enemy	21.55	0	11
10	enemy	21.77	0	12

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.17 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi panah, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 20,07 detik dengan rata-rata sisa pasukan 10,4



Gambar 4.18 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi “V” statis

Tabel 4.18 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Kirna vs 13 Kirna dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	23.24	0	10
2	enemy	22.13	0	9
3	enemy	22.21	0	9
4	enemy	24.24	0	9
5	enemy	22.82	0	9
6	enemy	21.76	0	9
7	enemy	21.74	0	10
8	enemy	23.03	0	10
9	enemy	22.03	0	10
10	enemy	23.32	0	10

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.18 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Kirna dengan menggunakan formasi “V”, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 22,65 detik dengan rata-rata sisa pasukan 9,5

4.1.3. NPC WIRA

Pada percobaan formasi statis NPC Wira melawan Enemy Wira dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Wira melawan 5 Enemy Wira, 9 NPC Wira melawan 9 Enemy Wira dan 9 NPC Wira melawan 13 Enemy Wira

4.1.3.1. 9 NPC Melawan 5 Wira

Pada Gambar 4.19 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 5 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.20 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 5 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.21 jumlah kelompok lawan 5 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.19 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi baris statis

Tabel 4.19 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	9,52	9	0
2	army	9,53	9	0
3	army	9,53	9	0
4	army	9,51	9	0
5	army	9,53	9	0
6	army	9,53	9	0
7	army	9,52	9	0
8	army	9,54	9	0
9	army	9,58	9	0
10	army	9,54	9	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.19 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Wira dengan menggunakan formasi baris, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 9,53 detik dengan rata-rata sisa pasukan 9



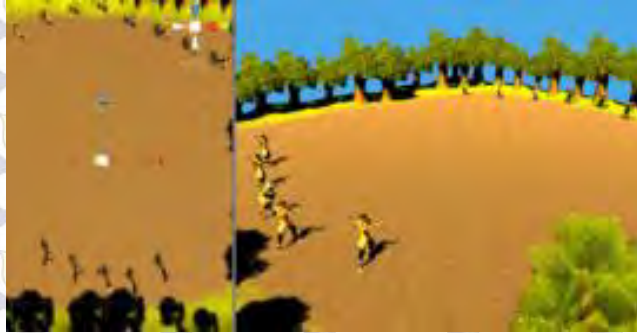
Gambar 4.20 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi panah statis

Tabel 4.20 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi panah statis

Percobaan	Winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	10,81	8	0
2	army	10,94	8	0
3	army	10,90	8	0
4	army	10,74	8	0
5	army	10,72	8	0
6	army	10,78	8	0
7	army	10,75	8	0
8	army	10,89	8	0
9	army	10,72	8	0
10	army	10,73	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.20 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Wira dengan menggunakan formasi panah, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 10,79 detik dengan rata-rata sisa pasukan 8



Gambar 4.21 Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi “V” statis

Tabel 4.21 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 5 Wira dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	11,47	8	0
2	army	11,25	8	0
3	army	11,26	8	0
4	army	11,22	8	0
5	army	11,29	8	0
6	army	11,27	8	0
7	army	11,24	8	0
8	army	11,31	8	0
9	army	11,21	8	0
10	army	12,01	8	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.21 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 5 Enemy Wira dengan menggunakan formasi “V”, NPC Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 11,35 detik dengan rata-rata sisa pasukan 8

4.1.3.2. 9 NPC Melawan 9 Wira

Pada Gambar 4.19 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 9 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.20 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 9 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.21 jumlah kelompok lawan 9 agen dengan menggunakan formasi “V”.



Gambar 4.22 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi baris statis

Tabel 4.22 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	-	15.04	0	0
2	-	15.05	0	0
3	-	15.03	0	0
4	-	15.05	0	0
5	-	15.03	0	0
6	-	15.03	0	0
7	-	15.04	0	0
8	-	15.03	0	0
9	-	15.04	0	0
10	-	15.04	0	0

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.22 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Wira dengan menggunakan formasi baris, tidak ada yang memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pertempuran 15,03 detik dengan rata-rata sisa pasukan 0



Gambar 4.23 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi panah statis

Tabel 4.23 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi panah statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	31.99	0	1
2	army	32.09	1	0
3	enemy	26.7	0	3
4	enemy	32.32	0	1
5	enemy	29.36	0	2
6	enemy	26.7	0	3
7	army	32.07	1	0
8	enemy	26.62	0	3
9	enemy	26.67	0	3
10	enemy	26.64	0	3

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.23 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Wira dengan menggunakan formasi panah, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk

memenangkan pertempuran 29,11 detik dengan rata-rata sisa pasukan 1,9



Gambar 4.24 Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi “V” statis

Tabel 4.24 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 9 Wira dengan formasi “V” statis

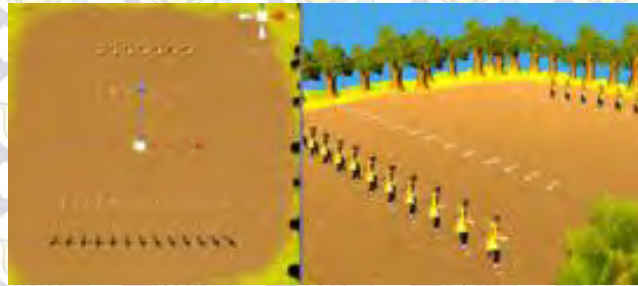
Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	27,48	0	1
2	enemy	27,40	0	2
3	army	29,42	2	0
4	enemy	27,42	0	1
5	enemy	26,17	0	3
6	army	25,69	3	0
7	enemy	27,39	0	1
8	enemy	26,45	0	3
9	army	26,84	2	0
10	enemy	27,44	0	1

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.24 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 9 Enemy Wira dengan menggunakan formasi “V”, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 27,17 detik dengan rata-rata sisa pasukan 1,2

4.1.3.3. 9 NPC Melawan 13 Wira

Pada Gambar 4.19 pasukan 9 NPC di *deploy* di area peperangan dengan menggunakan formasi baris statis. Sedangkan lawan berjumlah 13 orang di *deploy* di area yang sama dengan menggunakan formasi baris statis.

Pada Gambar 4.20 pasukan yang menjadi lawan berjumlah 13 agen dengan dengan formasi panah. Sedangkan pada Gambar 4.21 jumlah kelompok lawan 13 agen dengan menggunakan formasi “V”.



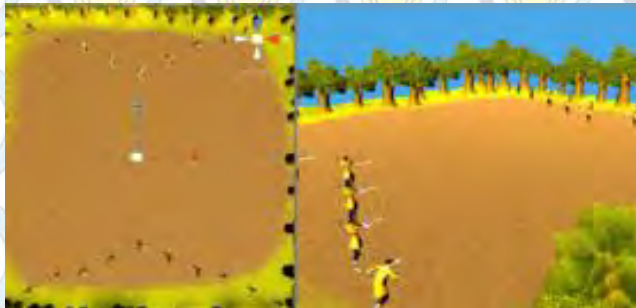
Gambar 4.25 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi baris statis

Tabel 4.25 hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi baris statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	12,25	0	13
2	enemy	12,24	0	13
3	enemy	12,24	0	13
4	enemy	12,22	0	13
5	enemy	12,24	0	13
6	enemy	12,25	0	13
7	enemy	12,29	0	13
8	enemy	12,26	0	13
9	enemy	12,22	0	13
10	enemy	12,28	0	13

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.25 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Wira dengan

menggunakan formasi baris, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 12,24 detik dengan rata-rata sisa pasukan 13

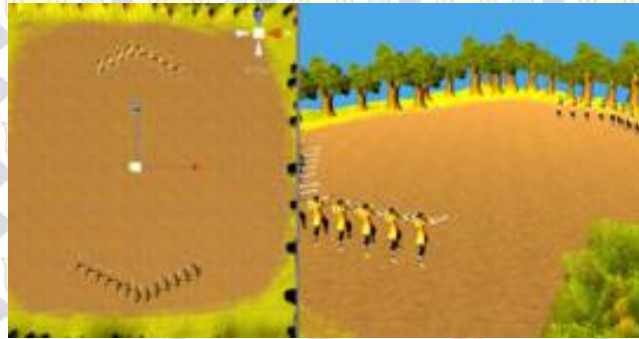


Gambar 4.26 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi panah statis

Tabel 4.26 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi panah statis

Percobaan	Winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	16,36	0	10
2	enemy	16,33	0	10
3	enemy	16,36	0	10
4	enemy	16,30	0	10
5	enemy	16,35	0	10
6	enemy	16,32	0	10
7	enemy	16,43	0	10
8	enemy	16,34	0	10
9	enemy	16,28	0	10
10	enemy	16,29	0	10

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.26 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Wira dengan menggunakan formasi panah, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 16,33 detik dengan rata-rata sisa pasukan 10



Gambar 4.27 Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi “V” statis

Tabel 4.27 Hasil percobaan Pertempuran 9 NPC Wira vs 13 Wira dengan formasi “V” statis

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	16,66	0	9
2	enemy	16,51	0	9
3	enemy	16,81	0	9
4	enemy	16,13	0	9
5	enemy	16,45	0	9
6	enemy	16,88	0	9
7	enemy	15,95	0	10
8	enemy	16,71	0	9
9	enemy	15,53	0	10
10	enemy	16,82	0	10

Dari hasil 10 percobaan seperti pada Tabel 4.27 yaitu skenario pertempuran 9 NPC melawan 13 Enemy Wira dengan menggunakan formasi “V”, Enemy Kirna memenangkan pertempuran dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memenangkan pertempuran 16,44 detik dengan rata-rata sisa pasukan 9,3

4.2.FORMASI DINAMIS

Pada percobaan Formasi dinamis bertujuan untuk mendapatkan data untuk kemudian dibandingkan dengan data pada percobaan dengan menggunakan formasi statis. Pasukan yang digunakan pada percobaan ini

memiliki tiga karakter yaitu NPC Batara dengan senjata Clurit, NPC Kirna dengan senjata Sihir dan NPC Wira dengan senjata Panah.

4.2.1. NPC BATARA

Pada percobaan formasi dinamis NPC Batara melawan Enemy Batara dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Batara melawan 5 Enemy Batara, 9 NPC Batara melawan 9 Enemy Batara dan 9 NPC Batara melawan 13 Enemy Wira. Pada percobaan ini kelompok Enemy menggunakan formasi statis

4.2.1.1. 9 NPC Melawan 5 Batara

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 5 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.28 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 12,38 detik. Pada Tabel 4.29 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 13,44 detik. Sedangkan pada Tabel 4.30 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 12,92 detik.

Tabel 4.28 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	12.38	8	0
2	army	12.83	8	0
3	army	13.07	8	0
4	army	12.98	8	0
5	army	11.99	9	0
6	army	12.48	9	0
7	army	12.73	8	0
8	army	12.59	9	0
9	army	12.67	8	0
10	army	12.49	9	0

Tabel 4.29 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	13,44	9	0
2	army	14,65	9	0
3	army	14,60	8	0
4	army	14,00	8	0
5	army	13,64	9	0
6	army	13,56	9	0
7	army	14,54	8	0
8	army	13,87	8	0
9	army	14,79	8	0
10	army	13,96	8	0

Tabel 4.30 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	Winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	Army	13,86	9	0
2	Army	12,92	9	0
3	Army	13,49	9	0
4	Army	13,53	9	0
5	Army	14,12	8	0
6	Army	13,56	9	0
7	Army	13,69	9	0
8	Army	14,12	8	0
9	Army	14,78	8	0
10	Army	13,20	8	0

4.2.1.2. 9 NPC Melawan 9 Batara

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 9 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.31 dengan Enemy menggunakan formasi baris hasilnya seri dengan waktu tercepat 13,61 detik. Pada Tabel 4.32 dengan Enemy

menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 20,03 detik. Sedangkan pada Tabel 4.33 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 23,76 detik.

Tabel 4.31 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	-	13.89	0	0
2	-	14.61	0	0
3	-	13.95	0	0
4	-	15.27	0	0
5	-	13.78	0	0
6	-	13.98	0	0
7	-	13.66	0	0
8	-	14.77	0	0
9	-	14.64	0	0
10	-	14.44	0	0

Tabel 4.32 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	21,18	3	0
2	army	23,94	1	0
3	army	18,23	5	0
4	army	23,38	1	0
5	army	20,44	4	0
6	army	22,20	4	0
7	army	20,03	4	0
8	army	21,19	5	0
9	army	17,99	5	0
10	army	25,20	2	0

Tabel 4.33 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	25,60	3	0
2	army	25,30	3	0
3	army	26,07	1	0
4	army	25,55	3	0
5	enemy	23,76	0	3
6	army	24,84	4	0
7	army	25,77	3	0
8	army	27,49	2	0
9	enemy	27,93	0	1
10	army	26,78	3	0

4.2.1.3. 9 NPC Melawan 13 Batara

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 13 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.35 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 15,24 detik. Pada Tabel 4.36 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 18,03 detik. Sedangkan pada Tabel 4.37 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 15,45 detik

Tabel 4.35 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	16.05	0	11
2	enemy	16.88	0	9
3	enemy	15.24	0	10
4	enemy	18.01	0	10
5	enemy	15.35	0	13
6	enemy	15.32	0	12
7	enemy	14.48	0	12
8	enemy	20.17	0	20
9	enemy	14.53	0	11
10	enemy	16.63	0	10

Tabel 4.36 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	30,87	0	10
2	enemy	20,27	0	9
3	enemy	21,18	0	8
4	enemy	20,18	0	7
5	enemy	18,03	0	8
6	enemy	20,51	0	9
7	enemy	19,46	0	9
8	enemy	19,58	0	9
9	enemy	18,75	0	9
10	enemy	21,08	0	7

Tabel 4.37 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	16,10	0	10
2	enemy	16,77	0	12
3	enemy	15,45	0	12
4	enemy	16,35	0	12
5	enemy	17,82	0	10
6	enemy	19,25	0	10
7	enemy	17,58	0	9
8	enemy	17,25	0	11
9	enemy	18,33	0	10
10	enemy	18,63	0	10

4.2.2.NPC KIRNA

Pada percobaan formasi dinamis NPC Kirna melawan Enemy Kirna dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Kirna melawan 5 Enemy Kirna, 9 NPC Kirna melawan 9 Enemy Kirna dan 9 NPC Kirna melawan 13 Enemy Wira. Pada percobaan ini kelompok Enemy menggunakan formasi statis

4.2.2.1. 9 NPC Melawan 5 Kirna

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 5 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.38 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 14,34 detik. Pada Tabel 4.39 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 15,87 detik. Sedangkan pada Tabel 4.40 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 14,37 detik

Tabel 4.38 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	14,50	9	0
2	army	14,39	9	0
3	army	14,38	9	0
4	army	14,33	9	0
5	army	14,34	9	0
6	army	14,34	9	0
7	army	14,38	9	0
8	army	14,34	9	0
9	army	14,35	9	0
10	army	14,36	9	0

Tabel 4.39 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	16,07	7	0
2	army	16,82	7	0
3	army	15,88	7	0
4	army	15,89	7	0
5	army	15,90	8	0
6	army	15,87	7	0
7	army	15,88	8	0
8	army	15,95	7	0
9	army	15,88	8	0
10	army	15,90	7	0

Tabel 4.40 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	14,39	9	0
2	army	14,38	8	0
3	army	14,37	8	0
4	army	14,37	9	0
5	army	14,38	9	0
6	army	14,39	8	0
7	army	14,39	9	0
8	army	14,41	9	0
9	army	14,37	9	0
10	army	14,40	9	0

4.2.2.2. 9 NPC Melawan 9 Kirna

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 9 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.41 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 15,89 detik. Pada Tabel 4.42 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 26,22 detik. Sedangkan pada Tabel 4.43 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 22,16 detik

Tabel 4.41 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	15,91	0	9
2	enemy	15,93	0	9
3	enemy	15,94	0	9
4	enemy	15,96	0	9
5	enemy	15,93	0	9
6	enemy	15,93	0	9
7	enemy	15,96	0	9
8	enemy	15,93	0	9
9	enemy	15,95	0	9
10	enemy	15,89	0	9

Tabel 4.42 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	26,22	0	4
2	enemy	28,90	0	2
3	enemy	25,81	0	4
4	enemy	26,80	0	4
5	enemy	27,37	0	3
6	enemy	27,36	0	4
7	enemy	28,89	0	3
8	enemy	27,65	0	3
9	enemy	28,43	0	2
10	enemy	26,98	0	4

Tabel 4.43 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	34,75	0	4
2	enemy	27,70	0	4
3	enemy	22,16	0	5
4	enemy	25,21	0	4
5	enemy	25,22	0	4
6	enemy	25,19	0	4
7	enemy	22,41	0	5
8	enemy	22,17	0	5
9	enemy	22,15	0	5
10	enemy	23,21	0	5

4.2.2.3. 9 NPC Melawan 13 Kirna

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 13 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.44 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC

dengan waktu tercepat 15,84 detik. Pada Tabel 4.45 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 18,79 detik. Sedangkan pada Tabel 4.46 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 15,66 detik

Tabel 4.44 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	15,86	0	13
2	enemy	15,90	0	13
3	enemy	15,85	0	13
4	enemy	15,91	0	13
5	enemy	15,87	0	13
6	enemy	15,90	0	13
7	enemy	15,86	0	13
8	enemy	15,86	0	13
9	enemy	15,84	0	13
10	enemy	15,89	0	13

Tabel 4.45 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	19,86	0	9
2	enemy	19,06	0	9
3	enemy	19,24	0	10
4	enemy	19,10	0	10
5	enemy	19,06	0	10
6	enemy	19,39	0	10
7	enemy	19,83	0	9
8	enemy	19,15	0	10
9	enemy	19,14	0	9
10	enemy	18,79	0	10

Tabel 4.46 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	16,77	0	13
2	enemy	15,66	0	12
3	enemy	15,72	0	12
4	enemy	15,68	0	12
5	enemy	15,69	0	13
6	enemy	15,69	0	12
7	enemy	15,69	0	12
8	enemy	15,69	0	13
9	enemy	15,71	0	12
10	enemy	15,67	0	12

4.2.3. NPC WIRA

Pada percobaan formasi dinamis NPC Wira melawan Enemy Wira dengan jumlah lawan yang bervariasi yaitu 9 NPC Wira melawan 5 Enemy Wira, 9 NPC Wira melawan 9 Enemy Wira dan 9 NPC Wira melawan 13 Enemy Wira. Pada percobaan ini kelompok Enemy menggunakan formasi statis

4.2.3.1. 9 NPC Melawan 5 Wira

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 5 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.47 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 9,51 detik. Pada Tabel 4.48 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 10,87 detik. Sedangkan pada Tabel 4.49 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 9,55 detik

Tabel 4.47 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	9,52	9	0
2	army	9,55	9	0
3	army	9,51	9	0
4	army	9,52	9	0
5	army	9,51	9	0
6	army	9,52	9	0
7	army	9,52	9	0
8	army	9,54	9	0
9	army	9,55	9	0
10	army	9,54	9	0

Tabel 4.48 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	10,90	9	0
2	army	10,88	9	0
3	army	10,89	9	0
4	army	10,87	9	0
5	army	10,89	9	0
6	army	10,93	9	0
7	army	10,90	9	0
8	army	10,92	9	0
9	army	10,89	9	0
10	army	10,90	9	0

Tabel 4.49 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	9,57	9	0
2	army	9,56	9	0
3	army	9,56	9	0
4	army	9,58	9	0
5	army	9,56	9	0
6	army	9,57	9	0
7	army	9,56	9	0
8	army	9,60	9	0
9	army	9,55	9	0
10	army	9,56	9	0

4.2.3.2. 9 NPC Melawan 9 Wira

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 9 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.50 dengan Enemy menggunakan formasi baris hasil yang didapatkan seri dengan waktu tercepat 14,96 detik. Pada Tabel 4.51 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 26,86 detik. Sedangkan pada Tabel 4.52 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 26,85 detik

Tabel 4.50 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	-	15,87	0	0
2	-	14,99	0	0
3	-	14,96	0	0
4	-	14,97	0	0
5	-	15,03	0	0
6	-	14,98	0	0
7	-	15,02	0	0
8	-	15,02	0	0
9	-	14,98	0	0
10	-	14,89	0	0

Tabel 4.51 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	29,76	0	3
2	enemy	26,92	0	3
3	enemy	28,26	0	2
4	enemy	26,86	0	3
5	enemy	26,92	0	3
6	enemy	26,91	0	3
7	enemy	28,29	0	2
8	enemy	26,92	0	3
9	enemy	28,26	0	2
10	enemy	28,24	0	2

Tabel 4.52 Enemy Menggunakan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	army	28,16	2	0
2	army	26,86	3	0
3	army	28,19	2	0
4	army	26,88	3	0
5	army	28,19	2	0
6	army	26,88	3	0
7	army	26,85	3	0
8	army	28,18	2	0
9	army	28,22	2	0
10	army	26,90	3	0

4.2.3.3. 9 NPC Melawan 13 Wira

Pada skenario 9 NPC dengan formasi Dinamis melawan 13 Enemy dengan menggunakan baris, panah dan “V” di dapatkan hasil kemenangan yang bervariasi baik waktu kemenangan maupun sisa pasukan yang menang. Pada Tabel 4.53 dengan Enemy menggunakan formasi baris dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 12,22 detik. Pada Tabel 4.54 dengan Enemy menggunakan formasi panah dimenangkan oleh NPC dengan waktu tercepat 18,63 detik. Sedangkan pada Tabel 4.55 dengan Enemy menggunakan formasi “V” dimenangkan oleh NPC dengan waktu kemenangan tercepat 13,73 detik

Tabel 4.53 Enemy Menggunakan formasi Baris

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	12,22	0	13
2	enemy	12,27	0	13
3	enemy	12,27	0	13
4	enemy	12,22	0	13
5	enemy	12,22	0	13
6	enemy	12,37	0	13
7	enemy	12,22	0	13
8	enemy	12,23	0	13
9	enemy	12,22	0	13
10	enemy	12,34	0	13

Tabel 4.54 Enemy Menggunakan Formasi Panah

Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	18,96	0	8
2	enemy	18,96	0	8
3	enemy	18,96	0	8
4	enemy	18,64	0	8
5	enemy	17,79	0	8
6	enemy	18,63	0	8
7	enemy	18,97	0	8
8	enemy	18,97	0	8
9	enemy	18,97	0	8
10	enemy	19,98	0	8

Tabel 4.55 Enemy Menggunakan formasi “V”

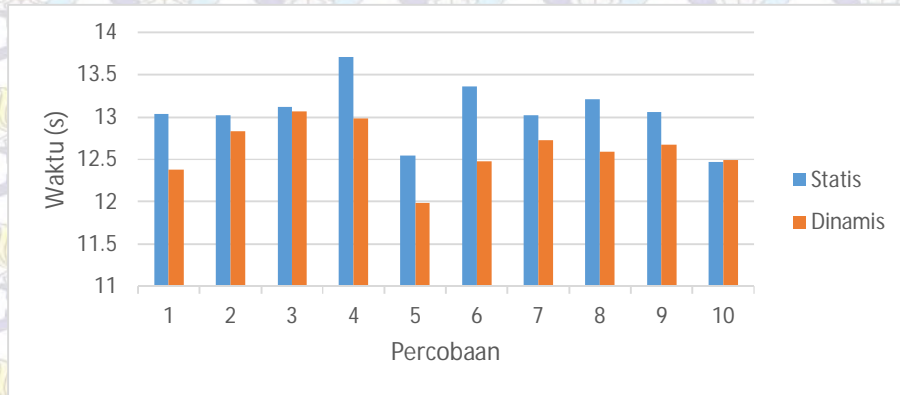
Percobaan	winner	time to win	sisa army	sisa enemy
1	enemy	14,44	0	10
2	enemy	15,01	0	11
3	enemy	15,01	0	10
4	enemy	14,77	0	11
5	enemy	14,41	0	11
6	enemy	15,09	0	10
7	enemy	14,41	0	11
8	enemy	14,41	0	11
9	enemy	14,47	0	11
10	enemy	13,73	0	11

4.3.Grafik perbandingan hasil pertempuran 9 NPC formasi dinamis melawan Enemy formasi statis

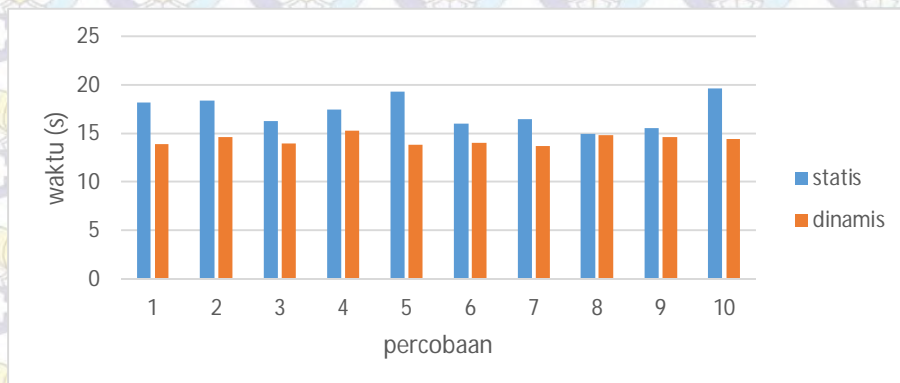
Hasil dari percobaan pertempuran kelompok pasukan dengan menggunakan formasi statis dan dinamis disajikan pada beberapa grafik untuk memudahkan analisis hasil perbedaan formasi.

4.3.1. Perbandingan waktu untuk menyelesaikan pertempuran antara NPC formasi dinamis dan Enemy formasi Baris

Perbandingan waktu untuk menyelesaikan pertempuran pada pasukan NPC Batara menggunakan formasi statis dan dinamis. Rata-rata waktu yang dibutuhkan jika menggunakan formasi statis 13,05 detik untuk mengalahkan lawan sedangkan jika menggunakan formasi dinamis dibutuhkan rata-rata 12,62 detik. Dari 10 percobaan 9 percobaan pertama formasi dinamis mendapatkan waktu yang lebih cepat, sedangkan percobaan ke 10 formasi statis lebih cepat dari formasi dinamis yaitu 12,47

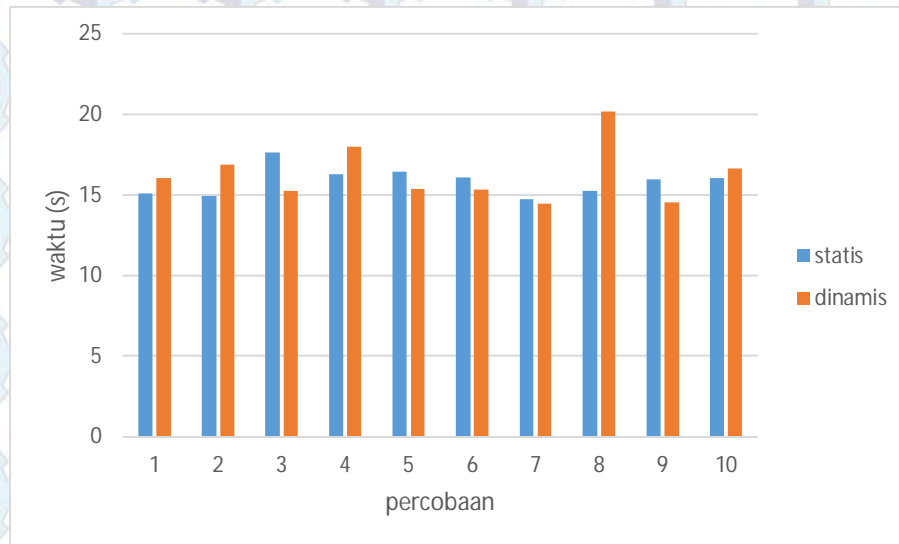


Gambar 4.69 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 5 Enemy.



Gambar 4.70 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 9 Enemy.

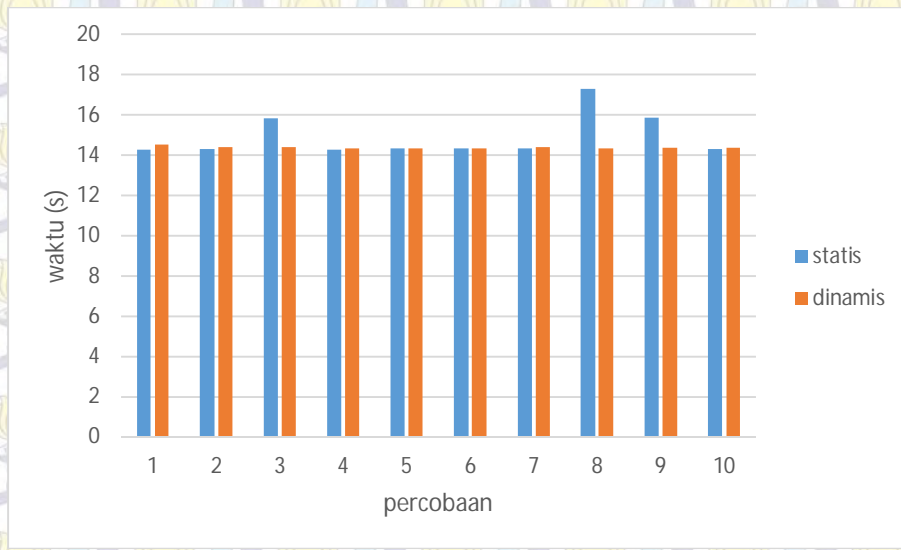
Pada Gambar 4.70 perbandingan waktu pada skenario 9 NPC batara menghadapi 9 enemy didapatkan rata-rata formasi statis 17,21 detik, sedangkan pada formasi dinamis 14,29.



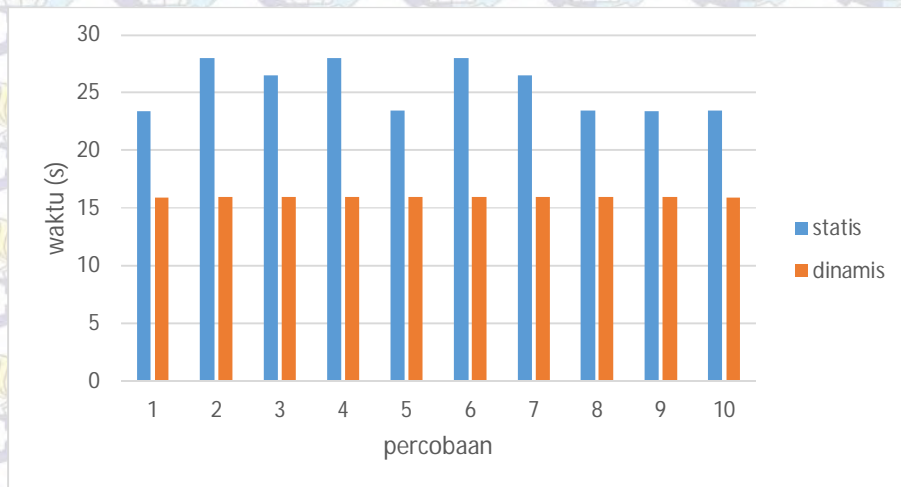
Gambar 4.71 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 13 Enemy.

Pada Gambar 4.71 perbandingan waktu antara formasi dinamis dan formasi statis pada skenario pertempuran 9 NPC Batara melawan 13 enemy Batara. Dari 10 kali percobaan yang dilakukan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengalahkan lawan formasi statis lebih cepat dari pada formasi dinamis yaitu 15,85 detik dan 16,26 detik.

Pada Gambar 4.72 adalah percobaan pertempuran menggunakan skenario 9 NPC Kirna melawan 5 enemy Kirna. Dari 10 percobaan didapatkan perbedaan waktu yang tipis untuk mengalahkan lawan yaitu 14,91 pada formasi statis dan 14,37 pada formasi dinamis. Formasi dinamis lebih unggul sedikit yaitu 0,54 detik

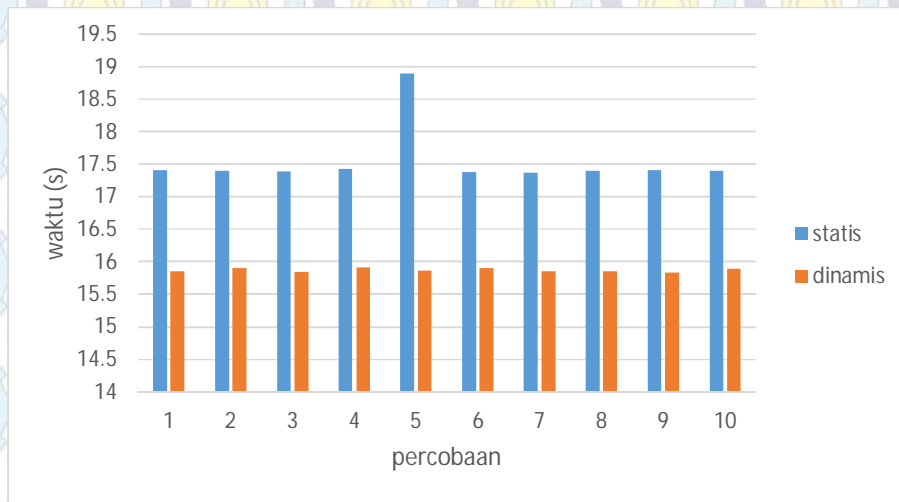


Gambar 4.72 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 5 Enemy.



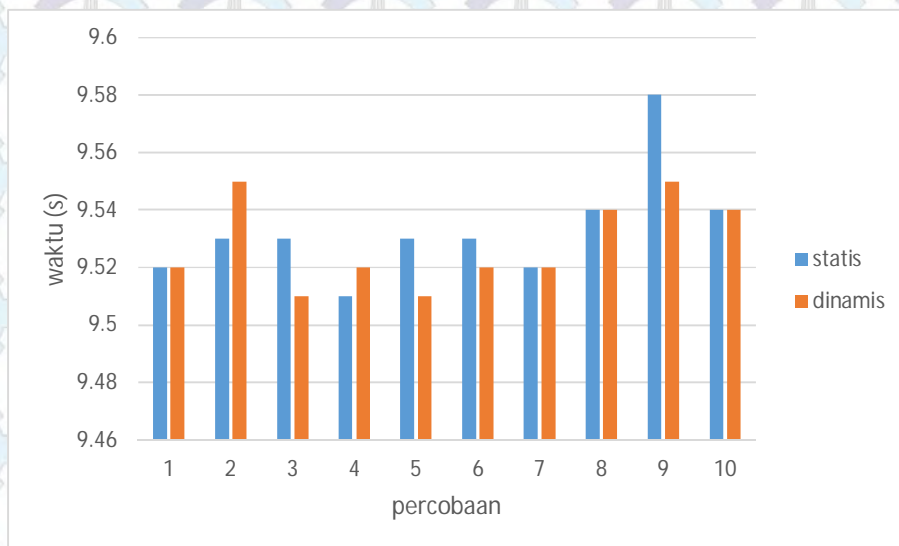
Gambar 4.73 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 9 Enemy.

Pada Gambar 4.73 adalah perbandingan waktu formasi statis dan dinamis pada skenario percobaan 9 NPC Kirna melawan 9 Enemy. Dari 10 percobaan didapat waktu pada formasi statis 25,42 detik. Sedangkan pada formasi dinamis didapat waktu 15,93 detik. Perbedaan waktu cukup besar yaitu 9,49 detik.



Gambar 4.74 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 13 Enemy.

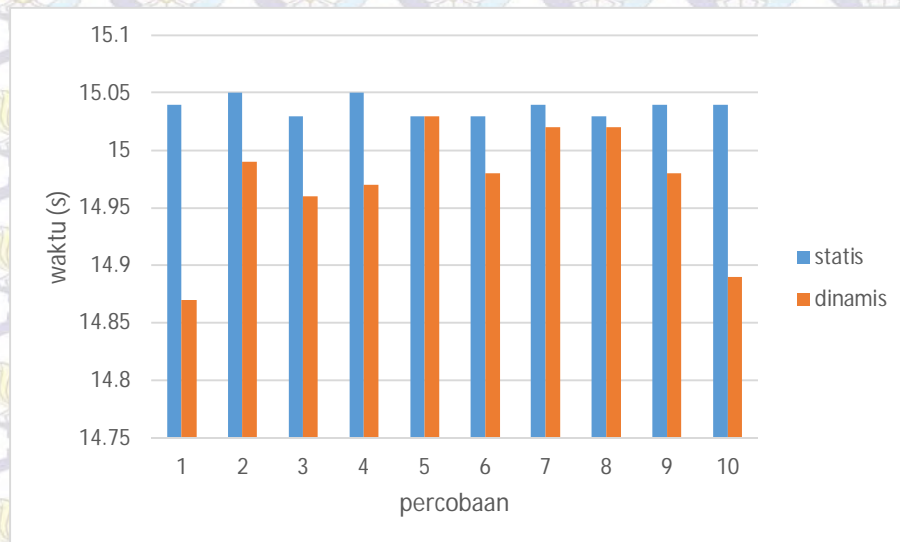
Pada percobaan skenario 9 NPC kirna melawan 13 Enemy Kirna seperti pada gambar 4.74 didapatkan waktu untuk mengalahkan lawan pada formasi statis 17,54 detik sedangkan pada formasi dinamis 15,84 detik. Dari 10 percobaan pertempuran formasi dinamis lebih cepat 1,5 detik



Gambar 4.75 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 5 Enemy

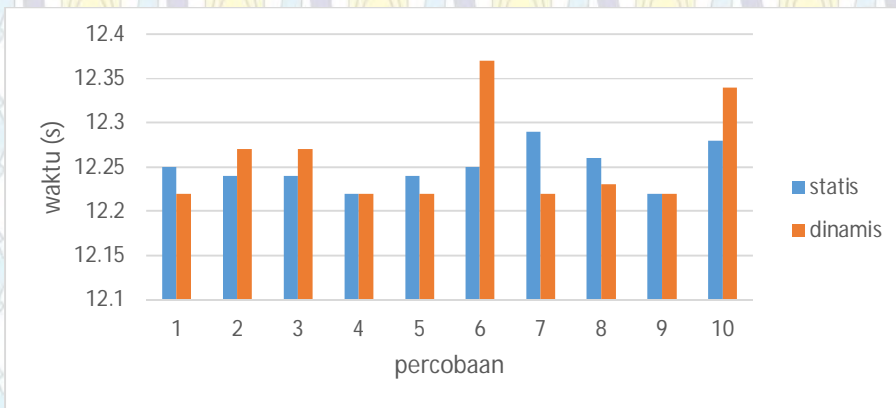
Pada skenario pertempuran 9 NPC Wira melawan 5 Enemy Wira di dapatkan perbandingan waktu 0,01 detik lebih cepat formasi dinamis untuk mengalahkan lawan. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalahkan lawan dengan menggunakan formasi statis adalah 9,53 detik sedangkan waktu yang dibutuhkan pasukan menggunakan formasi dinamis adalah 9,52 detik.

Pada Gambar 4.76 adalah perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengalahkan kelompok lawan. Pada pasukan yang menggunakan formasi statis dibutuhkan waktu 15,03 detik sedangkan pada pasukan formasi dinamis membutuhkan waktu 15,07 detik. Dari 10 percobaan tercatat perbedaan waktu 0,04 detik



Gambar 4.76 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 9 Enemy

Pada Gambar 4.77 adalah perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk mengalahkan lawan. Pada 10 kali percobaan dengan skenario 9 NPC Wira melawan 13 Enemy Wira didapatkan hasil pada formasi statis 12,24 detik. Sedangkan pada formasi dinamis dibutuhkan waktu lebih cepat 0,01 detik dari pada formasi statis yaitu 12,25 detik.



Gambar 4.77 Perbandingan waktu formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 13 Enemy

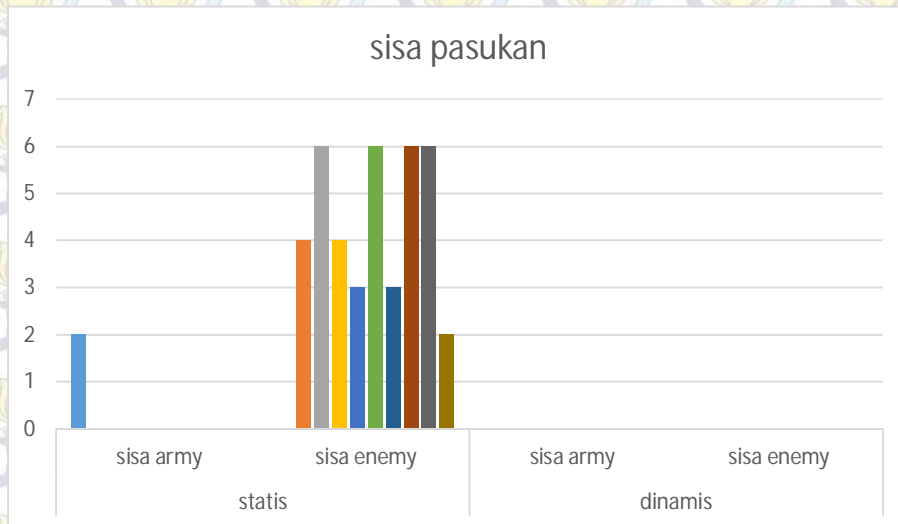
4.3.2. Perbandingan sisa pasukan antara NPC formasi dinamis dan Enemy formasi baris

Kombinasi Jumlah pasukan yang di uji cobakan pada pertempuran NPC Batara, NPC Kirna dan NPC Wira dengan menggunakan formasi statis dan dinamis sama yaitu NPC menghadapi pasukan lebih sedikit yakni 5 Enemy, NPC menghadapi pasukan dengan jumlah sama yaitu 9 Enemy dan NPC menghadapi pasukan dengan jumlah pasukan 13 Enemy. Pasukan yang menang adalah jumlah pasukan yang tersisa lebih banyak dari lawannya.



Gambar 4.78 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 5 Enemy Batara

Pada Gambar 4.78 perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis pada skenario 9 NPC Batara melawan 5 Enemy Batara. Pada formasi statis dan dinamis pertempuran dimenangkan oleh NPC Batara dengan perbandingan rata-rata sisa pasukan 7,8 : 8,4 lebih banyak pasukan dengan formasi dinamis yang tersisa



Gambar 4.79 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 9 Enemy Batara

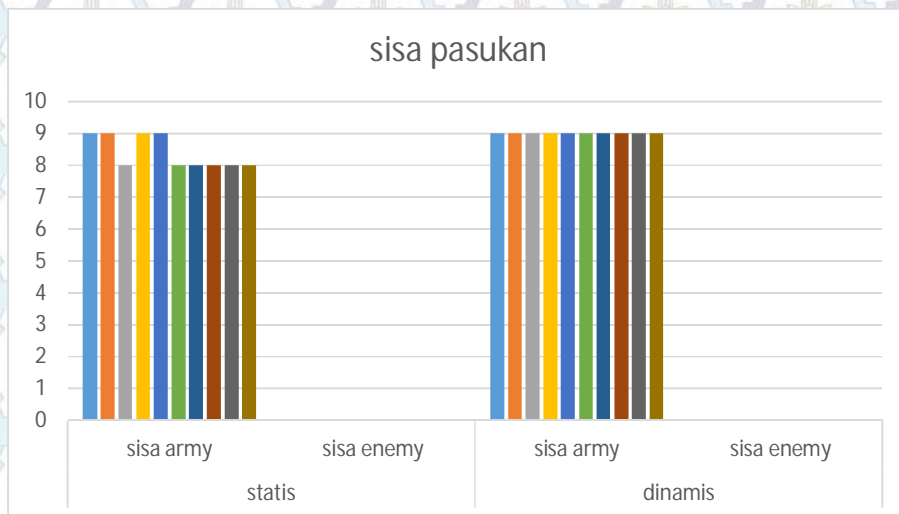
Pada Gambar 4.79 skenario 9 NPC Batara melawan 9 Enemy Batara didapatkan hasil yang bervariasi. Pada percobaan pertama formasi statis dimenangkan NPC Batara dengan sisa 2 pasukan sedangkan percobaan 2 sampai dengan 10 di menangkan oleh pasukan Enemy dengan sisa rata-rata pasukan 4. Pada percobaan ini ketika menggunakan formasi dinamis keadaan pasukan seri. Kedua kelompok pasukan sama-sama mati karena formasi dinamis mendeteksi *Hit Point* dan bentuk formasi lawan yang menghasilkan keputusan bentuk formasi yang sama dengan lawan sehingga pertempuran berakhir seri.

Pada Gambar 4.80 skenario 9 NPC Batara melawan 13 Enemy Batara didapatkan hasil rata-rata sisa pasukan antara formasi static dan

dinamis 9,8 berbanding 11,8. Dan pada skenario ini pertempuran dimenangkan pasukan Enemy.



Gambar 4.80 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Batara vs 13 Enemy Batara



Gambar 4.81 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 5 Enemy Kirna

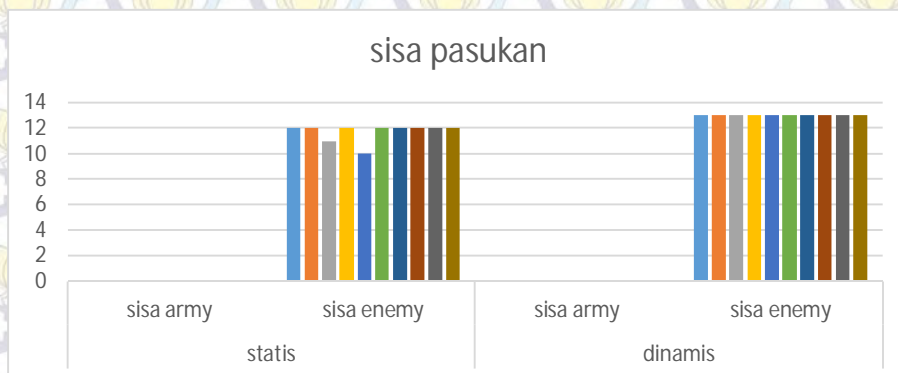
Pada Gambar 4.81 merupakan perbandingan sisa pasukan dengan skenario 9 NPC Kirna melawan 5 Enemy. Pada 10 percobaan yang dilakukan pasukan NPC Batara lebih unggul baik menggunakan formasi

statis maupun dinamis. Didapatkan hasil rata-rata sisa pasukan NPC Batara dengan formasi statis 8,4 pasukan sedangkan pada formasi dinamis didapat 9 pasukan tersisa.



Gambar 4.82 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 9 Enemy Kirna

Variasi sisa pasukan di dapatkan pada skenario 9 NPC Kirna melawan 9 Enemy Kirna seperti pada Gambar 4.82. pada formasi statis dari 10 percobaan 3 percobaan diantaranya dimenangkan oleh NPC Kirna sedangkan 7 percobaan dimenangkan oleh pasukan Enemy. Sedangkan pada formasi dinamis dari 10 percobaan yang dilakukan dimenangkan oleh pasukan Enemy dengan rata-rata sisa pasukan 9.



Gambar 4.83 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Kirna vs 13 Enemy Kirna

Pada Gambar 4.83 dilakukan skenario percobaan 9 NPC Kirna melawan 13 enemy Kirna yang dimenangkan oleh pasukan Enemy. Sedangkan perbandingan sisa rata-rata pasukan antara kelompok formasi statis dan kelompok formasi dinamis adalah 11,7 : 13 pasukan.



Gambar 4.84 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 5 Enemy Wira

Pada Gambar 4.84 terlihat NPC memenangkan pertempuran pada skenario 9 NPC Wira melawan 5 Enemy Wira. Dengan perbandingan sisa rata-rata pasukan 9 : 9 pasukan untuk pasukan yang menggunakan formasi statis dan dinamis



Gambar 4.85 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 9 Enemy Wira

Pada Gambar 4.85 merupakan tabel perbandingan sisa pasukan dengan formasi statis dan dinamis dengan skenario 9 NPC Wira melawan 9 Enemy. Pada percobaan ini tidak ada pasukan yang menang untuk kedua bentuk formasi.

Pada Gambar 4.86 merupakan perbandingan sisa pasukan menggunakan formasi statis dan dinamis dengan skenario 9 NPC Wira melawan 13 Enemy. Pada 10 percobaan yang dilakukan pasukan enemy memenangkan pertempuran untuk formasi statis dan formasi dinamis dengan rata-rata sisa pasukan pada formasi statis 13 dan formasi dinamis 13.



Gambar 4.86 Perbandingan sisa pasukan formasi statis dan dinamis 9 NPC Wira vs 13 Enemy Wira

4.4. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi statis dan dinamis dengan agen berbeda

Pada Tabel 4.56 adalah hasil dari percobaan 9 NPC Batara melawan 9 Enemy Kirna. Masing masing kelompok menggunakan formasi statis. Dari 10 percobaan, 9 diantaranya dimenangkan oleh pasukan batara dengan rata sisa pasukan 7,5 pasukan sedangkan pasukan

Kirna memenangkan 1 kali percobaan dengan sisa 2 pasukan. Waktu paling lama dibutuhkan untuk mengalahkan lawan pada percobaan ke 9 yang dimenangkan pasukan Kirna sedangkan waktu tercepat pada percobaan 16,26 detik yang dimenangkan oleh pasukan Batara.

Pada Tabel 4.57 adalah percobaan formasi statis dengan skenario 10 kali percobaan 9 NPC Batara berhadapan dengan 9 pasukan Kirna dan dimenangkan oleh pasukan Kirna dengan rata-rata sisa pasukan 3,9 sedangkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengalahkan lawan adalah 27,95 detik.

Tabel 4.56 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi baris

Percobaan	winner	time to win	Batara	Kirna
1	Batara	16,27	9	0
2	Batara	16,93	9	0
3	Batara	19,59	7	0
4	batara	16,95	9	0
5	batara	17,07	4	0
6	batara	19,13	9	0
7	batara	16,26	9	0
8	batara	20,58	3	0
9	kirna	23,14	0	2
10	batara	17,69	9	0

Tabel 4.57 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi panah

Percobaan	winner	time to win	Batara	Kirna
1	kirna	26,98	0	4
2	kirna	26,76	0	4
3	Kirna	30,18	0	3
4	Kirna	27,32	0	4
5	Kirna	26,20	0	5
6	Kirna	25,39	0	5
7	Kirna	28,82	0	4
8	Kirna	30,18	0	3
9	Kirna	30,38	0	2
10	Kirna	27,35	0	5

Tabel 4.58 9 Batara vs 9 Kirna dengan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	Batara	Kirna
1	Kirna	29,03	0	6
2	Kirna	35,53	0	3
3	Kirna	35,88	0	3
4	Kirna	32,89	0	3
5	Kirna	35,26	0	2
6	Kirna	32,70	0	3
7	Kirna	33,70	0	2
8	Kirna	30,93	0	4
9	Kirna	33,79	0	3
10	Kirna	30,96	0	3

Tabel 4.59 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi baris

Percobaan	winner	time to win	Batara	Wira
1	Wira	14,35	0	9
2	Wira	14,13	0	9
3	Wira	14,12	0	9
4	Wira	14,19	0	9
5	Wira	14,22	0	9
6	Wira	14,11	0	9
7	Wira	14,18	0	9
8	Wira	14,16	0	9
9	Wira	14,16	0	9
10	Wira	14,07	0	9

Tabel 4.60 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi panah

Percobaan	winner	time to win	Batara	Wira
1	Wira	15,01	0	9
2	Wira	15,23	0	9
3	Wira	15,12	0	9
4	wira	16,71	0	9
5	wira	15,50	0	9
6	wira	15,52	0	9
7	wira	15,22	0	9
8	wira	15,55	0	9
9	wira	15,08	0	9
10	wira	15,35	0	9

Tabel 4.61 9 Batara vs 9 Wira dengan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	Batara	Wira
1	wira	19,04	0	9
2	wira	18,86	0	8
3	wira	18,56	0	9
4	wira	18,94	0	9
5	wira	19,42	0	8
6	wira	19,43	0	8
7	wira	18,84	0	9
8	wira	18,86	0	8
9	wira	18,99	0	8
10	wira	18,87	0	8

Tabel 4.62 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi baris

Percobaan	winner	time to win	Kirna	Wira
1	wira	10,78	0	9
2	wira	11,07	0	9
3	wira	10,87	0	9
4	wira	10,98	0	9
5	wira	10,90	0	9
6	wira	11,14	0	9
7	wira	11,10	0	9
8	wira	10,09	0	9
9	wira	11,21	0	9
10	wira	10,21	0	9

Tabel 4.63 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi panah

Percobaan	winner	time to win	Kirna	Wira
1	wira	19,18	0	9
2	wira	16,06	0	8
3	wira	16,87	0	8
4	Wira	16,96	0	8
5	Wira	16,89	0	8
6	Wira	16,98	0	8
7	Wira	17,30	0	8
8	Wira	17,25	0	8
9	Wira	17,37	0	8
10	Wira	17,29	0	8

Tabel 4.64 9 Kirna vs 9 Wira dengan formasi “V”

Percobaan	winner	time to win	Kirna	Wira
1	Wira	17,75	0	9
2	Wira	16,03	0	9
3	Wira	17,21	0	9
4	Wira	16,58	0	9
5	Wira	17,30	0	9
6	Wira	16,61	0	9
7	Wira	16,31	0	9
8	Wira	16,52	0	9
9	Wira	15,93	0	9
10	Wira	16,77	0	9

4.5. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi dinamis dan dinamis dengan agen berbeda

Pada hasil skenario percobaan seperti hasil Tabel 4.65, Tabel 4.66 dan Tabel 4.67 adalah skenario dimana masing-masing pasukan berhadapan dengan menggunakan formasi dinamis yaitu pasukan Batara vs Kirna, Batara vs Wira dan Kirna vs Wira dengan jumlah pasukan masing-masing 9 pasukan.

Tabel 4. 65 9 NPC Batara vs 9 Enemy Kirna

Percobaan	winner	time to win	Batara	Kirna
1	batara	16,22	9	0
2	batara	17,72	9	0
3	batara	17,06	9	0
4	batara	16,88	9	0
5	batara	17,06	9	0
6	batara	17,74	9	0
7	batara	16,25	9	0
8	batara	16,01	9	0
9	batara	16,94	9	0
10	batara	17,00	9	0

Tabel 4.66 9 NPC Batara vs 9 Enemy Wira

Percobaan	winner	time to win	Batara	Wira
1	wira	14,10	0	9
2	wira	14,09	0	9
3	wira	14,35	0	9
4	wira	14,07	0	9
5	wira	14,14	0	9
6	wira	14,22	0	9
7	wira	14,23	0	9
8	wira	14,09	0	9
9	wira	14,10	0	9
10	wira	14,08	0	9

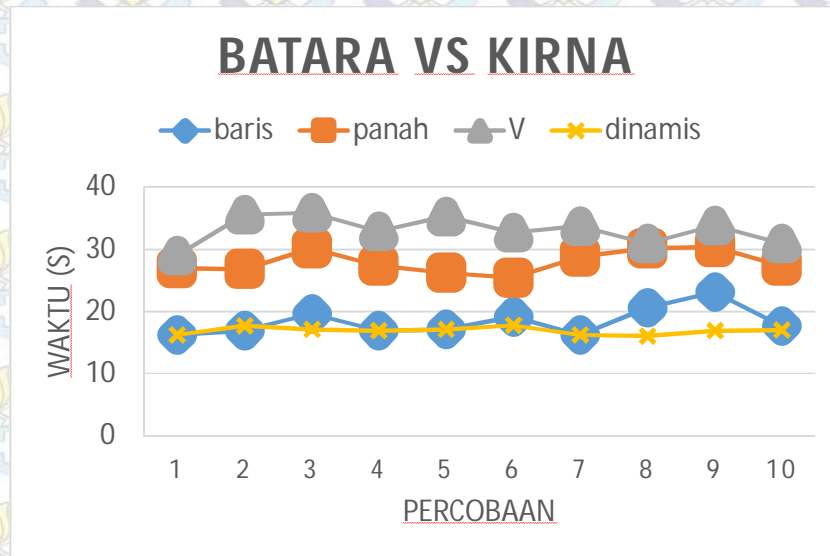
Tabel 4.67 9 NPC Kirna vs 9 Enemy Wira

Percobaan	winner	time to win	Kirna	Wira
1	wira	11,07	0	9
2	wira	10,98	0	9
3	wira	10,99	0	9
4	wira	10,76	0	9
5	wira	11,08	0	9
6	wira	10,08	0	9
7	wira	10,13	0	9
8	wira	11,09	0	9
9	wira	10,65	0	9
10	wira	11,22	0	9

Dari beberapa tabel di sub bab 4.4 tentang Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi statis dan dinamis dengan agen berbeda dan sub bab 4.5 tentang Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi dinamis dan dinamis dengan agen berbeda dapat di ringkas menjadi tabel lebih sederhana seperti pada Tabel 4.68, Tabel 4.69 dan Tabel 4.70 tentang perbandingan waktu untuk menyelesaikan pertempuran

Tabel 4. 68 pertempuran 9 NPC Batara vs 9 NPC Kirna

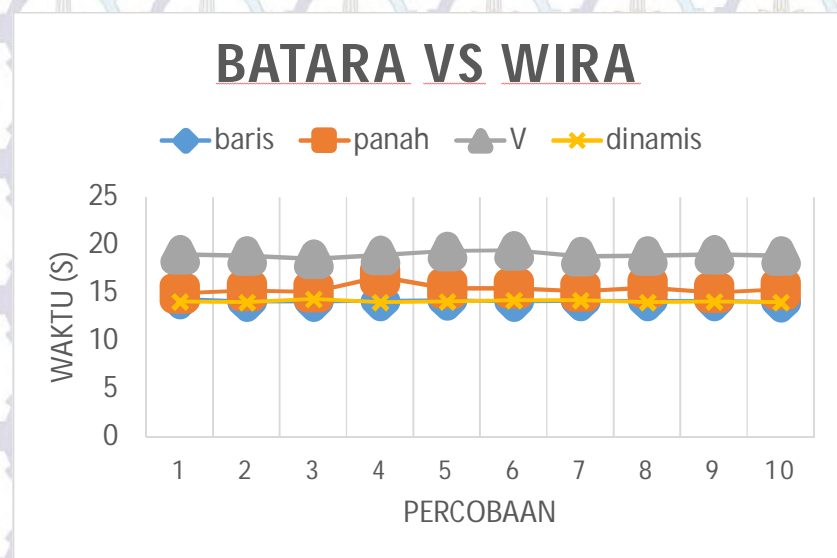
percobaan	Formasi			
	baris	panah	V	Dinamis
1	16.27	26.98	29.03	16.22
2	16.93	26.76	35.53	17.72
3	19.59	30.18	35.88	17.06
4	16.95	27.32	32.89	16.88
5	17.07	26.2	35.26	17.06
6	19.13	25.39	32.7	17.74
7	16.26	28.82	33.7	16.25
8	20.58	30.18	30.93	16.01
9	23.14	30.38	33.79	16.94
10	17.69	27.35	30.96	17



Gambar 4. 87 Perbandingan waktu pertempuran Batara vs kirna dengan berbagai formasi

Tabel 4. 69 Pertempuran 9 NPC Batara vs 9 NPC Wira

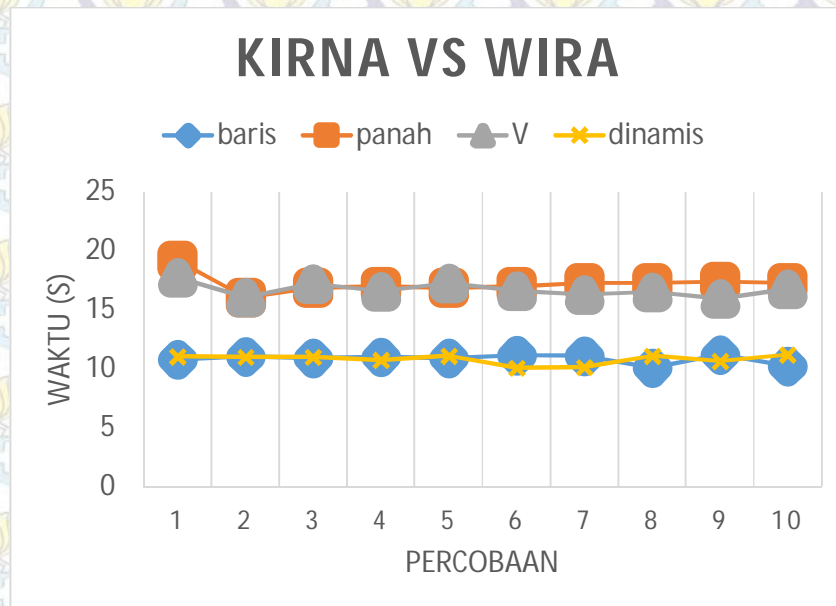
percobaan	Formasi			
	baris	panah	V	dinamis
1	14.35	15.01	19.04	14.1
2	14.13	15.23	18.86	14.09
3	14.12	15.12	18.56	14.35
4	14.19	16.71	18.94	14.07
5	14.22	15.5	19.42	14.14
6	14.11	15.52	19.43	14.22
7	14.18	15.22	18.84	14.23
8	14.16	15.55	18.86	14.09
9	14.16	15.08	18.99	14.1
10	14.07	15.35	18.87	14.08



Gambar 4. 88 Perbandingan waktu pertempuran Batara vs Wira dengan berbagai formasi

Tabel 4. 70 Pertempuran 9 NPC Kirna vs 9 NPC Wira

percobaan	Formasi			
	baris	panah	V	dinamis
1	10.78	19.18	17.75	11.07
2	11.07	16.06	16.03	10.98
3	10.87	16.87	17.21	10.99
4	10.98	16.96	16.58	10.76
5	10.9	16.89	17.3	11.08
6	11.14	16.98	16.61	10.08
7	11.1	17.3	16.31	10.13
8	10.09	17.25	16.52	11.09
9	11.21	17.37	15.93	10.65
10	10.21	17.29	16.77	11.22



Gambar 4. 89 Perbandingan waktu pertempuran Kirna vs Wira dengan berbagai formasi

Pada Gambar 4.87 merupakan perbandingan waktu untuk mengalahkan lawan dengan menggunakan agen percobaan 9 NPC Batara melawan 9 NPC Kirna dengan formasi baris, panah, v dan formasi dinamis. Dari grafik garis terlihat bahwa formasi dinamis memiliki waktu tercepat untuk mengalahkan lawan. Sedangkan pada formasi statis, formasi baris menjadi formasi tercepat untuk mengalahkan lawan. Pada skenario menggunakan agen Batara melawan Wira dari empat formasi yakni baris, panah, V dan formasi dinamis hampir memiliki waktu yang sama untuk mengalahkan lawan seperti terlihat pada Gambar 4.88 yakni rata-rata waktu formasi baris 14,16 detik, formasi panah 15,42 detik, formasi V 18,98 dan formasi dinamis memiliki waktu tercepat yaitu 14,14 detik. Pada Gambar 4.89 merupakan perbandingan waktu dengan menggunakan skenario agen Kirna melawan wira. Dari percobaan tersebut di dapat rata-rata waktu pada formasi baris 10,83 detik, formasi panah 17,21 detik, formasi V 16,70 dan formasi dinamis memiliki waktu 10,80 menjadi formasi yang memiliki waktu tercepat untuk mengalahkan lawan.

4.6. Perbandingan hasil pertempuran kelompok formasi dinamis dengan jarak horisontal dan vertikal agen berbeda

Pada skenario percobaan ini agen yang digunakan berbeda antara NPC dan enemy dengan perbedaan jarak horisontal 1, 2 dan 3. Serta perbedaan jarak vertikal yang mempengaruhi sudut pada formasi panah dan formasi “V”.

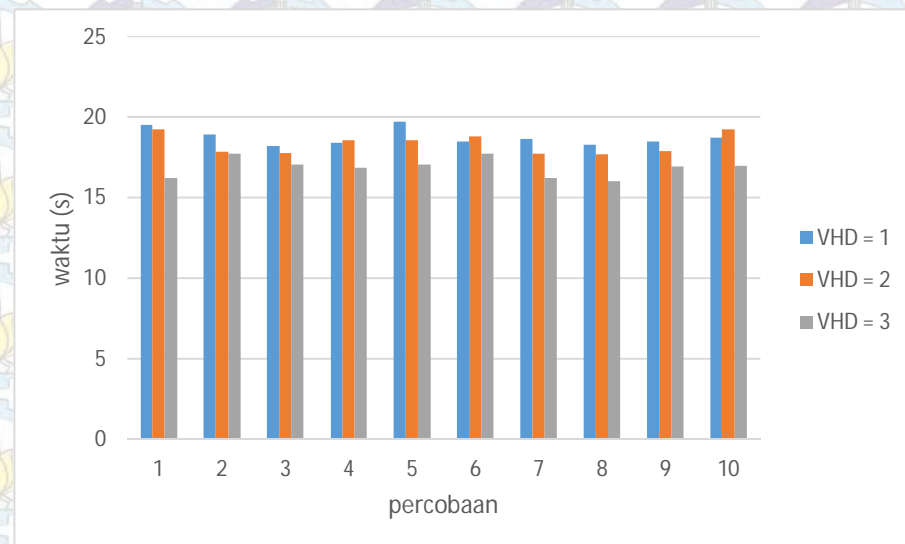
Perbedaan jarak horisontal dan vertikal dalam sebuah formasi mempengaruhi posisi antar agen dalam membentuk formasi. Pada formasi baris semakin besar jarak VHD (*Vertical Horizontal Distance*) maka semakin panjang barisan formasi dalam satu kelompok sedangkan pada formasi “V” dan panah VHD mempengaruhi sudut dari formasi kelompok pasukan.

Tabel 4.71. Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Kirna

Percobaan	VHD = 1	VHD = 2	VHD = 3
1	19.53	19.28	16.22
2	18.91	17.86	17.72
3	18.22	17.75	17.06
4	18.42	18.6	16.88
5	19.70	18.58	17.06
6	18.49	18.80	17.74
7	18.65	17.74	16.25
8	18.30	17.71	16.01
9	18.47	17.92	16.94
10	18.75	19.25	17

Keterangan :

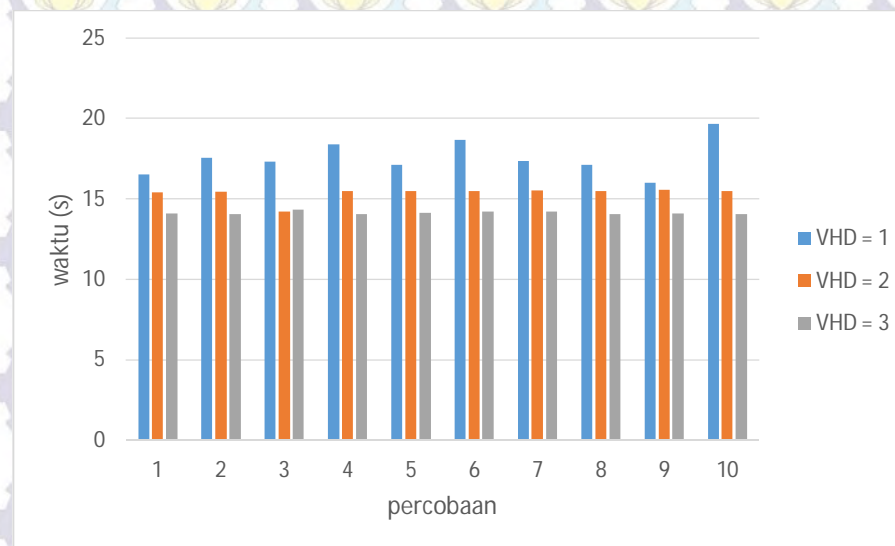
VHD = vertical horizontal distance



Gambar 4.90 grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Kirna dengan vertikal dan horisontal distance berbeda

Tabel 4.72. Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Wira

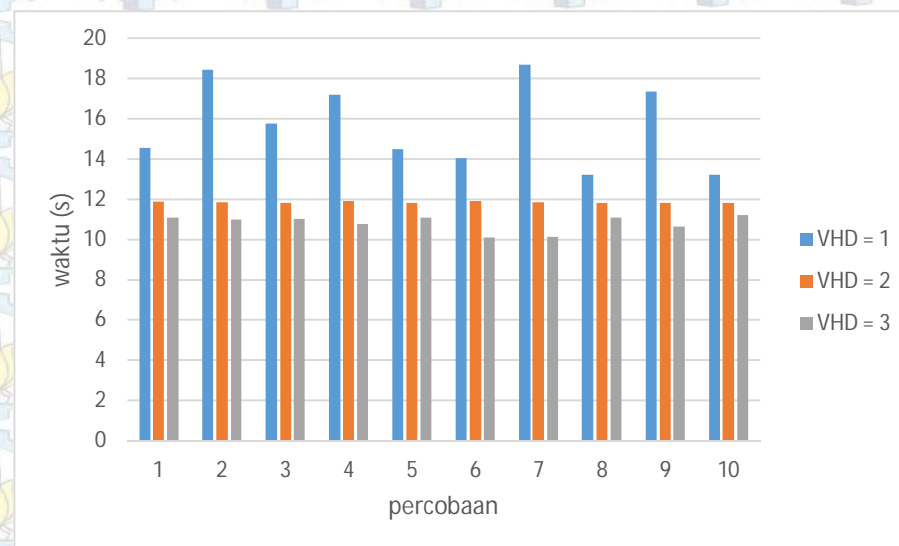
Percobaan	VHD = 1	VHD = 2	VHD = 3
1	16,50	15,41	14,10
2	17,56	15,47	14,09
3	17,32	14,24	14,35
4	18,36	15,50	14,07
5	17,09	15,48	14,14
6	18,66	15,49	14,22
7	17,36	15,52	14,23
8	17,09	15,48	14,09
9	16,00	15,57	14,10
10	19,64	15,48	14,08



Gambar 4.91. Grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Batara vs 9 Wira dengan vertikal dan horisontal distance berbeda

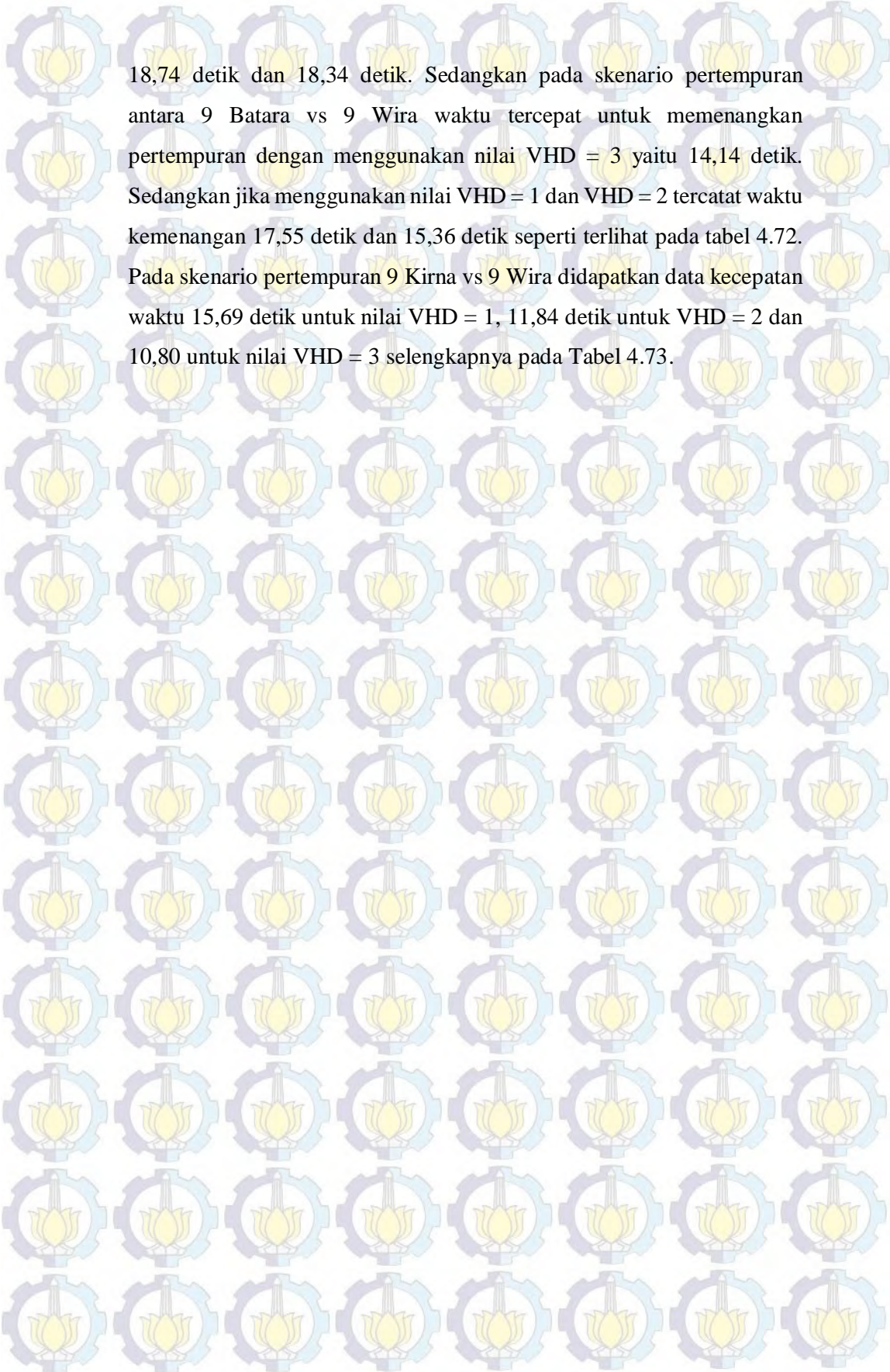
Tabel 4.73. Formasi Dinamis 9 Kirna vs 9 Wira

Percobaan	VHD = 1	VHD = 2	VHD = 3
1	14,55	11,87	11,07
2	18,43	11,85	10,98
3	15,76	11,81	10,99
4	17,19	11,89	10,76
5	14,48	11,82	11,08
6	14,02	11,89	10,08
7	18,68	11,84	10,13
8	13,22	11,81	11,09
9	17,35	11,80	10,65
10	13,23	11,82	11,22



Gambar 4.92. Grafik perbandingan waktu pertempuran Formasi Dinamis 9 Kirna vs 9 Wira dengan vertikal dan horisontal distance berbeda

Skenario percobaan dengan mengganti nilai jarak Vertikal dan Horisontal agen dalam formasi seperti pada Tabel 4. 71 di dapat pada pertempuran antara 9 Batara melawan 9 Kirna kemenangan tercepat pada nilai VHD = 3 dengan kecepatan rata-rata 18,74 detik. Sedangkan pada nilai VHD = 1 dan VHD = 2 didapat rata-rata kecepatan kemenangan



18,74 detik dan 18,34 detik. Sedangkan pada skenario pertempuran antara 9 Batara vs 9 Wira waktu tercepat untuk memenangkan pertempuran dengan menggunakan nilai VHD = 3 yaitu 14,14 detik. Sedangkan jika menggunakan nilai VHD = 1 dan VHD = 2 tercatat waktu kemenangan 17,55 detik dan 15,36 detik seperti terlihat pada tabel 4.72. Pada skenario pertempuran 9 Kirna vs 9 Wira didapatkan data kecepatan waktu 15,69 detik untuk nilai VHD = 1, 11,84 detik untuk VHD = 2 dan 10,80 untuk nilai VHD = 3 selengkapnya pada Tabel 4.73.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari beberapa skenario percobaan yang dilakukan terbukti bahwa perilaku perubahan bentuk formasi dinamis pada pasukan dengan menggunakan metode HFSM menjadikan pasukan lebih kuat dan lebih cepat untuk memenangkan pertempuran dari pada pasukan yang masih menggunakan formasi statis.

Pada percobaan 9 agen yang berbeda yaitu NPC yang menggunakan senjata pedang melawan NPC yang menggunakan senjata sihir (wizard) dengan menggunakan formasi baris dibutuhkan waktu kemenangan 18,36 detik dimenangkan oleh NPC yang menggunakan senjata pedang. Jika formasi yang digunakan adalah formasi panah maka pertempuran dimenangkan oleh pasukan NPC yang menggunakan sihir (wizard) dengan waktu kemenangan 27,95 detik. Jika formasi pasukan diganti dengan formasi "V" pertempuran dimenangkan oleh pasukan yang menggunakan senjata sihir (wizard) dengan waktu kemenangan 33,06 detik. Jika formasi pasukan diganti formasi dinamis didapatkan data kemenangan lebih cepat dari formasi yang lain yaitu 16,88 detik dimenangkan oleh pasukan yang menggunakan senjata pedang.

Perubahan *Vertical Distance* dan *Horizontal Distance* pada formasi dinamis akan mempengaruhi *attack range* masing-masing agen dan kekuatan kelompok pasukan. Dari tiga percobaan pertempuran dengan jumlah NPC dan Enemy yang sama serta tipe agen yang berbeda yaitu pasukan pedang vs pasukan sihir, pasukan pedang vs pasukan panah dan pasukan sihir vs pasukan panah dengan skenario menggunakan formasi dinamis yang berubah *vertical dan horizontal distancenya* yaitu 1, 2 dan 3 di dapat hasil rata-rata waktu tercepat untuk memenangkan pertandingan pada formasi yang menggunakan jarak Vertikal dan Horisontal 1

5.2 Saran

Pada penelitian ini penggunaan metode HFSM yang diimplementasikan pada formasi baris, panah, V masih memiliki kemungkinan untuk dikembangkan lagi menggunakan formasi yang lebih bervariasi dengan parameter pasukan yang lebih banyak. Metode pada penelitian ini masih dapat dioptimalkan dengan metode *Genetic Algorithm* (GA), NSGA – II dan lain sebagainya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reynolds Craig W, (1987), "Flock, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model", *Proceeding of SIGGRAPH '87 (Computer Graphic 21(4)*, July 1987
- [2] Reynolds Craig W, (____), "Steering Behaviors For Autonomous Characters", *Sony Computer Entertainment America*, 1999
- [3] Alberto Boccardo, Rosario De Chiara, Vittorio Scarano, "Massive Battle: Coordinated Movement of Autonomous Agents", *ISISLab - Dipartimento di Informatica ed Applicazioni "R.M. Capocelli" Universit`a degli Studi di Salerno*, _____
- [4] Mingliang Xu¹, Yunpeng Wu¹, Yangdong Yez¹, Illes Farkas², Hao Jiang³, and Zhigang Deng⁴, "Collective Crowd Formation Transform with Mutual Information based Runtime Feedback", *COMPUTER GRAPHICS forum*, _____
- [5] Holger Danielsiek, Raphael St`uer, Andreas Thom, Nicola Beume, Boris Naujoks, Mike Preuss, "Intelligent Moving of Groups in Real-Time Strategy Games"
- [6] Tessa Verbruggen, "Maintaining formations in high-density crowds", *Master Thesis, ICA-3173704*, July 2014
- [7] Jen-Yao Chang , Tsai-Yen Li, "Simulating Virtual Crowd with Fuzzy Logics and Motion Planning for Shape Template", *Proceedings of IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2008*.
- [8] Qin Gu, Zhigang Deng, "Formation Sketching: An Approach to Stylize Groups in Crowd Simulation", *Computer Graphics and Interactive Media Lab, Department of Computer Science University of Houston*, _____
- [9] Saleh Alaliyat, Harald Yndestad, Filippo Sanfilippo, "Optimisation of Boids Swarm Model Based on Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimisation Algorithm (Comparative Study)" , _____
- [10] Abdulla M. Mamdouh, Ahmed Kaboudan, Ibrahim F. Imam, "Real-time, Multi-agent Simulation of Coordinated Hierarchical Movements for Military

Vehicles with Formation Conservation”, *Proceedings of the International MultiConference of engineer and Computer Scientists*, 2012

[11] Meilany Dewi, Moch Hariadi, Mauridhi Hery Purnomo, “Simulating The Movement Of The Crowd In An Environment Using Flocking”, *International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering, Bandung, Indonesia*, 2011

[12] Fajar Aditiya P, “Koordinasi Gerakan Formasi Untuk Agen NPC Dengan Menggunakan Geometri Formasi Tetap”, *Teknik Elektro – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, _____

[13] Bedřich Beneš, Christopher Hartman, “Autonomous Boids”, Department of Computer Graphics Purdue University, _____

[14] Lin Padgham & Michael Winikoff, “Developing Intelligent Agent Systems A practical guide”, *RMIT University, Melbourne, Australia*, _____

[15] Febrian Bahari Adi, Mochammad Hariadi, I Ketut Eddy Purnama, “Simulasi perilaku tempur pada sekumpulan NPC berbasis Boid”, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), _____


[16] Alain Girault, Bilung Lee, and Edward A. Lee, “Hierarchical Finite State Machines with Multiple Concurrency Models”, *IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER-AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS*, VOL. 18, NO. 6, JUNE 1999

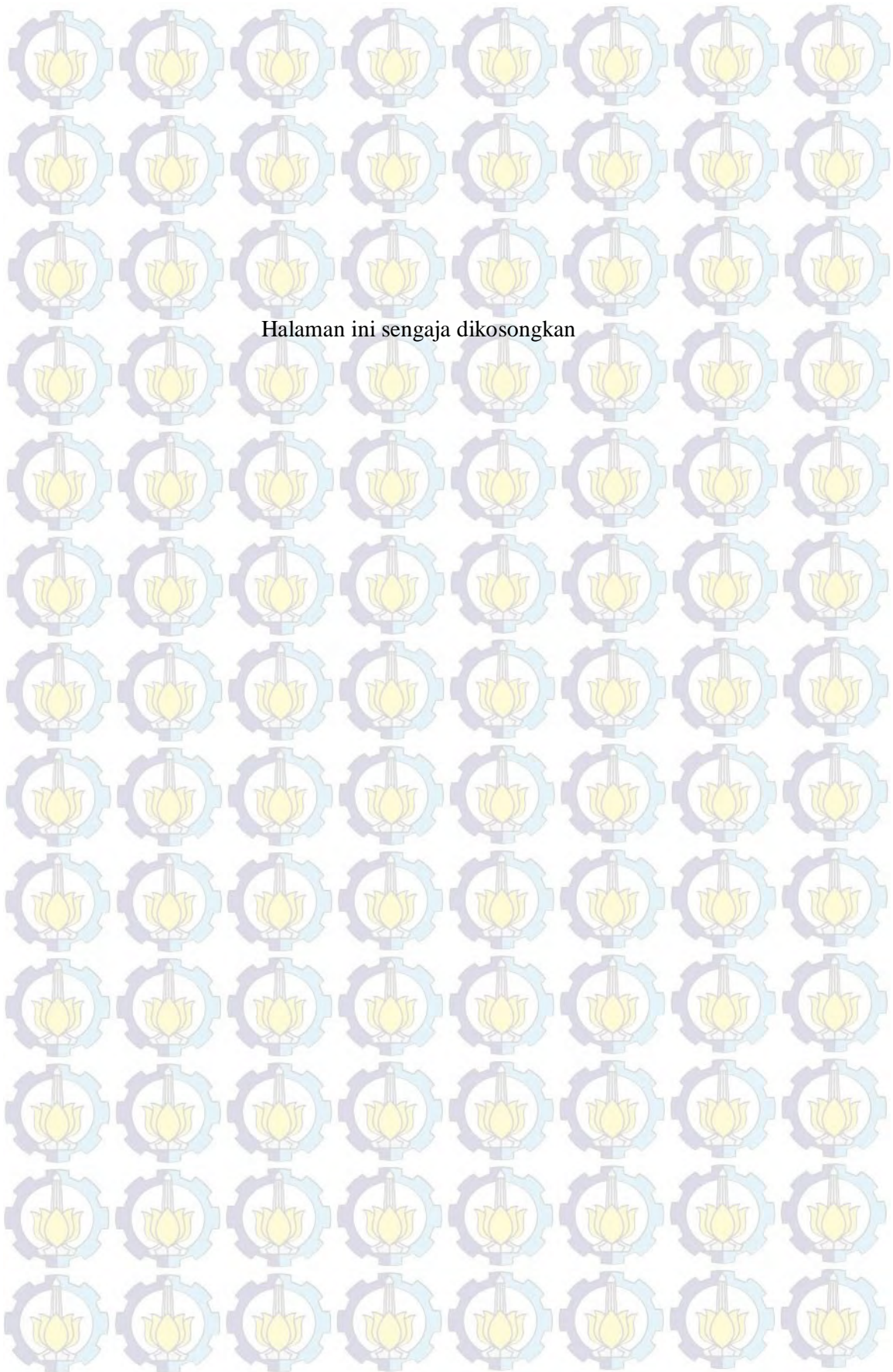
[17] Supeno Mardi Susiki Nugroho, Yunifa Miftachul Arif, Mochamad Hariadi, Mauridhi H Purnomo, “PERILAKU TAKTIS UNTUK *NON-PLAYER CHARACTERS* DI *GAME* PEPERANGAN MENIRU STRATEGI MANUSIA MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* DAN *HIERARCHICAL FINITE STATE MACHINE*”, Januari 2011

[18] Ian Millington, Jhon Funge, “Artificial Intellegence for Game”, Morgan Kaufmann Publishers, 2009

[19] <https://en.wikipedia.org/wiki/Game>, diakses pada tanggal 8 Desember, jam 5:44 AM

[20] <http://www.makintau.com/2015/04/mengenal-karakter-dalam-clash-of-clans>, diakses pada tanggal 8 Desember, jam 5:44 AM

- 
- [21] Alun Sujada, “Formasi Perang Menggunakan Algoritma Boid”, *Teknik Elektro – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, 2011
- [22] Yunifa Miftachul Arif, Mochamad Hariadi, Supeno Mardi S. N, “Strategi Menyerang pada Game FPS Menggunakan *Hierarchy Finite State Machine* dan Logika *Fuzzy*”, _____
- [23] Ajith Abraham, “Rule-based Expert Systems”, *Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA*, _____
- [24] Jason Brownlee, “Finite State Machines (FSM)”, <http://ai-depot.com/FiniteStateMachines/FSM.html>, diakses pada tanggal 8 Desember, jam 5:44 AM
- [25] <https://id.wikipedia.org/wiki/Perang>, diakses pada tanggal 8 Desember, jam 5:44 AM
- [26] Marcel van der Heijden, Sander Bakkes, Pieter Spronck, “Dynamic Formations in Real-Time Strategy Games”, IEEE, 2008



Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Taufikur Rahman, lahir pada 25 Februari 1983 di desa Kebundadap Timur Kec. Saronggi Kab. Sumenep Madura sebagai anak ke dua dari 5 bersaudara dari keluarga besar Marsuto. Mengenyam pendidikan dasar di MI Hidayatus Shibyan dan pada tahun 1995 melanjutkan ke MTs 2 An-Nuqayah Guluk-guluk Sumenep. Setelah lulus dari pendidikan tingkat atas di SMUN 3 Pamekasan pada tahun

2001 sempat mengikuti program Diploma 1 Wearnes Education Center Malang Jurusan Teknik Informatika dan Komputer sebelum akhirnya melanjutkan pendidikan tinggi Jurusan Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Malang dan lulus pada tahun 2007. Gelar Master Teknik di selesaikan di awal tahun 2016 Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia Konsentrasi Game Technology Jurusan Elektro Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Untuk menunjang pekerjaan saat ini sebagai dosen Akademi Komunitas Negeri Sumenep

HP / WA : 082331059335, 087805544466
Email : taufiq@aknsumenep.ac.id
FB : /taufikajadehh
IG : @taufikur_Rahman
BBM : 5353702A
Twitter : @taufikurrahman
Path : taufikurrahman