



TUGAS AKHIR - TE 141599

**PERILAKU PASUKAN *NON-PLAYABLE CHARACTER*  
BERFORMASI PADA PERMAINAN *REAL-TIME STRATEGY***

Fadil Muhammad  
NRP 2209100703

Dosen Pembimbing  
Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT.  
Reza Fuad Rachmadi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

**NON-PLAYABLE CHARACTER BEHAVIOUR IN REAL-TIME  
STRATEGY GAMES USING FORMATION**

Fadil Muhammad  
NRP 2209100703

Advisor  
Dr. Supeno Mardi Susiki N, ST., MT.  
Reza Fuad Rachmadi, ST., MT.

Departement of Electrical Engineering  
Faculty of Industrial Tecnology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**PERILAKU PASUKAN *NON-PLAYABLE CHARACTER*  
BERFORMASI PADA PERMAINAN *REAL-TIME*  
*STRATEGY***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Dr. Supeno Mardis N. ST., MT.**  
**NIP. 197003131995121001**

  
**Reza Fuad R., ST., MT.**  
**NIP. 198504032012121001**



## ABSTRAK

Lume Wars adalah permainan bertipe *Real Time Strategy* (RTS), permainan ini merupakan gabungan penelitian yang sedang dikerjakan oleh 5 orang mahasiswa Teknik Elektro ITS. Dalam permainan ini Terdapat pengendalian *hero* serta unit pasukan yang bertujuan menghancurkan markas lawan. Unit pasukan pada permainan ini merupakan NPC yang tidak dapat dikendalikan pemain. Pada penelitian sebelumnya NPC yang digunakan menggunakan metode *flocking behavior*. NPC tersebut tidak memiliki bentuk formasi. Penelitian ini akan menerapkan formasi dinamis pada NPC yang telah dibuat. Implementasi formasi berupa bentuk formasi, posisi pasukan, pergerakan formasi, pemilihan lawan serta perilaku tempur NPC. Berdasarkan hasil pengujian dengan jumlah lima, 10 dan 15 pasukan tanpa formasi akan memperoleh kemenangan 56% melawan pasukan tanpa formasi lainnya, 44% melawan pasukan formasi persegi panjang dan 22%, 56% 39% dan 89% melawan pasukan formasi segitiga  $90^\circ$ ,  $81^\circ$ ,  $53^\circ$  dan  $44^\circ$ . Rata-rata waktu yang dibutuhkan pertempuran adalah 53 detik, 49,8 detik dan 55,7 detik, 59,8 detik, 56,8 detik dan 52,7 detik. Sedangkan pengujian dengan jumlah empat, sembilan dan 16 pasukan tanpa formasi akan memperoleh kemenangan 65% melawan pasukan tanpa formasi lainnya dan 50% melawan pasukan formasi persegi. Dan rata-rata waktu yang diperoleh adalah 53,2 detik dan 52,1 detik. Bentuk formasi dapat berubah saat melakukan *state evade* dan *state attack*. Posisi pasukan juga dapat berganti apabila terdapat NPC yang berada pada formasi depan mengalami *state die*. Perlu ditambahkan bentuk formasi lainnya serta adanya variasi *opponent selection* untuk menambah jenis variasi formasi dalam permainan Lume Wars.

**Kata kunci :** Lume Wars, Formasi, *Real Time Strategy*, NPC

## ABSTRACT

*Lume Wars is the game which is a Real Time Strategy (RTS) genre .In this game ,there is a controlling of heroes with regard to the army formation that purpose to defeat enemy headquarters .In this game ,Army formation is NPC that can't be controlled by user, and also NPC hasn't formation forms .This research will use dynamic formation for NPC produced before .Implementation of formation can form such as :type of formation, army position ,moving of formation , choosing of enemies and also behavior of NPC wars. Based on research with 5 NPC's,10 of 15 armies (without formation) will get 56% victory against with the enemy that also not used formation .44% against rectangular-formation enemies and 22%,56% 39% and 89% against 90°, 81°, 53° and 44° triangular-formation enemies .The average time needs 54 seconds,49.8 seconds , 55,7 seconds 59,8 seconds, 56,8 seconds and 52,7 seconds respectively. On the other hand, Testing program with 4 NPC's,9 of 16 armies (without formation) will get 65% victory against other enemies that are not used a formation also,50% against rectangular-formation enemies and The average time needs 53.2 seconds and 52.1 seconds respectively. The Formation shape can be changed while of doing state evade and state attack .Army position can change when forward-NPC formation face state die mode .As a result,for the next research ,it must can add some various formations and opponent selection formations as addition formation types in the Lume Wars game.*

**Key words :** *Lume Wars, Formation, Real Time Strategy, NPC*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya Tugas Akhir dengan judul “*Perilaku Pasukan Non-Playable Character Berformasi pada Permainan Real-Time Strategy*”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan yang harus dikerjakan oleh setiap mahasiswa di jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan kepada:

1. Bapak, Ibu, Adik, serta segenap keluarga penulis yang telah memberikan dorongan dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS Surabaya
3. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. dan Bapak Reza Fuad Rachmadi, ST., MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Segenap dosen Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS Surabaya yang telah membekali penulis ilmu dalam mengerjakan Tugas Akhir ini serta para dosen dan karyawan Teknik Elektro ITS pada umumnya.
5. keluarga besar d'09, e49, lab B201 , serta seluruh pihak jurusan Teknik Elektro FTI ITS yang sudah memberikan informasi dan senantiasa memberikan bantuan kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 30 Juni 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir Dan Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 DASAR TEORI .....	5
2.1 Lume Wars .....	5
2.2 Real-Time Strategy.....	6
2.3 Non-Playable Character.....	7
2.4 Strategi Formasi .....	7
2.5 <i>Flocking Behavior</i> .....	9
2.6 Game Maker Studio.....	11
2.6.1 Game Maker Language.....	11
BAB 3 DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI .....	13
3.1 Penentuan Bentuk Formasi dan Posisi Pasukan .....	14
3.2 Penentuan Gerakan Formasi Pasukan.....	20
3.3 Pemilihan Lawan dan Perilaku Tempur pada Formasi.....	20
3.4 Implementasi Formasi pada Pasukan Campuran .....	24
3.5 Penyatuan Komponen Permainan.....	25
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA .....	27
4.1 Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Dengan Formasi .....	27

4.1.1	Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Dengan Formasi Persegi Panjang dan Formasi Segitiga	28
4.1.2	Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Formasi persegi .....	85
4.2	Pengujian Bentuk Formasi dan Posisi Pasukan.....	105
4.2.1	Pengujian Bentuk Formasi Dinamis .....	106
4.2.2	Pengujian posisi pasukan.....	109
BAB 5	PENUTUP .....	113
5.1	Kesimpulan .....	113
5.2	Saran .....	114
DAFTAR	PUSTAKA.....	115
BIOGRAFI	PENULIS.....	117

## DAFTAR TABEL

4.1 Hasil pengujian pasukan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi, formasi persegi panjang dan formasi segitiga .....	28
4.2 Hasil pengujian waktu tempuh pertempuran.....	29
4.3 Hasil pengujian pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B dan formasi persegi .....	85
4.4 Hasil pengujian waktu tempuh pertempuran kedua .....	86

## DAFTAR GAMBAR

1.1 Agen <i>Hero</i> pada permainan Lume Wars.....	1
1.2 Bagian penelitian permainan Lume Wars .....	2
2.1 Tampilan awal permainan Lume Wars .....	5
2.2 Contoh permainan RTS Age of Empires III.....	6
2.3 Bentuk formasi.....	8
2.3 <i>Separation</i> .....	9
2.5 <i>Cohesion</i> .....	10
2.6 <i>Alignment</i> .....	10
3.1 Bagian penelitian permainan Lume Wars .....	13
3.2 Diagram blok penelitian.....	14
3.3 Diagram proses pergantian posisi pasukan .....	15
3.4 Pasukan NPC membentuk formasi persegi .....	17
3.5 Pasukan NPC membentuk formasi persegi panjang.....	18
3.6 Ilustrasi dari formasi segitiga.....	19
3.7 Pasukan NPC membentuk formasi segitiga .....	19
3.8 Ilustrasi pasukan saat menyerang lawan di area.....	21
3.9 Fsm <i>hero alive</i> .....	21
3.10 Fsm <i>hero dead</i> .....	22
3.11 Pasukan campuran dengan formasi segitiga.....	24
3.12 Pasukan campuran pada formasi persegi panjang .....	25
3.13 Ilustrasi Permainan Lume Wars .....	25
4.1 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	31
4.2 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	32
4.3 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	32
4.4 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	33
4.5 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	33

4.6 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	34
4.7 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	34
4.8 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	35
4.9 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	35
4.10 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	36
4.11 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	36
4.12 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	37
4.13 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	37
4.14 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	38
4.15 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	38
4.16 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	39
4.17 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	39
4.18 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	40
4.19 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	40
4.20 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang.....	41
4.21 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	41
4.22 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang.....	42

4.23	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	42
4.24	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	43
4.25	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	43
4.26	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang.....	44
4.27	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran ... tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	44
4.28	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	45
4.29	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	45
4.30	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	46
4.31	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	46
4.32	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang.....	47
4.33	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	47
4.34	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	48
4.35	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	48
4.36	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi panjang .....	49
4.37	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	49
4.38	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	50
4.39	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	50

4.40	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	51
4.41	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	51
4.42	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	52
4.43	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	52
4.44	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	53
4.45	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	53
4.46	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	54
4.47	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	54
4.48	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	55
4.49	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	55
4.50	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	56
4.51	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	56
4.52	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	57
4.53	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	57
4.54	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $90^\circ$ .....	58
4.55	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	58
4.56	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	59

4.57	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	59
4.58	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	60
4.59	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	60
4.60	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	61
4.61	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	61
4.62	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	62
4.63	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	62
4.64	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	63
4.65	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	63
4.66	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	64
4.67	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	64
4.68	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	65
4.69	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	65
4.70	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	66
4.71	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	66
4.72	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $53^\circ$ .....	67
4.73	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	67

4.74	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	68
4.75	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	68
4.76	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	69
4.77	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	69
4.78	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	70
4.79	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	70
4.80	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	71
4.81	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	71
4.82	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	72
4.83	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	72
4.84	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	73
4.85	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	73
4.86	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	74
4.87	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	74
4.88	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	75
4.89	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	75
4.90	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $81^\circ$ .....	76

4.91 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	76
4.92 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	77
4.93 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	77
4.94 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	78
4.95 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	78
4.96 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	79
4.97 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	79
4.98 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	80
4.99 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	80
4.100 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	81
4.101 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	81
4.102 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	82
4.103 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	82
4.104 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	83
4.105 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	83
4.106 Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	84
4.107 Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°.....	84

4.108	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga $44^\circ$ .....	85
4.109	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	87
4.110	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	88
4.111	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	88
4.112	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	89
4.113	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	89
4.114	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi ....	90
4.115	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	90
4.116	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	91
4.117	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	91
4.118	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi ....	92
4.119	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	92
4.120	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi ...	93
4.121	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	93
4.122	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	94
4.123	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	94
4.124	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	95

4.125	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi .....	95
4.126	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi.....	96
4.127	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi.....	96
4.128	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi .....	97
4.129	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi.....	97
4.130	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi.....	98
4.131	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi.....	98
4.132	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi..	99
4.133	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi.....	99
4.134	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi ..	100
4.135	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi.....	100
4.136	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan Campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi .....	101
4.137	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi.....	101
4.138	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan Campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi .....	102
4.139	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi.....	102
4.140	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi.....	103

4.141	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi.....	103
4.142	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi .....	104
4.143	Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi.....	104
4.144	Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi.....	105
4.145	Pasukan memulai <i>evade</i> .....	106
4.146	Pasukan melakukan <i>evade</i> .....	107
4.147	Pasukan kembali membentuk formasi .....	107
4.148	Pasukan kondisi <i>idle</i> .....	108
4.149	Pasukan memulai <i>attack</i> .....	108
4.150	Pasukan dalam keadaan <i>attack</i> .....	109
4.151	NPC posisi 3 <i>die</i> .....	110
4.152	Posisi NPC nomor tiga diganti NPC lain .....	110
4.153	NPC <i>respawn</i> dan berubah posisi .....	111

# BAB 1 PENDAHULUAN

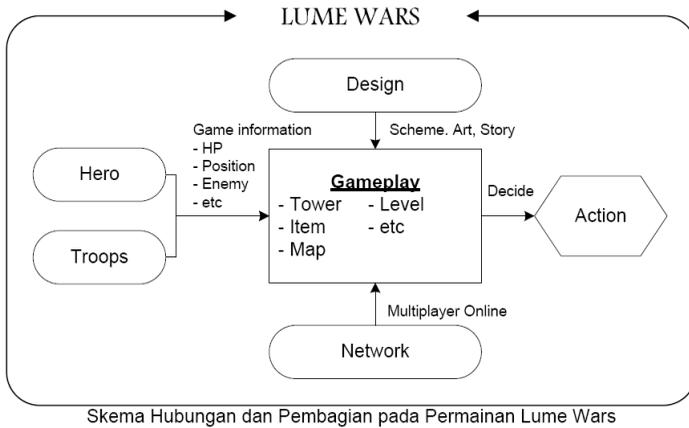
## 1.1 Latar Belakang

Lume wars merupakan permainan bertipe *real time strategy*. Permainan ini merupakan penelitian yang dikerjakan oleh 6 orang mahasiswa Teknik Elektro ITS. Permainan ini mengangkat tema adu strategi antar dua pemain. Misi permainan ini adalah menghancurkan benteng pertahanan dari lawan. Dalam permainan ini aka nada lima ‘ras’ yang dapat digunakan oleh para pemain. Setiap ‘ras’ memiliki kemampuan yang berbeda-beda[1]. Desain awal karakter *hero* kelima ras seperti pada gambar 1.1 yang dibuat oleh Hadi Prayogo, mahasiswa pasca sarjana *Game Technology*.



**Gambar 1. 1** Agen *Hero* pada permainan Lume Wars[1]

Permainan Lume Wars akan dibagi menjadi beberapa bagian utama[2]. Bagian pertama adalah pembuatan desain karakter serta lingkungan permainan. Dengan adanya desain tersebut maka dapat dibuat jalan cerita dan skenario dari permainan tersebut. Dari skenario serta jalan cerita permainan, maka diimplementasikan *hero* serta pasukan pada permainan Lume Wars. Pada gambar 1.2 diperlihatkan skema hubungan dan pembagian dalam permainan Lume Wars.



**Gambar 1.2** Bagian penelitian permainan Lume Wars[2]

Di dalam gambar tersebut terdapat bagian *troops* yang merupakan pasukan NPC yang dikendalikan oleh AI. Pada penelitian ini akan diimplementasikan formasi dinamis pada pasukan. Layaknya manusia, pasukan dirancang untuk akan memiliki formasi yang dapat menyerang, bertahan serta memenangkan permainan. Formasi yang digunakan tiap pasukan berbeda antar tiap pasukan sesuai dengan kondisi pasukan serta kondisi pasukan lawan. selain itu formasi ini akan mempertimbangkan beberapa hal yaitu bentuk formasi pasukan, posisi pasukan, gerakan formasi hingga pemilihan formasi terhadap lawan. Dengan begitu tercipta perilaku pada pasukan berformasi.

## 1.2 Permasalahan

Dalam pembuatan permainan “Lume Wars”, dibutuhkan pasukan yang dapat bertindak tanpa dikendalikan secara langsung oleh pemain dan bergerak sesuai dengan kondisi lingkungan dan juga kondisi dari karakter utama. Pasukan yang dibuat nantinya akan memiliki Formasi pasukan yang dinamis. Dalam pengaturan formasi pasukan NPC ini akan diimplementasikan beberapa jenis formasi untuk diterapkan pada pergerakan berkelompok pasukan NPC.

## 1.3 Tujuan Tugas Akhir Dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini menghasilkan agen pasukan NPC memiliki formasi yang dapat berjalan pada *flocking* serta memiliki pergerakan dinamis. Dengan adanya formasi, pasukan NPC diharapkan dapat menyerang dengan baik sehingga permainan Lume Wars dapat lebih menarik.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

- a. Formasi yang dibuat akan diterapkan pada bagian NPC.
- b. Formasi yang digunakan akan berjalan pada NPC dengan metode *flocking behavior*.
- d. Target platform permainan yang dibuat adalah *device* android
- e. Pasukan NPC berjumlah 10.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga lebih mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang hendak melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. Bab I Pendahuluan  
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika laporan.
2. Bab II Dasar Teori  
Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian

ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu hal-hal yang berkaitan dengan pasukan NPC dan teori-teori penunjang lainnya.

3. Bab III Perancangan Sistem dan Implementasi

Bab ini menjelaskan perencanaan sistem model jaringan yang akan dibuat pada permainan. Pada bab ini akan dijelaskan lebih lanjut aturan-aturan dalam pembuatan formasi dinamis pada pasukan PC.

4. Bab IV Pengujian dan Analisis

Bab ini menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem dalam penelitian ini dan menganalisa sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan juga disebutkan dalam bab ini. Sehingga ketika akan dikembangkan lebih jauh, spesifikasi perlengkapannya bisa dipenuhi dengan mudah tanpa harus melakukan ujicoba perangkat lunak maupun perangkat keras lagi.

5. Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian serta percobaan. Saran dan kritik yang membangun juga akan dituliskan pada bab ini.

## BAB 2 DASAR TEORI

Untuk mendukung penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Dengan demikian penelitian ini lebih terarah.

### 2.1 Lume Wars

Lume Wars merupakan permainan yang dibuat serta dikembangkan oleh 5 mahasiswa dari jurusan Teknik Elektro. Permainan ini merupakan pertempuran antara lima ras yaitu Aria, Borneo, Atlantic, Maya dan Outer. Untuk dapat memenangkan permainan ini, setiap ras harus dapat menghancurkan markas musuh[1].

Lume Wars mengisahkan perebutan kekuasaan antara kelima ras yang ada, dimana setiap ras memiliki kekuatan yang berbeda. Pada awal permainan terdapat beberapa pilihan menu, logo serta salah satu karakter permainan yang terdapat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Tampilan awal permainan Lume Wars[2]

Dalam pembuatan permainan Lume Wars dibagi menjadi dua bagian

yaitu bagian desain dan *programming*. Bagian desain akan mengerjakan desain jalan cerita, karakter, bangunan, antar muka, map dan juga membuat art book dari permainan Lume Wars. Bagian kedua adalah bagian *programming*. Pada bagian ini akan memberikan perilaku terhadap agen yang terdapat pada permainan ini. agen tersebut adalah agen Hero, Pasukan dan bangunan. Setiap agen diprogram agar dapat bertindak sesuai skenario yang telah ditentukan. Selain itu bagian *programming* juga berperan untuk mengimplementasikan desain dari jalan cerita yang telah dibuat sebelumnya.

## 2.2 Real Time Strategy

RTS (*Real Time Strategy*) adalah salah satu genre dalam permainan komputer yang memiliki ciri khas berupa permainan perang yang terdiri atas pembangunan kekuatan/Negara, pengumpulan sumberdaya, serta pembangunan dan pengaturan pasukan-pasukan tempur[3].



**Gambar 2.2** Contoh permainan RTS Age of Empires III[3]

. Disebut *strategy* karena jenis permainan ini melibatkan pengaturan perang tingkat strategis misalnya pasukan, peperangan, dan diplomasi. Meskipun militer merupakan aspek dominan dalam RTS,

RTS juga melibatkan aspek lain seperti ekonomi, pembangunan, dan diplomasi suatu Negara

RTS dibedakan dari *turn-based strategy* dimana dalam RTS permainan tidak mengenal giliran. Setiap pemain dapat mengatur/memerintah pasukannya dalam waktu apapun. Dalam RTS, tema permainan dapat berupa sejarah (misalnya seri Age of Empires), fantasi (misalnya Warcraft) dan fiksi ilmiah (misalnya Star Wars).

Dalam permainan jenis RTS militer memiliki macam-macam kemampuan untuk mengalahkan lawan. Pada gambar 2.2 kekuatan pasukan serta mesin perang digunakan untuk menghancurkan musuh.

### **2.3 Non-Playable Character**

*Non-playable character* atau biasa disebut NPC adalah karakter dalam permainan yang tidak dikendalikan oleh pemain. NPC ini dapat bertindak sebagai musuh maupun bertindak sebagai pasukan pendukung pemain tersebut. Dengan tidak ada campur tangan pemain maka NPC dikendalikan oleh *artificial intelegent* atau kecerdasan buatan yang telah dibuat oleh developer permainan sebelumnya.

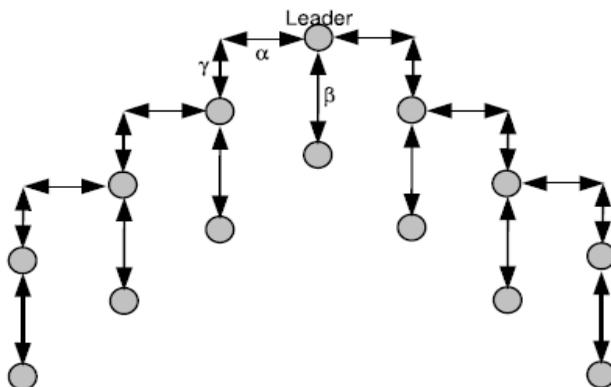
Terdapat beberapa teknik yang dapat dilakukan agar NPC dapat bertindak secara realistis. Perilaku NPC bisa secara statik yang artinya akan tetap sama dari awal hingga akhir maupun bertindak berubah-ubah tergantung perkembangan dari NPC itu tersebut. Salah satu teknik yang digunakan untuk NPC yang statik adalah menggunakan FSM atau *Finite State Machine*.

### **2.4 Strategi Formasi**

Strategi formasi menentukan posisi dalam suatu unit kemiliteran. Dalam beberapa budaya, formasi selalu digunakan pada setiap pertarungan. Misalnya saja formasi tembok pelindung, dimana setiap pasukan militer membentuk perlindungan dengan alat pelindung yang digunakan dari bahu ke bahu militer tersebut. Strategi ini digunakan oleh sebagai strategi bertahan pada saat perang di China. Banyak sekali strategi-strategi yang ada saat ini diaplikasikan ke *artificial intelegent* pada pasukan NPC. Salah satu dari permainan RTS yang menerapkan strategi ini adalah age of empire II. Dalam penerapan strategi formasi di NPC dapat diterapkan formasi yang tetap maupun formasi yang dinamis.

Formasi yang dinamis merupakan sebuah kumpulan unit pasukan yang membentuk suatu formasi yang mampu beradaptasi sesuai dengan keadaan. Pada formasi strategi yang dinamis harus mampu menyesuaikan formasi berdasarkan formasi dari lawan. Untuk dapat merealisasikan hal tersebut maka strategi ini harus memiliki lima komponen penting[4] yaitu:

a. Bentuk Formasi



**Gambar 2.3** Bentuk formasi[4]

Pada gambar 2.3 terdapat desain umum pada formasi yang dinamis. desain ini memungkinkan untuk melakukan berbagai bentuk formasi secara dinamis. misalnya saja bentuk persegi panjang, irisan dan irisan terbalik.

b. Posisi Pasukan

Pada formasi yang ini posisi tiap pasukan telah ditentukan sesuai dengan lokasi awal mereka di peta.

c. Pergerakan Formasi

Terdapat dua cara untuk melakukan pergerakan pasukan pada formasi dinamis. yang pertama pasukan akan mengikuti pergerakan leader dari pasukan. yang kedua pasukan akan mengikuti pergerakan dari pasukan lainnya.

d. Pemilihan Lawan

Terdapat beberapa cara untuk melakukan pemilihan lawan/*opponent selection*. beberapa diantaranya adalah

memilih lawan terdekat maupun memilih melawan hero dengan mengesampingkan lawan terdekat.

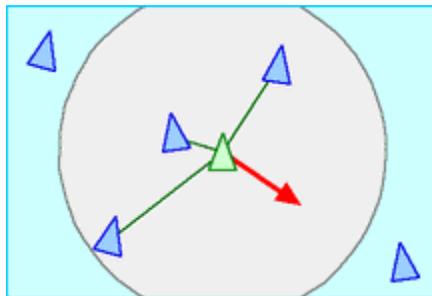
- e. Perilaku Tempur  
Komponen terakhir adalah perilaku tempur. salah satu dari macam perilaku tempur adalah melakukan *hit and run*.

## 2.5 Flocking Behavior

*Flocking behavior* merupakan istilah untuk menggambarkan perilaku dari kawanan burung yang sedang terbang secara berkelompok. Dalam pergerakan karakter di dalam simulasi atau permainan, metode *flocking* ini dapat digunakan. Dalam makalah Reynold mengenai perilaku *flocking*[5], setiap unit yang diberi perilaku *flocking* ini disebut *boid*. Tiap *boid* akan mengikuti tiga aturan yaitu *separation*, *cohesion*, dan *alignment*. *Separation* adalah gaya untuk menghindari, *cohesion* adalah gaya untuk berkumpul dan *alignment* adalah gaya untuk bergerak dengan arah dan kecepatan yang sama. Dengan ketiga gaya tersebut akan membentuk perilaku yang disebut *flocking behavior*.

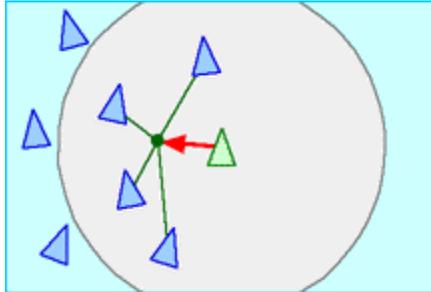
### a. Separation

*Separation* adalah perilaku menjauh antara satu unit dengan unit lainnya dalam suatu kelompok. Perilaku ini membuat unit tidak berdekatan antara satu dengan lainnya. Pada gambar 2.4 digambarkan suatu unit yang berdekatan bergerak menjauh sehingga antar unit tidak terlalu berdekatan.



**Gambar 2. 4** Separation[5]

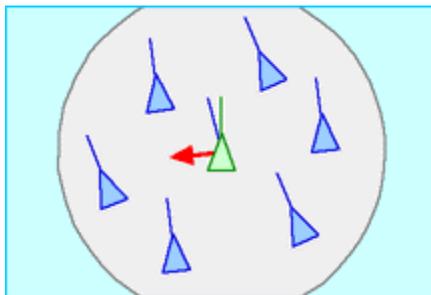
b. *cohesion*



**Gambar 2. 5** *Cohesion*[5]

*Cohesion* mengarahkan suatu unit untuk bergerak ke suatu titik kepadatan tertentu. Dengan adanya *cohesion* maka suatu kelompok akan tetap berada pada daerahnya. Pada gambar 2.5 digambarkan sekelompok unit yang melakukan gaya *cohesion* sehingga membuat unit pasukan berkumpul pada daerah yang sama.

c. *Alignment*



**Gambar 2. 6** *Alignment*[5]

*Alignment* mengatur unit-unit pada suatu pasukan menyesuaikan arah dalam pergerakan mengikuti mayoritas unit yang lain. Pada gambar 2.6 digambarkan bagaimana arah dari setiap unit disesuaikan arahnya. Pada

penelitian ini pasukan NPC menggunakan *alignment* untuk menyesuaikan pergerakan dari *hero*.

## 2.6 Game Maker Studio

GameMaker–Studio adalah sebuah game engine, aplikasi yang bertujuan untuk membuat permainan. GameMaker menggunakan sistem pengembangan permainan berbasis drag-and-drop, dimana developer tidak perlu memahami pemrograman yang rumit karena segala kebutuhan dasar dalam membangun permainan sudah tersedia dan dapat langsung digunakan. GameMaker–Studio adalah sebuah *game engine*, aplikasi yang bertujuan untuk membuat permainan[6]. GameMaker menggunakan sistem pengembangan permainan berbasis *drag-and-drop*, dimana *developer* tidak perlu memahami pemrograman yang rumit karena segala kebutuhan dasar dalam membangun permainan sudah tersedia dan dapat langsung digunakan.

Game maker-Studio memberikan focus untuk membuat permainan 2D. Game-Maker studio juga memberikan kemudahan kepada developer untuk menciptakan permainan banyak *platform* dengan memberikan dukungan *multi-platform* yang diberikan. Bahasa yang digunakan untuk menciptakan serta mengembangkan game maker adalah GML atau yang biasa disebut Game-Maker Language.

### 2.6.1 Game Maker Language

Game-Maker Language atau biasa disingkat GML adalah bahasa pemrograman pada *game engine* Game-Maker Studio. GML berbasis pada bahasa Javascript dan digunakan sebagai penunjang fleksibilitas dan kontrol dari konsep *drag-and-drop* pada GameMaker. GML memiliki banyak kesamaan dengan bahasa pemrograman yang lain, baik dari sisi operator, fungsi, maupun *syntax*. Namun terdapat dua hal penting yang paling membedakan yaitu model variabel dan tipe data yang digunakan. GML membedakan variabel yang digunakan pada penulisan *code* kedalam empat model berdasarkan lingkup penggunaannya, yaitu :

1. *Instance Variable*

Adalah variabel yang dideklarasikan didalam sebuah *instance* atau objek, dan dapat digunakan dibagian manapun didalam *instance* tersebut.

2. *Local Variable*

Adalah variabel yang dideklarasikan didalam sebuah bagian tertentu dari sebuah *instance*, dan hanya dapat digunakan didalam bagian tersebut.

3. *Global Variable*

Adalah variabel yang dideklarasikan sekali namun menjadi bagian dari permainan secara umum, dan dapat digunakan dari bagian manapun dalam permainan

4. *Built-in Variable*

Adalah variabel yang sudah dedeklarasikan oleh GameMaker dan tidak dapat dirubah nilainya.

GML hanya mengakui dua macam tipe data, yaitu tipe data *string* dan tipe data *real*. GML juga membagi penggunaan *code*-nya kedalam tiga tempat penggunaan, yaitu :

1. *Scripts Code*

Adalah *code* yang dibuat secara tersendiri dan dapat dipanggil sewaktu-waktu tadi objek maupun *room* manapun.

2. *Instance Code*

Adalah *code* yang dibuat dan diletakkan pada *sebuah instance* atau objek, dan akan terus dieksekusi selama objek tersebut ada.

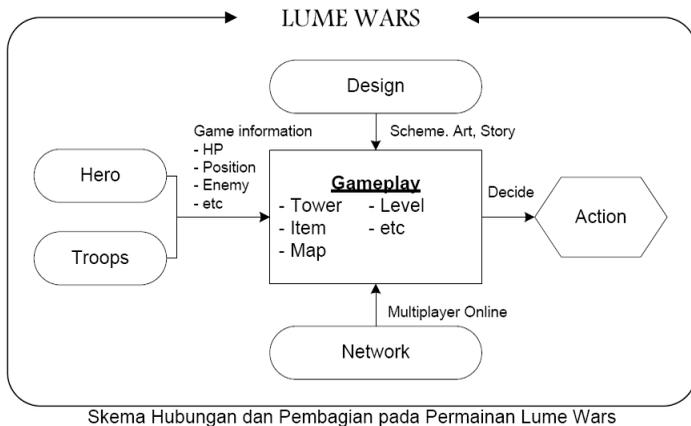
3. *Room Creation Code*

Adalah *code* yang dibuat dan diletakkan pada *room* atau *window* tempat permainan berlangsung, dan akan dieksekusi pada saat *room* pertama kali dibuat.

### BAB 3

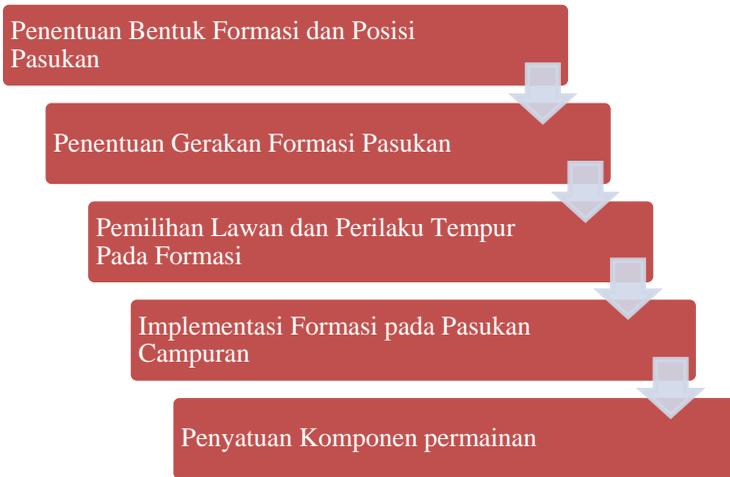
## DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

Lume wars adalah permainan bertipe RTS(*real time strategy*). permainan ini merupakan penelitian yang dikerjakan oleh 5 orang mahasiswa jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya. Salah satu komponen yang terdapat pada permainan ini adalah adanya *Troops* yang berbentuk NPC(*non playable character*). NPC digunakan untuk membantu *hero*. Pada gambar 3.1 akan dijelaskan bagian pada permainan Lume Wars.



**Gambar 3.1** Bagian penelitian permainan Lume Wars[2]

Penelitian ini disusun untuk mendesain formasi pada pasukan NPC pada permainan Lume Wars. Untuk merancang suatu formasi diperlukan beberapa langkah untuk membuat formasi pada pasukan NPC sesuai dengan yang diinginkan. Pada gambar 3.2 akan ditunjukkan tahapan-tahapan untuk mendesain formasi pada pasukan NPC. Mulai dari tahap pembentukan bentuk dari formasi dari NPC hingga memasukkan formasi ke dalam permainan Lume Wars.

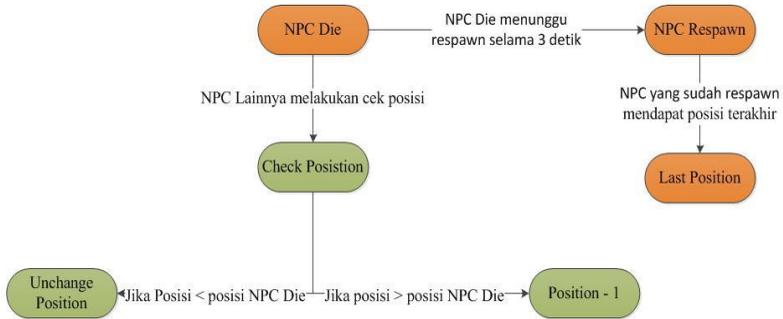


**Gambar 3.2** Diagram blok penelitian

### **3.1 Penentuan Bentuk Formasi dan Posisi Pasukan**

Pada penelitian ini akan dibentuk tiga bentuk formasi yang akan diterapkan kepada pasukan NPC pemain maupun NPC dari musuh. Setiap formasi dibangun pada sebuah *grid*. *Grid* ini akan merefleksikan baris yang nantinya akan mengatur posisi pasukan NPC. Pada penelitian sebelumnya yang membahas tentang perilaku NPC menggunakan *flocking behavior* [7] terdapat salah satu aturan dasar pada *flocking* yaitu *separation*. Di penelitian tersebut *separation* digunakan untuk memisahkan antar pasukan dengan cara memberikan jarak antar pasukan lainnya. Pada penelitian ini aturan *separation* akan diganti dengan penempatan posisi pasukan sehingga masing-masing pasukan dapat memisahkan diri serta menempati posisi yang diinginkan. Namun aturan *separation* ini akan kembali terbentuk saat pasukan dalam kondisi menyerang sehingga formasi akan terlihat lebih dinamis. Selain itu ada beberapa aturan dalam *flocking* yang tetap dipertahankan. aturan seperti *cohesion* dan *alignment* tetap dipertahankan sehingga sifat-sifat pasukan seperti *follow* dan *evade* tetap dibuat. Perilaku *evade* sendiri adalah perilaku menghindari suatu pasukan ketika terdapat objek yang menghadang. Dengan adanya perilaku *evade* maka formasi yang dibuat tidak bersifat statis. Penentuan posisi pada formasi juga dibuat lebih

dinamis. Suatu NPC dapat berubah posisi dalam formasi tersebut pada kondisi tertentu. Kondisi ini misalnya saat salah satu NPC yang berada di posisi depan mati maka NPC lainnya akan menempati posisi tersebut sehingga posisi depan pada suatu formasi tidak kosong.



**Gambar 3.3** Diagram proses pergantian posisi pasukan

pada gambar 3.3 terdapat diagram proses dari pergantian posisi pasukan. Diagram yang telah dibuat memiliki keterangan-keterangan sebagai berikut:

1. *NPC Die*  
Kondisi ini saat NPC dalam suatu pasukan ada kehabisan *helath point*. NPC yang kehabisan *helath point* akan mengalami *respawn*. sedangkan NPC lainnya akan melakukan *check position*.
2. *Check Position*  
Saat terdapat NPC yang kehabisan *helath point* dan mengalami *die*, maka NPC lainnya akan mengecek letak posisi di dalam suatu formasi.
3. *Unchange Position*  
Jika formasi NPC lebih kecil dari pada formasi NPC *die*, maka formasi tidak perlu mengubah posisi di bentuk formasi tersebut.
4. *Position -1*  
NPC mengubah *id* posisi dan menempati posisi baru yang ditinggalkan oleh hero yang mengalami *die*

## 5. *Spawn*

Perilaku ini tidak dipengaruhi oleh kondisi leader, kondisi ini terjadi ketika unit pasukan mati. Pasukan akan spawn di sekitar markas, apabila unit pasukan mati maka akan hidup kembali dalam 3 detik.

Penelitian ini terdapat tiga bentuk posisi yaitu:

### 1. Formasi Persegi

Formasi persegi merupakan formasi umum yang sering digunakan pada permainan-permainan RTS. Formasi ini akan menempatkan pasukan pada baris serta kolom tertentu hingga akan membentuk formasi persegi. Kolom dan baris pada formasi persegi memiliki jumlah yang sama. Untuk dapat membuat formasi persegi terlebih dahulu akan dihitung jumlah pasukan di dalam sebuah permainan. Setelah didapatkan jumlah pasukan yang terdapat dalam sebuah pasukan, maka langkah selanjutnya adalah mencari matriks dari jumlah pasukan tersebut. Matriks ini yang nantinya akan menjadi jumlah dari kolom dan baris pada formasi persegi. Untuk mendapatkan matriks dari jumlah pasukan dapat menggunakan dengan persamaan 3.1.

$$Matriks = \text{abs}\sqrt{\text{Jumlah Pasukan}} \quad (3.1)$$

Dengan didapaknya matriks pada formasi ini, maka bisa didapatkan pula jumlah kolom serta jumlah baris yang akan dibuat. Setelah didapatkan jumlah baris serta kolom maka langkah selanjutnya adalah menempatkan pasukan pada kolom dan baris yang telah ditentukan. Untuk menempatkan pasukan diposisi yang diinginkan dapat dilakukan dengan cara memberikan nomor *id* pada masing-masing pasukan. Di setiap nomor *id* akan diberikan informasi kolom dan baris yang berbeda di setiap nomor *id*-nya. Setelah itu setiap kolom dan baris ditempatkan pada koordinat-X dan koordinat-Y yang diinginkan. Dengan ditematkannya setiap pasukan NPC di nomor baris dan nomor kolom yang berbeda maka terbentuklah pasukan NPC dengan formasi persegi yang diinginkan. Pada gambar 3.4 diperlihatkan NPC yang menggunakan formasi persegi.



**Gambar 3.4** Pasukan NPC membentuk formasi persegi

## 2. Formasi Persegi Panjang

Formasi ini memiliki kesamaan dengan formasi persegi. Perbedaan yang mendasar pada formasi ini adalah perbandingan antara jumlah baris dan kolom yang berbeda. Tidak seperti formasi persegi, formasi ini memiliki jumlah baris yang lebih sedikit dibandingkan jumlah kolomnya. Membuat formasi persegi panjang hampir sama dengan membuat formasi persegi. Perbedaan mendasar pembuatan formasi ini adalah dengan menentukan jumlah baris yang akan dibuat.

Pada penelitian ini akan menggunakan 2 baris, jumlah kolom akan mengikuti jumlah dari pasukan NPC. Setelah itu langkah-langkah untuk membentuk formasi ini sama seperti formasi persegi. Di setiap pasukan akan diberi nomor *id* dan nomor *id* ini akan diberikan informasi nomor baris dan nomor kolom pasukan tersebut. Setelah itu setiap nomor kolom dan baris akan menempati koordinat-X dan koordinat-Y tertentu. Dengan begitu maka setiap pasukan akan menempati koordinat-X dan koordinat-Y yang diinginkan. Pada gambar 3.5 diperlihatkan NPC yang menggunakan formasi persegi panjang.

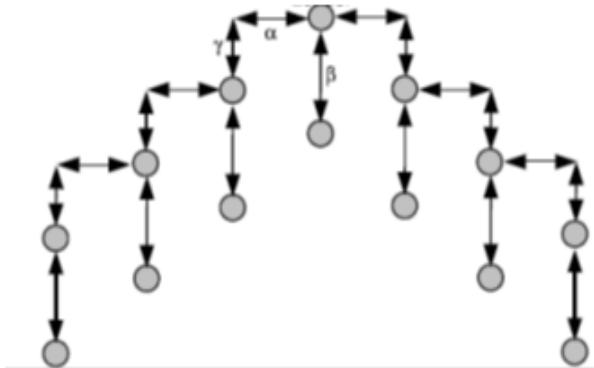


**Gambar 3.5** Pasukan NPC membentuk formasi persegi panjang

### 3. Formasi Segitiga

Formasi ini memiliki bentuk yang berbeda dengan formasi-formasi sebelumnya. Untuk membuat formasi ini setiap posisi akan diberikan koordinat-X dan koordinat-Y yang telah ditentukan. Untuk membentuk formasi segitiga dibutuhkan beberapa variabel yang akan membentuk letak dari posisi pasukan pada formasi tersebut. variabel yang akan diberikan merupakan variabel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . pada gambar 3.6 akan diberikan ilustrasi dari penempatan posisi pada formasi segitiga. Pada gambar 3.6 terlihat posisi-posisi dari pasukan yang ditentukan oleh variable  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Seperti pada formasi-formasi sebelumnya setiap pasukan akan diberikan nomor *id* yang berbeda. setelah itu setiap nomor *id* akan ditempatkan pada posisi tertentu. Dengan menggunakan variable-variabel tersebut posisi dari pasukan dapat ditentukan. Seperti

pada formasi-formasi lainnya, bentuk dari formasi ini dapat berubah pada kondisi tertentu. misalnya saja saat *hero* melewati pasukan maupun saat pasukan dalam keadaan menyerang pasukan lainnya. Pada gambar 3.7 akan diperlihatkan pasukan NPC yang menggunakan fomasi segitiga.



**Gambar 3.6** Ilustrasi dari formasi segitiga



**Gambar 3.7** Pasukan NPC membentuk formasi segitiga

### 3.2 Penentuan Gerakan Formasi Pasukan

Terdapat dua hal yang penting dalam pergerakan formasi yaitu kecepatan serta arah pasukan. Pada penelitian sebelumnya[7] kecepatan serta arah dari pasukan NPC dipengaruhi oleh kecepatan serta arah dari *hero*. Pada penelitian sebelumnya terdapat perilaku *follow*. perilaku ini adalah perilaku pasukan untuk mengikuti *hero*. perilaku *follow* memiliki tiga gaya pada aturan dasar flocking yaitu *separation*, *alignment* dan *cohesion*. Pada penelitian ini terjadi sedikit perubahan pada perilaku pasukan. Pada penelitian ini saat pasukan menerapkan bentuk formasi, gaya *separation* tidak digunakan namun tetap menggunakan gaya *cohesion* dan *alignment*. *Cohesion* digunakan agar pasukan tetap berada pada kerumunan sedangkan *alignment* membuat pasukan memiliki arah yang sama dengan tujuan pasukan. Dengan begitu *separation* akan mempengaruhi arah dari pasukan NPC. Begitu pula gaya *cohesion* akan mempengaruhi kecepatan dari pasukan NPC. Pada gaya yang terdapat pada *cohesion* terdapat suatu area yang akan membuat pasukan NPC menurunkan kecepatan di daerah tersebut. hal ini membuat pasukan akan menurunkan kecepatannya saat NPC telah sampai pada tujuan.

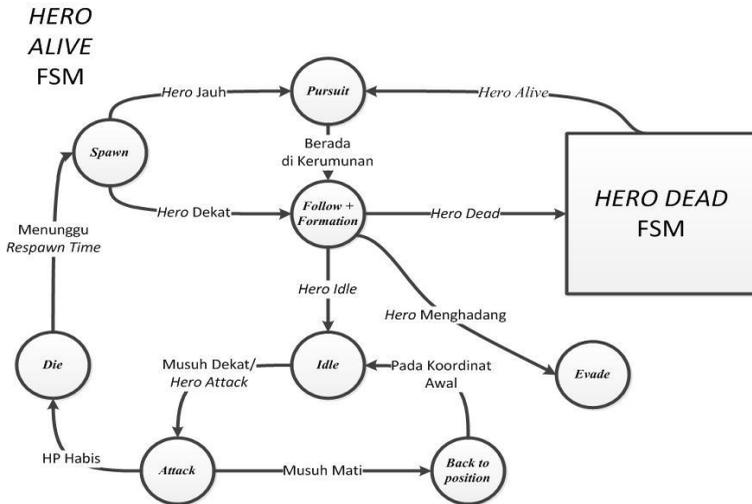
### 3.3 Pemilihan Lawan dan Perilaku Tempur pada Formasi

Pada suatu permainan *real time strategy* atau RTS pemilihan lawan serta perilaku tempur merupakan suatu komponen yang penting. Pada penelitian ini pemilihan lawan digunakan secara acak pada lawan yang terdapat pada area penyerangan pasukan tersebut. Selain itu NPC akan cenderung memilih lawan terdekat. Lawan yang diserang dapat berupa *hero* ataupun pasukan NPC. Selama lawan tersebut masih terdapat pada area serang maka pasukan akan menyerang lawan tersebut. Pada gambar 3.8 akan di ilustrasikan saat pasukan NPC menyerang lawan yang berada di area penyerangan.

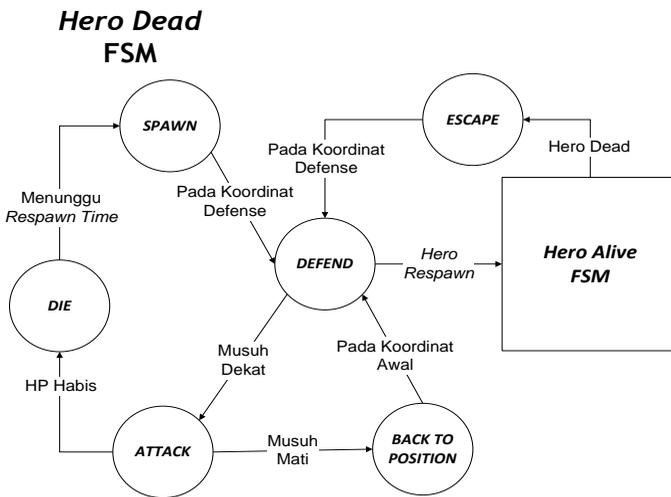
Perilaku tempur pasukan NPC dalam permainan ini akan dibagi menjadi dua *state*[7]. *State* pertama adalah perilaku tempur pasukan NPC saat *hero* NPC tersebut hidup atau *alive*. *State* kedua akan menggambarkan perilaku tempur saat *hero* dari NPC tersebut mati atau *dead*.



**Gambar 3.8** Ilustrasi pasukan saat menyerang lawan di area



**Gambar 3.9** Fsm hero alive[7]



**Gambar 3.10** Fsm hero dead[7]

Saat kondisi *hero* hidup maka *state* yang akan digunakan seperti pada gambar 3.9. Sedangkan saat *hero* dalam keadaan mati maka *state* yang akan digunakan seperti pada gambar 3.10. *State-state* pada FSM yang telah dibuat memiliki keterangan-keterangan sebagai berikut:

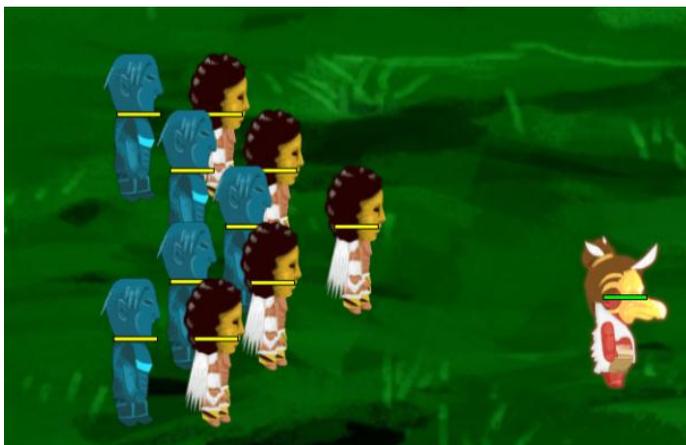
1. *Follow + formation*  
Kondisi ini merupakan kondisi mengikuti pergerakan leader dengan berada pada jarak tertentu dibelakang leader. Ketika melakukan kondisi ini maka pasukan akan menerapkan aturan *flocking* agar pergerakan tetap tampak natural. pada kondisi ini pula akan diimplementasikan formasi yang telah dibuat.
2. *Evade*  
Kondisi ini merupakan kondisi dimana unit pasukan tertentu akan diberikan gaya *evade*, guna menghindari objek tertentu seperti rintangan, atau *hero* yang bergerak.
3. *Pursuit*  
Kondisi ini adalah kondisi dimana unit pasukan harus menuju target yang bergerak. Pada kondisi permainan ini, perilaku ini terjadi ketika unit pasukan baru *spawn* setelah mati dan menuju kerumunan pasukan lainnya.

4. *Attack (melee & Range)*  
Merupakan kondisi menyerang pasukan, pada permainan ini , terdapat 2 kondisi menyerang pasukan yaitu serangan jarak dekat (*Melee*) dan serangan jarak jauh (*Range*). Pasukan akan menyerang dengan bergerak mendekat ke musuhnya sampai jarak serangannya mencukupi, pada permainan ini pasukan *melee*(jarak dekat) memiliki jarak serangan 10 *pixel*, dan pasukan *range*(jarak jauh) memiliki jarak serangan 250 *pixel*.
5. *Back to Position*  
Merupakan kondisi dimana pasukan harus kembali ke posisi semula, pada perancangan ini pasukan harus menerapkan kondisi ini setelah melakukan penyerangan terhadap musuh. Dengan adanya formasi, pada *state* ini nantinya akan ada penyesuaian berupa perpindahan posisi di bentuk formasi. Jika terdapat NPC yang mati di bagian depan formasi maka NPC yang lain akan menggantikan NPC tersebut. Dengan begitu posisi di depan formasi akan menjadi prioritas dari suatu pasukan.
6. *Escape*  
Merupakan kondisi pasukan harus kembali ke lokasi markas , karena *hero* mati. Kondisi ini akan mengabaikan kondisi *attack*, sehingga apabila unit pasukan sedang menyerang atau tidak, unit tersebut akan tetap pergi menuju markas.
7. *Defend*  
Merupakan kondisi setelah pasukan *escape* dan telah mencapai markas, pasukan akan diam dan menghadap ke arah markas musuh, bila terdapat musuh pada area serangan pasukan maka pasukan akan menyerang musuh tersebut, sedangkan apabila *hero* hidup kembali ketika kondisi ini maka, kondisi *follow* akan diterapkan kembali.
8. *Spawn*  
Perilaku ini tidak dipengaruhi oleh kondisi leader , kondisi ini terjadi ketika 2 kondisi ,yaitu ketika permainan baru saja dimulai, dan ketika unit pasukan mati. Pasukan akan spawn di sekitar markas, apabila unit pasukan mati maka akan hidup kembali dalam 3 detik.

### 3.4 Implementasi Formasi pada Pasukan Campuran

Untuk menambah variasi formasi yang dibuat maka dibentuklah formasi dengan pasukan campuran. Pasukan campuran adalah pasukan yang terdiri dari dua ras yang berbeda. Untuk membuat variasi yang signifikan jenis pasukan yang di campur adalah pasukan yang berbeda tipe penyerangannya. Pada penelitian ini pasukan yang akan dicampur adalah pasukan dengan tipe penyerangan jarak dekat dan pasukan dengan tipe jarak jauh.

Pada gambar 3.11 akan diberikan ilustrasi pasukan campuran yang menggunakan formasi segitiga dan pada gambar 3.12 akan diberikan ilustrasi pasukan campuran yang menggunakan formasi persegi panjang. Pada penelitian ini terdapat batasan masalah jumlah pasukan yang digunakan yaitu 10 NPC. dengan begitu penerapan pasukan campuran digunakan pada lima NPC jarak dekat dan lima NPC jarak jauh agar pasukan dapat seimbang pada penyerangan jarak dekat dan jarak jauhnya.



**Gambar 3.11** Pasukan campuran dengan formasi segitiga



**Gambar 3.12** Pasukan campuran pada formasi persegi panjang

### 3.5 Penyatuan Komponen Permainan



**Gambar 3.13** Ilustrasi Permainan Lume Wars

Penyatuan Bagian permainan Lume Wars ini dilakukan di IDE Game Maker : Studio. Pada IDE Game Maker : Studio setiap objek memiliki *event* dan *action*. Bagian penelitian ini akan disatukan pada object pasukan NPC pemain serta pasukan NPC dari lawan yang telah

dibuat sebelumnya. Dengan begitu pasukan pemain serta pasukan lawan yang sebelumnya belum diberikan formasi maka akan diberikan formasi. Pada gambar 3.13 akan diilustrasikan komponen permainan yang telah disatukan pada permainan Lume Wars. Pada gambar 3.13 disisi pasukan NPC pemain akan diberikan pasukan campuran dengan formasi segitiga dengan jumlah 10 NPC dan pada sisi pasukan NPC musuh akan diberikan pasukan campuran dengan formasi persegi panjang.

## **BAB 4**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari desain sistem yang telah dibuat. Selain itu akan dibuat analisa dari pengujian desain sistem yang telah dibuat. Dilakukannya analisa dari pengujian desain sistem ini bertujuan untuk mengetahui apakah desain sistem telah sesuai dengan yang diharapkan.

Secara garis besar akan dibuat dua pengujian. Pengujian yang pertama adalah pengujian pertempuran dari bentuk formasi. Sedangkan pengujian yang kedua adalah pengujian perilaku FSM dari pasukan NPC yang telah diimplementasikan formasi dinamis.

#### **4.1 Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Dengan Formasi**

Untuk dapat merealisasikan pengujian ini maka *hero* dari pasukan pemain serta *hero* dari pasukan musuh akan dibuat tidak dapat melukai pemain lain. Selain itu kedua *hero* akan dibuat bergerak sendiri sehingga tidak terdapat campur tangan dari pemain saat melakukan pengujian ini. Dengan demikian penilaian hanya terfokus pada pasukan NPC. Dalam hal ini *hero* hanya sebagai penuntun untuk melakukan peperangan. Selain itu pada pengujian ini *state respawn* pada pasukan akan di tidak aktifkan. Penilaian pemenang dari permainan ini berdasarkan NPC yang dapat bertahan didalam permainan. Jika terdapat pasukan NPC yang bertahan pada pertempuran maka pasukan tersebut keluar sebagai pemenang di permainan. Selain itu akan dibandingkan pula lama waktu pertempuran tiap- tiap formasi.

Saat pertempuran, salah satu faktor yang menentukan kemenangan adalah banyaknya unit pasukan menyerang ke satu unit. Dengan semakin banyak unit yang menyerang suatu unit maka *health point* atau HP pasukan yang diserang akan cepat habis. Di penelitian ini faktor tersebut akan ditampilkan sebagai data pendukung hasil pengujian. Data tersebut berupa grafik dari jumlah NPC yang menyerang serta jumlah terbanyak NPC yang menyerang ke satu NPC lawan.

Pengujian ini akan terbagi dua, yang pertama pengujian terhadap formasi persegi panjang dan formasi segitiga. Pada pengujian formasi segitiga akan terbagi menjadi empat bagian berdasarkan derajat

segitiga yaitu  $90^\circ$ ,  $81^\circ 53'$  dan  $44^\circ$ . Tahap kedua akan dilakukan pengujian terhadap formasi persegi. Pembagian pengujian ini berdasarkan jumlah dari pasukan yang akan diujikan.

Pada pengujian terhadap formasi persegi panjang dan formasi segitiga akan dilakukan pada lima, sepuluh dan lima belas pasukan. sedangkan pada formasi persegi akan dilakukan pengujian dengan jumlah pasukan sebanyak empat, sembilan dan 16 pasukan. jumlah pasukan persegi yang berbeda dikarenakan kesesuaian matriks pada jumlah pasukan yang akan dibuat.

#### 4.1.1 Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Dengan Formasi Persegi Panjang dan Formasi Segitiga

**Tabel 4.1** Hasil pengujian pasukan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi, formasi persegi panjang dan formasi segitiga

Variasi Pasukan	Jenis Formasi					
	Tanpa Formasi B	Persegi Panjang	Segitiga			
			$90^\circ$	$53^\circ$	$81^\circ$	$44^\circ$
5 jarak dekat	seimbang	100%	100%	100%	100%	100%
5 jarak jauh	seimbang	0%	0%	0%	100%	0%
10 Jarak dekat	0%	0%	0%	100%	100%	100%
10 jarak jauh	100%	100%	0%	0%	0%	100%
10 campuran	100%	0%	0%	100%	seimbang	100%
15 jarak dekat	0%	100%	100%	0%	0%	100%
15 jarak jauh	100%	0%	0%	0%	0%	100%
15 campuran A	0%	0%	0%	100%	0%	100%
15 campuran B	100%	100%	0%	100%	0%	100%
Rata-rata variasi	56%	44%	22%	56%	39%	89%

Pada pengujian pertama akan dilakukan perbandingan jumlah kemenangan antara pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B, pasukan dengan formasi persegi panjang dan pasukan dengan formasi segitiga. Di setiap perbandingan akan terdapat sembilan jenis variasi jumlah pasukan.

Variasi tersebut adalah lima pasukan jarak dekat, lima pasukan jarak jauh, 10 pasukan jarak dekat, 10 pasukan jarak jauh, 10 pasukan campuran jarak dekat dan jarak jauh, 15 pasukan jarak dekat, 15 pasukan jarak jauh dan 15 pasukan campuran dengan dua variasi

campuran. Campuran tipe A 10 pasukan jarak dekat dan lima pasukan jarak jauh. Campuran tipe B lima pasukan jarak dekat dan 10 pasukan jarak jauh. Variasi ini dapat dilihat pada hasil data pengujian pada tabel 4.1.

Di setiap variasi pertempuran akan dilakukan 5 kali pertempuran. Dari tiap pertempuran tersebut akan dicatat jumlah kemenangan dari setiap pertempuran. Setelah melakukan 5 kali pertempuran maka setiap variasi dari pertempuran akan dicatat jumlah persentase kemenangannya.

Selain hasil kemenangan pada pertempuran di tampilkan pula rata-rata waktu di tiap variasi pertempuran. Rata-rata waktu pertempuran ini dapat dilihat pada tabel 4.2. Hasil waktu pertempuran ini akan dibandingkan.

**Tabel 4.2** Hasil pengujian waktu tempuh pertempuran

Variasi Pasukan	Jenis Formasi(detik)					
	Tanpa Formasi B	Persegi Panjang	Segitiga			
			90°	53°	81°	44°
5 jarak dekat	42	35	47	51	42	38
5 jarak jauh	38	34	34	52	45	45
10 Jarak dekat	58	39	37	52	51	44
10 jarak jauh	57	56	48	64	57	44
10 campuran	55	57	54	62	62	59
15 jarak dekat	48	52	47	67	58	62
15 jarak jauh	57	63	52	64	61	61
15 campuran A	58	56	73	62	54	62
15 campuran B	64	56	68	65	81	59
Rata-rata variasi	53	49,8	51,1	59,9	59,8	52,7

Pada tabel 4.1 terlihat perbandingan jumlah persentase kemenangan variasi pertempuran antara pasukan NPC tanpa formasi A melawan pasukan NPC tanpa formasi B, pasukan NPC formasi persegi panjang dan pasukan NPC formasi segitiga dengan tiga jenis variasi yaitu 90°, 81°, 53° dan 44°

setelah dilakukan percobaan sebanyak lima kali di tiap variasi pertempuran didapatkan kesimpulan bahwa kelima percobaan di tiap variasi pertempuran memiliki hasil yang sama. sehingga di tiap variasi pertempuran hanya menghasilkan data 0% dan 100%. Selain itu pada

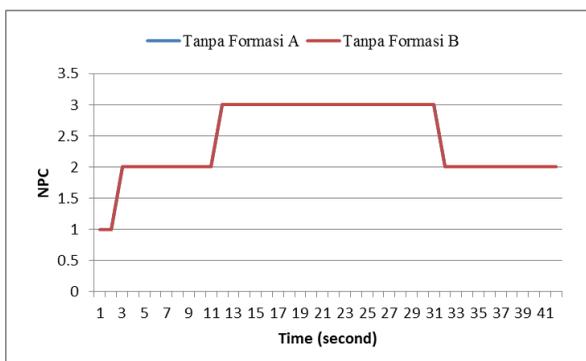
pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B di variasi jumlah lima pasukan didapatkan hasil yang seimbang. Hasil seimbang ini menyatakan bahwa kedua pasukan sama-sama tidak menyisakan NPC hingga akhir pertempuran. Dengan begitu tidak terdapat pemenang akhir di variasi pertempuran tersebut.

Pada pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B, pertempuran relatif seimbang. Persentase kemenangan pasukan tanpa formasi bernilai 56% dari seluruh variasi serangan. Persentase ini diambil dari jumlah seluruh variasi pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi. Pada variasi pertempuran dengan jumlah lima pasukan akan dibuat persentase sebanyak 50% karena memiliki hasil yang seimbang. Tingkat persentase kemenangan menurun saat pasukan tanpa formasi A melawan pasukan dengan formasi persegi panjang. Dengan tingkat kemenangan 44%, terjadi penurunan saat pasukan tanpa formasi A melawan pasukan formasi persegi panjang. Dengan begitu pasukan persegi panjang memiliki kemenangan sedikit lebih banyak dengan persentase 56%. Percobaan selanjutnya adalah pertempuran pasukan NPC tanpa formasi A melawan formasi segitiga. Pertempuran ini menghasilkan jumlah kemenangan 22% pada pasukan tanpa formasi A dan 77% pasukan dengan formasi segitiga 90°. Sedangkan pada segitiga 53° kemenangan pasukan tanpa formasi menjadi 56% dan 44% pada pasukan formasi segitiga 53°. Saat melawan pasukan formasi segitiga 81°, Pasukan tanpa formasi A mengalami kemengan sebanyak 39%. Dan saat Pasukan tanpa formasi A melawanpasukan formasi segitiga 44%, pasukan tanpa formasi A meraih kemenangan sebesar 89%. Dari keenam hasil percobaan ini terlihat bahwa pasukan dengan formasi segitiga 90° memiliki tingkat kemenangan lebih besar dibanding formasi persegi panjang dan tanpa formasi B serta formasi segitiga dengan derajat lainnya saat melawan pasukan tanpa formasi A.

Di setiap variasi pertempuran, waktu pertempuran juga akan dicatat. Pada tabel 4.2 terdapat catatan waktu pertempuran di tiap variasi pertempuran. Rata-rata pertempuran pada variasi lima pasukan, 40 detik pada pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B, 34,5 detik pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi persegi panjang dan 40,5 detik, 51,5 detik, 43,5 detik dan 41,5 detik pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi segitiga 90°, 53°, 81° dan 44%. Sedangkan rata-rata pertempuran pada variasi 10 pasukan, 56,6 detik pada pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B, 50,6 detik

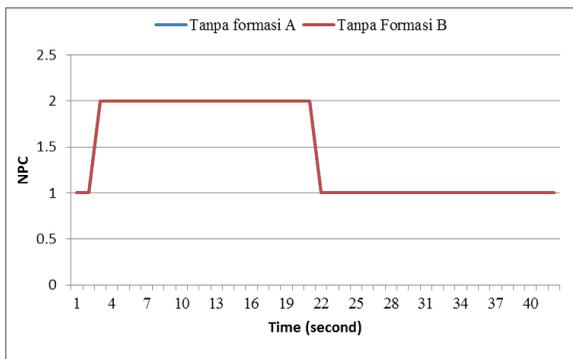
pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi persegi panjang dan 57 detik, 59 detik 56,7 detik dan 49 detik pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi segitiga 90°, 53°, 81° dan 44°. Pada variasi 15 pasukan waktu yang ditempuh pada pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B adalah 56,75 detik, pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi persegi panjang 56,75 detik dan pada pertempuran tanpa formasi A melawan formasi segitiga 90°, 53°, 81° dan 44° selama 62,5 detik, 64,5 detik 63,5 detik dan 61 detik. Rata-rata pertempuran pada pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B adalah 53 detik. Sedangkan pada pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan formasi persegi panjang adalah 49, 8 detik. Dan waktu rata-rata pertempuran tanpa formasi A melawan formasi segitiga 90°, 53°, 81° dan 44° adalah 55,7 detik, 59,8 detik, 56,8 detik dan 52,7 detik. Dengan demikian pertempuran tanpa formasi A melawan formasi segitiga 53° memiliki waktu yang lebih lama dibandingkan pertempuran lainnya. sedangkan pertempuran tanpa formasi A melawan formasi persegi panjang memiliki waktu tempur lebih sebentar dibandingkan pertempuran lainnya.

Pada gambar 4.1 hingga 4.54 akan ditampilkan catatan dari setiap variasi pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B, pasukan formasi persegi panjang dan pasukan formasi segitiga. Catatan yang ditampilkan berupa grafik serangan NPC ke NPC lawan dan grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan.

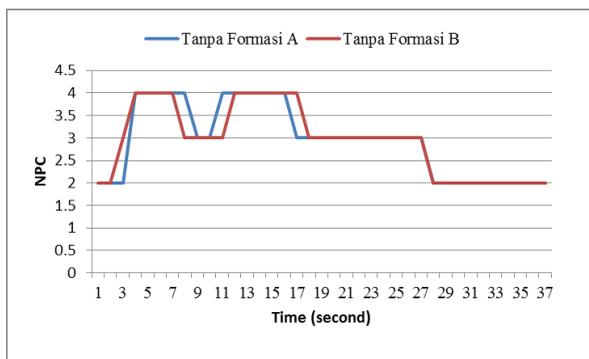


**Gambar 4.1** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

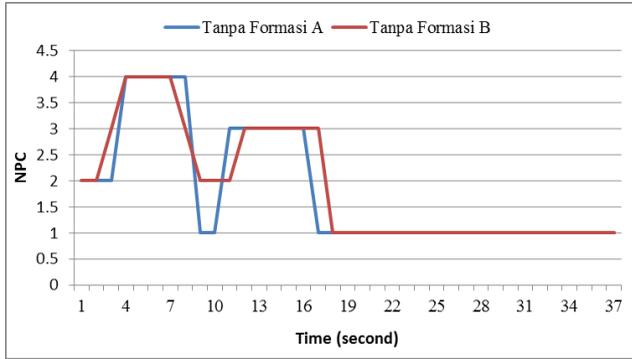
Pada gambar 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa pada variasi serangan lima dekat dengan pasukan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi memiliki grafik yang sama baik dari grafik perbandingan jumlah serangan NPC ke NCP lawan maupun grafik perbandingan jumlah serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan. Dengan grafik yang sama ini variasi pasukan lima jarak dekat pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi memiliki hasil yang seimbang.



**Gambar 4.2** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

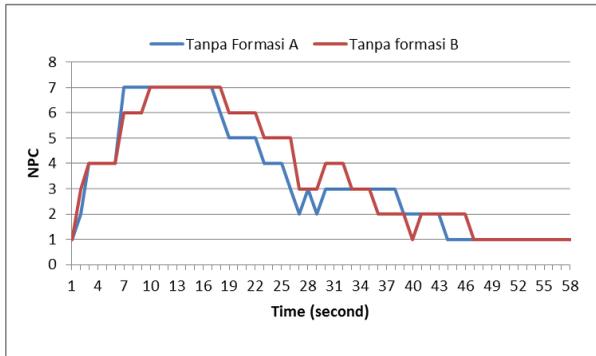


**Gambar 4.3** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

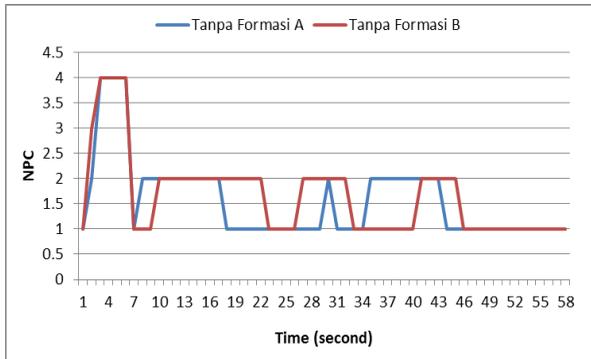


**Gambar 4.4** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Gambar 4.3 dan 4.4 memperlihatkan grafik jumlah serangan ke lawan dan jumlah serangan terbanyak ke satu NPC pada variasi serangan lima jarak jauh. Pada variasi pertempuran ini hasil akhir yang didapatkan adalah kedua pasukan sama-sama tidak menyisakan NPC sehingga pertempuran berjalan seimbang. Pada gambar 4.3 terlihat kedua garis grafik memiliki pola yang sama hanya saja pada pasukan tanpa formasi A garis grafiknya terlambat selama 1 detik. Begitu pula pada gambar 4.4 hanya sedikit perbedaan di kedua garis grafik tersebut.

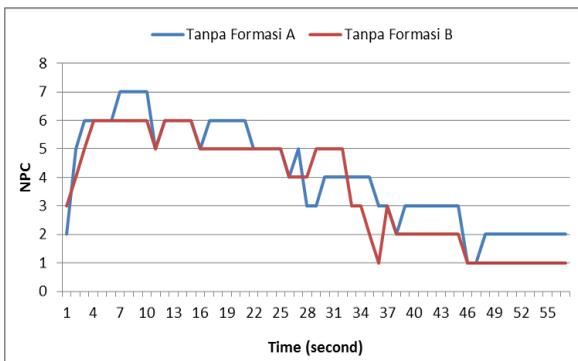


**Gambar 4.5** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

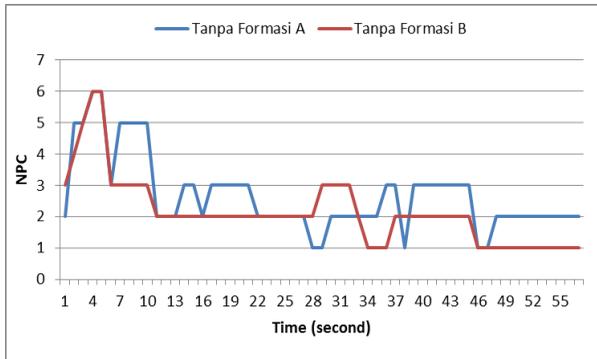


**Gambar 4.6** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada variasi pertempuran 10 jarak dekat pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi B. Pada gambar 4.5 dan 4.6 terlihat bahwa garis pada pasukan tanpa formasi B lebih tinggi. Dengan demikian pasukan tanpa formasi B lebih mendominasi pertempuran.

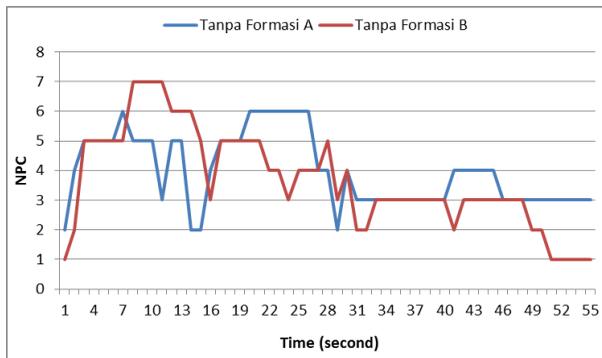


**Gambar 4.7** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

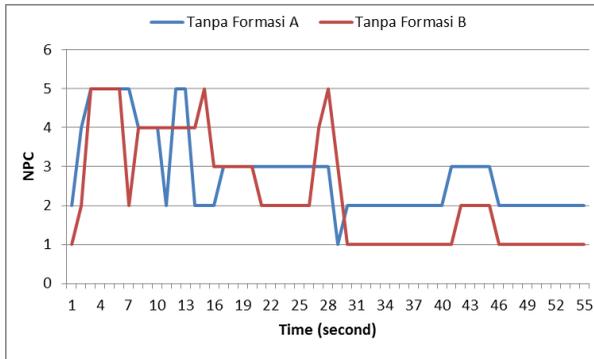


**Gambar 4.8** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada gambar 4.7 dan 4.8 terlihat bahwa garis pasukan tanpa formasi A lebih tinggi. Dengan begitu pasukan tanpa formasi A lebih mendominasi pertempuran. Hal ini membuat pasukan tanpa formasi A menang pada variasi serangan sepuluh jarak jauh.

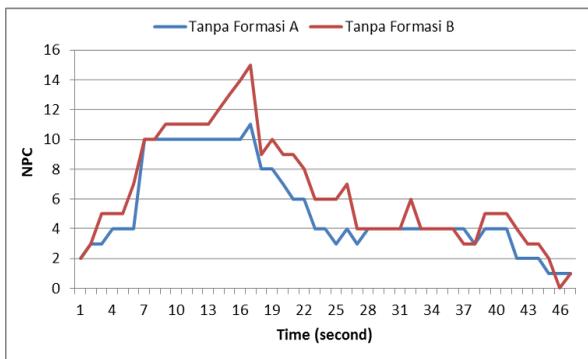


**Gambar 4.9** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi

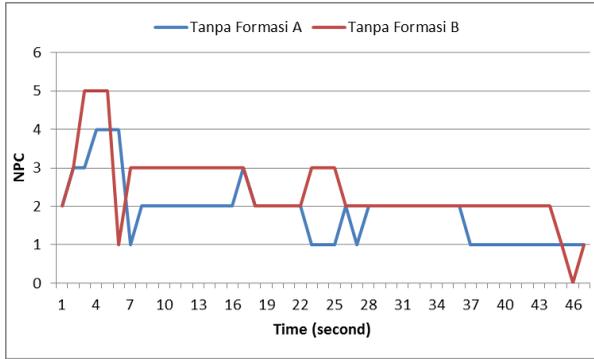


**Gambar 4.10** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada variasi pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B dengan jumlah 10 pasukan campuran ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.9 kedua garis saling bergantian memuncaki grafik begitu pula pada gambar 4.10. Namun mulai detik 31 garis grafik pasukan tanpa formasi A lebih mendominasi. Dengan demikian pasukan tanpa formasi A memperoleh kemenangan.

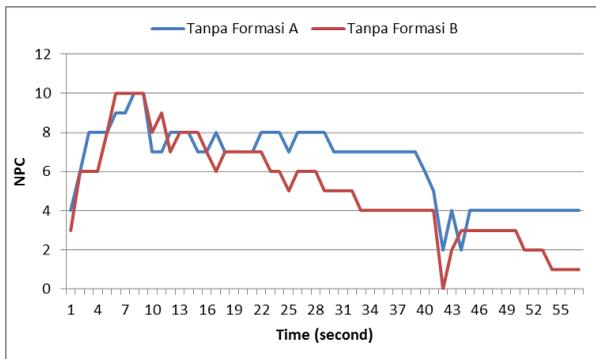


**Gambar 4.11** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

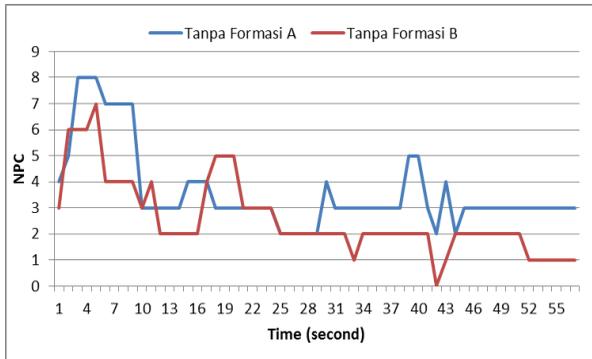


**Gambar 4.12** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada gambar 4.11 dan 4.12 terlihat bahwa pasukan tanpa formasi B memiliki garis grafik yang lebih tinggi dibandingkan garis grafik dari pasukan tanpa formasi A. Dengan demikian pertempuran pada variasi 15 pasukan jarak dekat ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi B.

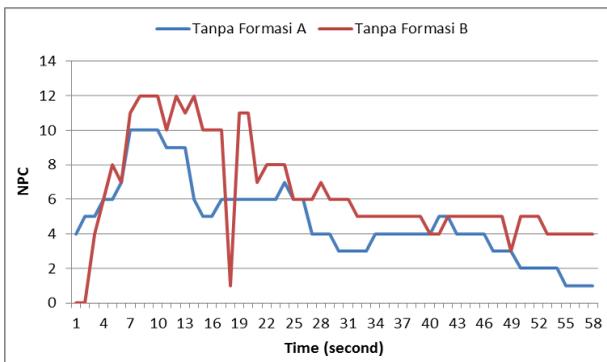


**Gambar 4.13** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

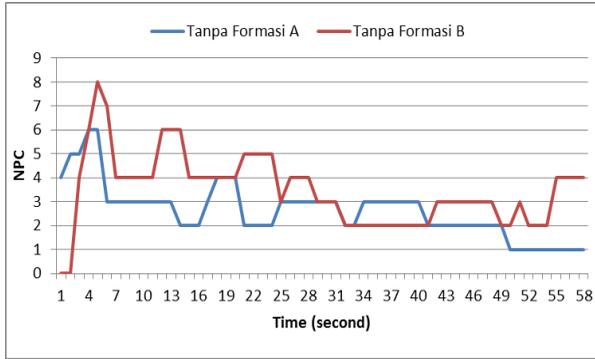


**Gambar 4.14** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B di variasi serangan 15 pasukan jarak jauh ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.13 dan 4.14 terlihat pasukan tanpa formasi A lebih mendominasi dengan garis grafik yang lebih tinggi dibandingkan pasukan tanpa formasi B

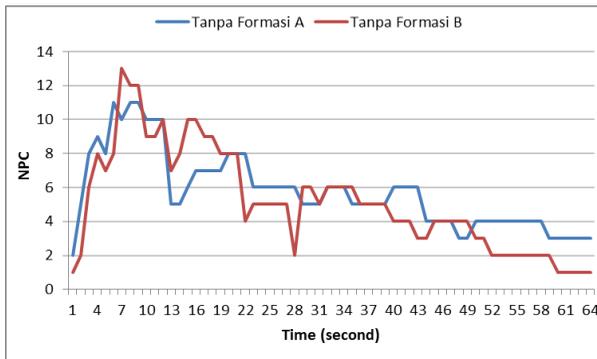


**Gambar 4.15** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi

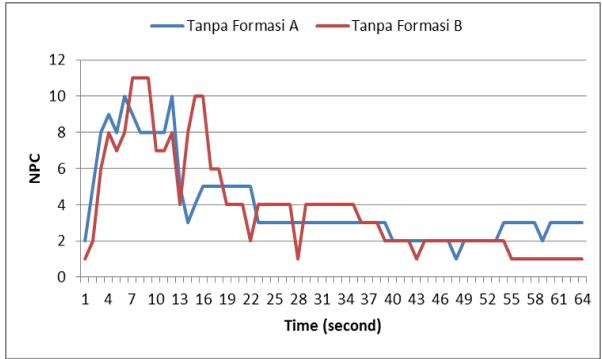


**Gambar 4.16** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada variasi pertempuran 15 campuran A ini menggunakan 10 pasukan jarak dekat dan lima pasukan jarak jauh. Pada pertempuran ini pasukan tanpa formasi B terlihat lebih mendominasi. hal ini terlihat tingginya garis grafik pada gambar 4.15 dan gambar 4.16. Dengan dominasi ini pasukan tanpa formasi B memperoleh kemenangan pada variasi pertempuran campuran A.

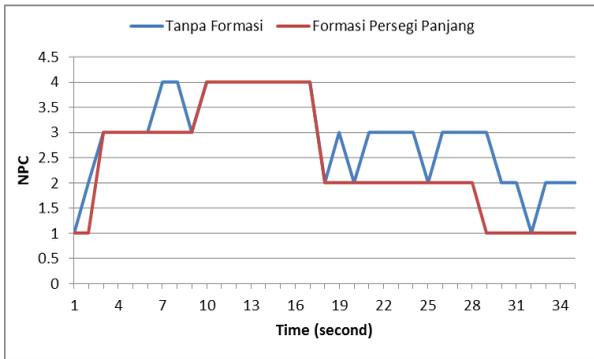


**Gambar 4.17** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi

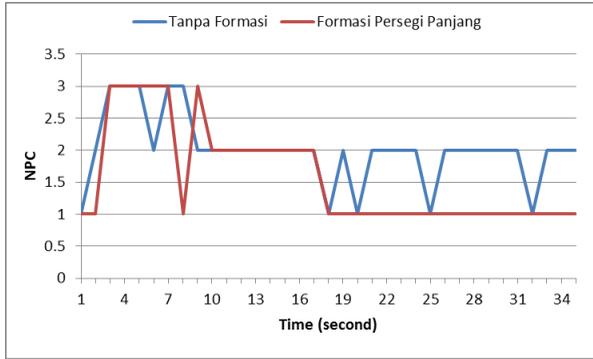


**Gambar 4.18** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi

Variasi pertempuran 15 campuran B ini menggunakan 5 pasukan jarak dekat dan 10 pasukan jarak jauh. pada variasi ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.17 dan 4.18, garis grafik kedua pasukan diawal sama-sama bersaing untuk menduduki posisi tertinggi. Selain itu pasukan tanpa formasi B juga beberapa kali menampati posisi tertinggi. Namun saat detik 19 pasukan tanpa formasi A lebih mendominasi hingga akhir pertempuran.

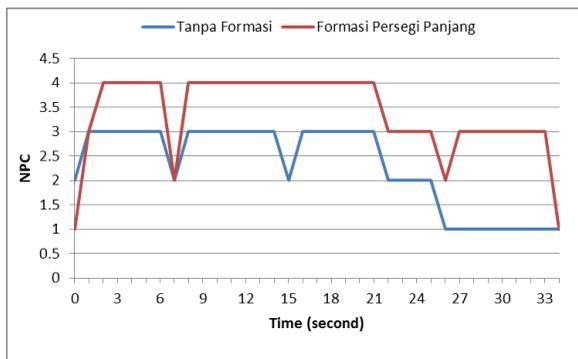


**Gambar 4.19** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

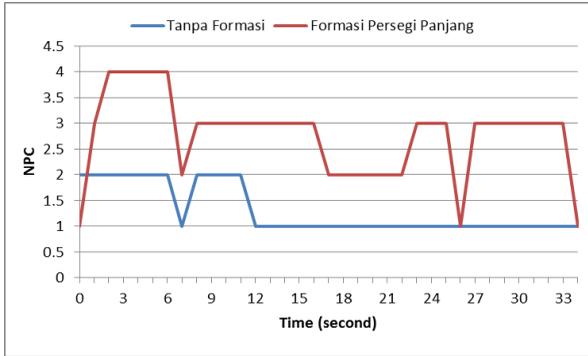


**Gambar 4.20** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada variasi pasukan lima dekat tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.19 garis grafik pasukan tanpa formasi selalu lebih tinggi daripada pasukan formasi persegi panjang. Sedangkan pada gambar 4.20 ada beberapa detik dimana garis grafik formasi persegi panjang lebih tinggi namun secara keseluruhan pasukan tanpa formasi lebih mendominasi.

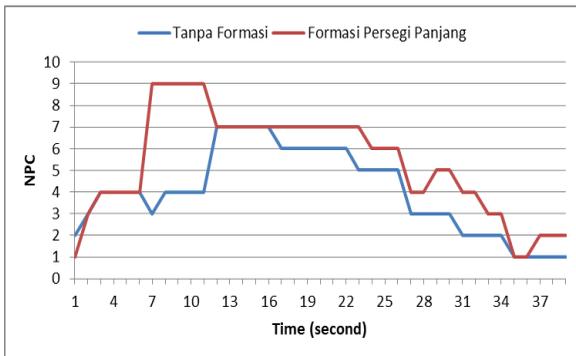


**Gambar 4.21** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

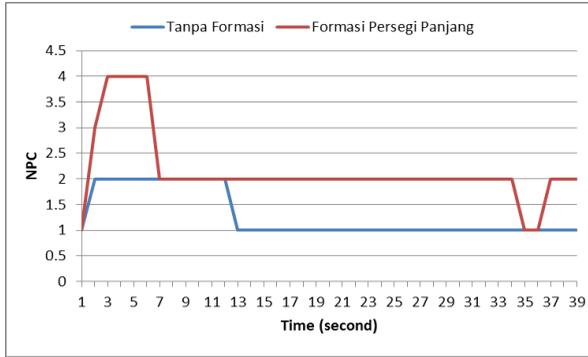


**Gambar 4.22** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Variasi pasukan lima jauh pada pertempuran tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang didominasi oleh pasukan formasi persegi panjang. Gambar 4.21 dan 4.22 memperlihatkan garis grafik dari pasukan formasi persegi panjang lebih tinggi dari garis grafik pasukan tanpa formasi. Dengan begitu pertempuran dimenangkan oleh pasukan formasi persegi panjang.

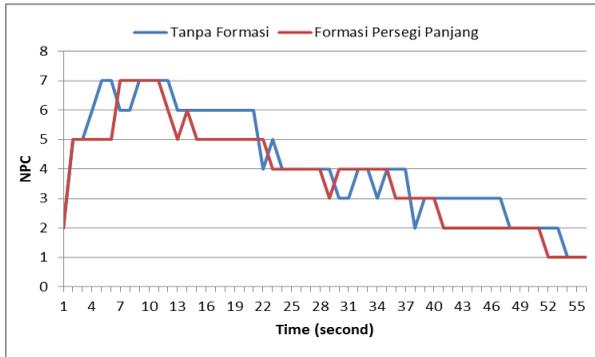


**Gambar 4.23** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

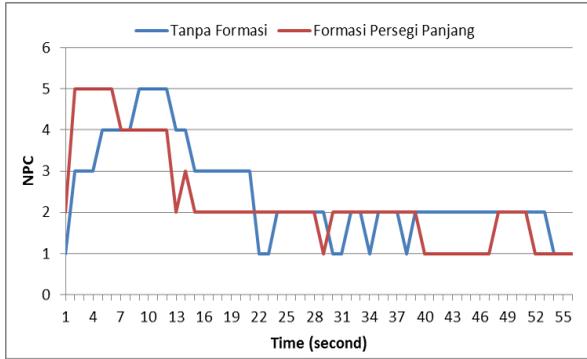


**Gambar 4.24** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada gambar 4.23 dan 4.24 terlihat jelas garis grafik dari pasukan formasi persegi panjang selalu lebih tinggi dari pasukan tanpa formasi. Dengan begitu pertempuran pada variasi 10 pasukan jarak dekat antara pasukan tanpa formasi melawan pasukan dengan formasi persegi panjang dimenangkan pasukan formasi persegi panjang karena mendominasi tingginya garis grafik pada gambar 4.23 dan 4.24.

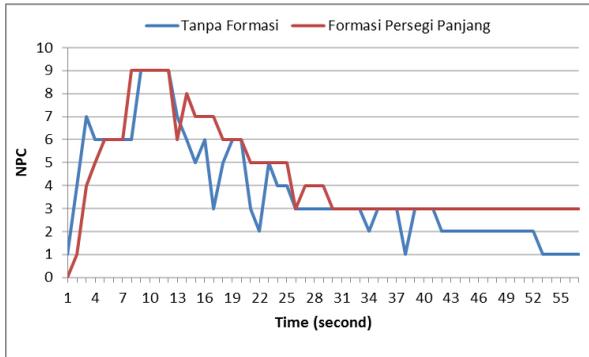


**Gambar 4.25** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

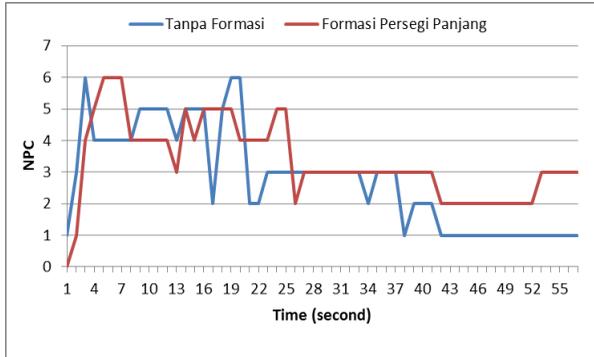


**Gambar 4.26** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada variasi 10 jarak jauh pertempuran pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang, garis grafik kedua pasukan selalu berdekatan seperti yang terlihat pada gambar 4.25 dan 4.25. Namun secara keseluruhan garis grafik pasukan tanpa formasi terlihat lebih mendominasi. Dengan begitu kemenangan diraih oleh pasukan tanpa formasi.

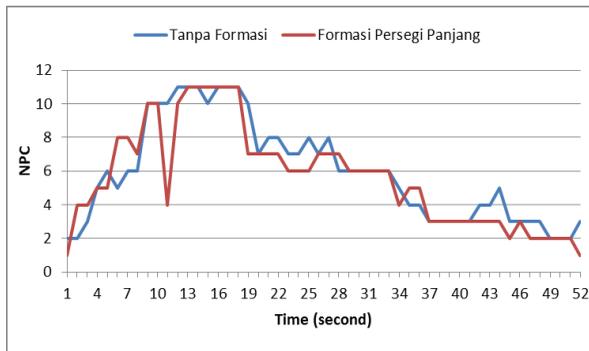


**Gambar 4.27** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

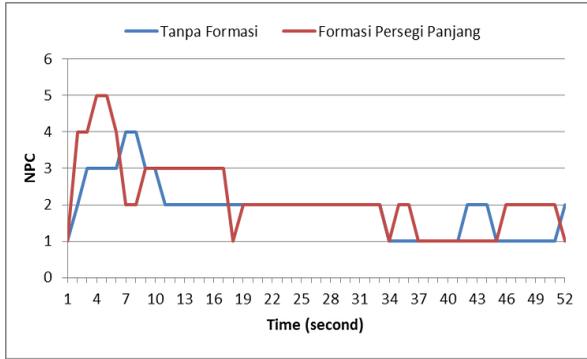


**Gambar 4.28** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang dengan variasi 10 campuran ini dimenangkan oleh pasukan formasi persegi panjang. Pada gambar 4.27 terlihat garis grafik pasukan formasi persegi panjang selalu lebih tinggi. Sedangkan pada gambar 4.28 garis grafik antara pasukan tanpa formasi dan pasukan formasi persegi panjang saling bergantian di titik tertinggi. Namun secara keseluruhan garis grafik dari formasi persegi panjang lebih mendominasi di titik tertinggi.

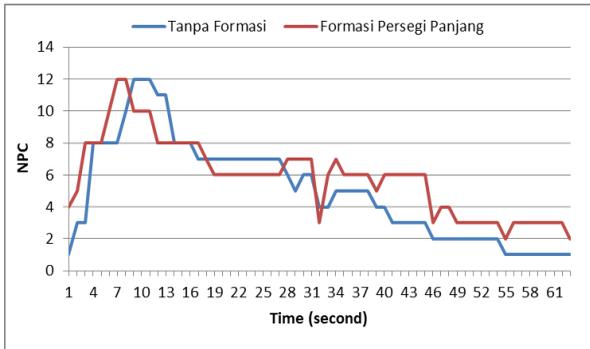


**Gambar 4.29** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

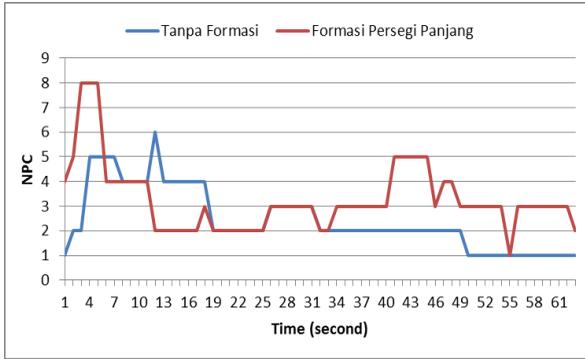


**Gambar 4.30** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan dengan formasi persegi panjang di variasi 15 jarak dekat ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.29 dan 4.30 terlihat kedua pasukan saling bergantian menempati titik tertinggi. Pada gambar 4.29 pasukan tanpa formasi terlihat lebih sering mendominasi titik tertinggi, sedangkan pada gambar 4.30 pasukan dengan formasi persegi panjang terlihat lebih sering mendominasi. Namun hasil dari pertempuran ini dimenangkan pasukan tanpa formasi.

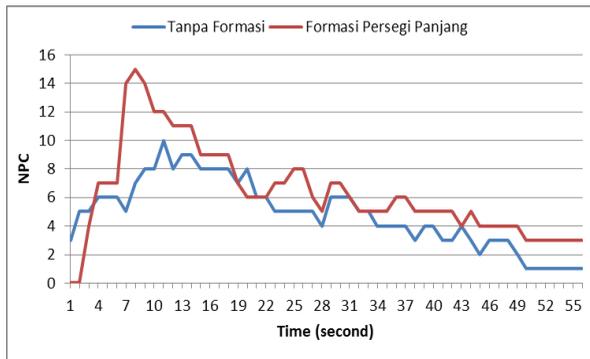


**Gambar 4.31** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

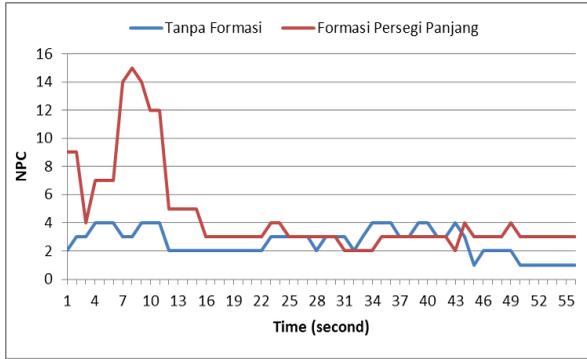


**Gambar 4.32** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Di variasi 15 jauh pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang dimenangkan oleh pasukan formasi persegi panjang. Pada gambar 4.31 dan 4.32 terlihat garis grafik formasi persegi panjang lebih sering berada di titik tertinggi pada grafik.

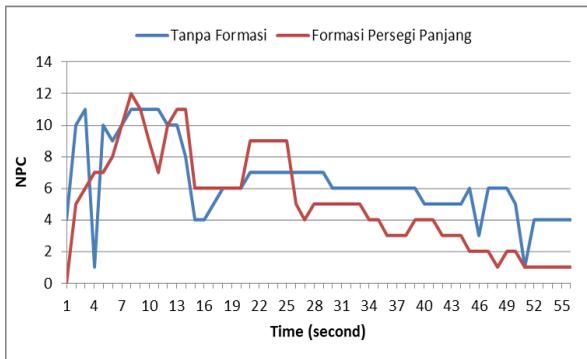


**Gambar 4.33** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

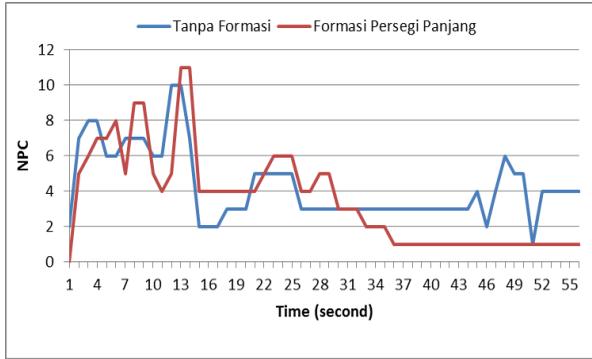


**Gambar 4.34** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada gambar 4.33 dan 4.34 terlihat grafik dari pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang. Variasi pertempuran 15 pasukan dengan 10 pasukan jarak dekat dan 5 pasukan jarak jauh. Pada gambar 4.33 dan 4.34 terlihat pasukan formasi persegi panjang mendominasi titik tertinggi dari garis grafik. Pertempuran pada variasi ini dimenangkan oleh pasukan formasi persegi panjang.

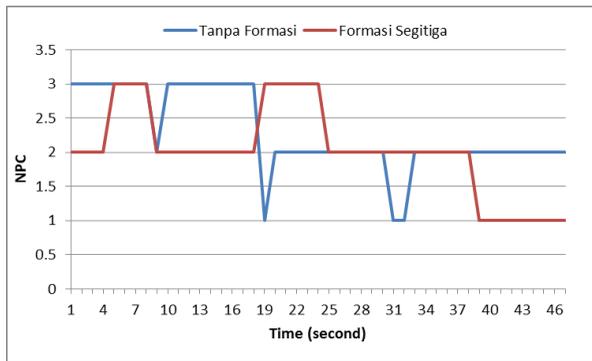


**Gambar 4.35** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

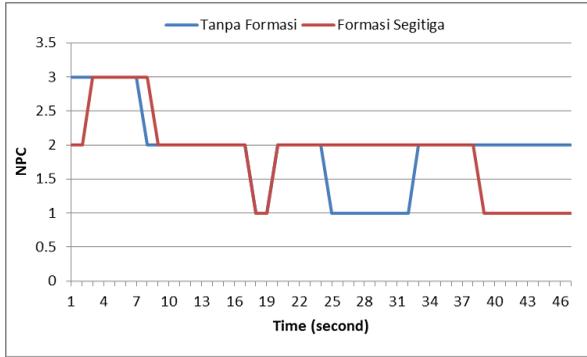


**Gambar 4.36** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi panjang

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi panjang di variasi 15 campuran B dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.35 terlihat pasukan tanpa formasi mendominasi titik tertinggi dari garis grafik. Sedangkan pada gambar 4.36 kedua pasukan di detik awal hingga pertengahan saling bergantian mencapai titik tertinggi. Namun mulai detik 33 hingga akhir pertempuran, garis dari grafik formasi persegi panjang selalu menempati titik tertinggi.

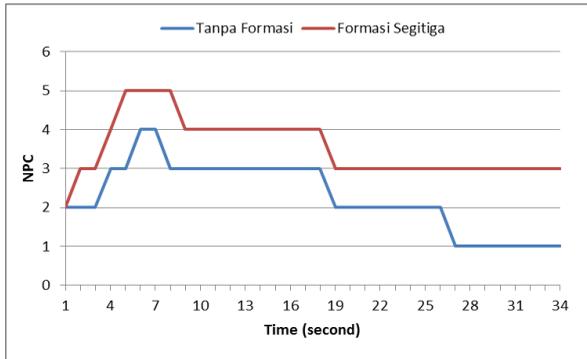


**Gambar 4.37** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

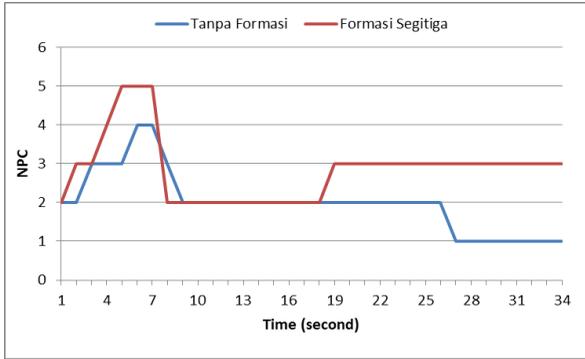


**Gambar 4.38** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga di variasi 5 dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 3.37 dan 3.38 garis grafik pasukan tanpa formasi dan pasukan formasi segitiga 90° terlihat bergantian menempati puncak tertinggi. Namun mulai detik 39 hingga selesai pasukan tanpa formasi selalu mendominasi puncak tertinggi pada grafik.

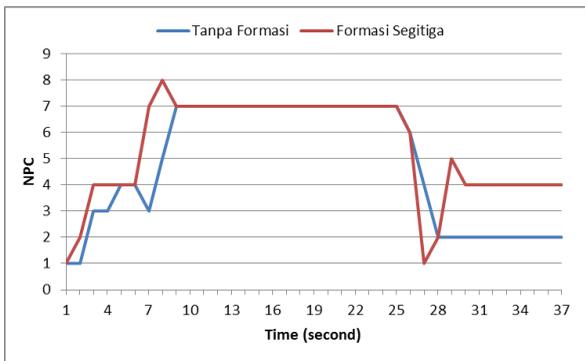


**Gambar 4.39** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

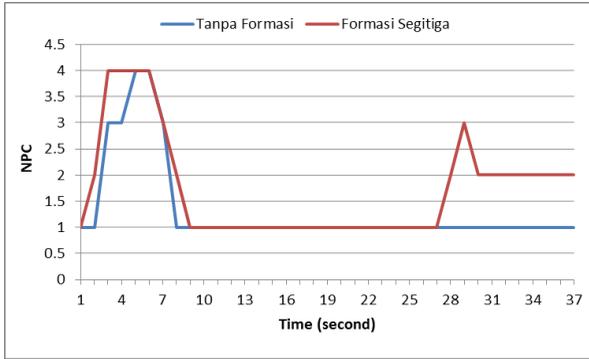


**Gambar 4.40** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Di pertempuran variasi lima pasukan jarak jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 90°. Pada gambar 4.39 dan 4.40 terlihat garis grafik dari pasukan formasi segitiga mendominasi titik tertinggi dari grafik.

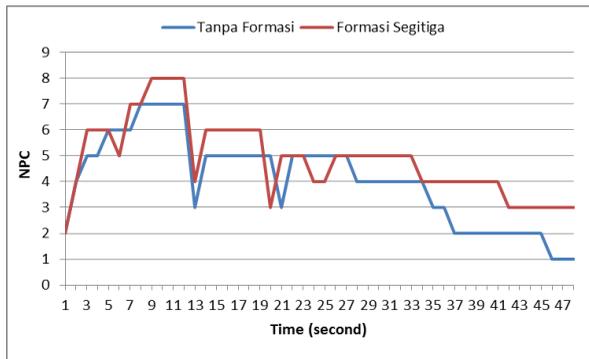


**Gambar 4.41** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

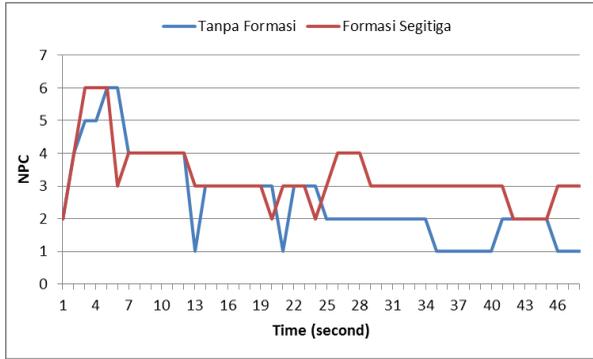


**Gambar 4.42** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° di variasi 10 jarak dekat ini dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 90°. Pada gambar 4.41 dan 4.42 terlihat garis grafik dari pasukan segitiga 90° mendominasi puncak tertinggi dari grafik. Dengan demikian pasukan formasi segitiga 90° lebih sering menyerang dibanding pasukan tanpa formasi.



**Gambar 4.43** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

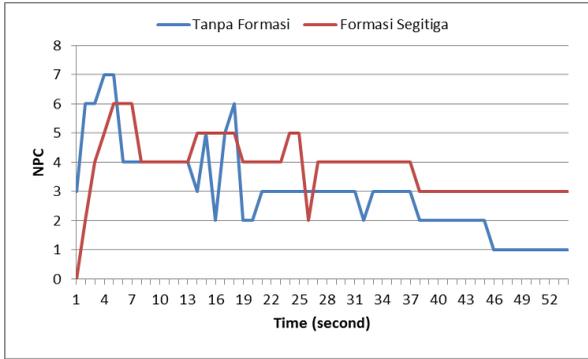


**Gambar 4.44** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada gambar 4.43 dan 4.44 garis grafik dari pasukan formasi segitiga 90° lebih sering di posisi lebih tinggi dibandingkan garis grafik dari pasukan tanpa formasi. Pertempuran di variasi 10 jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° ini dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 90° yang memiliki garis grafik yang posisinya sering lebih tinggi dari garis grafik pasukan tanpa formasi.

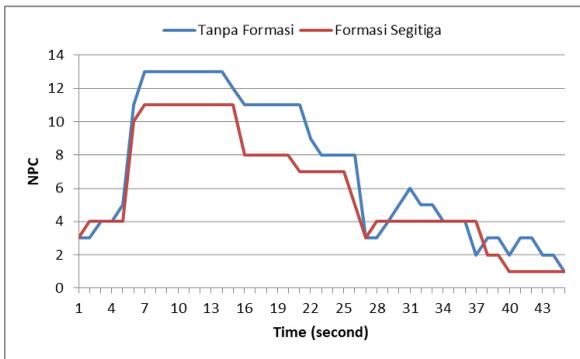


**Gambar 4.45** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

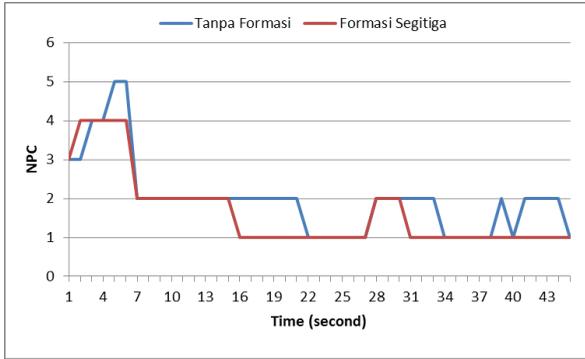


**Gambar 4.46** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada variasi 10 campuran terdiri dari lima pasukan jarak dekat dan lima pasukan jarak jauh. Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° dengan 10 pasukan campuran ini dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 90°. Pada gambar 4.45 dan 4.46 terlihat garis grafik dari pasukan formasi segitiga 90° mendominasi titik tertinggi meskipun beberapa waktu pasukan tanpa formasi mencapai titik tertinggi.

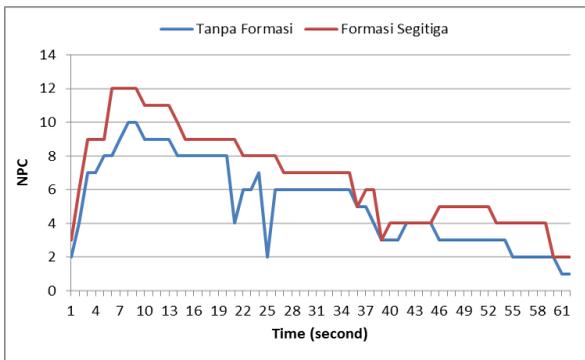


**Gambar 4.47** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

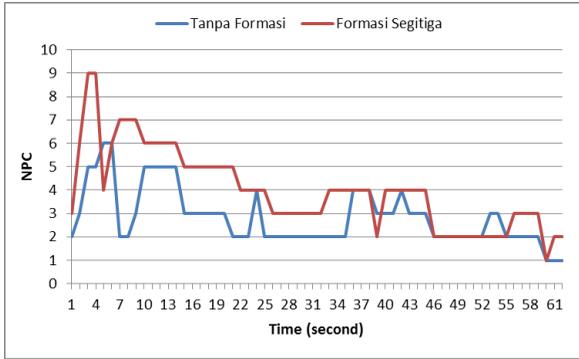


**Gambar 4.48** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada pertempuran variasi 15 dekat pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Hal ini bias terlihat dari gambar 4.47 dan 4.48 yang memperlihatkan garis grafik dari pasukan tanpa formasi yang mendominasi puncak tertinggi dari grafik.

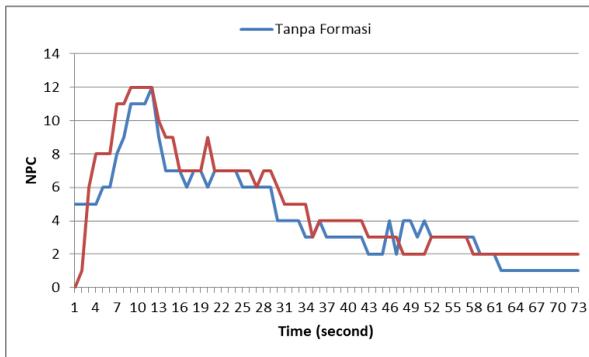


**Gambar 4.49** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

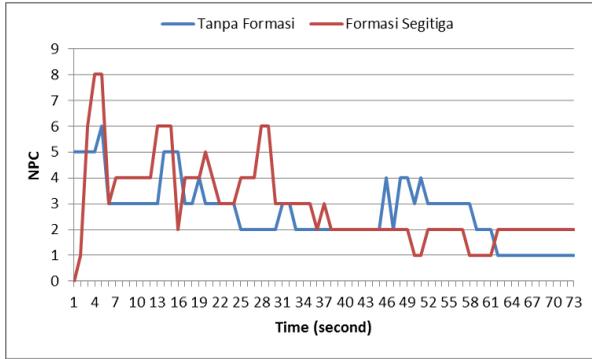


**Gambar 4.50** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada variasi 15 pasukan jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° berbeda dengan variasi sebelumnya. Pada variasi ini pasukan yang menang adalah pasukan formasi segitiga 90°. Dengan seringnya berada di posisi tertinggi grafik, garis grafik dari pasukan formasi segitiga 90° yang terdapat pada gambar 4.49 dan 4.50 membuat pasukan formasi segitiga 90° meraih kemenangan.

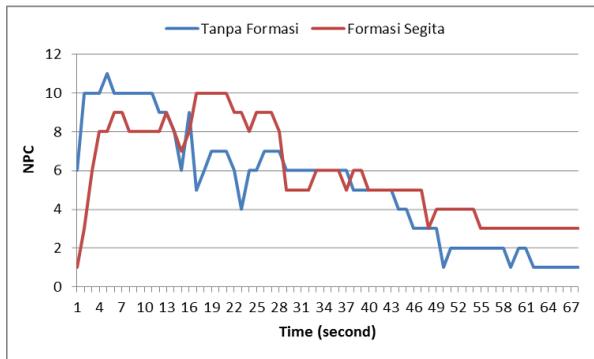


**Gambar 4.51** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

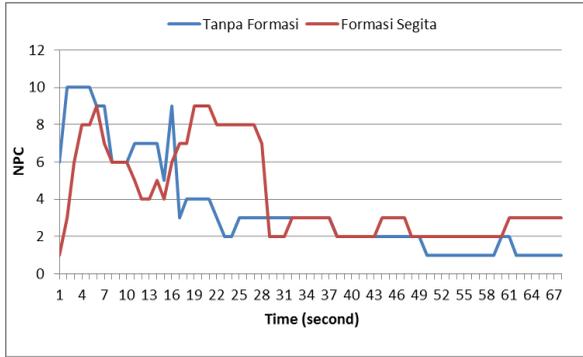


**Gambar 4.52** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 90° dengan variasi 15 pasukan campuran A ini menggunakan 10 pasukan jarak dekat dan lima pasukan jarak jauh. Gambar 4.51 dan 4.52 terlihat garis grafik pasukan tanpa formasi dan pasukan formasi segitiga 90° bergantian menempati posisi tertinggi, namun garis grafik pasukan formasi segitiga 90° lebih banyak menempati titik tertinggi dan berhasil meraih kemenangan.

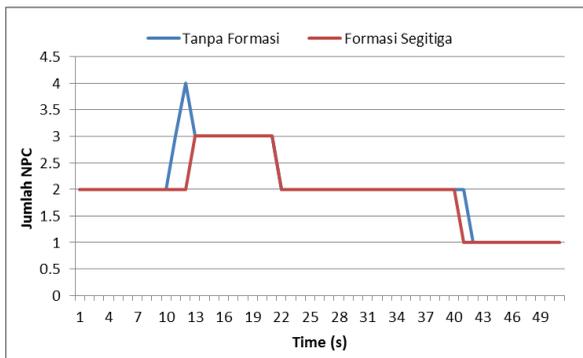


**Gambar 4.53** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

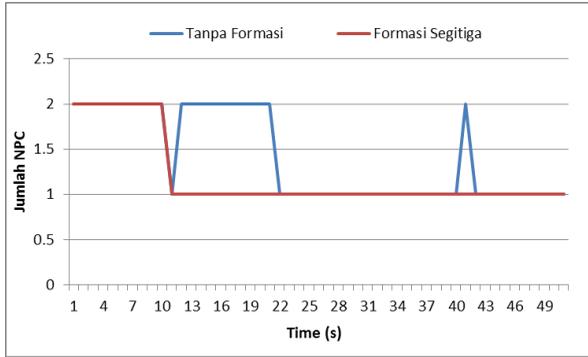


**Gambar 4.54** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 90°

. Di pertempuran pasukan tanpa formasi melawan formasi segitiga 90° ini dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 90°. Pada gambar 4.53 dan 4.54 terlihat garis grafik dari pasukan formasi segitiga 90° sering berada di titik yang lebih tinggi dibanding garis grafik pada pasukan tanpa formasi. Dengan begitu pasukan formasi segitiga 90° lebih sering menyerang dan lebih banyak NPC pasukan formasi segitiga 90° yang menyerang ke satu NPC pasukan tanpa formasi.

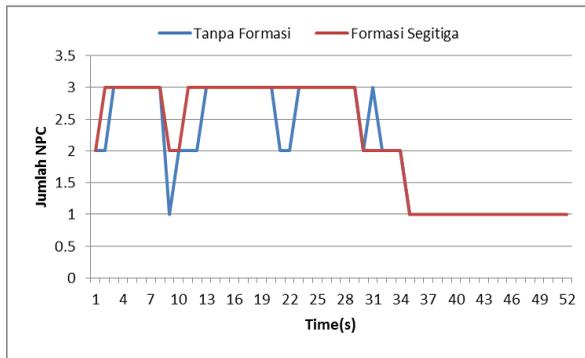


**Gambar 4.55** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

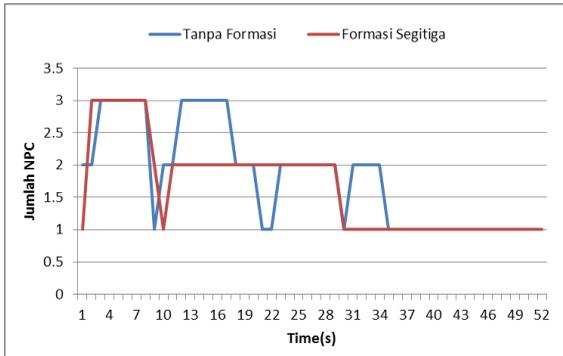


**Gambar 4.56** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

Pertempuran antara pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  variasi lima dekat ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.55 dan gambar 5.56 terlihat garis grafik pada pasukan tanpa formasi lebih sering di titik tertinggi di kedua gambar. dengan demikian pasukan tanpa formasi lebih mendominasi pertempuran.

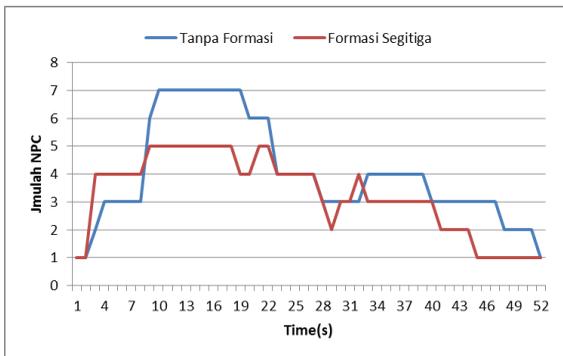


**Gambar 4.57** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

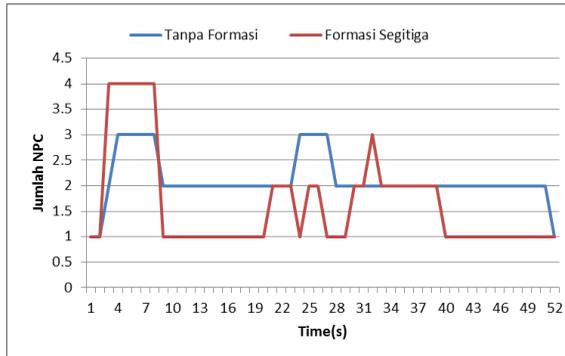


**Gambar 4.58** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

Dipertempuran pada variasi lima jarak jauh dimenangkan pasukan formasi segitiga 53°. Pada gambar 4.57 garis grafik pasukan formasi segitiga 53° lebih mendominasi, namun di gambar 4.58 garis grafik pasukan tanpa formasi beberapa kali diatas pasukan segitiga 53°. Hal ini menjelaskan bahwa pasukan tanpa formasi lebih sering menyerang ke satu NPC namun jumlah pasukan yang menyerang lebih didominasi pasukan formasi segitiga 53°.

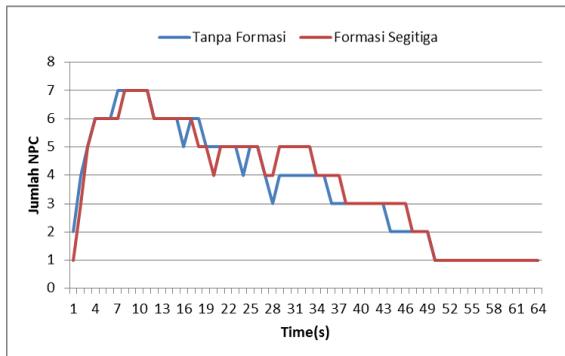


**Gambar 4.59** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

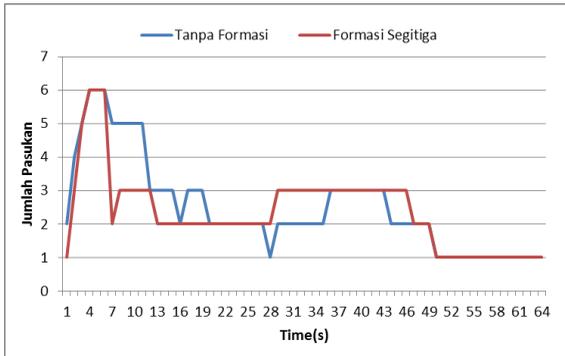


**Gambar 4.60** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

Pada variasi 10 dekat pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 53° dimenangkan pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.59 dan gambar 4.60 terlihat pasukan tanpa formasi memiliki garis grafik yang lebih sering diatas pasukan segitiga 53°. Dengan demikian pasukan tanpa formasi lebih mendominasi pertempuran.

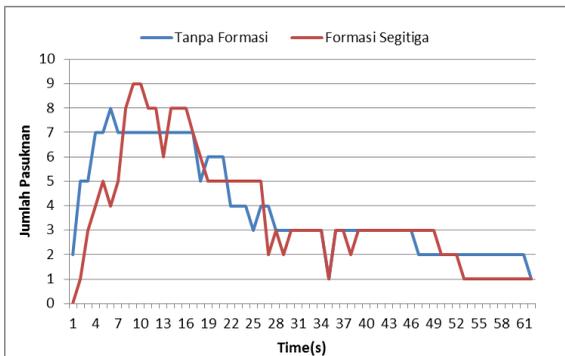


**Gambar 4.61** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

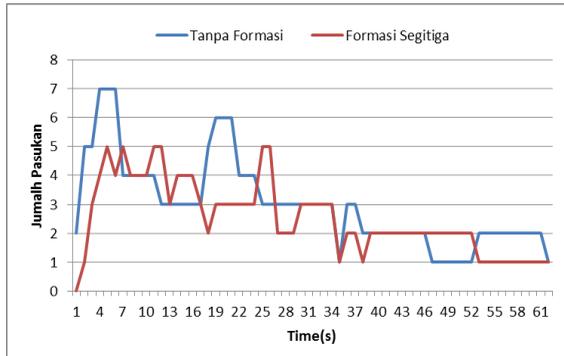


**Gambar 4.62** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

Pada variasi 10 jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  dimenangkan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$ . Pada gambar 4.61 dan gambar 4.62 garis grafik pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  sedikit diatas pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.62 di detik ke tujuh hingga 20 pasukan tanpa formasi lebih mendominasi hal ini terlihat dari garis grafik yang diatas, namun setelah itu pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  lebih mendominasi pertempuran.

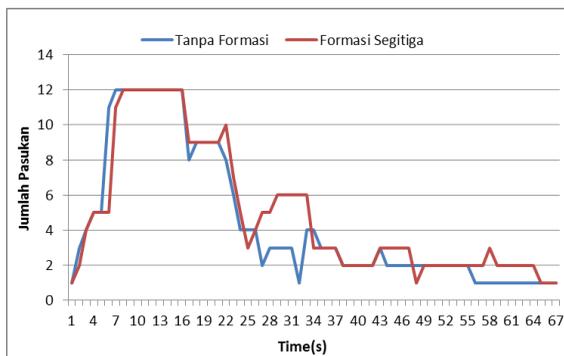


**Gambar 4.63** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

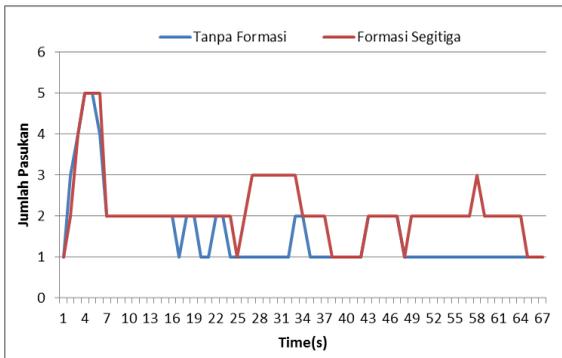


**Gambar 4.64** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

Pada variasi pertempuran 10 campuran dimenangkan pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.63 dan gambar 4.64 kedua garis grafik saling bergantian mencapai posisi tertinggi. Pada gambar 4.63 pasukan formasi segitiga 53° terlihat lebih mendominasi namun di gambar 4.64 pasukan tanpa formasi yang terlihat mendominasi. dengan demikian pasukan tanpa formasi mendominasi pertempuran dengan cara menyerang ke satu NPC.

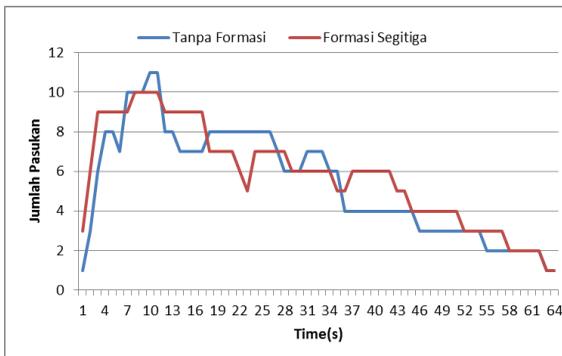


**Gambar 4.65** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

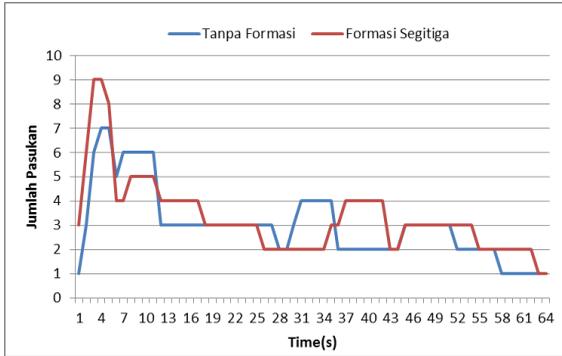


**Gambar 4.66** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

Pada variasi pertempuran 15 dekat pertempuran tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$  dimenangkan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$ . Pada gambar 4.65 dan gambar 4.66 terlihat garis grafik dari pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  yang sering berada di posisi tertinggi. Dengan demikian pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  mendominasi pertempuran baik dalam menyerang ke NPC lain maupun dalam memilih menyerang ke satu NPC lainnya.

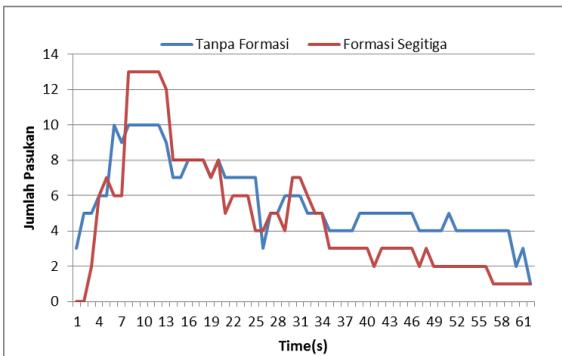


**Gambar 4.67** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

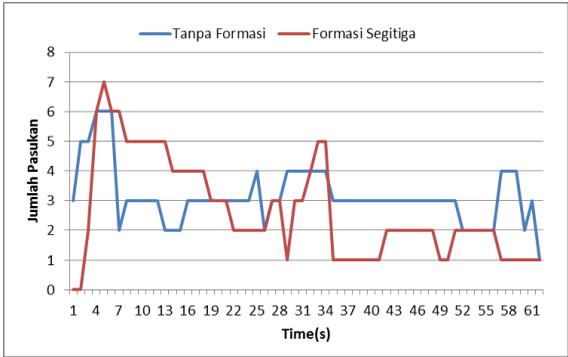


**Gambar 4.68** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

Pada variasi pertempuran 15 dekat pertempuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 53° dimenangkan pasukan formasi segitiga 53°. Namun garis grafik yang terlihat pada gambar 4.67 dan gambar 4.68 memperlihatkan pasukan tanpa formasi sebelumnya mendominasi pertempuran. Namun pada detik 34 hingga selesai pertempuran pasukan formasi segitiga 53° lebih mendominasi pertempuran. Hal ini terlihat dari garis grafik pasukan formasi segitiga 53° yang kemudian sering berada di posisi tertinggi.

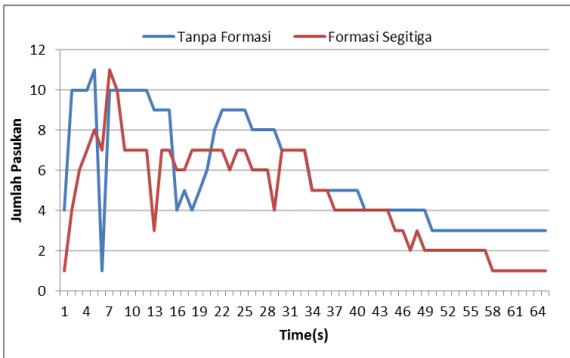


**Gambar 4.69** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 Campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

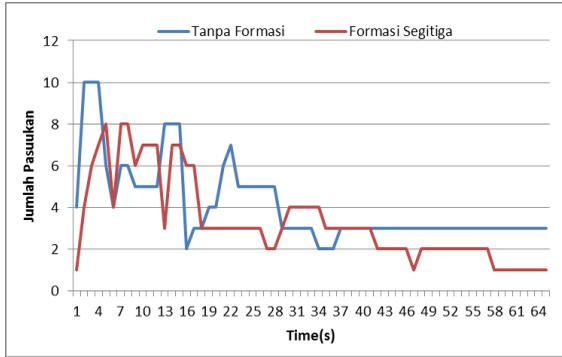


**Gambar 4.70** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

Berbeda pada variasi 15 sebelumnya, pada variasi 15 campuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 53° dimenangkan pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.69 dan gambar 4.70 garis grafik dari pasukan tanpa formasi sering berada di posisi tertinggi walaupun pasukan formasi segitiga 53° di detik pertama hingga detik 19 mendominasi namun setelahnya hingga selesainya pertempuran pasukan tanpa formasi dapat mendominasi pertempuran.

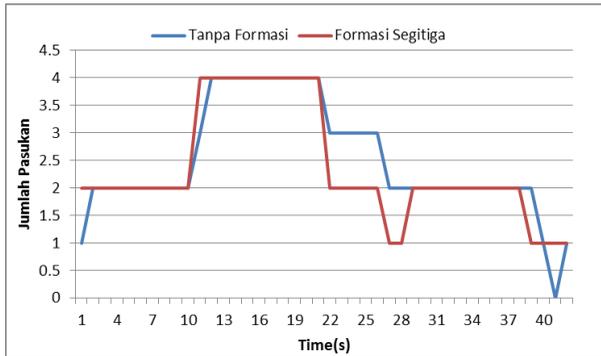


**Gambar 4.71** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 Campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 53°

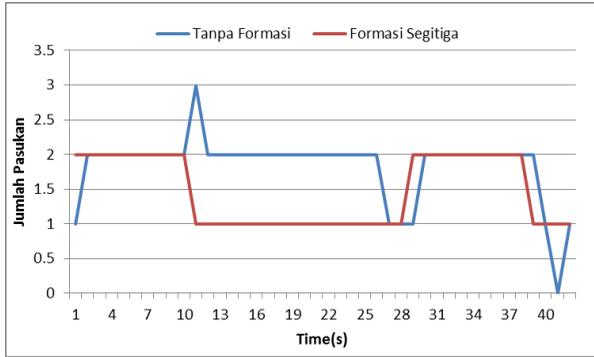


**Gambar 4.72** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga  $53^\circ$

Sama pada variasi pasukan campuran A, variasi pertempuran campuran B pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$  dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.71 dan gambar 4.72 terlihat pasukan tanpa formasi lebih sering menempati posisi tertinggi pada garis grafiknya dibandingkan dengan pasukan formasi segitiga  $53^\circ$

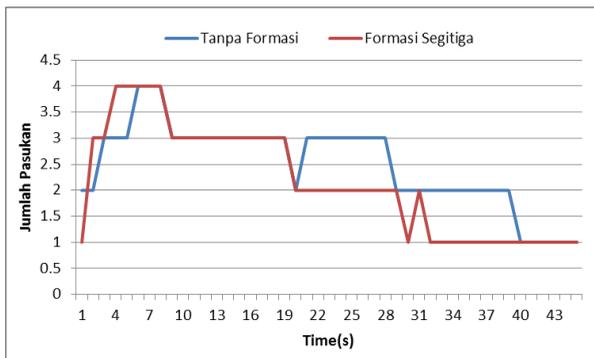


**Gambar 4.73** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

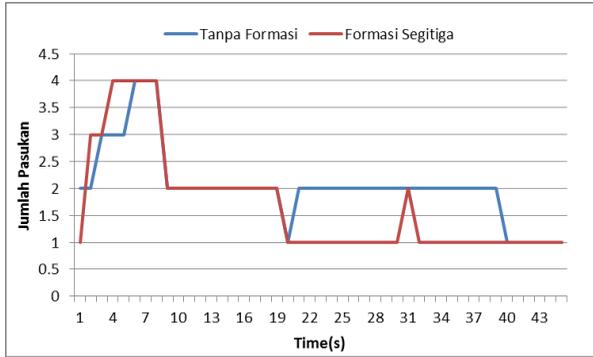


**Gambar 4.74** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

Pada variasi pertempuran lima jarak dekat pasukan tanpa formasi melawan pasukan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.73 dan 4.74 terlihat garis grafik dari pasukan tanpa formasi lebih sering berada di posisi tertinggi dibandingkan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$ . Dengan demikian pasukan tanpa formasi lebih mendominasi baik saat menyerang pasukan ke NPC lain maupun jumlah menyerang ke satu NPC lawan.

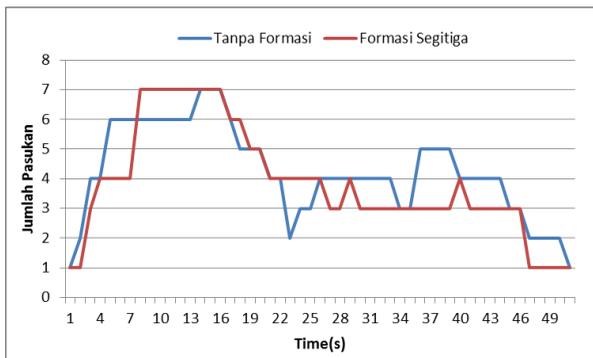


**Gambar 4.75** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

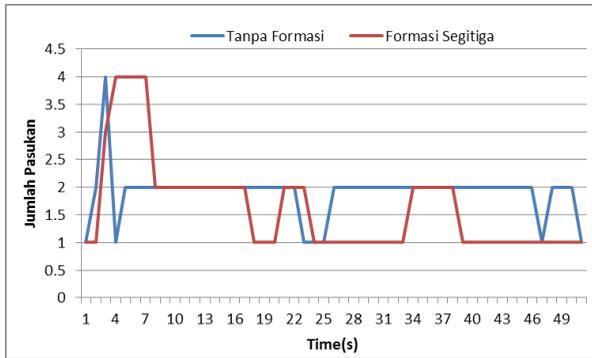


**Gambar 4.76** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

Pada variasi pertempuran lima jarak jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Hal ini terlihat dari garis grafik dari pasukan tanpa formasi yang dapat dilihat pada gambar 4.75 dan 4.76. pada detik di awal hingga detik 7 pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  masih mendominasi. namun setelah itu pasukan tanpa formasi garis grafiknya berada diatas atau sama dengan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$ .

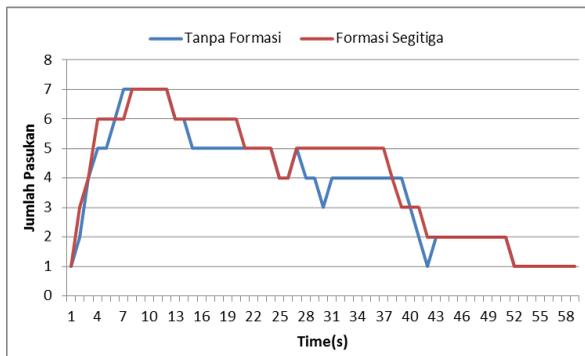


**Gambar 4.77** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

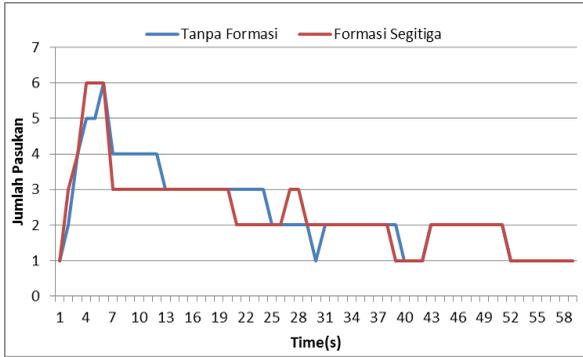


**Gambar 4.78** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

Sama seperti kedua variasi sebelumnya, variasi 10 dekat pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 81° dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.77 dan gambar 4.78 terlihat garis grafik pasukan formasi segitiga 81° terlebih dahulu berada pada posisi tertinggi namun setelah detik 10 pasukan tanpa formasi memiliki garis grafik yang diatas pasukan formasi segitiga 81°.

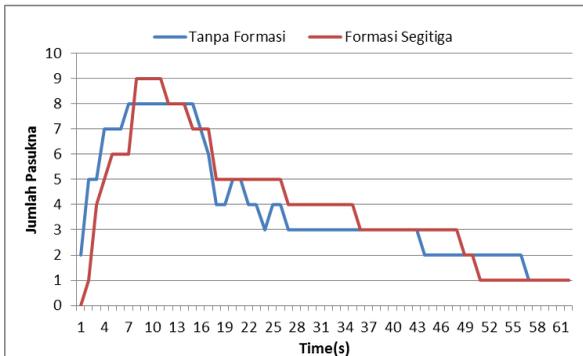


**Gambar 4.79** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

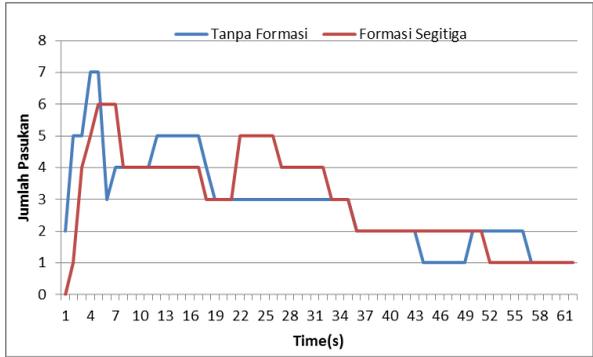


**Gambar 4.80** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

Pada variasi pertempuran 10 jauh pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 81° dimenangkan pasukan formasi segitiga 81°. Pada gambar 4.79 dan gambar 4.80 terlihat garis grafik dari pasukan segitiga 81° yang lebih sering berada di posisi tertinggi dibandingkan pasukan tanpa formasi. Namun pada gambar 4.80 pasukan tanpa formasi memiliki garis grafik yang lebih tinggi. Hal ini menandakan kemenangan dari pasukan formasi segitiga 81° dikarenakan Serangan NPC ke NPC lawan yang lebih banyak.

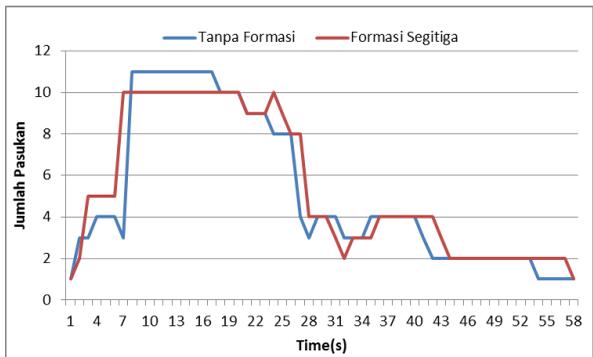


**Gambar 4.81** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

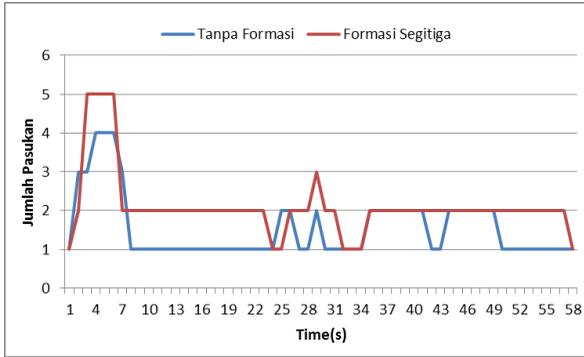


**Gambar 4.82** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

Pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  di variasi 10 campuran ini memiliki hasil seimbang. Hasil yang seimbang ini dikarenakan kedua pasukan tidak memiliki NPC yang tersisa di akhir pertempuran. Pada gambar 4.81 dan 4.82 terlihat kedua garis grafik bergantian menempati posisi tertinggi walaupun garis grafik formasi segitiga  $81^\circ$  terlihat mendominasi. Hasil seimbang dapat terjadi karena *spell* yang dikeluarkan memiliki delay. Oleh karena itu kondisi pertempuran seimbang biasanya terjadi pada pasukan jarak jauh.

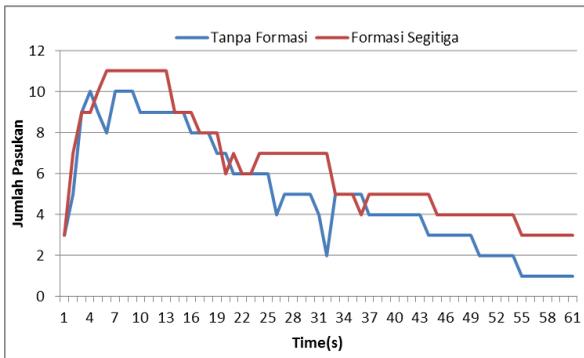


**Gambar 4.83** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

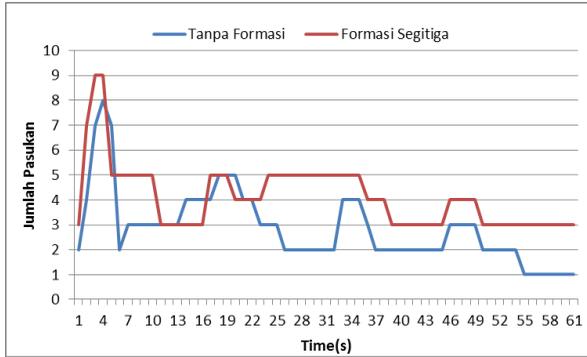


**Gambar 4.84** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  dengan variasi 15 dekat dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga  $81^\circ$ . Pada gambar 4.83 dan gambar 4.84 terlihat garis grafik dari pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  yang sering berada di posisi tertinggi. Dengan begitu pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  lebih mendominasi pertempuran di variasi ini.

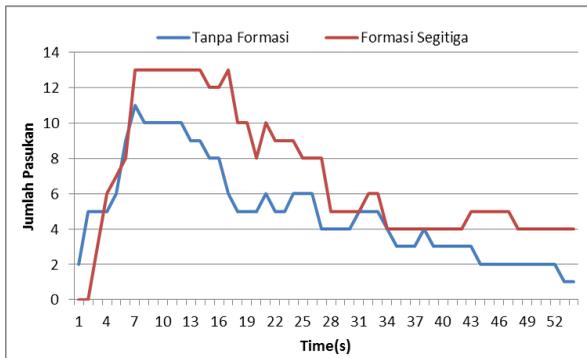


**Gambar 4.85** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

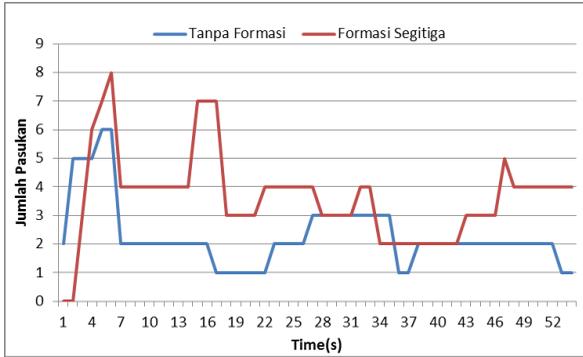


**Gambar 4.86** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

Sama seperti variasi sebelumnya ,pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 81° dengan variasi 15 dekat dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 81°. Jika terlihat dari gambar 4.85 dan gambar 4.86 terlihat jelas garis grafik pasukan segitiga 81° lebih sering berada diatas pasukan tanpa formasi. Dengan demikian pasukan formasi segitiga 81° lebih mendominasi pertempuran.

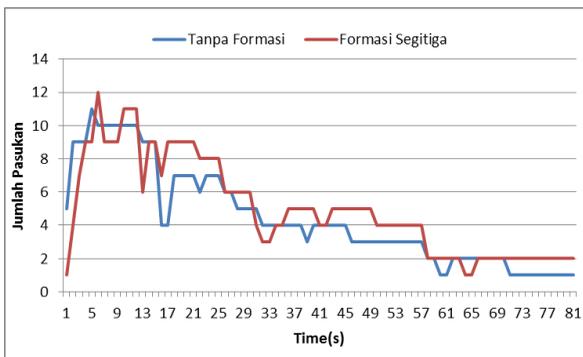


**Gambar 4.87** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

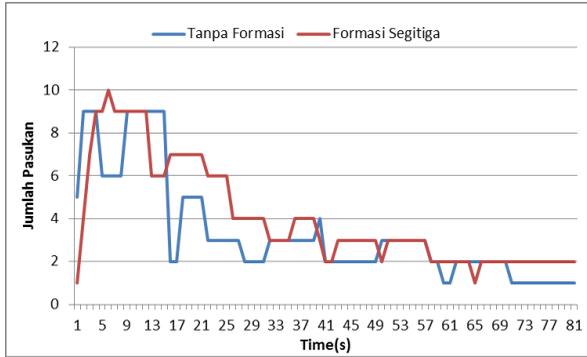


**Gambar 4.88** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

Pada variasi 15 campuran A pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga 81° dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 81°. Pada gambar 4.87 dan gambar 4.88 terlihat pasukan formasi segitiga 81° lebih mendominasi pertempuran, hal ini terlihat pada garis dari kedua grafik tersebut.

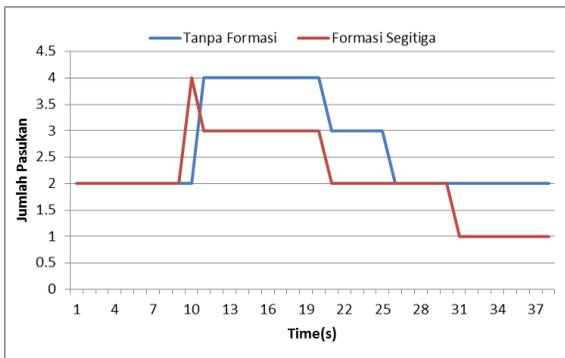


**Gambar 4.89** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 81°

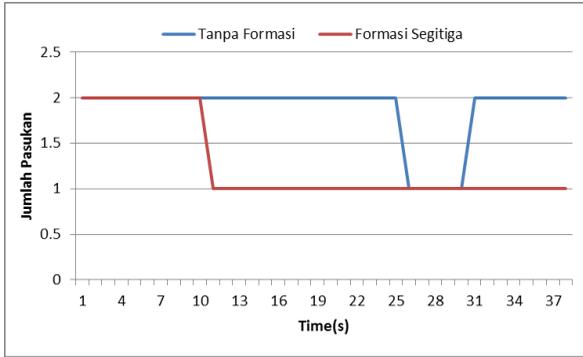


**Gambar 4.90** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga  $81^\circ$

Pada variasi campuran B pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi segitiga  $81^\circ$  dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga  $81^\circ$ . Pada gambar 4.89 dan gambar 4.90 terlihat garis grafik pasukan segitiga  $81^\circ$  yang mendominasi titik tertinggi di kedua grafik sehingga mendominasi pertempuran.

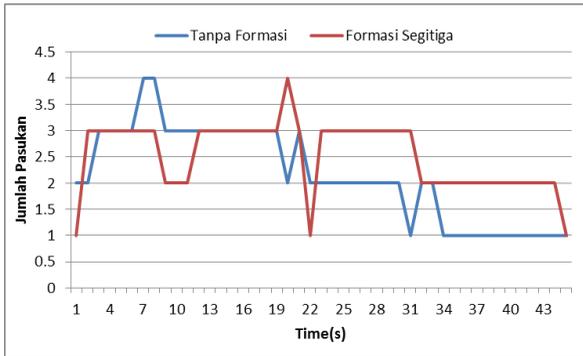


**Gambar 4.91** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $44^\circ$

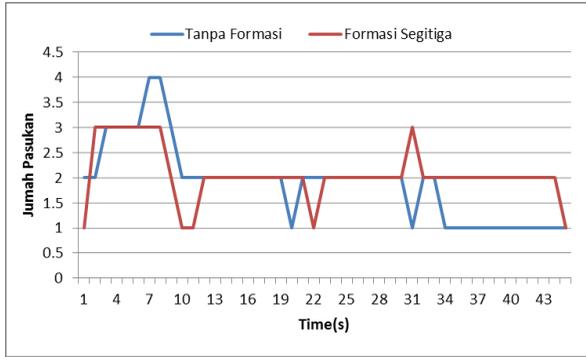


**Gambar 4.92** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi lima dekat dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.91 dan 4.92 terlihat jelas pasukan tanpa formasi memiliki grafik yang berada diatas pasukan segitiga 44°. Pada gambar 4.91 pasukan segitiga hanya beberapa detik saja titik tertinggi grafiknya berada diatas.

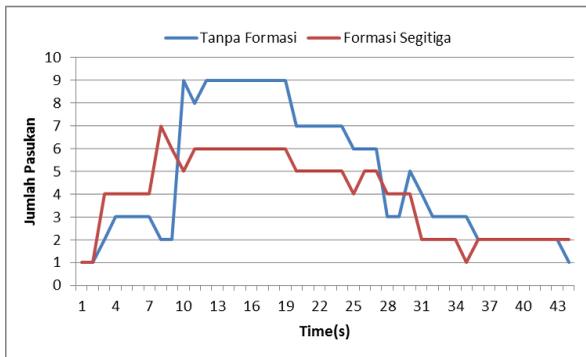


**Gambar 4.93** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

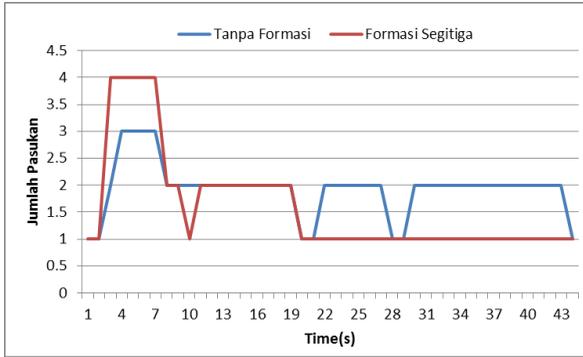


**Gambar 4.94** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi lima jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi lima jauh dimenangkan oleh pasukan formasi segitiga 44°. Gambar 4.93 dan gambar 4.94 terdapat grafik serangan NPC dan serangan ke satu NPC lawan. Pada grafik tersebut terlihat pasukan tanpa formasi pada awalnya mendominasi pertempuran. Terlihat dari garis grafik yang berada di puncak tertinggi. Namin mulai deti 19 hingga akhir pertempuran, pasukan formasi segitiga 44° mendominasi jalannya pertempuran.

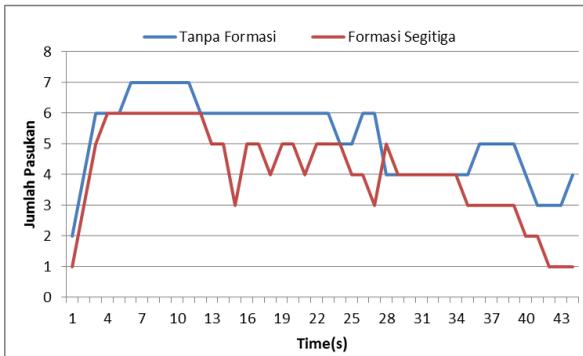


**Gambar 4.95** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

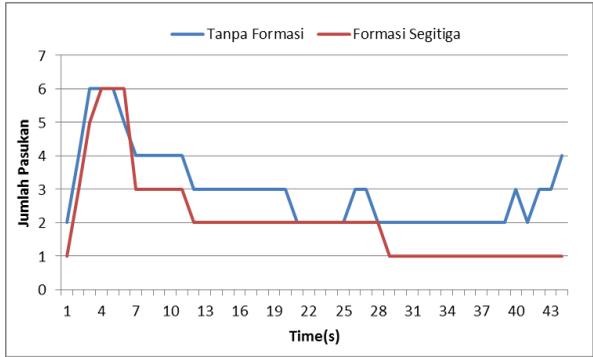


**Gambar 4.96** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga  $44^\circ$

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga  $44^\circ$  dengan variasi 10 dekat dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.95 dan gambar 4.96 terlihat pada detik pertama hingga detik 8 garis grafik pasukan formasi segitiga  $44^\circ$  berada di posisi tertinggi. Namun setelah itu hingga akhir pertempuran, garis grafik dari pasukan tanpa formasi selalu berada di posisi tertinggi. Dengan demikian, pasukan tanpa formasi mendominasi pertempuran pada variasi ini.

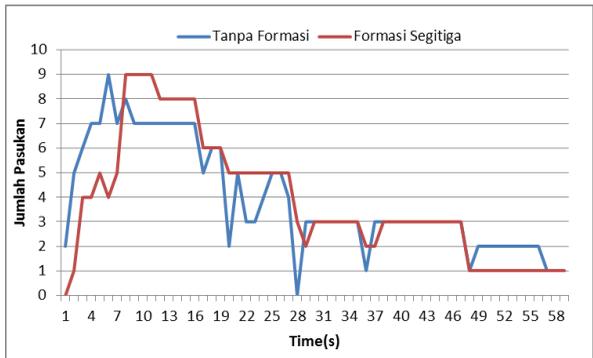


**Gambar 4.97** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga  $44^\circ$

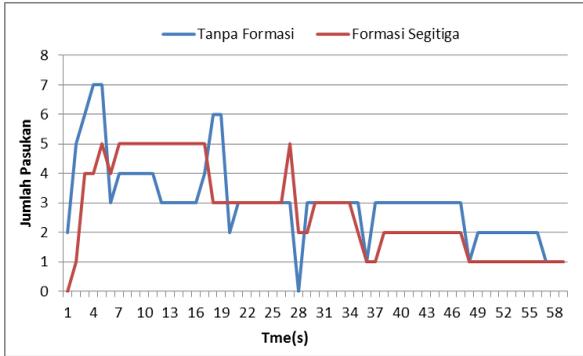


**Gambar 4.98** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 10 jauh dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.97 dan gambar 4.98 terlihat pasukan tanpa formasi memiliki garis grafik yang dominan berada di posisi tertinggi. Hanya beberapa detik saja pada gambar 4.98 garis grafik pasukan formasi segitiga 44° berada di posisi tertinggi. Dengan begitu pasukan tanpa formasi mendominasi pertempuran.

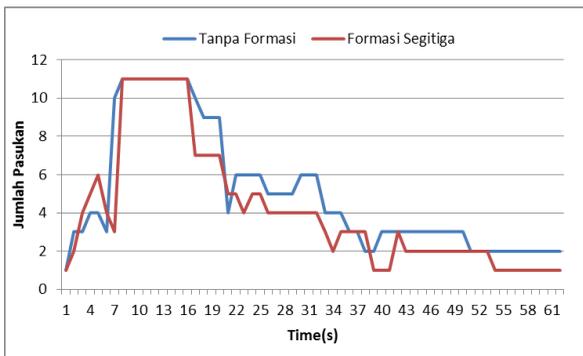


**Gambar 4.99** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

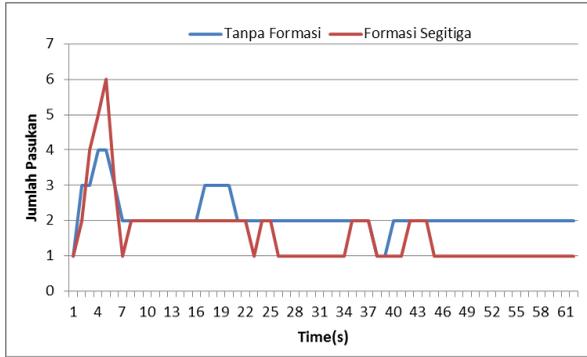


**Gambar 4.100** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 10 campuran tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 10 campuran dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.99 dan 4.100 terlihat beberapa kali pasukan formasi segitiga 44° memiliki garis grafik yang berada di posisi tertinggi. Namun garis grafik pasukan tanpa formasi lebih sering berada di posisi teritnggi dibandingkan pasukan formasi segitiga 44°. Dengan begitu pasukan tanpa formasi lebih mendominasi pertempuran.

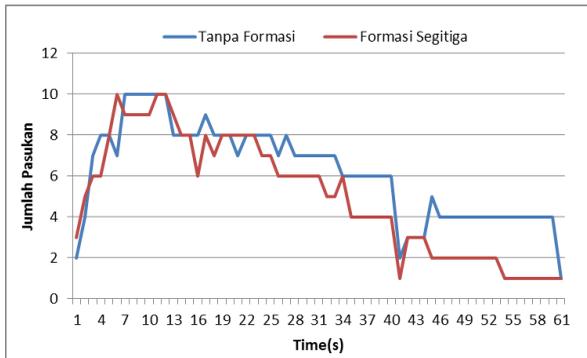


**Gambar 4.101** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

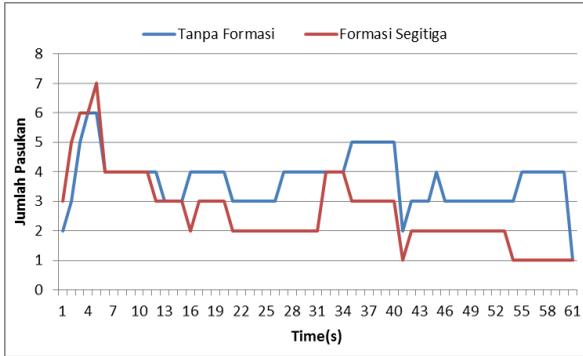


**Gambar 4.102** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 dekat tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 15 dekat dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.101 dan gambar 4.102 terlihat hanya hingga detik ke tujuh saja garis grafik dari pasukan formasi segitiga 44° berada di posisi tertinggi. Sisanya garis grafik dari pasukan tanpa formasi yang berada di posisi tertinggi. Dengan demikian pasukan tanpa formasi mendominasi jalannya pertempuran.

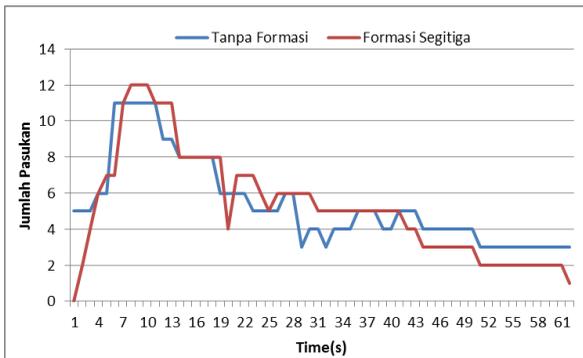


**Gambar 4.103** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

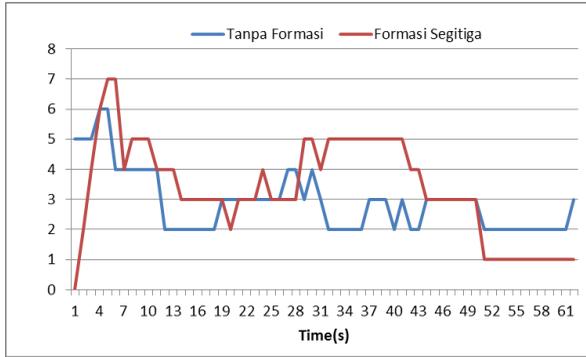


**Gambar 4.104** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 jauh tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 15 jauh dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.103 dan gambar 4.104 terlihat garis grafik dari pasukan tanpa formasi mendominasi posisi tertinggi. Dengan demikian pasukan tanpa formasi lebih sering mendominasi jalannya pertempuran pada variasi 15 jauh ini.

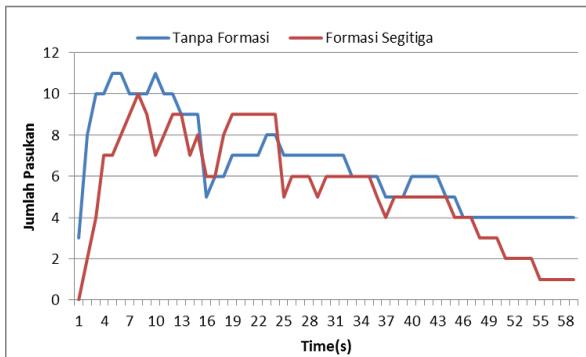


**Gambar 4.105** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

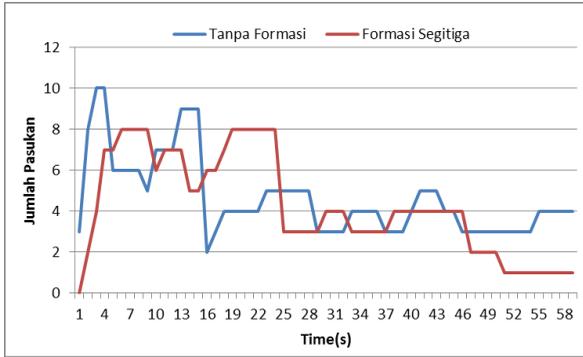


**Gambar 4.106** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran A tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 15 jauh dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.105 dan gambar 4.106 terlihat garis grafik dari kedua pasukan seimbang, bahkan pada gambar 4.106 garis grafik dari pasukan formasi segitiga 44° mendominasi. Namun di akhir pertempuran garis grafik dari pasukan tanpa formasi lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pasukan tanpa formasi baru mendominasi pertempuran di akhir pertempuran.



**Gambar 4.107** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°



**Gambar 4.108** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 15 campuran B tanpa formasi melawan formasi segitiga 44°

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan segitiga 44° dengan variasi 15 jauh dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.107 dan gambar 4.108 terlihat garis grafik dari kedua pasukan saling mendominasi. Namun di akhir pertempuran garis grafik pasukan tanpa formasi lebih mendominasi di titik tertinggi. Dengan begitu pasukan tanpa formasi mendominasi pertempuran.

#### 4.1.2 Pengujian Pasukan Tanpa Formasi Melawan Pasukan Dengan Formasi Persegi

**Tabel 4.3** Hasil pengujian pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B dan formasi persegi

Variasi Pasukan	Jenis Formasi	
	Tanpa Formasi B	Formasi Persegi
Empat Jarak Dekat	0%	100%
Empat Jarak Jauh	Seimbang	Seimbang
Sembilan Jarak Dekat	100%	0%
Sembilan Jarak Jauh	100%	100%
Sembilan Campur A	0%	0%
Sembilan Campur B	0%	0%
16 Jarak Dekat	100%	0%
16 Jarak Jauh	100%	100%
16 Campur	100%	100%

Pada pengujian yang kedua ini akan dilakukan perbandingan jumlah kemenangan antara pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B dan pasukan dengan formasi persegi. Di setiap perbandingan akan terdapat sembilan jenis variasi jumlah pasukan.

Variasi tersebut adalah empat pasukan jarak dekat, empat pasukan jarak jauh, sembilan pasukan jarak dekat, sembilan pasukan jarak jauh, sembilan pasukan campuran dengan dua variasi campuran. Campuran tipe A enam pasukan jarak dekat dan tiga pasukan jarak jauh dan campuran tipe B tiga pasukan jarak dekat dan enam pasukan jarak jauh. 16 pasukan jarak dekat, 16 pasukan jarak jauh dan 16 pasukan campuran dengan campuran delapan pasukan jarak dekat dan delapan pasukan jarak jauh. Variasi ini dapat dilihat pada hasil data pengujian pada tabel 4.3.

Di setiap variasi pertempuran akan dilakukan 5 kali pertempuran. Dari tiap pertempuran tersebut akan dicatat jumlah kemenangan dari setiap pertempuran. Setelah melakukan 5 kali pertempuran maka setiap variasi dari pertempuran akan dicatat jumlah persentase kemenangannya.

Selain hasil kemenangan pada pertempuran di tampilkan pula rata-rata waktu di tiap variasi pertempuran. Rata-rata waktu pertempuran ini dapat dilihat pada tabel 4.4.

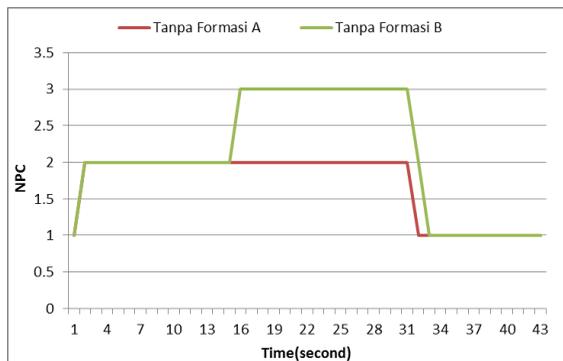
**Tabel 4.4** Hasil pengujian waktu tempuh pertempuran kedua

Variasi Pasukan	Jenis Formasi(detik)	
	Tanpa Formasi B	Formasi Persegi
Empat Jarak Dekat	43	42
Empat Jarak Jauh	38	33
Sembilan Jarak Dekat	49	42
Sembilan Jarak Jauh	60	52
Sembilan Campur A	51	54
Sembilan Campur B	63	62
16 Jarak Dekat	62	55
16 Jarak Jauh	55	56
16 Campur	58	73

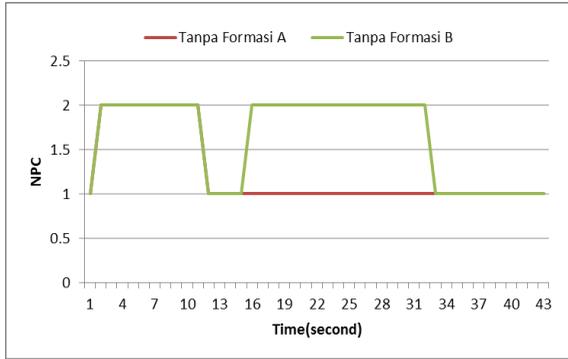
Setelah dilakukan percobaan sebanyak lima kali, hasil percobaan di tiap pengujian memiliki hasil yang sama. Hal ini sama seperti pada pengujian sebelumnya yang terlihat pada tabel 4.1. Rata-

rata kemenangan yang dihasilkan pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B adalah 65%, sedangkan saat pasukan tanpa formasi A melawan pasukan dengan formasi persegi persentasenya berkurang menjadi 50%. Pada variasi empat jarak jauh di pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B dan pasukan tanpa formasi A melawan pasukan formasi persegi memiliki hasil yang seimbang. Hasil ini menandakan bahwa kedua pasukan sama-sama tidak memiliki sisa dari NPC. Waktu rata-rata yang dihasilkan oleh pertempuran tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi A adalah 53,2 detik sedangkan waktu rata-rata yang dihasilkan oleh pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan formasi persegi adalah 52,1 detik, 1 detik lebih cepat dibandingkan pertempuran tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B.

Pada gambar 4.55 hingga gambar 5.91 ditampilkan catatan dari setiap variasi pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B, pasukan formasi. Catatan yang ditampilkan akan diubah menjadi grafik serangan NPC ke NPC lawan dan grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan.

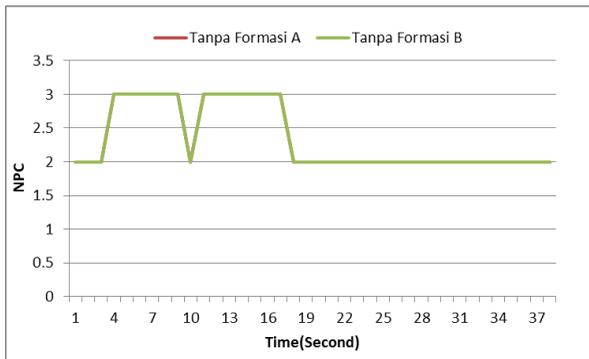


**Gambar 4.109** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

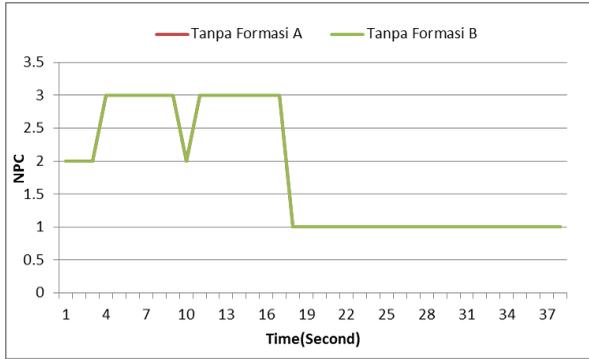


**Gambar 4.110** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada gambar 4.55 dan gambar 4.56 terlihat grafik dari serangan NPC kelawan dan serangan NPC ke satu lawan yang sama. serangan Pada kedua gambar terlihat NPC tanpa formasi B lebih mendominasi serangan. hal ini terlihat dari garis grafik tanpa formasi B tidak pernah dibawah garis grafik dari pasukan tanpa formasi A. Dengan begitu pasukan tanpa formasi B memperoleh kemenangan.

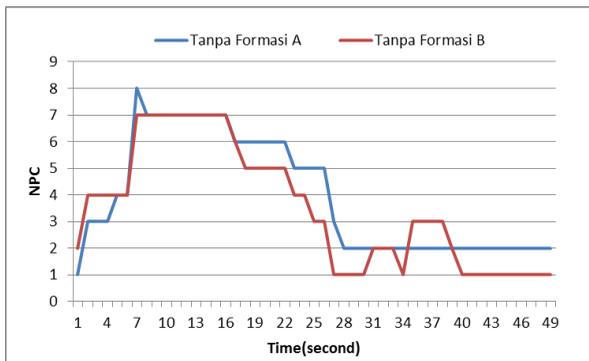


**Gambar 4.111** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

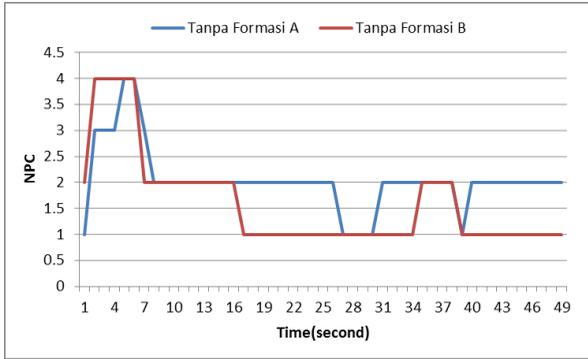


**Gambar 4.112** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada gambar 4.57 dan 4.58 terlihat grafik dari serangan NPC ke NPC lain dan serangan NPC terbanyak ke satu NPC. Pertempuran ini memiliki hasil yang seimbang. Hal ini dapat terlihat pada kedua grafik tersebut terlihat garis grafik dari pasukan tanpa formasi A dan pasukan tanpa formasi B sama dari awal hingga akhir.

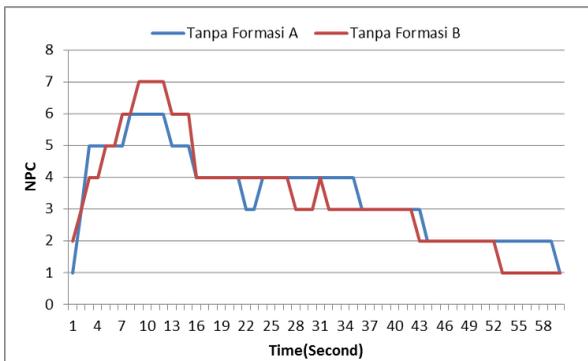


**Gambar 4.113** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

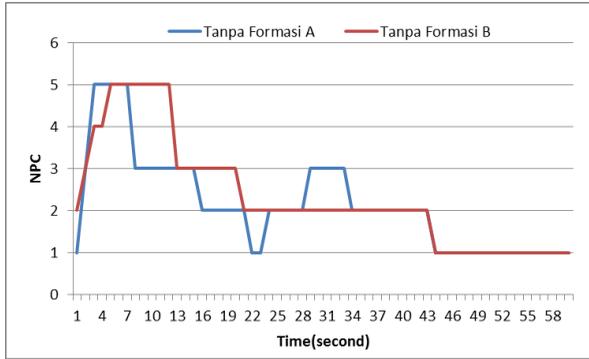


**Gambar 4.114** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B ini di variasi sembilan jarak dekat ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Hal ini terlihat pada gambar 4.59 dan 4.60 garis grafik pasukan tanpa formasi A lebih sering menempati titik puncak dibanding pasukan tanpa formasi B.

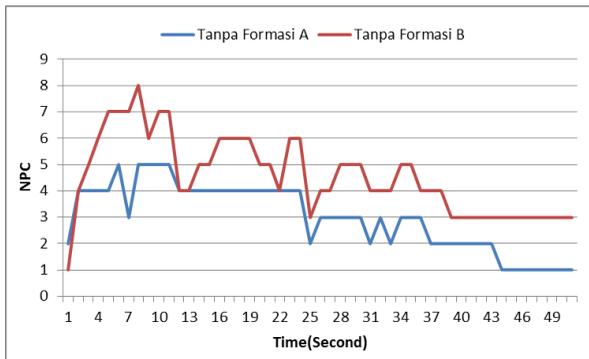


**Gambar 4.115** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

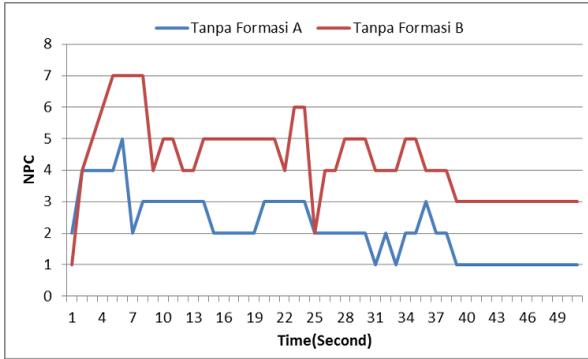


**Gambar 4.116** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B di variasi serangan sembilan jarak jauh ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.61 di detik-detik awal pasukan tanpa formasi B terlihat lebih mendominasi namun mulai detik 28 pasukan tanpa formasi A mendominasi hingga akhir pertempuran. Hal ini juga terlihat pada gambar 4.62.

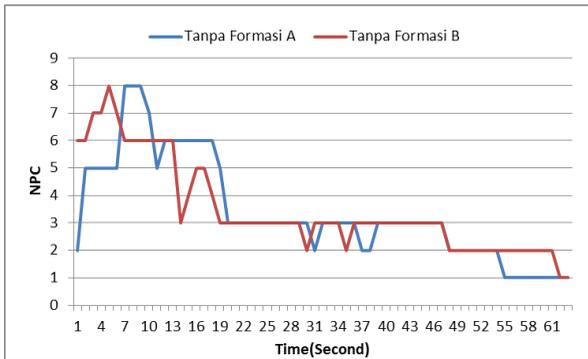


**Gambar 4.117** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran Atanpa formasi melawan tanpa formasi

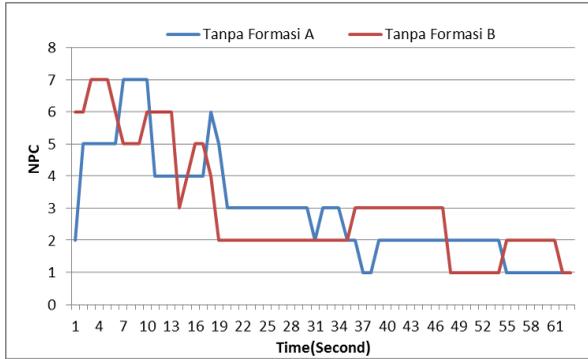


**Gambar 4.118** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan campuran A tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pertempuran berikutnya adalah pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B dengan variasi 9 pasukan campuran antara enam pasukan jarak dekat dan tiga pasukan jarak jauh. Pada pertempuran ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi B. Di gambar 4.63 dan 4.64 terlihat pasukan tanpa formasi B sangat mendominasi dengan garis grafik yang selalu berada diatas.

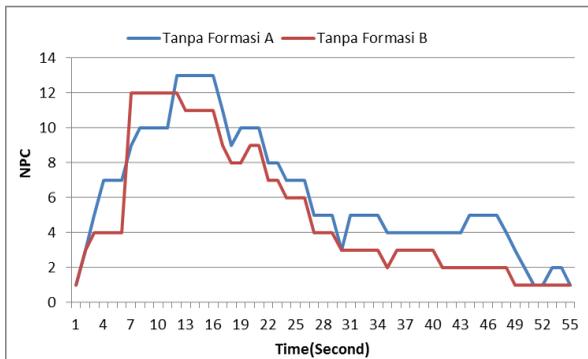


**Gambar 4.119** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi

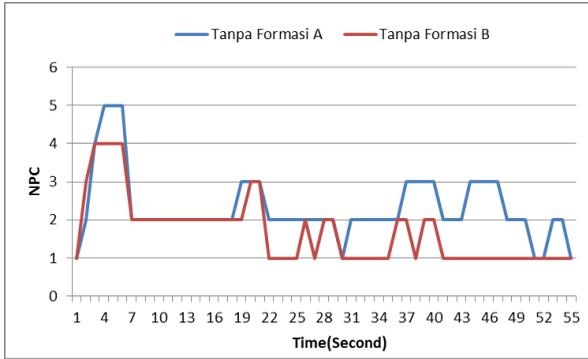


**Gambar 4.120** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pada pertempuran tanpa formasi A melawan tanpa formasi B pada variasi enam pasukan jarak jauh dan tiga pasukan jarak dekat dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi B. dari gambar 4.65 dan 4.66 terlihat dari detik pertama hingga detik 37 kedua pasukan saling mendominasi pasukan lainnya. Hal ini terlihat dari kedua garis grafik yang saling bergantian di titik atas garis grafik lainnya. Namun setelah detik 37 hingga akhir pertempuran pasukan tanpa formasi B lebih mendominasi pertempuran.

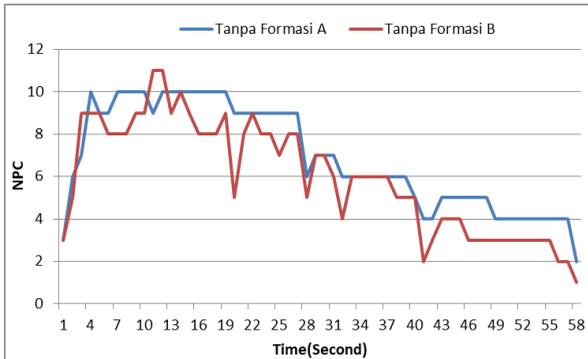


**Gambar 4.121** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

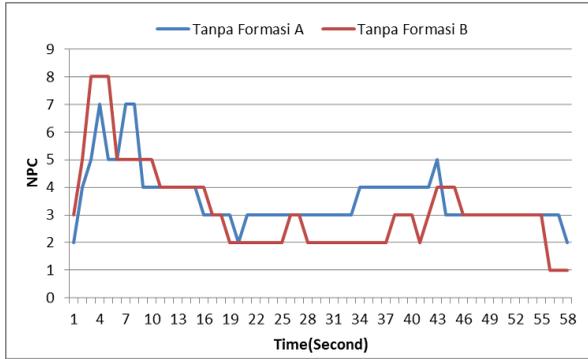


**Gambar 4.122** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan tanpa formasi

Pertempuran variasi 16 jarak dekat pasukan tanpa formasi A melawan pasukan tanpa formasi B ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.67 dan 4.68 diperlihatkan grafik dari serangan NPC ke NPC lawan serta grafik NPC ke satu NPC lawan. di grafik tersebut terlihat pasukan tanpa formasi A lebih sering menyerang serta menyerang ke satu NPC lainnya. hal ini terlihat dari hasil dari garis grafik di kedua grafik tersebut. Garis grafik pasukan tanpa formasi A lebih sering berada di titik tertinggi dibandingkan garis grafik formasi B.

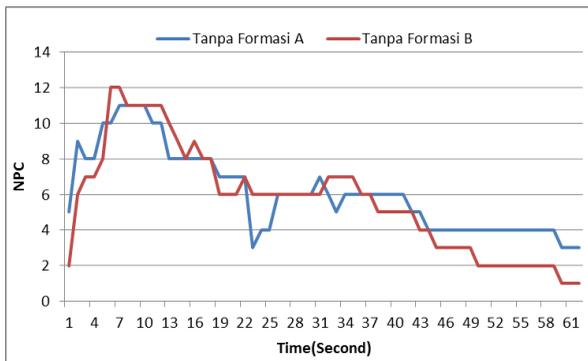


**Gambar 4.123** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

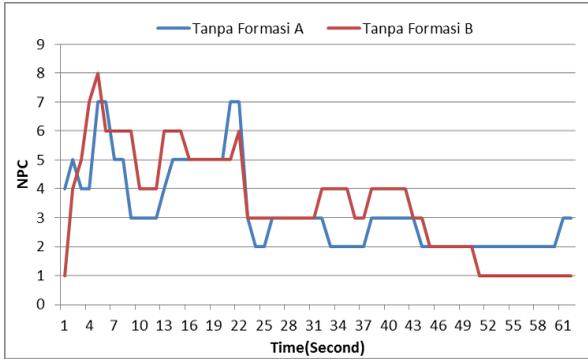


**Gambar 4.124** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan tanpa formasi

Sama seperti variasi 16 pasukan jarak dekat, pada variasi 16 pasukan jarak jauh juga dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.69 dan 4.70 terlihat pasukan tanpa formasi A lebih sering mendominasi dengan garis grafik yang lebih sering berada diatas garis grafik dari pasukan tanpa formasi B.

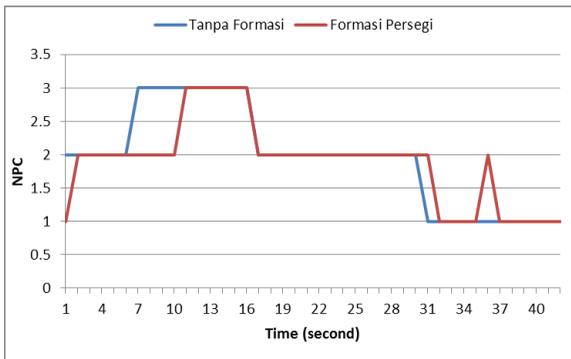


**Gambar 4.125** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi

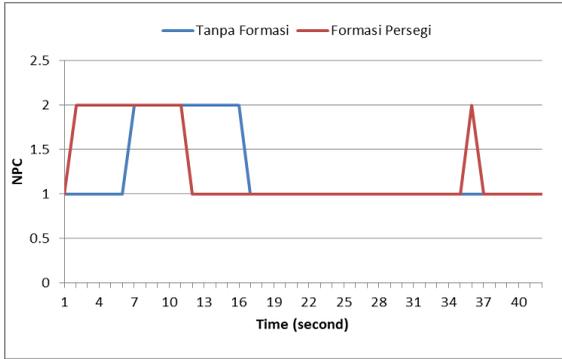


**Gambar 4.126** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan tanpa formasi

Sama seperti variasi pertempuran dengan 16 pasukan lainnya, pertempuran dengan variasi 16 pasukan campuran ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi A. Pada gambar 4.71 dan gambar 4.72 terlihat grafik dari kedua pasukan. Pada grafik tersebut terlihat kedua pasukan saling bergantian mendominasi di pertempuran. Namun pada detik 46 hingga akhir pertempuran pasukan tanpa formasi A dapat mendominasi pertempuran.

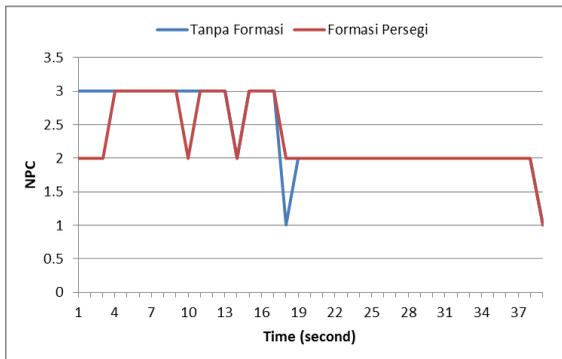


**Gambar 4.127** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

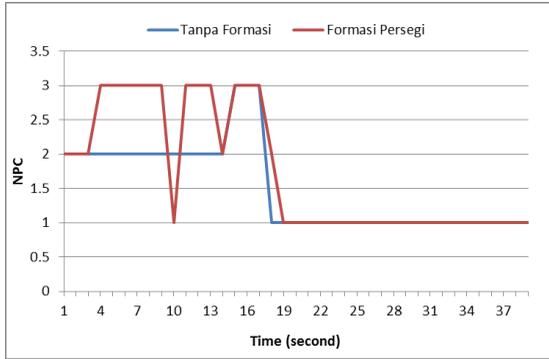


**Gambar 4.128** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

Setelah dilakukan percobaan tanpa formasi melawan pasukan tanpa formasi, maka dilanjutkan percobaan pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi. pada gambar 4.73 dan gambar 4.74 diperlihatkan grafik dari variasi pertempuran empat jarak dekat. pertempuran ini dimenangkan oleh pasukan formasi persegi. Hal ini terlihat dari garis graik formasi persegi yang sedikit lebih mendominasi dibanding pasukan tanpa formasi.

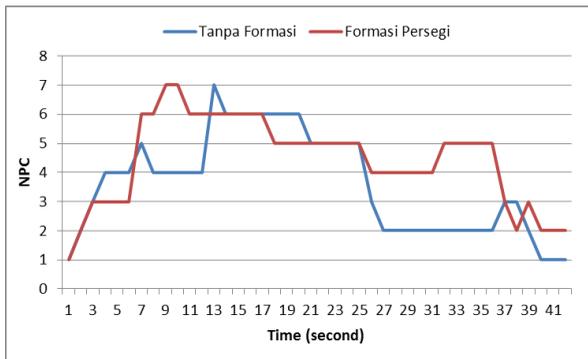


**Gambar 4.129** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

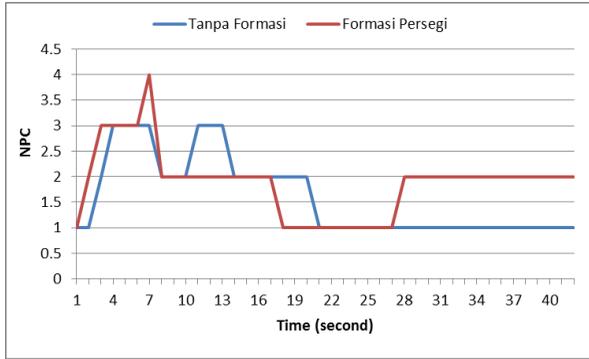


**Gambar 4.130** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi empat jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada pertempuran variasi empat jarak jauh berakhir dengan seimbang. Kedua NPC tidak tersisa hingga akhir pertempuran. Pada gambar 4.75 dan gambar 4.76 terlihat formasi persegi lebih mendominasi tetapi pertempuran berakhir dengan seimbang. Hal ini dikarenakan pertempuran jarak jauh memiliki delay sebelum serangan mengenai musuh. Delay tersebut berupa panah yang di lepaskan oleh NPC.

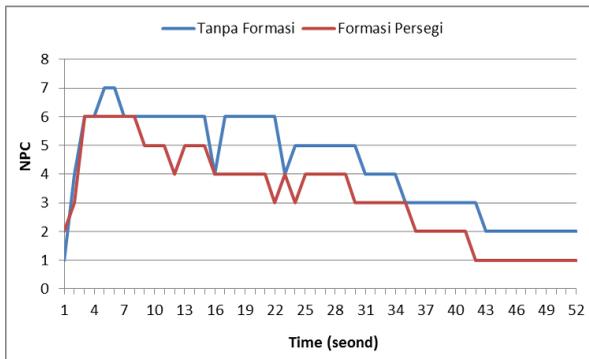


**Gambar 4.131** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

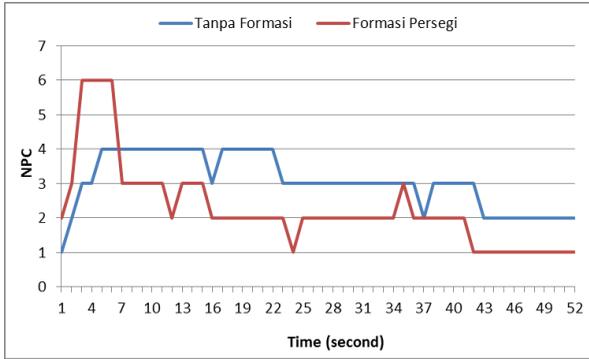


**Gambar 4.132** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada variasi pertempuran sembilan dekat pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi dimenangkan oleh pasukan formasi persegi. Hal ini terlihat pula pada gambar 4.77 dan 4.78 yang menerangkan grafik serangan NPC ke NPC lawan dan grafik serangan maksimal NPC ke satu NPC lainnya. Garis grafik pasukan formasi persegi lebih sering berada di titik tertinggi dibanding garis grafik pasukan tanpa formasi

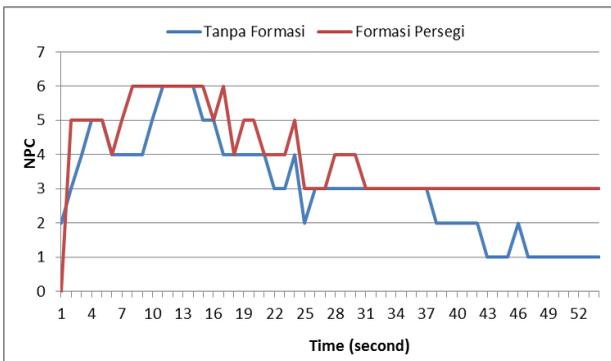


**Gambar 4.133** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

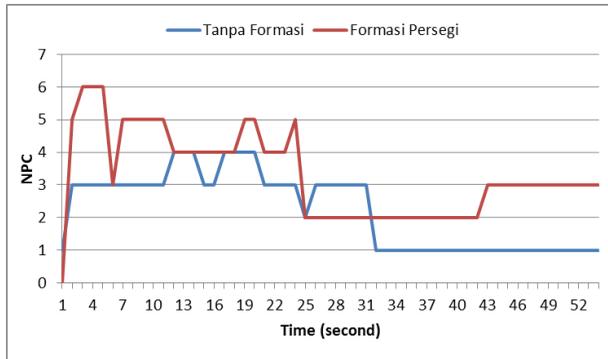


**Gambar 4.134** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada pertempuran variasi sembilan jarak dekat dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.79 dan gambar 4.80 terlihat jelas garis grafik pasukan tanpa formasi sering berada di posisi tertinggi. Dengan begitu pasukan tanpa formasi lebih mendominasi pertempuran pada variasi ini.

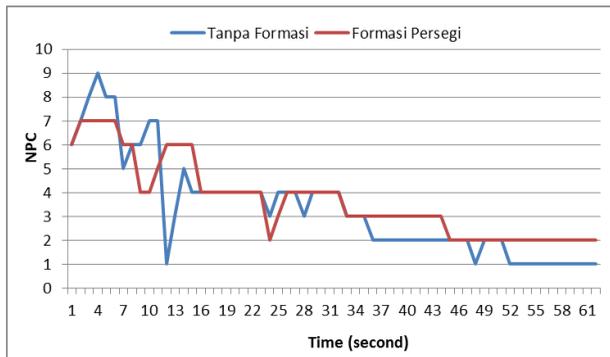


**Gambar 4.135** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi

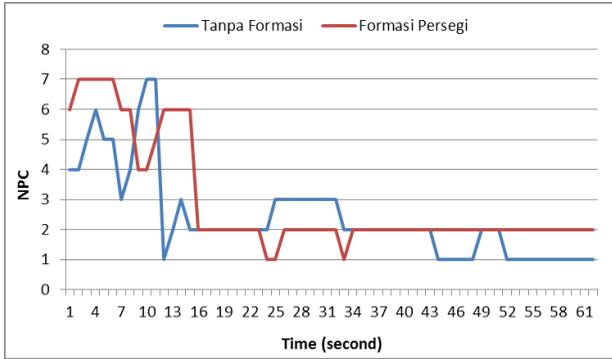


**Gambar 4.136** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan Campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada pertempuran variasi sembilan campuran A terdapat enam pasukan jarak dekat dan tiga pasukan jarak jauh. Pertempuran ini dimenangkan oleh pasukan formasi persegi. Pada gambar 4.81 dan gambar 4.82 terlihat garis grafik dari pasukan formasi persegi lebih sering berada di posisi titik tertinggi. Puncaknya pada detik 34 hingga detik terakhir garis grafik pasukan formasi persegi selalu berada diatas pasukan tanpa formasi.

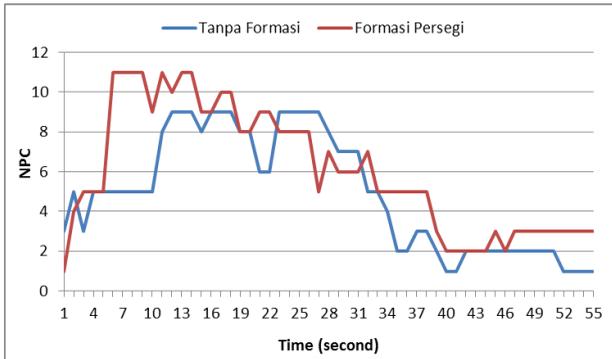


**Gambar 4.137** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi sembilan campuran B tanpa formasi melawan formasi persegi

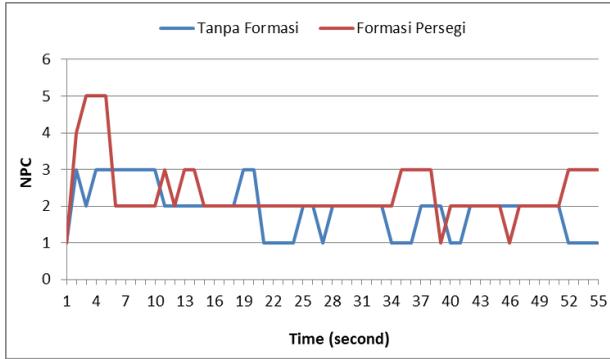


**Gambar 4.138** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi sembilan Campuran A tanpa formasi melawan formasi persegi

Sama seperti variasi pertempuran sembilan campuran A pada variasi pertempuran sembilan campuran B dengan enam pasukan jarak jauh dan tiga pasukan jarak dekat dimenangkan oleh pasukan formasi persegi. Gambar 4.83 dan 4.84 memperlihatkan grafik yang menunjukkan pasukan formasi persegi lebih mendominasi pertempuran variasi pasukan campuran B

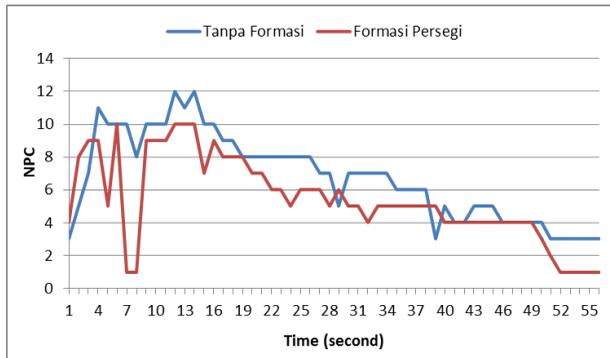


**Gambar 4.139** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

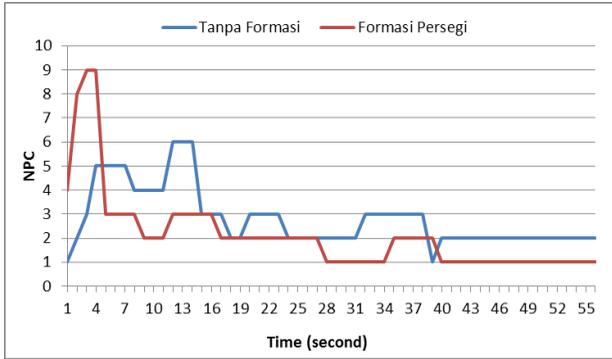


**Gambar 4.140** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak dekat tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada pertempuran pasukan tanpa formasi melawan pasukan formasi persegi dengan variasi 16 pasukan jarak dekat dimenangkan oleh pasukan formasi persegi. Di gambar 4.85 dan gambar 4.86 terlihat garis grafik dari pasukan formasi persegi lebih sering berada diatas pasukan tanpa formasi. Meskipun begitu terlihat beberapa kali pasukan tanpa formasi garis grafiknya berada diatas pasukan formasi persegi. Namun pasukan formasi persegi lebih mendominasi pertempuran.

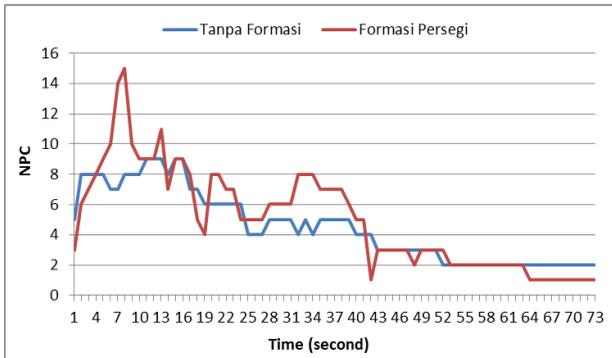


**Gambar 4.141** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

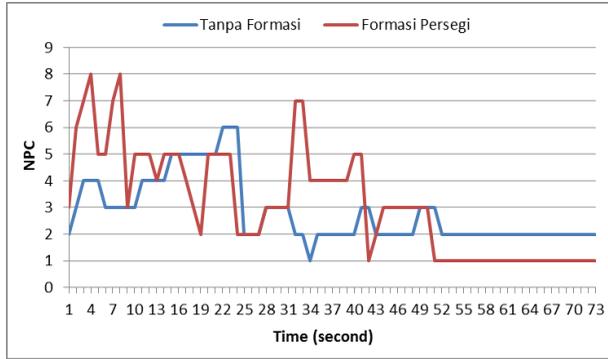


**Gambar 4.142** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 jarak jauh tanpa formasi melawan formasi persegi

Berbeda dengan variasi pertempuran 16 jarak dekat, pada pertempuran 16 jarak jauh ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Pada gambar 4.87 dan 4.88 terlihat jelas pasukan tanpa formasi lebih mendominasi jalannya pertempuran dibandingkan pasukan formasi persegi.



**Gambar 4.143** Grafik serangan NPC ke NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi



**Gambar 4.144** Grafik serangan terbanyak NPC ke satu NPC lawan variasi 16 campuran tanpa formasi melawan formasi persegi

Pada variasi pertempuran 16 campuran ini diikuti oleh delapan pasukan jarak jauh dan delapan pasukan jarak dekat. Di variasi pertempuran ini dimenangkan oleh pasukan tanpa formasi. Namun pada gambar 4.89 dan 4.90 terlihat pasukan dengan formasi persegi lebih mendominasi pertempuran dibandingkan pasukan tanpa formasi. Namun pasukan tanpa formasi pada pertempuran di detik 52 hingga detik terakhir lebih mendominasi pertempuran. Pada gambar 4.90 terlihat serangan ke satu NPC pasukan tanpa formasi lebih banyak dibanding pasukan formasi persegi. Hal inilah yang membuat pasukan tanpa formasi dapat meraih kemenangan. Dengan demikian untuk dapat meraih kemenangan disuatu pertempuran tidak hanya mendominasi di awal-awal pertempuran saja. Namun juga harus dapat mendominasi di akhir pertempuran.

#### 4.2 Pengujian Bentuk Formasi dan Posisi Pasukan

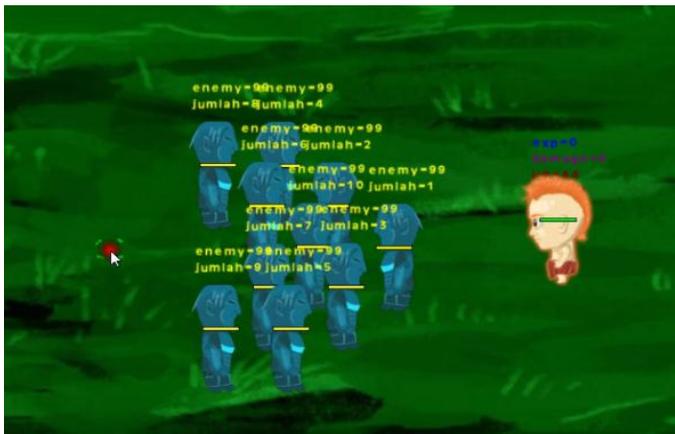
Pada pengujian yang kedua ini akan dilakukan pengujian dari bentuk formasi, posisi pasukan serta perilaku tempur pasukan pada formasi dinamis yang telah diterapkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah formasi dinamis telah sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat.

#### 4.2.1 Pengujian Bentuk Formasi Dinamis

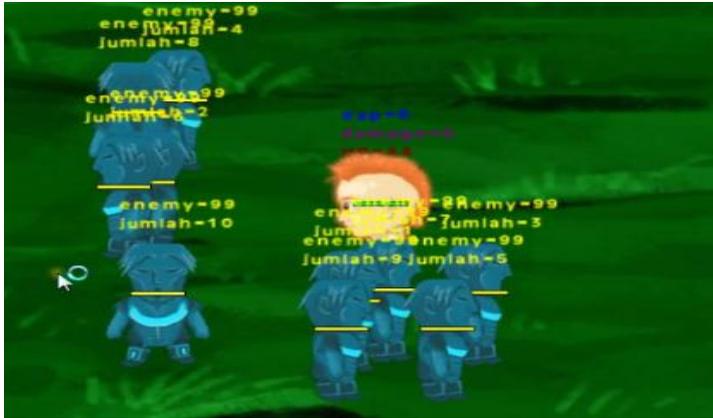
Pada desain sistem yang telah dibuat akan dibuat tiga bentuk formasi dinamis yaitu formasi persegi, formasi persegi panjang dan formasi segitiga. Pada permainan, bentuk formasi ini tidak selalu dalam keadaan bentuk yang telah ditetapkan. Di beberapa state pada FSM yang telah dibuat formasi ini akan berubah bentuk dari bentuk formasi yang telah ditetapkan. FSM tersebut adalah saat NPC melakukan *evade* dan *attack*. Ketika *hero* memasuki kerumunan NPC maka NPC harus melakukan *evade* untuk menghindari *hero* tersebut. Selain itu ketika NPC dalam keadaan *attack* atau menyerang maka formasi tidak lagi terbentuk. Pada pengujian ini akan menggunakan bentuk formasi segitiga untuk melihat perilaku formasi NPC terhadap *state evade* dan *state attack*.

##### a) *evade*

Pada state ini pasukan berhasil menghindari hero yang memasuki kerumunan. Gambar 4.91 adalah sesaat hero akan memasuki kerumunan dan formasi masih terbentuk namun beberapa pasukan bersiap untuk melakukan *evade*.

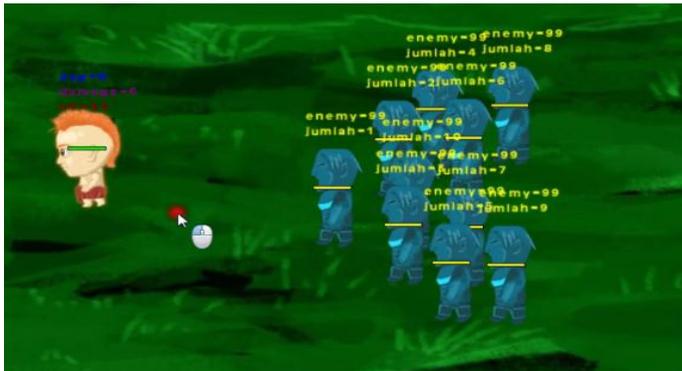


**Gambar 4.145** Pasukan memulai *evade*



**Gambar 4.146** Pasukan melakukan *evade*

Pada gambar 4.92 pasukan telah melakukan *evade* dan bentuk formasi tidak lagi dalam bentuk segitiga. dan pada saat hero sudah keluar dari kerumunan akhirnya pasukan kembali membentuk formasi segitiga seperti sebelumnya seperti yang terlihat pada gambar 4.93.



**Gambar 4.147** Pasukan kembali membentuk formasi

b) *attack*

Pada state ini pasukan akan mengalami state *idle* terlebih dahulu seperti yang terlihat pada gambar 4.94. Setelah beberapa saat kemudian pasukan akan mengalami state *attack* dan pasukan yang sebelumnya membentuk formasi perlahan-lahan meninggalkan posisi di formasi tersebut seperti yang terlihat pada gambar 4.95 dan 4.96.



**Gambar 4.148** Pasukan kondisi *idle*



**Gambar 4.149** Pasukan memulai *attack*



**Gambar 4.150** Pasukan dalam keadaan *attack*

#### 4.2.2 Pengujian posisi pasukan

Pada desain sistem yang telah dibuat, setiap NPC menempati posisi yang telah ditetapkan untuk dapat membuat bentuk formasi. Agar formasi dapat berjalan secara dinamis, posisi NPC dibuat menyesuaikan keadaan pada pasukan sehingga NPC tidak selalu menempati posisi yang ditetapkan di awal. Posisi pasukan ini berubah apabila NPC yang berada di posisi depan formasi mengalami state *die* dan *respawn*. Karena keadaan tersebut maka NPC lain harus menempati posisi formasi yang ada di depan dan NPC yang *respawn* tersebut menyusul berada di posisi yang tersisa.

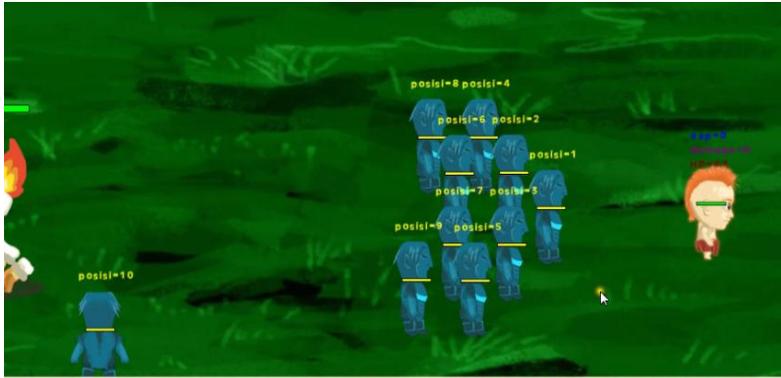
Pada pengujian ini akan diujikan penempatan posisi dari pasukan yang NPC di berada pada depan formasi mengalami *die* dan *respawn*. Pada gambar 4.97 terlihat NPC dengan posisi nomor tiga mengalami *die* dan akan *respawn* dan di gambar 4.98 posisi formasi nomor tiga telah digantikan oleh NPC lainnya sehingga posisi depan formasi tidak hilang dan posisi formasi nomor 10 lah yang tidak ada pada formasi tersebut. Pada gambar 4.99 terlihat NPC yang semula pada posisi 3 mengalami *respawn* dan akan ditempatkan pada posisi 10 yang sebelumnya tidak ada.



**Gambar 4.151** NPC posisi 3 die



**Gambar 4.152** Posisi NPC nomor tiga diganti NPC lain



**Gambar 4.153** NPC *respawn* dan berubah posisi

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

Setelah dilakukan perancangan sistem, implementasi, percobaan serta pengujian, akhirnya diperoleh beberapa kesimpulan serta kritik dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian sistem dalam Tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada variasi lima pasukan, formasi segitiga 81° Memiliki tingkat kemenangan yang kecil dibandingkan pasukan lainnya sedangkan pasukan lainnya meraih tingkat kemenangan yang sama. Pada variasi 10 pasukan pasukan segitiga 90° memiliki tingkat kemenangan paling tinggi sedangkan pasukan formasi segitiga 44° memiliki tingkat kemenangan terendah. Di variasi 15 pasukan pasukan pasukan segitiga 81° memiliki tingkat kemenangan paling tinggi yaitu sedangkan pasukan formasi segitiga 44° memiliki tingkat kemenangan terendah.
2. Secara keseluruhan pasukan formasi segitiga 90° memiliki tingkat kemenangan terbesar sedangkan pasukan formasi segitiga 44° memiliki tingkat kemenangan paling rendah dengan presentase.
3. Kemenangan pertempuran biasanya ditentukan oleh posisi pasukan pada saat pertempuran. Sehingga posisi pasukan yang baik dapat membuat NPC menyerang dengan baik, hal ini terlihat dari jumlah serangan NPC ke NPC lain dan serangan NPC ke satu NPC lainnya.
4. Semakin tinggi derajat segitiga dapat meningkatkan peluang untuk kemenangan di suatu pertempuran. Hal ini karena derajat yang lebih tinggi membuat posisi pasukan NPC lebih teratur dalam melakukan penyerangan. Dengan begitu pasukan dapat maksimal dalam menyerang pasukan NPC lawan.
5. Pada variasi lima pasukan pertempuran pasukan persegi panjang memiliki waktu yang paling sebentar, sementara itu pasukan formasi segitiga 53° memiliki pertempuran paling lama. Pada variasi 10 pasukan pertempuran pasukan segitiga 44° memiliki waktu paling sebentar dibandingkan pertempuran pasukan lainnya. Sementara itu pasukan formasi segitiga 53°

memiliki pertempuran paling lama. Dan pada variasi 15 pasukan, pasukan tanpa formasi dan formasi persegi panjang memiliki waktu yang lebih sedikit dibanding pertempuran lainnya. Sedangkan pasukan formasi 53° memiliki waktu paling lama.

6. Secara keseluruhan pasukan formasi persegi panjang memiliki waktu tempur paling sedikit dan formasi segitiga 53° memiliki waktu paling lama diantara pertempuran lainnya.
7. Pada Variasi empat pasukan, pasukan formasi persegi memiliki tingkat kemenangan tertinggi sedangkan pasukan tanpa formasi memiliki tingkat kemenangan terendah. Pada variasi sembilan dan 16 pasukan, pasukan tanpa formasi memiliki tingkat kemenangan yang lebih tinggi dibandingkan pasukan formasi persegi.
8. Secara keseluruhan pasukan tanpa formasi memiliki tingkat kemenangan yang lebih tinggi dibandingkan pasukan formasi persegi. Dengan demikian posisi pasukan tanpa formasi dalam hal ini lebih baik dari pasukan formasi persegi sehingga dapat melakukan penyerangan dengan baik.
9. Pada variasi empat dan 16 pasukan pertempuran tanpa formasi berlangsung lebih lama dibanding pertempuran pasukan formasi persegi sedangkan pada variasi 9 pasukan terjadi sebaliknya.
10. Secara keseluruhan pertempuran pasukan tanpa formasi lebih lama dibandingkan pertempuran dari formasi persegi.
11. Pada saat pasukan mengalami *state evade*, bentuk formasi pasukan tidak sesuai dengan bentuk yang seharusnya karena terhalang oleh objek seperti *hero*
12. Pada saat NPC yang berada pada posisi formasi bagian depan mengalami *state die*, NPC yang nomor urut posisi setelahnya menggantikan posisi pasukan tersebut.

## 5.2 Saran Penelitian Selanjutnya

Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, disarankan untuk melakukan beberapa langkah lanjutan:

1. Menerapkan bentuk formasi lainnya pada pasukan.
2. Menambahkan variasi *opponent selection* agar formasi pasukan terlihat lebih dinamis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prayogo, H.2013., “*Immersive Gameplay pada Real-Time Strategy Game Menggunakan Hierarchical Finite State Machine*”
- [2] Amiruddin, A.2013., “*Intellegent Agent untuk gameplay pada permainan real time strategy menggunakan Hierarchical Finite State Machine*”
- [3] Adams, Dan. 2006. “*The State of the RTS*”. <URL:<http://www.ign.com/articles/2006/04/08/the-state-of-the-rts>> Diakses pada tanggal 25 September 2014
- [4] Van Der Heijden, M, Bakkes, S. and Spronck, P. 2008. Dynamic Formations in Real-Time Strategy Games. Proceedings on IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games. pp. 47-54.
- [5] C. W. Reynolds, “Steering Behavior for Autonomous Characters“ Game Developers Conference, California (1999) 763-782.
- [6] Yoyogames, “Gamemaker:Studio”.URL:<http://yoyogames.com/studio>
- [7] Robby, P.2013., “Pengaturan Perilaku Pasukan NPC pada Permainan RTS Menggunakan Metode Flocking Behavior Berbasis Agent”

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 17 April 1991 di sebuah rumah sakit umum di Kota Serang. Penulis menghabiskan masa Sekolah Dasar dan SMP di kota kelahiran. Namun menghabiskan masa remaja di sebuah pondok pesantren SMA Albayan Sukabumi. Setelah itu penulis melanjutkan kuliah di Teknik Elektro ITS Surabaya melalui program PBSB yang dilaksanakan Kementerian Agama. Di Teknik Elektro penulis mengambil bidang studi Teknik Komputer dan Telematika. Penulis mengambil tugas akhir berjudul *Perilaku Pasukan Non-Playable Character Berformasi pada Permainan Real-Time Strategy*. Hal ini dikarenakan kecintaan penulis yang begitu besar terhadap dunia *game*.