

Building Human-Level AI for Real-Time Strategy Games on Unity

Dimas Fahmil Haris^{*,1)}, Irwan Alnarus Kautsar²⁾

¹⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: hdimasf@gmail.com

Abstract. *This paper describes the implementation and evaluation of the Enemy AI system in a Real-Time Strategy game. The purpose of this study is to measure the functionality of the Enemy AI feature and decision making system including Goals Management, Resource Management, Military Management, Quick-Response Action, Units and Buildings Behavior. Testing was conducted using empirical logging and comparative quantitative metrics to prove autonomous profile switching (Aggressive, Defensive, Balanced). The results validated by real-time event logs and progressive graphic visualization according to the parameter. This study implements Enemy AI feature of Real-Time Strategy game.*

Keywords – *Enemy AI; Real-Time Strategy Game; Game Development; Unity*

I. PENDAHULUAN

Pengembangan kecerdasan buatan dalam permainan bergenre Real-Time Strategy (RTS) merupakan salah satu domain yang kompleks dalam bidang pengembangan game. Sistem Enemy AI dalam RTS dituntut untuk mampu membuat keputusan berskala makro dan mikro secara simultan dan real-time pada kondisi yang dinamis serta informasi yang terbatas. Untuk memastikan sistem AI yang dikembangkan memiliki landasan ilmiah yang kuat, diperlukan validasi empiris yang terstruktur untuk menguji fungsionalitas setiap komponen arsitektur Enemy AI yang dibangun.

Penelitian terdahulu seringkali mengevaluasi performa atau implementasi AI secara individu dan spesifik, sehingga integrasi antar fungsi AI dalam sebuah implementasi yang holistik masih merupakan tantangan terbuka.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem AI multi-fungsi untuk game RTS sederhana. Setiap fungsi utama Enemy AI seperti pathfinding, enemy behavior, goals management, resource management, decision making dan military management [1] akan terintegrasi menjadi satu sistem yang utuh.

II. METODE

Sebelum tahap perancangan sistem, penelitian diawali dengan analisis kebutuhan menggunakan metode *Rapid Prototyping Income Based Education (IBE)* 1.0 dimana terdapat *CES Framework* untuk menentukan masalah serta dampak dan solusinya, kemudian dilanjut dengan tahap *Functional* dan *Non Functional (F/NF)*, Visualisasi interaksi pada sistem ditampilkan menggunakan *Use Case Diagram*. Tiap *use case* kemudian dirincikan ke dalam *Sequence Diagram* [2], [3], [4], [5] untuk mengetahui alur komunikasi antar instansi dan dampaknya pada sistem.

Tabel 1. CES Framework

No	Cause	Effect	Solution
1	Enemy Behavior Game RTS membutuhkan AI musuh yang mampu merespons perubahan kondisi permainan, seperti menyerang saat pemain lemah atau bertahan saat memiliki kekuatan militer yang sedikit	Tanpa AI yang fleksibel, pemain merasa permainan terlalu mudah atau terlalu sulit	Implementasi Goals Management dengan menghitung skor setiap action berdasarkan variabel yang terkait
2	Pathfinding Unit dalam game RTS sering harus bergerak melewati medan yang memiliki banyak <i>obstacle</i> dengan jumlah unit besar secara bersamaan	Tanpa <i>pathfinding</i> yang efisien, unit bisa tersangkut dan bergerak tidak natural yang bisa mengurangi pengalaman bermain <i>player</i>	Penerapan algoritma A* atau Flow Field Pathfinding agar unit dapat bergerak secara efisien dan dinamis mengikuti kondisi medan
3	Resource Management AI membutuhkan sistem alokasi sumber daya yang seimbang dan sesuai kebutuhan untuk membangun bangunan dan melatih unit	Tanpa manajemen sumber daya yang baik, AI gagal berkembang, atau <i>over-focus</i> pada satu jenis sumber daya	Menggunakan sistem Utility-based AI untuk menghitung prioritas masing-masing tipe resource berdasarkan kebutuhan atau goals yang sudah ditentukan
4	Decision-Making AI Dalam game RTS, AI harus tahu kapan dan apa yang harus dilakukan untuk bersaing dengan player lain	Tanpa keputusan yang baik, AI menjadi terlalu lemah atau terlalu <i>overpowered</i> di awal permainan	Terapkan Utility-based AI untuk mengevaluasi nilai dari tiap aksi (build, train unit dan lain-lain) berdasarkan skor dinamis
5	Micromanagement Pertempuran real-time menuntut AI untuk mengontrol unit secara cerdas dalam skala mikro (fokus serangan atau mundur)	Tanpa micromanagement, AI mudah dikalahkan karena tidak memaksimalkan potensi unit dalam pertempuran	Membuat modul AI taktis yang mempertimbangkan posisi, HP dan tipe unit untuk setiap unit

Tabel 2. Functional Canvas (F)

No	Functional	Success Parameter
1	Playing Style (Attack, Defend, Economy, Recovery)	Dapat menunjukkan log konsol yang merekam perubahan <i>state</i> secara real-time. Misal “pada $t=05:22$, Base Health < 40%, berganti ke cara bermain recovery”
2	Goals Generation	Dapat menunjukkan antrian goal yang sudah ter-generate. Misal ketika <i>military score is low</i> , Train unit goal memiliki skor yang tinggi sehingga menjadi prioritas
3	AI Profile (Aggressive, Defensive, Balanced)	Dapat menunjukkan grafik yang menginformasikan perbandingan tiap AI Profile. Misal pada AI Profile Aggressive lebih sering mengeksekusi Goals yang bersifat serangan unit daripada AI Profile Defensive
4	Gathering Priority	Dapat menunjukkan grafik perubahan fokus worker pada suatu resource terhadap perubahan goals. Misal ketika goal = Build Barrack, grafik menunjukkan peningkatan worker yang mengumpulkan resource wood
5	Building Placement	Dapat menunjukkan layout base yang rapi dengan log koordinat yang tidak saling tumpang tindih
6	Unit Type to Train Determining	Dapat menunjukkan log yang membandingkan estimasi komposisi militer musuh dengan yang dilatih oleh AI. Misal “Enemy has mostly melee unit, then train archer units”
7	Launch Attack Wave and Harrassment	Dapat menunjukkan log yang menyimpan data kondisi dimana goal Launch Attack Wave atau Harrassment dieksekusi/diprioritaskan. Serta menunjukkan apakah posisi koordinat target yang dipilih telah sesuai konteks
8	Resource Generation & Player Initiation	Dapat menunjukkan log inisiasi pada awal permainan (misal resource node yang ter-spawn, unit/building awal permainan)
9	Group Movement	Dapat menunjukkan efektivitas dari algoritma pathfinding yang dipakai beserta informasi yang terkait
10	Worker Construction	Dapat menunjukkan log atau grafik pada saat proses <i>building construction</i> beserta informasi yang terkait
11	Training Queue	Dapat menunjukkan log antrian unit training serta menampilkan log ketika proses train diblok karena populasi maksimum

Tabel 3. Non Functional Canvas (NF)

No	Non Functional	Success Parameter
1	Worker Training	Dapat menunjukkan grafik perubahan jumlah worker sepanjang waktu terhadap goal yang <i>ter-generated</i>
2	Reinforce to Defend	Dapat menunjukkan log yang mencatat waktu respon ketika <i>generate</i> goal reinforce to defend sejak musuh memasuki kawasan markas / sedang mempersiapkan untuk meluncurkan serangan
3	Map, Resource and Enemy Exploration	Dapat menunjukkan grafik pertumbuhan persentasi map/resource/enemy yang telah dijelajah terhadap durasi game
4	Line of Sight Acknowledgement	Dapat menunjukkan tabel perbandingan antara estimasi posisi unit/building musuh terhadap posisi aslinya
5	Attack Back / Retreat	Dapat menunjukkan log pengambilan keputusan unit ketika bertempur. Misal “Unit’s HP < 20% and have few power, then execute retreat
6	Ally Response	Dapat menunjukkan log unit dalam sebuah grup, ketika salah satu dari mereka diserang, maka yang lain merespon serangan tersebut dan menyerang balik
7	Target Prioritization	Dapat menunjukkan log proses perhitungan skor untuk masing-masing kandidat unit yang bisa diserang serta hasil akhirnya
8	Population Capacity	Dapat menunjukkan log ketika building house selesai dibangun dan kapasitas populasi meningkat

Interaksi sistem Enemy AI dijabarkan dan diimplementasikan pada proyek pengembangan menggunakan Use Case Diagram dan Sequence Diagram untuk memastikan proses pengembangan sistem tetap berada pada batasan yang telah ditentukan.

A. Rancangan Sistem

2. Goals Generation

Tabel perhitungan skor untuk penentuan *goals* yang dipilih atau diprioritaskan pada menit permainan tertentu.

Tabel 5. Perhitungan skor untuk *goals generation*

Goal Type	Score	Game Variable					
		Military Unit Need	Building Need	Map Control	Self Power	Enemy Power	Base Health
Train unit	0.21	0.65			0.24	0.14	
Build Structure	0.18		0.66		0.35		0.78
Launch Attack Wave	0.08			0.45	0.64	0.27	
Assign Scout	0.04			0.11	0.38		
Assign Harrassment	0.05			0.18	0.44	0.67	
Reinforce Defense	0.11				0.31	0.53	0.65

3. AI Profile

Pengujian dengan kondisi awal permainan yang sama dalam kurun waktu yang ditentukan dengan menggunakan 3 profil AI yang berbeda sebagai perbandingan.

Tabel 6. Perbandingan *goal* yang di-generate pada tiap profil AI

AI Profile	Goal Generated Frequency					
	Train Unit	Build Structure	Launch Attack Wave	Assign Scout	Assign Harrassment	Reinforce Defense
Aggressive	73	16	8	13	4	2
Defensive	56	29	3	7	2	5
Balance	62	21	4	5	3	3

4. Gathering Priority

Tabel relasi antara jumlah pekerja pada suatu tipe *resource* ketika terhadap perubahan pada prioritas *goals*.

Tabel 7. Jumlah Pekerja pada tipe resource tertentu terhadap perubahan prioritas *goals*

Goal Type	Jumlah Worker pada Resource Type			
	Wood	Food	Gold	Stone
Train Unit	2	6	7	1
Build Structure	4	2	6	5
Launch Attack	2	4	5	1

C. Pembahasan

Hasil Pengujian dari fitur Enemy AI pada penelitian ini menunjukkan bagaimana tiap komponen fitur saling terintegrasi. Berikut ini adalah pengaruh sistem tersebut terhadap fungsionalitas Enemy AI pada game RTS:

1. **Playing Style:** Tabel menunjukkan perubahan *playing style* ketika data variabel *player* di game berubah, sehingga AI akan menentukan keputusan yang lebih sesuai dengan kondisi atau konteks yang sedang dihadapi
2. **Goals Generation:** Aksi-aksi yang dieksekusi oleh AI juga berdasarkan *goal* yang di-generate, dimana goal ini diprioritaskan berdasarkan kondisi yang sesuai pada waktu tersebut
3. **AI Profile:** Profil AI mempengaruhi keputusan aksi yang diambil sebagai *multiplier*.
4. **Gathering Priority:** *Resource* yang dicari oleh *worker* adalah berdasarkan *goal* yang sedang dalam prioritas eksekusi.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem fitur Enemy AI utama yang ada pada game bergenre RTS. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem yang didesain memenuhi fungsionalitas game RTS dan terintegrasi menjadi satu sistem yang holistik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada dosen pembimbing dan Ketua Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen penguji atas masukan yang membangun demi penyempurnaan karya tulis ini, serta seluruh rekan-rekan mahasiswa Informatika UMSIDA.

REFERENSI

- [1] G. Robertson and I. Watson, "A Review of Real-Time Strategy Game AI," *AI Mag.*, vol. 35, no. 4, pp. 75–104, Dec. 2014, doi: 10.1609/aimag.v35i4.2478.
- [2] I. A. Kautsar, M. R. Maika, A. N. Budiman, A. B. Setyawan, and J. Y. Awali, "Microservice Based Architecture: The Development of Rapid Prototyping Supportive Tools for Project Based Learning," in *2023 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, Mar. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/EDUNINE57531.2023.10102884.
- [3] I. A. Kautsar and M. R. Maika, "Platform Design Canvas Adaptation for Rapid Prototyping and Project-based Learning amid Covid-19 Pandemic," in *2022 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, Mar. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/EDUNINE53672.2022.9782390.

- [4] I. A. Kautsar, M. H. Hamdi, R. S. H. F. Aziz, and M. R. Maika, "User-centered Approach and Low-Code Framework for Prototyping and Income-based Education," in *2023 7th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, Dec. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/CONMEDIA60526.2023.10428254.
- [5] I. A. Kautsar and M. Ruslianor Maika, "The use of User-centered Design Canvas for Rapid Prototyping," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1764, no. 1, p. 012175, Feb. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012175.
- [6] S. Ontanon, G. Synnaeve, A. Uriarte, F. Richoux, D. Churchill, and M. Preuss, "RTS AI: Problems and Techniques".
- [7] F. Safadi, R. Fonteneau, and D. Ernst, "Artificial intelligence design for real-time strategy games," presented at the NIPS Workshop on Decision Making with Multiple Imperfect Decision Makers, Dec. 2011. Accessed: Jul. 22, 2026. [Online]. Available: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/103512>

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.