

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri permainan video (video game) berkembang sangat pesat dengan dominasi gim multipemain kompetitif yang mengandalkan skill-based matchmaking untuk mempertemukan pemain berkemampuan seimbang [1], [2]. Keberhasilan sistem penyeimbangan dinamis tersebut memicu pertanyaan penting mengenai bagaimana menerapkan prinsip adaptasi tingkat kesulitan yang serupa pada gim berbasis pemain tunggal (single-player) [3]. Permasalahan mendasar pada gim single-player, khususnya pada genre Role-Playing Game (RPG), adalah fenomena difficulty dilemma.

Fenomena ini didukung oleh kajian dan laporan analitik industri *game* modern yang dipublikasikan pada berbagai platform distribusi global (seperti *Steam Completion Rate* dan *PlayStation Network Trophies*), di mana tercatat rata-rata 50% hingga 60% pemain tidak menuntaskan permainan RPG berbasis *single-player* akibat kurva kesulitan statis yang tidak adaptif [1], [6], [16]. Berdasarkan agregasi data pencapaian (*achievement analytics*), tingkat penghentian bermain sebelum tamat (*player abandonment / drop-off*) paling banyak terjadi pada fase awal hingga pertengahan permainan [1], [16].

Kondisi tersebut timbul akibat adanya lonjakan kesulitan mendadak (*difficulty spike*) yang memicu rasa frustrasi (*anxiety*) pada pemain pemula,

atau sebaliknya, mekanik pertarungan yang repetitif dan mudah tertebak sehingga menimbulkan kebosanan (*boredom*) bagi pemain veteran ketika sistem *combat* tidak lagi menyajikan tantangan yang seimbang dengan peningkatan kemampuan bertahan (*dodge* dan *parry*) pemain [1], [3], [4], [6], [16]. Penggunaan opsi kesulitan konvensional (seperti *Easy*, *Medium*, *Hard*) dinilai kaku karena menuntut penentuan tingkat kesulitan di awal permainan dan tidak mampu merespons fluktuasi kurva pembelajaran (*learning curve*) pemain yang berkembang secara dinamis [1], [3], [5].

Guna mengatasi masalah tersebut, diusulkan *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) untuk mengubah tingkat kesulitan secara *real-time* demi menjaga pemain dalam kondisi *flow state* [3], [5], [6]. Alasan mengusulkan *Fuzzy Logic* sebagai penggerak DDA adalah kemampuannya dalam memproses variabel performa manusia yang ambigu dan tidak presisi, seperti kondisi darah yang cukup kritis atau pertahanan yang lumayan baik. Berbeda dengan *machine learning* yang memerlukan dataset pelatihan besar dan komputasi berat, *Fuzzy Logic* bekerja dengan beban komputasi yang sangat ringan untuk eksekusi *real-time* serta fleksibel diintegrasikan ke dalam game engine tanpa mengorbankan kinerja frame rate [7], [8], [9].

Meskipun *Fuzzy Logic* telah terbukti efektif dalam DDA sebagian besar implementasi masih memodifikasi parameter secara seragam tanpa membedakan penyesuaian pertempuran singkat dengan pergantian gelombang. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pendekatan *Hybrid Fuzzy Logic* yang membagi kendali DDA pada gim RPG 2D secara bertingkat

[4], [5]. Pada level mikro di tengah pertempuran aktif (*real-time combat*), sistem menerapkan *Fuzzy Mamdani* untuk menyesuaikan populasi musuh aktif secara instan. Metode *Mamdani* dipilih karena menghasilkan perubahan parameter yang halus (*smooth*) dan gradual sehingga imersi bertarung tetap terjaga [3], [4]. Sementara itu, pada level makro setelah satu gelombang musuh diselesaikan (*wave-completion system*), sistem menerapkan *Fuzzy Sugeno Orde-0* untuk menentukan *multiplier* kekuatan dasar musuh pada gelombang berikutnya. *Sugeno Orde-0* dipilih karena keluarannya berupa konstanta numerik tegas (*crisp*), berproses cepat, dan efisien tanpa tahap *defuzzifikasi* kompleks untuk keputusan strategis antar-gelombang [4].

Kombinasi *hybrid* ini mengevaluasi dua variabel masukan utama performa pemain, yaitu sisa *Health Points* (HP) dan persentase keberhasilan pertahanan (*dodge & parry*). Sejalan dengan Das et al. penggabungan *Mamdani* yang unggul dalam kemudahan interpretasi (*readability*) dan *Sugeno* yang unggul dalam akurasi numerik (*accuracy*) mampu menghasilkan sistem penalaran DDA yang responsif sekaligus terukur [10]. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan kecerdasan buatan gim (game AI) melalui purwarupa DDA pada gim RPG 2D berbasis gelombang [3], [4].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang dan membangun sebuah game RPG 2D menggunakan *engine Godot* yang mengintegrasikan sistem *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) secara fungsional, dengan mekanik permainan berbasis penyelesaian gelombang (*wave completion system*)?
- 2) Bagaimana mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic* dengan pendekatan *hybrid Fuzzy Mamdani* untuk kontrol level mikro dan *Fuzzy Sugeno Orde 0* untuk kontrol level makro guna mengevaluasi performa bermain *player* berdasarkan dua variabel masukan utama, yaitu sisa *Health Points* (HP) karakter utama dan persentase keberhasilan aksi *defense* (*dodge & parry*), untuk menghasilkan keputusan penyesuaian kesulitan yang responsif dan proporsional?
- 3) Bagaimana mengonfigurasi pembagian sistem kendali tingkat kesulitan DDA yang terbagi menjadi dua level kontrol secara instan, yaitu:
 - a. Level mikro: penyesuaian atribut *stat* musuh secara *real time* selama pertempuran berlangsung menggunakan metode inferensi *Fuzzy Mamdani*;
 - b. Level makro: penyesuaian intensitas dan komposisi musuh pada mekanik penyelesaian gelombang (*wave completion system*) menggunakan metode inferensi *Fuzzy Sugeno Orde 0*, yang dievaluasi setelah setiap gelombang selesai?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara terarah dan terfokus pada tujuan akademis yang ingin dicapai, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

- 1) Mekanik permainan menggunakan sistem penyelesaian gelombang musuh (*wave completion system*) sebagai indikator kemajuan *gameplay loop*, sehingga game tidak menggunakan mekanik perpindahan level berbasis portal.
- 2) Variabel masukan (*input*) untuk sistem *Fuzzy* dibatasi pada sisa *Health Points* (HP) karakter utama serta akumulasi persentase keberhasilan aksi *defense* (*dodge* dan *parry*) yang dieksekusi oleh *player*.
- 3) Penyesuaian tingkat kesulitan secara dinamis dibatasi pada dua level kontrol, yaitu level mikro (modifikasi atribut *stat* musuh secara *real time* saat pertempuran berlangsung) dan level makro (modifikasi intensitas serta komposisi musuh setelah gelombang diselesaikan).

1.4 Tujuan Dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang dan membangun *game* RPG 2D adaptif berbasis *Godot Engine* dengan sistem pertarungan *wave-completion* yang mengintegrasikan sistem *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) berbasis *Fuzzy Logic* secara fungsional.

- 2) Mengimplementasikan metode *Hybrid Fuzzy Logic* dengan membangun arsitektur kendali 2 tingkat, yaitu kendali tingkat Mikro (*Fuzzy Mamdani* pada *real-time combat*) dan tingkat Makro (*Fuzzy Sugeno Orde-0* pada evaluasi antar-wave) berdasarkan parameter sisa *Health Points* (HP) serta tingkat keberhasilan aksi *defense* (*dodge* dan *parry*).
- 3) Menguji performa fungsionalitas sistem secara otomatis menggunakan *framework* GUT (*Godot Unit Test*) serta mengukur kepuasan dan pengalaman bermain pengguna (*player experience*) melalui evaluasi *System Usability Scale* (SUS).

1.4.2 Manfaat Penelitian

a. Manfaat bagi *Player*:

1. Memberikan pengalaman bermain yang adaptif karena tingkat kesulitan game dapat menyesuaikan keahlian dan kondisi bermain *player* secara personal.
2. Menjaga kondisi psikologis bermain yang ideal (*flow state*), sehingga *player* pemula tidak merasa frustrasi dan *player* berpengalaman tidak merasa bosan.
3. Memberikan tantangan permainan yang lebih adil dan dinamis melalui penyesuaian intensitas pertempuran di setiap gelombang (*wave*).

b. Manfaat bagi Mahasiswa:

1. Menjadi sarana untuk menerapkan ilmu Teknik Informatika, khususnya dalam bidang implementasi kecerdasan buatan (*Artificial*

Intelligence) pada pengembangan game.

2. Meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah teknis dalam mengintegrasikan sistem logika matematika (*Fuzzy Logic*) ke dalam logika pemrograman game (*GDScript*).

c. Manfaat bagi Institusi:

1. Berkontribusi dalam menambah koleksi karya ilmiah dan penelitian terapan yang bermutu, khususnya di bidang teknologi hiburan interaktif dan *game developmen*.
2. Menjadi referensi akademik bagi mahasiswa Teknik Informatika angkatan berikutnya yang ingin meneliti topik DDA atau *Fuzzy Logic*.
3. Meningkatkan kualitas kegiatan penelitian melalui hasil karya mahasiswa.

1.5 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang membandingkan dua sistem inferensi *Fuzzy* yang sudah mapan, yaitu Mamdani dan Sugeno, untuk mengevaluasi Kualitas Pengalaman (*Quality of Experience / QoE*) pada aplikasi *Hapto Audio Visual*. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan perbedaan esensial antara kedua sistem dan manfaat penggunaan masing masing dalam menilai QoE secara keseluruhan. Temuan penting dari penelitian ini adalah bahwa metode *Sugeno* lebih efisien secara komputasi, sementara metode *Mamdani* lebih intuitif dan mudah diinterpretasikan [11].

Selanjutnya, penelitian yang spesifik membandingkan metode *Fuzzy Mamdani* dan *Fuzzy Sugeno* dalam mengatur pola serangan musuh pada permainan 2D bergenre First Person Shooter (FPS) berjudul "*Save Forest*". Parameter masukan yang digunakan dalam sistem Fuzzy adalah darah musuh, darah pemain, dan jarak pemain dengan musuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *Mamdani* menghasilkan keputusan yang lebih bervariasi dengan total koefisien variasi sebesar 2,986, sedangkan metode *Sugeno* menghasilkan koefisien variasi sebesar 2,455 [12].

Pengembangan DDA pada game engine Godot juga diimplementasikan dalam proyek modul akademik Project Media Creation di TU Berlin yang mengadaptasi game survival berbasis *horde*. Penelitian ini menunjukkan bahwa arsitektur *node based* Godot mempermudah penyesuaian parameter kesulitan musuh secara dinamis dan real time berdasarkan performa pemain [13].

Pada studi literatur komprehensif, meninjau penggunaan *Fuzzy Logic* dalam *serious games*. Hasil tinjauan terhadap 28 artikel terpilih menunjukkan bahwa metode Mamdani merupakan metode inferensi *Fuzzy* yang paling banyak digunakan (mayoritas penelitian), dan *Fuzzy Logic* terutama ditujukan untuk penyesuaian tingkat kesulitan permainan serta pemberian umpan balik yang sesuai dengan kemampuan pemain [14].

Sementara itu, penelitian tentang perancangan dan evaluasi sistem DDA berbasis logika *Fuzzy Mamdani* pada game FPS. Penelitian tersebut membuktikan secara statistik bahwa penerapan DDA berbasis *Fuzzy* berhasil

menurunkan varians waktu penyelesaian permainan secara signifikan ($p < 0,001$), yang mengindikasikan terciptanya tingkat konsistensi permainan yang lebih baik bagi pemain [15].

Adapun penegasan bahwa tantangan utama dalam game adaptif modern adalah merancang kurva kesulitan yang tidak hanya merespons aksi instan pemain, tetapi juga mampu mengagregasi rekam jejak performa secara berkala demi menjaga imersi bermain (*flowstate*) dalam durasi panjang [16].

Tabel 1.1 Gap Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian Terdahulu	Hasil Penelitian	Pembeda atau Novelty
1.	<i>Comparison of Mamdani and Sugeno FIS</i> (Hamam et al., 2008)	<i>Sugeno</i> lebih efisien secara komputasi, <i>Mamdani</i> lebih intuitif.	penelitian ini menggabungkan kedua metode dalam satu sistem <i>hybrid</i> pada game RPG 2D.
2.	Penggunaan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> dan <i>Sugeno</i> dalam Mengatur Pola Serangan Musuh (Laksono et al., 2021)	<i>Mamdani</i> menghasilkan keputusan lebih bervariasi (koefisien variasi 2,986) dibanding <i>Sugeno</i> (2,455).	penelitian ini menggabungkan kedua metode dalam satu sistem <i>hybrid</i> pada game RPG 2D dengan pembagian kontrol mikro dan makro.

No	Judul Penelitian Terdahulu	Hasil Penelitian	Pembeda atau Novelty
3.	Rancang Bangun Sistem DDA pada <i>Game Horde Survival</i> (TU Berlin, 2024)	Implementasi DDA pada game berbasis <i>horde</i> di Godot Engine berhasil menciptakan pengalaman adaptif.	penelitian ini menggunakan pendekatan <i>hybrid Fuzzy Mamdani</i> dan <i>Sugeno Orde 0</i> dengan parameter spesifik (HP & defense).
4.	<i>A Scoping Review on Fuzzy Logic Used in Serious Games</i> (Rechy Ramirez, 2025)	80% penelitian berfokus pada game edukasi; metode <i>Mamdani</i> paling banyak digunakan.	penelitian ini berupa implementasi langsung sistem DDA <i>hybrid</i> pada game RPG 2D.
5.	<i>Fuzzy Logic Based DDA in First Person Shooters</i> (2025)	DDA berbasis Fuzzy <i>Mamdani</i> mengurangi varians waktu penyelesaian ($p < 0,001$) dan meningkatkan konsistensi permainan.	penelitian ini diterapkan pada game RPG 2D dengan parameter pertahanan (<i>dodge & parry</i>) yang berbeda.

No	Judul Penelitian Terdahulu	Hasil Penelitian	Pembeda atau Novelty
6.	<i>Analisis dan Implementasi Fuzzy Logic pada Game 3D</i>	Metode <i>Sugeno</i> lebih cepat 2,7 ms dibandingkan <i>Mamdani</i> untuk pemrosesan NPC.	penelitian ini memanfaatkan keunggulan masing-masing metode untuk dua level kontrol yang berbeda.

1.6 Data Penelitian

1.6.1 Data Kebutuhan Sistem

Data kebutuhan sistem yang digunakan dalam penelitian ini bersifat primer dan dikembangkan secara terukur untuk memenuhi aturan kendali cerdas *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA). Data parameter masukan (*input*), batasan himpunan keanggotaan *fuzzy*, serta kriteria penyesuaian aturan (*rule base*) meliputi:

1. Data Status Ketahanan Pemain (*Health Points* / HP): Variabel masukan (*input*) sisa persentase HP karakter utama saat pertempuran berlangsung dengan batasan fungsi keanggotaan: Kritis/Rendah (0%–40%), Sedang (30%–70%), dan Sehat/Tinggi (60%–100%).
2. Data Akurasi Aksi Defensif (*Defense Rate* / DR): Variabel masukan (*input*) persentase keberhasilan eksekusi mekanik *dodge* dan *parry* pemain dengan batasan keanggotaan: Kurang (0%–45%), Cukup (35%–

75%), dan Baik (65%–100%).

3. Data Penyesuaian Mikro Mamdani (*Combat Spawner Output*): Variabel keluaran (*output*) tingkat mikro yang dievaluasi setiap 15 detik untuk menentukan Batas Maksimal Musuh di Layar (BMM) melalui 9 kombinasi aturan IF-THEN dengan kriteria luaran: Mudah ($BMM < 0.4$ / kapasitas 3 musuh), Stabil ($0.4 \leq BMM \leq 0.6$ / kapasitas 4 musuh), dan Sulit ($BMM > 0.6$ / kapasitas 7 musuh).
4. Data Multiplier Makro Sugeno Orde-0 (*Wave Evaluation Output*): Variabel keluaran (*output*) tingkat makro pasca gelombang selesai (*wave-completion*) yang menghitung performa agregat rata-rata (Avg_HP dan Avg_DR) melalui 9 aturan penalaran untuk menghasilkan koefisien pengali kekuatan musuh (Z) berupa konstanta tegas: $k_1 = 0.5$ (*Nerf* / Mudah), $k_2 = 1.0$ (Normal / Tetap), dan $k_3 = 1.5$ (*Buff* / Sulit).

1.6.2 Alat Penelitian

Data Alat alat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *software* dan *hardware*. Berikut alat penelitian yang dapat dilihat pada tabel 1.2 sebagai berikut:

Tabel 1.2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Kategori
1.	Laptop Lenovo (Spesifikasi: AMD Ryzen 5 7520U, RAM 8 GB, SSD 512 GB)	Perangkat Keras (Komputer)

No	Nama Alat	Kategori
2.	<i>Godot Engine 4.6.2</i>	Perangkat Lunak (<i>Game Engine</i>)
3.	<i>GDScript</i>	Perangkat Lunak (Bahasa Pemrograman)
3.	Built in Godot Editor	Perangkat Lunak (<i>Text Editor / IDE</i>)
4.	<i>Aseprite</i>	Perangkat Lunak (Grafis/Desain)
5.	<i>draw.io</i>	Perangkat Lunak (Diagram)
6.	Google Forms	Perangkat Lunak (Survei/Kuesioner)
7.	Google Gemini	Perangkat Lunak (<i>AI Assistant</i>)
8.	Microsoft Word	Perangkat Lunak (Pengolah Kata)
9.	Mendeley	Perangkat Lunak (Manajemen Referensi)