

**PEMANFAATAN PLATFORM KOLABORASI GURU DAN
GAME DEVELOPER MENGGUNAKAN TEKNIK *PROMPT*
PERSONA PATTERN DINAMIS PADA GEMINI 2.5 DALAM
PERANCANGAN *DIGITAL GAME-BASED LEARNING***

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat untuk kelulusan
Program Strata 1, Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Pasundan Bandung

oleh :

Bhadrika Aryaputra Hermawan
nrp. 22.304.0018



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG
JULI 2026**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

Telah disetujui dan disahkan Laporan Tugas Akhir, dari :

Nama : Bhadrika Aryaputra Hermawan
Nrp. : 22.304.0018

Dengan Judul :
“Pemanfaatan Platform Kolaborasi Guru dan Game Developer
Menggunakan Teknik Prompt Persona Pattern Dinamis pada Gemini 2.5
dalam Perancangan Digital Game-based Learning”

Bandung, 24 Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing utama,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H.S.' with a stylized flourish underneath.

(Handoko Supeno, S.T., M.T.)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Pasundan Bandung maupun di Perguruan Tinggi lainnya
2. Tugas akhir ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari tim Dosen Pembimbing
3. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah, serta disebutkan dalam Daftar Pustaka pada tugas akhir ini
4. Kakas, perangkat lunak, dan alat bantu kerja lainnya yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Pasundan Bandung

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan tugas akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Pasundan, serta perundang-undangan lainnya.

Bandung, 24 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



(Bhadrika Aryaputra Hermawan)

NRP. 22.304.0018

ABSTRAK

Perancangan *Digital Game-Based Learning* (DGBL) sering kali terhambat oleh tingginya kesenjangan pengetahuan antara tenaga pendidik (pakar materi) dan *game developer* (ahli teknis). Perbedaan bahasa profesi ini memicu hambatan komunikasi yang signifikan, di mana dokumen spesifikasi proyek sering tercecer akibat penggunaan aplikasi pesan yang tidak terintegrasi, serta tingginya siklus revisi yang berulang-ulang karena proses diskusi berjalan acak tanpa tahapan baku. Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan kendala operasional tersebut dengan membangun sebuah platform kolaborasi terpusat yang terstruktur dan mampu menjembatani perbedaan domain keilmuan antarprofesi.

Pengembangan sistem dibangun menggunakan metode *Prototyping* dengan kerangka kerja Laravel 12 dan basis data MySQL. Sebagai solusi atas kesenjangan komunikasi, sistem mengimplementasikan Kecerdasan Buatan (Gemini 2.5) menggunakan teknik rekayasa *Prompt Persona Pattern* dinamis. Secara operasional, kerumitan sistem dieksekusi di lapisan *backend* dengan cara mengekstraksi dokumen rencana pembelajaran (berformat PDF) beserta riwayat obrolan pengguna untuk diinjeksikan ke dalam memori *Context Window* AI. Model kemudian secara otomatis bertransformasi peran menjadi Konsultan Pedagogis, Konsultan Desain Game, atau Fasilitator Proyek guna menerjemahkan instruksi abstrak ke dalam parameter teknis (dan sebaliknya). Alur kerja dikunci secara sekuensial melalui fitur persetujuan (*approval*) di mana AI bertugas merangkum hasil diskusi setiap tahap menjadi draf *Game Design Document* (GDD) yang utuh.

Evaluasi purwarupa memvalidasi keberhasilan sistem melalui dua instrumen pengujian. Kinerja algoritma agen Kecerdasan Buatan divalidasi menggunakan metrik *Precision at 10* (P@10) yang berhasil menyentuh nilai sempurna 1,0 (100%), membuktikan bahwa rekomendasi AI sangat relevan dan tidak mengalami halusinasi di luar pedoman materi. Di sisi lain, tingkat penerimaan pengguna akhir diukur menggunakan Skala Likert yang menghasilkan persentase kelayakan sebesar 87,5% (Sangat Layak), dengan indikator Penurunan Miskomunikasi Profesi mencetak skor pemecahan tertinggi yaitu 90,0%. Dapat disimpulkan bahwa implementasi arsitektur AI sebagai mediator pada platform kolaborasi terbukti secara empiris mampu menstrukturkan alur perancangan dan menekan miskomunikasi pengembangan gim edukasi secara efektif.

Kata Kunci: *Digital Game-Based Learning*, *Prompt Engineering*, *Persona Pattern*, Platform Kolaborasi, Kecerdasan Buatan.

ABSTRACT

The design of Digital Game-Based Learning (DGBL) is frequently hindered by a significant knowledge gap between educators (subject matter experts) and game developers (technical experts). This professional language barrier triggers substantial communication obstacles, where project specification documents are often scattered due to the use of unintegrated messaging applications, and iterative revision cycles are high due to random, unstandardized discussion processes. This research aims to solve these operational constraints by developing a centralized, structured collaboration platform capable of bridging the knowledge domain differences between professions.

The system was developed using the Prototyping method with the Laravel 12 framework and a MySQL database. As a solution to the communication gap, the system implements Artificial Intelligence (Gemini 2.5) utilizing dynamic Prompt Persona Pattern engineering. Operationally, the system's complexity is executed in the backend layer by extracting lesson plan documents (in PDF format) and user chat history to be injected into the AI's Context Window memory. The model then automatically transforms its roles into a Pedagogical Consultant, Game Design Consultant, or Project Facilitator to translate abstract instructions into technical parameters (and vice versa). The workflow is locked sequentially through an approval feature, where the AI is tasked with summarizing the discussion results of each stage into a comprehensive Game Design Document (GDD) draft.

The prototype evaluation validated the system's success through two testing instruments. The performance of the Artificial Intelligence agent algorithm was validated using the Precision at 10 (P@10) metric, which successfully reached a perfect score of 1.0 (100%), proving that the AI recommendations are highly relevant and do not hallucinate beyond the material guidelines. Furthermore, end-user acceptance was measured using a Likert Scale, resulting in a feasibility percentage of 87.5% (Highly Feasible), with the Professional Miscommunication Reduction indicator achieving the highest problem-solving score of 90.0%. It can be concluded that the implementation of AI architecture as a mediator on a collaboration platform is empirically proven to be able to structure the design workflow and effectively suppress miscommunication in educational game development.

Keywords: Digital Game-Based Learning, Prompt Engineering, Persona Pattern, Collaboration Platform, Artificial Intelligence.

KATA PENGANTAR

Ucapan dan rasa syukur penulis layangkan ke hadirat Ilahi Robbi, yang telah berkenan menguatkan penulis untuk membuat Laporan Tugas Akhir dengan judul "Pemanfaatan Platform Kolaborasi Guru dan Game Developer Menggunakan Teknik Prompt Persona Pattern Dinamis pada Gemini 2.5 dalam Perancangan Digital Game-based Learning".

Adapun penulisan laporan ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir di Program Studi Teknik Informatika Universitas Pasundan.

Penulis menyadari laporan ini dapat terwujud berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang penulis terima baik secara moril maupun materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini kepada:

1. Orang Tua dan keluarga tercinta, atas doa dan motivasi tiada henti dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Anggoro Ari Nurcahyo, ST., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Pasundan.
3. Bapak Wanda Gusdya Purnama, ST., MT., selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Handoko Supeno, ST., MT., selaku dosen pembimbing, atas arahan dan bimbingannya selama penyusunan.
5. Seluruh Civitas Akademika Teknik Informatika UNIVERSITAS PASUNDAN, atas bekal ilmu yang diberikan selama perkuliahan.
6. Pihak SMA Pasundan 8 Bandung, khususnya Ibu Dewi Halimah, S.Pd., M.M. beserta Ibu Rina Nurhida Yanti, S.Pd., Gr., atas kesediaan waktu dan tenaga dalam memfasilitasi penelitian di lapangan.
7. Teman-teman seperjuangan Universitas Pasundan Bandung yang saling mendukung satu sama lain.

Penulis menyadari laporan ini masih memiliki kekurangan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa depan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandung, 24 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1. Latar Belakang.....	1-1
1.2. Identifikasi Masalah.....	1-2
1.3. Tujuan, Manfaat, dan Motivasi Tugas Akhir	1-2
1.3.1. Tujuan Tugas Akhir	1-3
1.3.2. Manfaat Tugas Akhir	1-3
1.3.3. Motivasi Tugas Akhir	1-3
1.4. Lingkup Tugas Akhir	1-4
1.5. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir.....	1-4
1.6. Standar dan Kakas	1-6
1.7. Sistematika Penulisan	1-7
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	2-1
2.1. Teori Yang Digunakan	2-1
2.1.1. Digital Game-Based Learning.....	2-1
2.1.2. Game Design Document	2-2
2.1.3. Kolaborasi Lintas Fungsi	2-3
2.1.4. Computer-Supported Cooperative Work.....	2-3
2.1.5. Artificial Intelligence	2-4
2.1.6. Generative AI	2-4
2.1.7. Large Language Models.....	2-5

2.1.8.	Gemini 2.5	2-6
2.1.9.	Prompt	2-6
2.1.10.	Prompt Engineering.....	2-7
2.1.11.	Persona Pattern	2-8
2.1.12.	Context Window	2-9
2.1.13.	Website	2-10
2.1.14.	PHP.....	2-10
2.1.15.	Laravel.....	2-11
2.1.16.	Application Programming Interface	2-11
2.1.17.	Basis Data.....	2-12
2.1.18.	MySQL	2-13
2.1.19.	Model Prototype	2-13
2.1.20.	Skala Likert	2-14
2.1.21.	Precision at K	2-14
2.2.	Penelitian Terdahulu.....	2-15
BAB 3	SKEMA PENELITIAN.....	3-1
3.1.	Alur Penyelesaian Tugas Akhir	3-1
3.2.	Perumusan Masalah	3-3
3.2.1.	Analisis Masalah	3-3
3.2.2.	Solusi Masalah	3-4
3.2.3.	Skema Analisis	3-5
3.3.	Profil Tempat Penelitian.....	3-6
3.3.1.	SMA Pasundan 8 Bandung.....	3-6
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	3-6
3.5.	Instrumen Pengumpulan Data	3-7
3.6.	Instrumen Penelitian.....	3-9
BAB 4	ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	4-1
4.1.	Analisis.....	4-1
4.1.1.	Graphical Abstract.....	4-1
4.1.2.	Teknik Analisis	4-1

4.1.3.	Analisis Kebutuhan Kolaboratif dan Solusi	4-2
4.1.4.	Analisis Kebutuhan Fungsional	4-2
4.2.	Perancangan	4-5
4.2.1.	Perancangan Arsitektur Sistem Kolaboratif	4-5
4.2.2.	Perancangan Alur Kerja Pengguna dan Interaksi AI	4-5
4.2.3.	Perancangan Basis Data	4-7
4.2.4.	Perancangan <i>Prompt</i> dan <i>Persona Pattern</i>	4-8
4.2.5.	Perancangan Antarmuka Pengguna	4-11
BAB 5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	5-1
5.1.	Implementasi	5-1
5.1.1.	Proses Implementasi Sistem	5-1
5.1.2.	Persiapan Infrastruktur	5-2
5.1.3.	Pengembangan Sistem	5-2
5.1.4.	Integrasi Model Gemini 2.5	5-6
5.2.	Pengujian Sistem	5-8
5.3.	Evaluasi	5-10
5.3.1.	Pengujian Sebelum Sistem	5-10
5.3.2.	Pelaksanaan Uji Coba Platform	5-12
5.3.3.	Hasil Validasi Akurasi AI	5-25
5.3.4.	Hasil Pengujian Skala Likert	5-26
5.3.5.	Perbandingan Efektivitas Kolaborasi	5-28
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	6-1
6.1.	Kesimpulan	6-1
6.2.	Saran	6-1
DAFTAR PUSTAKA		xvi
LAMPIRAN		xix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Langkah-langkah pengerjaan.....	1-5
Gambar 2.1 Model Proses Pengembangan Digital Game-Based Learning (DGBL).....	2-2
Gambar 2.2 Alur kerja prompt engineering pada LLM.....	2-7
Gambar 2.3 Ilustrasi persona pattern pada asisten AI.....	2-8
Gambar 2.4 Ilustrasi context window pada LLM.....	2-9
Gambar 2.5 Skema komunikasi client–server pada API berbasis HTTP	2-12
Gambar 3.1 Fishbone Analisis Masalah	3-4
Gambar 3.2 Fishbone Solusi Masalah	3-4
Gambar 3.3 Skema Analisis	3-5
Gambar 4.1 Graphical Abstract	4-1
Gambar 4.2 Diagram Use Case	4-3
Gambar 4.3 Diagram Aktivitas.....	4-4
Gambar 4.4 Diagram Arsitektur Sistem	4-5
Gambar 4.5 Alur Kerja Pengguna dan AI.....	4-6
Gambar 4.6 Diagram ERD	4-7
Gambar 4.7 Halaman Masuk	4-12
Gambar 4.8 Halaman Dashboard.....	4-12
Gambar 4.9 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Informasi.....	4-13
Gambar 4.10 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Unggah Dokumen.....	4-14
Gambar 4.11 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Pemilihan Team	4-15
Gambar 4.12 Halaman Ruang Kolaborasi dan Interaksi AI	4-16
Gambar 4.13 Halaman Mekanisme Persetujuan.....	4-16
Gambar 5.1 Kendala Kesenjangan Pemahaman.....	5-11
Gambar 5.2 Masalah Pengelolaan Dokumen.....	5-11
Gambar 5.3 Masalah Tahapan Berputar-putar	5-12
Gambar 5.4 Kelompok A pada Tahapan Requirement and Problem Analysis	5-13
Gambar 5.5 Kelompok B pada Tahapan Requirement and Problem Analysis	5-14
Gambar 5.6 Kelompok A pada Tahapan Determination of Students' Characteristics.....	5-15
Gambar 5.7 Kelompok B pada Tahapan Determination of Students' Characteristics	5-15
Gambar 5.8 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Learning Objective	5-16
Gambar 5.9 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Learning Objective	5-17
Gambar 5.10 Diskusi Guru Kelompok B dengan AI pada Learning Objective	5-17
Gambar 5.11 Diskusi Guru Kelompok A dengan AI pada Game Idea	5-18
Gambar 5.12 Saran Konsultan Desain Game kepada Developer Kelompok B pada Game Idea	5-19
Gambar 5.13 Pertanyaan Developer Kelompok A kepada AI pada Teaching Environment.....	5-19
Gambar 5.14 Diskusi Developer Kelompok A dengan Guru pada Teaching Environment.....	5-20

Gambar 5.15 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru pada Teaching Environment	5-20
Gambar 5.16 Design Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Instructional Design	5-21
Gambar 5.17 Jawaban Guru Kelompok A kepada Developer pada Instructional Design	5-21
Gambar 5. 18 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru dan AI pada Instructional Design	5-22
Gambar 5.19 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru pada Instructional Design	5-22
Gambar 5.20 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Game Design	5-23
Gambar 5.21 Diskusi Developer Kelompok A dengan Guru pada Game Design	5-23
Gambar 5. 22 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru dan AI pada Game Design	5-24
Gambar 5. 23 Diskusi Guru dan Developer Kelompok B pada Game Design	5-24
Gambar 5. 24 Diagram Batang Persentase Kelayakan	5-28

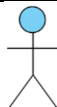
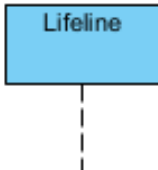
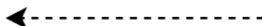
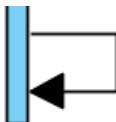
DAFTAR TABEL

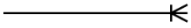
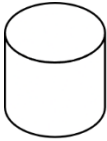
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	2-15
Tabel 3.1 Alur Penyelesaian Tugas Akhir	3-1
Tabel 3.2 Deskripsi Skema Analisis	3-6
Tabel 3.3 Pertanyaan Kuesioner Pengguna Kolaborasi	3-7
Tabel 3.4 Rentang Nilai Kuesioner	3-8
Tabel 4.1 Deskripsi Analisis Kebutuhan Kolaboratif	4-2
Tabel 4.2 Deskripsi Kebutuhan Fungsional	4-3
Tabel 4.3 Perancangan Prompt Persona Pattern	4-8
Tabel 5.1 Kegiatan Fase Prototyping	5-1
Tabel 5.2 Daftar Pustaka Sistem	5-2
Tabel 5.3 Algoritma Perangkuman Dokumen	5-3
Tabel 5.4 Algoritma Pemilihan Persona	5-3
Tabel 5.5 Algoritma Pembuatan Sistem Prompt	5-4
Tabel 5.6 Algoritma Perangkuman Tahapan	5-5
Tabel 5.7 Algoritma Pembuatan GDD	5-6
Tabel 5.8 Deskripsi Komponen Pembentuk Instruksi	5-7
Tabel 5.9 Pembuatan Teks AI	5-7
Tabel 5. 10 Pengujian Modul Autentikasi	5-8
Tabel 5. 11 Pengujian Modul Manajemen Dokumen	5-8
Tabel 5. 12 Pengujian Modul Ruang Diskusi	5-9
Tabel 5. 13 Pengujian Modul AI Persona	5-10
Tabel 5. 14 Data Asli Kuesioner	5-26
Tabel 5. 15 Tabel Komparasi Efektivitas Kolaborasi	5-28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A - 1 Pertemuan Pertama dengan Guru Kelompok A	A-1
Lampiran A - 2 Pertemuan Kedua dengan Guru Kelompok A dan Kelompok B	A-2
Lampiran A - 3 Pertemuan Ketiga dengan Guru Kelompok A	A-3
Lampiran A - 4 Pertemuan Ketiga dengan Guru Kelompok B	A-4
Lampiran A - 5 Pertemuan Pertama dengan Game Developer A	A-5
Lampiran A - 6 Pertemuan Kedua dengan Game Developer Kelompok B	A-6
Lampiran A - 7 Pertemuan Kedua dengan Game Developer Kelompok A	A-7
Lampiran B - 1 Kuesioner Skala Likert bagian 1	B-1
Lampiran B - 2 Kuesioner Skala Likert bagian 2	B-1
Lampiran B - 3 Kuesioner Skala Likert bagian 3	B-2
Lampiran B - 4 Kuesioner Skala Likert bagian 4	B-2
Lampiran B - 5 Kuesioner Skala Likert bagian 5	B-3
Lampiran B - 6 Pengujian Akurasi AI oleh Guru Kelompok A	B-4
Lampiran B - 7 Pengujian Akurasi AI oleh Developer Kelompok A	B-5
Lampiran B - 8 Pengujian Akurasi AI oleh Guru Kelompok B	B-6
Lampiran B - 9 Pengujian Akurasi AI oleh Developer Kelompok B	B-7
Lampiran C - 1 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 1	C-1
Lampiran C - 2 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 2	C-1
Lampiran C - 3 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 3	C-2
Lampiran C - 4 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 4	C-2
Lampiran C - 5 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 5	C-3
Lampiran C - 6 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 6	C-3
Lampiran C - 7 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 1	C-4
Lampiran C - 8 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 2	C-4
Lampiran C - 9 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 3	C-5
Lampiran C - 10 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 4	C-5
Lampiran C - 11 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 5	C-6
Lampiran C - 12 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 6	C-6

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Nama Simbol	Keterangan										
	Activity	Simbol ini menunjukkan kegiatan yang dilakukan oleh aktor yang terlibat.										
	Transition	Simbol ini menunjukkan representasi alur atau jalannya suatu aktivitas.										
	Off Page Connector	Simbol ini menunjukkan keluar atau masuknya suatu prosedur maupun proses pada lembar atau halaman lain.										
	Actor	Simbol ini menunjukan pelaku atau aktor yang terlibat di sistem										
	Association	Simbol ini menunjukan hubungan antara aktor dengan use case.										
	Use Case	Simbol ini menunjukkan fungsi atau layanan yang disediakan oleh sistem.										
	Initial Node	Simbol ini menunjukkan titik awal dari suatu alur atau proses.										
	Final Node	Simbol ini menunjukkan titik akhir dari suatu alur atau proses.										
	Decision	Simbol ini menunjukkan titik pengambilan keputusan yang menyebabkan percabangan alur proses.										
	Lifeline	Simbol ini menunjukkan keberadaan suatu objek atau actor selama berlangsungnya interaksi dalam suatu proses.										
	Reply Message	Simbol ini menunjukkan pesan balasan atau respon dalam suatu interaksi.										
	Self Message	Simbol ini menunjukkan proses atau pesan yang terjadi di dalam satu objek itu sendiri.										
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Table</th></tr><tr><th>PK</th><th>UniquelD</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>Row 1</td></tr><tr><td></td><td>Row 2</td></tr><tr><td></td><td>Row 3</td></tr></tbody></table>	Table		PK	UniquelD		Row 1		Row 2		Row 3	Entity	Simbol ini menunjukkan representasi data atau objek data yang digunakan dalam sistem.
Table												
PK	UniquelD											
	Row 1											
	Row 2											
	Row 3											

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	One to Many	Simbol ini menunjukkan hubungan satu data dengan banyak data lainnya.
	Database	Simbol ini menunjukkan tempat penyimpanan data yang digunakan oleh sistem.
	Cloud	Simbol ini menunjukkan layanan atau sumber daya yang berada di luar sistem utama dan diakses melalui jaringan.

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Keterangan
Application Programming Interface (API)	Antarmuka pemrograman yang memfasilitasi pertukaran instruksi dan data secara langsung antara platform kolaborasi berbasis web dengan layanan Kecerdasan Buatan.
Artificial Intelligence (AI)	Kecerdasan buatan; dalam penelitian ini merujuk pada agen cerdas generatif yang ditanamkan ke dalam sistem untuk bertindak sebagai mediator komunikasi lintas profesi.
Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)	Bidang studi keilmuan yang berfokus pada perancangan teknologi dan perangkat lunak untuk mendukung serta memfasilitasi pekerjaan kelompok secara kolaboratif.
Digital Game-Based Learning (DGBL)	Pendekatan instruksional yang mengintegrasikan materi pembelajaran ke dalam mekanisme permainan digital secara terstruktur guna mencapai tujuan pendidikan.
Dynamic Persona Pattern	Pola rekayasa instruksi yang memungkinkan model Kecerdasan Buatan berganti peran secara otomatis menyesuaikan profil pengguna.
Framework	Kerangka kerja perangkat lunak yang menyediakan struktur dasar arsitektur aplikasi berbasis web untuk mempercepat dan menstandarisasi proses pengembangan.
Game Design Document (GDD)	Dokumen cetak biru spesifikasi komprehensif yang memuat seluruh rancangan permainan edukasi, mulai dari konsep materi pedagogis hingga mekanika pemrograman teknis.
Game Developer	Pengembang permainan; pakar teknis yang bertanggung jawab menerjemahkan ide dan materi dari pendidik ke dalam arsitektur perangkat lunak permainan digital.
Generative AI	Varian dari kecerdasan buatan yang memiliki kapabilitas untuk menghasilkan konten atau luaran baru berdasarkan data yang dimasukkan.
Instructional Design	Perancangan instruksional; proses sistematis dalam merancang pengalaman belajar agar efektif, menarik, dan sesuai dengan tujuan pedagogis.
Knowledge Gap	Kesenjangan pengetahuan atau perbedaan pemahaman yang terjadi antara pakar materi dan pakar teknis akibat perbedaan latar belakang disiplin keilmuan.
Large Language Models (LLM)	Model bahasa berskala besar berbasis jaringan saraf tiruan yang dilatih untuk memahami dan merespons instruksi bahasa alami manusia secara kontekstual.
Long-Context Window	Kapasitas memori pemrosesan bawaan dari sebuah model Kecerdasan Buatan yang memungkinkannya untuk membaca dan menganalisis dokumen teks berukuran besar secara utuh tanpa terputus.
Precision at K (P@K)	Metrik evaluasi kinerja pada sistem temu kembali informasi yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dan relevansi luaran Kecerdasan Buatan pada urutan K hasil teratas.
Prompt	Serangkaian instruksi atau parameter spesifik yang dimasukkan ke dalam antarmuka sistem untuk mengarahkan model Kecerdasan Buatan dalam menghasilkan respons yang presisi.
Prototype / Prototyping	Purwarupa atau metodologi pembuatan versi awal perangkat lunak yang dibangun secara cepat untuk mendemonstrasikan fungsionalitas inti dan dievaluasi sebelum pengembangan sistem final.

Istilah	Keterangan
Requirement and Problem Analysis	Tahap analisis kebutuhan dan masalah; merupakan fase awal dalam metodologi perancangan di mana pengguna mengidentifikasi tujuan, sasaran, dan kendala dari proyek yang dibangun.

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan gambaran umum terkait pelaksanaan tugas akhir, yang mencakup uraian mengenai latar belakang, identifikasi masalah, tujuan, ruang lingkup, metodologi, serta sistematika penulisan tugas akhir.

1.1. Latar Belakang

Pendekatan *Digital Game-Based Learning* telah terbukti menjadi inovasi yang efektif dalam meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pendidikan. Namun, pengembangan DGBL tidak bisa sekadar memindahkan materi teks ke dalam format permainan digital. Agar sebuah *game* edukasi valid secara pedagogis, perancangannya wajib dilandasi oleh prinsip *Instructional Design* yang secara terstruktur menghubungkan isi pembelajaran dengan mekanika permainan [KUR25]. *Instructional design* dalam DGBL berfungsi sebagai jembatan konseptual yang memastikan bahwa setiap tantangan, sistem *reward*, dan interaksi di dalam *game* selaras dengan pencapaian tujuan pembelajaran, bukan hanya menonjolkan aspek hiburan visual semata. Tanpa desain instruksional yang presisi, *game* edukasi berisiko kehilangan esensi akademisnya.

Proses perancangan *Digital Game-Based Learning* yang kompleks dan terstruktur membutuhkan kolaborasi tim multidisiplin yang melibatkan tenaga pendidik sebagai pakar materi dan *game developer* sebagai ahli teknis. Akan tetapi, kolaborasi lintas keahlian ini sering kali memicu hambatan komunikasi yang signifikan. Titik paling rentan terhadap kegagalan kolaborasi terletak pada transisi fase analisis. Secara spesifik, pada tahapan *Statement of Learning Objective* dan *Determination of Game Idea*, pendidik dituntut untuk merumuskan tujuan pedagogis yang abstrak, sementara *Game Developer* harus mengonversinya ke dalam arsitektur mekanika permainan. Di persimpangan fase inilah terjadi hambatan komunikasi lintas disiplin yang paling masif, di mana pada tahap konseptualisasi dan penentuan objektif, pendidik sering kali mengalami kesulitan luar biasa dalam mengomunikasikan konten pembelajaran yang kompleks kepada tim pengembang agar dapat terintegrasi menjadi mekanik permainan yang fungsional [DIM21]. Perbedaan bahasa profesi ini sangat menyulitkan penyatuan elemen pedagogi dengan mekanika permainan. Kondisi tersebut menegaskan bahwa pertukaran instruksi yang tidak dimediasi dengan baik akan berujung pada tingginya miskomunikasi dan proses pengembangan yang berputar-putar.

Masalah perbedaan keahlian ini menjadi semakin rumit karena proses komunikasi dan pengelolaan file proyek yang terpisah-pisah telah terbukti menjadi penyebab utama tingginya miskomunikasi serta keterlambatan penyelesaian pekerjaan [ZAK25]. Dalam pembuatan *game* edukasi, diskusi antara guru dan *developer* sering kali hanya mengandalkan riwayat pesan obrolan singkat atau tumpukan file PDF yang sangat mudah tercecer. Karena informasi yang diterima tidak utuh dan alur kerjanya tidak terstandar, *developer* sering terpaksa menebak-nebak fitur apa yang sebenarnya diinginkan oleh guru. Hal ini berdampak langsung pada tingginya siklus revisi yang berulang-ulang,

membengkaknya biaya produksi, dan arah spesifikasi proyek yang tidak jelas. Oleh karena itu, kehadiran sebuah platform kolaborasi digital yang bersifat terpusat dan terstruktur mengikuti tahapan perancangan DGBL menjadi sangat mendesak. Platform ini tidak hanya hadir sebagai sistem satu pintu di mana seluruh dokumen tersimpan rapi, tetapi juga berfungsi menuntun pengguna melewati fase-fase pembuatan game edukasi secara berurutan. Dengan ruang kerja yang terpusat dan terarah ini, sistem dapat menggunakan *prompt engineering* untuk menerjemahkan bahasa guru ke bahasa *developer* dan sebaliknya, yang nantinya juga mampu menghasilkan dokumen *Game Design Document* secara otomatis.

Untuk mengoptimalkan platform kolaborasi terpusat tersebut dan menjembatani miskomunikasi secara langsung, diperlukan intervensi Kecerdasan Buatan melalui teknik *Prompt Engineering* sebagai solusi komputasional yang mendesak. Teknologi *Large Language Model* Gemini 2.5 memiliki keunggulan berupa kapasitas jendela konteks yang panjang serta kemampuan penalaran tingkat lanjut [COM25]. Keunggulan pemrosesan ini dimanfaatkan di dalam platform untuk menganalisis riwayat kolaborasi secara menyeluruh sekaligus memproses hasil rangkuman dokumen PDF secara terintegrasi. Dengan menerapkan teknik perancangan *prompt* berbasis *Dynamic Persona Pattern*, agen Kecerdasan Buatan tidak difungsikan sebagai program tanya-jawab pasif, melainkan direkayasa secara khusus di lapisan *backend* untuk bertransformasi peran menjadi 'Konsultan Pedagogis' maupun 'Konsultan Desain Game'. Teknik rekayasa *prompt* ini dipetakan secara spesifik untuk mengeksekusi penerjemahan instruksi dua arah secara *real-time* tepat pada tahapan analisis dan desain DGBL yang rumit tersebut, sehingga memastikan spesifikasi teknis selaras dengan tujuan instruksional. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji pemanfaatan platform kolaborasi multiperan beserta teknik *prompt persona* dinamis di dalamnya dalam memfasilitasi proses perancangan *Digital Game-Based Learning*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada aspek teknis *prompt engineering* dan efektivitas kolaborasi:

1. Bagaimana merancang platform kolaborasi berbasis web yang terpusat dan terstruktur mengikuti tahapan perancangan *Digital Game-Based Learning* (DGBL) guna mengatasi masalah informasi yang tercecer serta menjembatani kesenjangan domain pengetahuan antara guru dan *game developer*?
2. Bagaimana mengimplementasikan Gemini 2.5 dengan teknik *Prompt Persona Pattern* dinamis agar mampu berperan sebagai mediator yang secara akurat menerjemahkan kebutuhan pedagogis guru ke instruksi teknis pengembang dan sebaliknya?

1.3. Tujuan, Manfaat, dan Motivasi Tugas Akhir

Pada bagian ini, akan diuraikan secara terperinci mengenai tiga pilar utama yang mendasari pelaksanaan tugas akhir ini, yaitu tujuan, manfaat, dan motivasi. Ketiga elemen ini berfungsi untuk memberikan kerangka kerja yang jelas, menunjukkan kontribusi yang diharapkan dari penelitian, serta

memperkuat urgensi dari pengembangan aplikasi yang diusulkan. Pembahasan akan diawali dengan penjabaran tujuan dari tugas akhir ini.

1.3.1. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan hasil identifikasi masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, tujuan dari tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menghasilkan platform kolaborasi berbasis web yang terpusat dan terarah sesuai tahapan DGBL untuk mengelola informasi agar tidak tercecer, sekaligus memfasilitasi komunikasi lintas peran antara guru dan pengembang guna meminimalkan hambatan bahasa domain.
2. Menerapkan Gemini 2.5 sebagai mediator cerdas yang menggunakan teknik *prompt persona pattern* dinamis untuk menyelaraskan persepsi antara konsep pendidikan dan kebutuhan teknis pengembangan *game*.

1.3.2. Manfaat Tugas Akhir

Berdasarkan tujuan penelitian, tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kemudahan bagi guru untuk menuangkan ide-ide kreatif pembuatan *game* tanpa harus merasa bingung dengan istilah-istilah teknis komputer atau pemrograman yang rumit.
2. Mempercepat proses kerja karena pengembang langsung mendapatkan instruksi yang jelas dan terstruktur, sehingga tidak perlu lagi menebak-nebak maksud dari materi pendidikan yang diberikan oleh guru.
3. Memberikan kontribusi nyata dalam bidang Informatika mengenai bagaimana teknologi AI (khususnya *Prompt Engineering*) dapat digunakan sebagai penengah atau "penerjemah" otomatis yang efektif untuk menghubungkan dua bidang profesi yang berbeda cara bicaranya.

1.3.3. Motivasi Tugas Akhir

Dorongan utama dilakukannya penelitian ini muncul dari beberapa kendala nyata yang sering ditemui dalam proses pembuatan *game* edukasi di lapangan:

1. Proses diskusi saat ini sering kali menghasilkan informasi yang tidak terorganisir dan instruksi penting yang mudah terlupakan karena tidak adanya wadah kolaborasi yang terpusat.
2. Sering terjadi ketidaksambungan komunikasi di mana pengembang sulit memahami istilah pendidikan yang abstrak, sementara guru juga kesulitan memahami batasan teknis dalam pembuatan sistem.
3. Adanya peluang untuk memanfaatkan kecerdasan Gemini 2.5 yang mampu memahami konteks percakapan panjang untuk bertindak sebagai asisten yang bisa merangkum dan menerjemahkan semua hasil diskusi menjadi dokumen rancangan yang jelas.

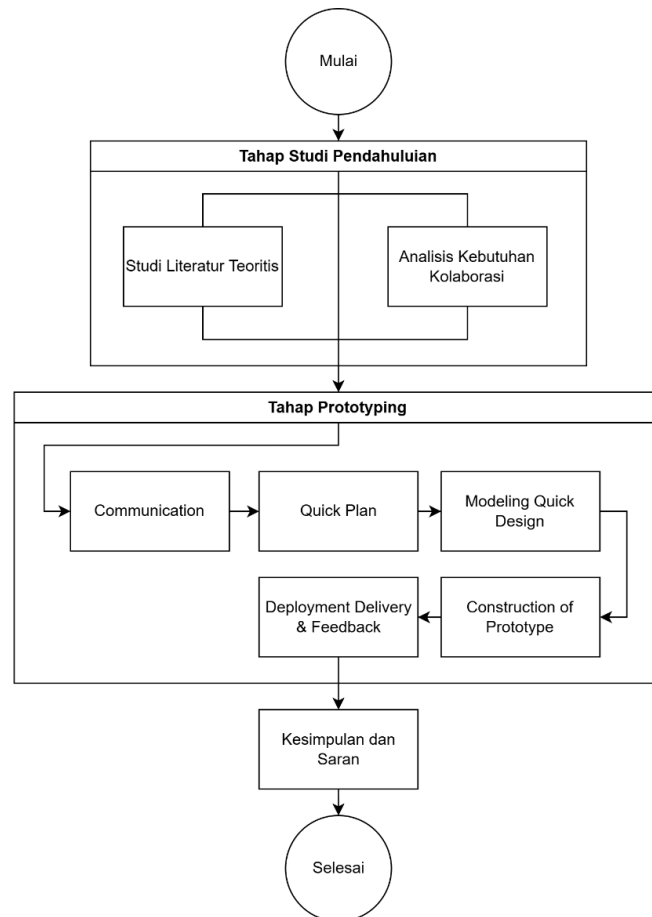
1.4. Lingkup Tugas Akhir

Adapun lingkup atau batasan pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data dilakukan dengan memasukkan seluruh konteks secara langsung ke API Gemini 2.5. Perintah yang dikirim ke AI merupakan gabungan dari ringkasan PDF, aturan peran (persona pattern), riwayat diskusi, dan pertanyaan pengguna.
2. Aplikasi dibuat berbasis web menggunakan framework Laravel 12 dan basis data MySQL. Cara pembuatannya mengikuti model Prototype yang memungkinkan perbaikan cepat berdasarkan masukan pengguna. Diskusi antara guru dan pengembang tidak harus dilakukan pada waktu yang bersamaan (asinkron).
3. Pengguna sistem difokuskan pada peran Guru dan Pengembang Game guna mensimulasikan proses kolaborasi yang sebenarnya dalam merancang media pembelajaran. Materi yang digunakan sebagai studi kasus dalam penelitian ini dibatasi pada mata pelajaran Biologi untuk Kelas 11.
4. Luaran akhir penelitian dibatasi pada prototipe platform kolaborasi yang mampu menghasilkan draf *Game Design Document* secara otomatis, bukan menghasilkan sebuah produk gim digital yang siap dimainkan. Validasi akurasi Kecerdasan Buatan dibatasi menggunakan metrik *Precision at K* (P@K), sedangkan evaluasi tingkat penerimaan fungsionalitas sistem diukur secara deskriptif kuantitatif menggunakan instrumen Skala *Likert*.
5. Fungsionalitas luaran sistem dibatasi pada pembuatan *Game Design Document* berformat PDF yang dirender secara statis oleh Kecerdasan Buatan. Purwarupa ini tidak memfasilitasi modifikasi dokumen manual pasca-generasi melalui format pengolah kata seperti *Microsoft Word*. Selain itu, manajemen ruang kerja dibatasi pada pembuatan proyek tunggal dari tahap awal, dan tidak mencakup fungsionalitas duplikasi proyek untuk penerapan templat perancangan secara berulang di instansi yang berbeda.

1.5. Metode Pelaksanaan Tugas Akhir

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan melalui langkah-langkah yang teratur agar hasil pengerjaan purwarupa selaras dengan tujuan penelitian. Alur pengerjaan dimulai dari pencarian data dasar hingga tahap pengujian kepada pengguna akhir. Secara visual, tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1.1 Langkah-langkah pengerjaan

Penjelasan dari bagan alur pengerjaan di atas adalah sebagai berikut:

1. Tahap Studi Pendahuluan

Pencarian dasar teori dilakukan melalui studi literatur untuk membangun landasan pengetahuan yang kuat mengenai cara kerja kolaborasi dan teknologi yang akan digunakan. Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan awal untuk memahami kebutuhan dasar secara umum agar didapatkan gambaran besar mengenai topik yang diangkat.

2. Communication

Dilakukan wawancara dengan guru dan pengembang game sebagai calon pengguna untuk menggali kendala nyata yang mereka alami. Tahap ini lebih fokus pada pencarian masalah spesifik, seperti perbedaan istilah atau "bahasa" yang sering menimbulkan miskomunikasi di antara kedua peran tersebut.

3. Quick Plan

Hasil dari wawancara dirangkum untuk menentukan fitur-fitur utama yang paling dibutuhkan di dalam aplikasi. Tahap ini juga melibatkan pencarian referensi dari penelitian terdahulu supaya sistem yang dibangun memiliki dasar pengembangan yang jelas.

4. Modeling Quick Design

Perancangan dilakukan untuk menentukan bentuk aplikasi, cara data disimpan di dalam basis data, serta bagaimana mediator cerdas akan merespons pengguna. Fokusnya adalah membuat cetak biru sehingga dapat segera masuk ke tahap pembuatan kode tanpa banyak kendala teknis.

5. Construction of Prototype

Pembangunan aplikasi dilakukan menggunakan kerangka kerja Laravel 12 dan dihubungkan ke *Large Language Model* (LLM) Gemini melalui *Application Programming Interface* (API). Setelah kode selesai dibuat, dilakukan pengecekan mandiri untuk memastikan fitur-fiturnya berjalan dengan lancar dan sesuai rencana sebelum aplikasi diberikan kepada orang lain.

6. Deployment Delivery & Feedback

Pada tahap ini, purwarupa aplikasi web yang telah terintegrasi dengan Kecerdasan Buatan diluncurkan ke server agar dapat diuji coba secara langsung oleh kelompok pengguna sasaran. Fase pengumpulan *feedback* dieksekusi secara terstruktur di mana validasi tingkat akurasi rekomendasi AI diukur menggunakan metrik *Precision at K* ($P@K$), sedangkan tingkat penerimaan fungsionalitas sistem dievaluasi menggunakan instrumen kuesioner Skala *Likert*.

7. Kesimpulan dan Saran

Seluruh temuan dari hasil pengujian sistem dirangkum untuk menjawab apakah tujuan penelitian telah tercapai dengan baik. Setelah itu, disusun poin-poin rekomendasi teknis yang dapat digunakan sebagai acuan bagi pengembang selanjutnya untuk memperbaiki kekurangan sistem di masa depan.

1.6. Standar dan Kakas

Pengerjaan tugas akhir ini didukung oleh serangkaian perangkat keras dan perangkat lunak yang membentuk lingkungan pengembangan. Standar dan kakas (*tools*) yang digunakan untuk merealisasikan purwarupa aplikasi dan penyusunan laporan ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Perangkat Keras

Digunakan sebuah laptop pribadi dengan spesifikasi yang memadai sebagai perangkat utama untuk seluruh aktivitas pengembangan, mencakup penulisan kode, pengujian fungsionalitas, menjalankan *local server*, dan penyusunan laporan penelitian.

2. Gemini 2.5

Keluarga model bahasa multimodal dari Google dipilih sebagai mesin kecerdasan buatan (AI) inti dalam platform. Dalam penelitian ini, Gemini 2.5 berfungsi sebagai mediator cerdas yang bertugas untuk menghasilkan ringkasan kontekstual dari dokumen yang diunggah, dan mengimplementasikan *Persona Pattern* dinamis untuk memberikan respons yang relevan secara pedagogis maupun teknis dalam dialog kolaboratif.

3. Laravel Framework

Kerangka kerja PHP *open-source* ini digunakan sebagai fondasi utama untuk membangun seluruh arsitektur *backend* dari aplikasi web purwarupa. Arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) yang diusungnya dimanfaatkan untuk mengelola logika aplikasi, interaksi

dengan basis data, dan penyajian antarmuka secara terstruktur. Fitur seperti Eloquent ORM dan Artisan CLI akan digunakan untuk mempercepat proses pengembangan.

4. MySQL

Sistem manajemen basis data relasional (*RDBMS*) ini berfungsi sebagai repositori utama untuk menyimpan seluruh data persisten aplikasi. Ini mencakup data pengguna, detail proyek, riwayat percakapan dalam *Conversation Database*, serta ringkasan konteks yang dihasilkan oleh AI.

5. Visual Studio Code (VS Code)

Editor kode sumber yang digunakan untuk menulis, mengelola, dan melakukan *debugging* seluruh kode sumber aplikasi (*backend* dan *frontend*). Fitur seperti integrasi terminal dan dukungan ekstensi yang luas dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi kerja.

6. Git & GitHub

Git digunakan sebagai sistem kontrol versi untuk melacak setiap perubahan pada kode sumber secara lokal, memastikan integritas dan riwayat pengembangan proyek. GitHub digunakan sebagai *remote repository* untuk pencadangan kode dan manajemen proyek.

1.7. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini akan mengikuti sistematika penulisan yang terstruktur untuk memastikan alur pembahasan yang logis dan komprehensif. Berikut adalah sistematika penulisan yang akan digunakan:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan pengantar dari keseluruhan penelitian. Bagian ini mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, serta metodologi dan sistematika penulisan laporan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab ini membahas dasar-dasar teoretis dan konseptual yang menjadi fondasi penelitian. Di dalamnya diuraikan teori-teori fundamental terkait domain penelitian, teknologi inti yang digunakan, serta tinjauan terhadap penelitian terdahulu yang relevan untuk memposisikan orisinalitas penelitian ini.

BAB III: SKEMA PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci langkah-langkah metodologis yang ditempuh. Pembahasan mencakup alur penyelesaian tugas akhir, kerangka kerja pengembangan sistem, prosedur pengujian purwarupa, serta teknik yang digunakan untuk pengumpulan dan analisis data evaluasi.

BAB IV: ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berfokus pada cetak biru (*blueprint*) dari sistem yang diusulkan. Bagian ini menguraikan analisis kebutuhan fungsional, perancangan arsitektur sistem, desain basis data melalui *Entity-*

Relationship Diagram (ERD), perancangan antarmuka pengguna, serta desain detail dari strategi interaksi AI.

BAB V: IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini mendokumentasikan tahap realisasi antarmuka sistem dan integrasi API Gemini 2.5 ke dalam kode program. Selain itu, bab ini menyajikan hasil evaluasi pengujian di mana tingkat akurasi Kecerdasan Buatan dianalisis menggunakan metrik *Precision at K*, sedangkan tingkat penerimaan fungsionalitas sistem dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif Skala *Likert*.

BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini merangkum keseluruhan hasil penelitian dan memberikan pandangan ke depan. Bagian kesimpulan akan menjawab pertanyaan penelitian berdasarkan analisis data evaluasi. Sementara itu, bagian saran akan memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya serta saran praktis terkait implementasi platform serupa.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Bab ini memaparkan landasan teoretis yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Pembahasan mencakup berbagai definisi, konsep, dan teori yang relevan, yang bersumber dari literatur ilmiah seperti buku teks dan jurnal penelitian sebagai kerangka acuan.

2.1. Teori Yang Digunakan

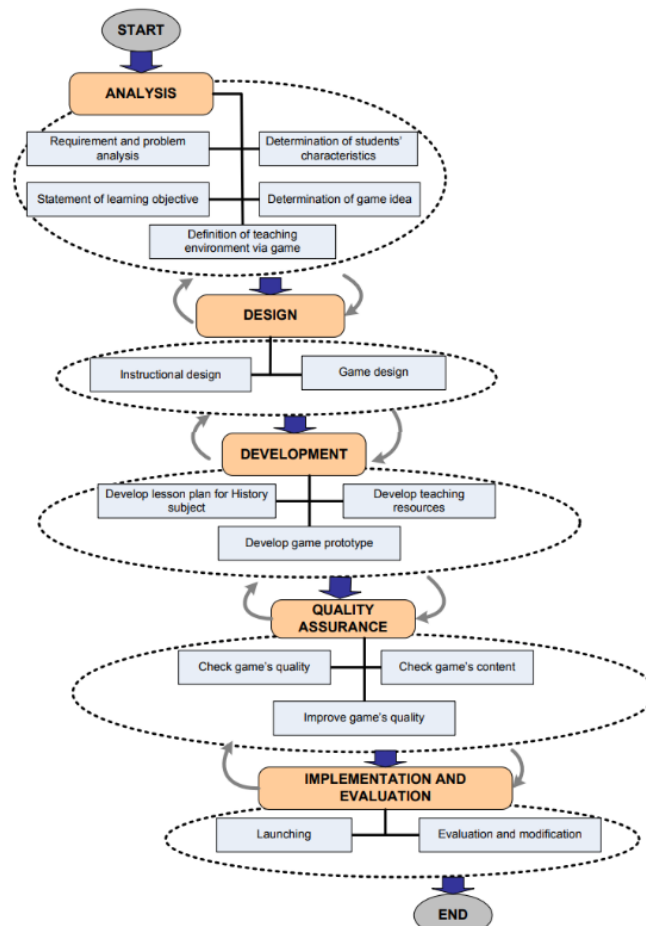
Subbab ini menguraikan kerangka teoretis dan konsep-konsep kunci yang menjadi landasan dalam pelaksanaan penelitian ini. Teori yang dipaparkan dipilih berdasarkan relevansinya terhadap topik dan tujuan studi, dimulai dari konsep fundamental yang melatarbelakangi masalah, dilanjutkan dengan teknologi inti yang menjadi solusi, hingga kaka yang digunakan untuk implementasi teknis.

2.1.1. Digital Game-Based Learning

Digital Game-Based Learning merupakan pendekatan inovatif yang berpusat pada peserta didik dengan mengintegrasikan konten pendidikan ke dalam media gim elektronik atau digital sebagai sarana utama untuk menyampaikan materi pelajaran dan mencapai tujuan pembelajaran spesifik [ANN25]. Pada praktiknya, perancangan DGBL menuntut keseimbangan yang presisi antara elemen hiburan dari gim itu sendiri dengan integrasi materi pendidikan yang ingin dicapai.

Proses pengembangan DGBL bukanlah hal yang sederhana. Perancangan DGBL tidak sekadar berfokus pada pembuatan aplikasi yang interaktif secara visual, melainkan menuntut struktur konsep yang matang agar prinsip pembelajaran dapat terintegrasi dengan standar mekanika permainan [ARI22]. Oleh karena itu, pengembangan gim edukasi yang valid secara akademis sangat bergantung pada penerapan *Instructional Design* guna memastikan bahwa konten edukasi dapat dihubungkan dan diterjemahkan secara akurat ke dalam lingkungan permainan [KUR25].

Kompleksitas dalam menerjemahkan desain instruksional ke dalam sistem teknis menuntut adanya kolaborasi multidisiplin. Proses perancangan ini melibatkan berbagai peran yang memiliki keahlian dan latar belakang berbeda, khususnya pakar materi seperti guru pada domain pedagogi dan pengembang perangkat lunak atau *developer* pada domain teknis [DIM21]. Perbedaan domain pengetahuan ini memunculkan tantangan tersendiri dalam menyatukan ide. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alur kolaborasi yang terarah agar konsep pedagogi dari guru tidak bias dan dapat dieksekusi dengan presisi oleh pengembang menjadi sebuah arsitektur gim yang fungsional.



Gambar 2.1 Model Proses Pengembangan Digital Game-Based Learning (DGBL)

2.1.2. Game Design Document

Game Design Document adalah dokumen desain perangkat lunak yang berfungsi sebagai cetak biru dalam pengembangan sebuah gim. Karena proses pembuatan *Digital Game-Based Learning* melibatkan tingkat kompleksitas yang tinggi, GDD berperan krusial sebagai jembatan komunikasi untuk menyelaraskan pemahaman antara berbagai pihak yang berkolaborasi, seperti pakar pendidik dan pengembang perangkat lunak [ARI22]. Dokumen ini menjadi pusat dari seluruh struktur ide yang memastikan bahwa setiap detail mekanika permainan telah terdefinisi secara utuh aturan fundamentalnya adalah jika suatu elemen detail tidak tertulis di dalam GDD, maka elemen tersebut seharusnya tidak diimplementasikan di dalam gim.

Agar dapat menjadi panduan pengembangan yang valid dan terstandarisasi, penyusunan GDD harus memuat komponen-komponen arsitektur gim secara terperinci. Komponen utama tersebut secara umum mencakup rancangan dunia permainan, gambaran umum konsep dan target pemain, perancangan tingkat kesulitan, desain karakter atau aset, perancangan antarmuka pengguna, hingga perancangan aturan dan sistem logika [ARI22]. Dalam konteks platform kolaborasi terpusat, struktur komponen GDD inilah yang menjadi parameter luaran dari proses penerjemahan ide pedagogis menjadi kerangka teknis oleh agen kecerdasan buatan.

Meskipun perannya sangat vital, pada praktiknya penyusunan GDD sering kali diabaikan oleh para pengembang karena format dokumennya yang sangat tebal, rumit, dan memakan waktu lama untuk

dikonsultasikan secara manual [ARI22]. Dokumen yang terlalu masif justru menyulitkan tim lintas disiplin untuk melakukan sinkronisasi ide secara cepat. Kendala dokumentasi manual inilah yang memunculkan urgensi untuk memikirkan kembali cara mendokumentasikan gim sesuai dengan jenis platform yang dibangun, salah satunya melalui pendekatan otomatisasi penyusunan kerangka GDD menggunakan sistem cerdas agar proses pengembangan tetap terstruktur tanpa membebani tim secara administratif.

2.1.3. Kolaborasi Lintas Fungsi

Kolaborasi lintas fungsi merupakan upaya terkoordinasi dari individu-individu dengan latar belakang fungsional yang beragam untuk mencapai tujuan bersama, di mana integrasi berbagai keahlian ini mendorong pemahaman yang menyeluruh terhadap proyek yang kompleks [ILU25]. Dalam konteks perancangan gim edukasi, kolaborasi lintas fungsi ini bukan sekadar opsi, melainkan sebuah keharusan. Pengembangan gim pembelajaran yang valid secara akademis menuntut perpaduan keahlian yang spesifik, mulai dari pemahaman materi konseptual dan desain instruksional dari sisi pendidik, hingga keterampilan teknis dari sisi pengembang perangkat lunak untuk membangun sistemnya.

Meskipun model kerja ini krusial untuk menghasilkan produk yang komprehensif, penyatuan berbagai disiplin ilmu membawa tantangan tersendiri. Hambatan utama dalam kolaborasi lintas fungsi sering kali bersumber dari kebuntuan komunikasi. Perbedaan terminologi profesi, gaya komunikasi, dan praktik berbagi informasi antar bidang dapat memicu kesalahpahaman yang pada akhirnya menyebabkan inefisiensi kerja dan kegagalan proyek [ILU25]. Hal ini sangat rentan terjadi antara pakar pedagogi yang terbiasa dengan bahasa instruksional dan pengembang gim yang terbiasa dengan bahasa logika pemrograman.

Untuk mengatasi tantangan komunikasi tersebut dan memaksimalkan potensi keberagaman keahlian tim, diperlukan penerapan mekanisme kolaborasi yang terstruktur, salah satunya melalui pemanfaatan platform komunikasi digital yang terintegrasi [ILU25]. Dalam penelitian ini, konsep tersebut diterapkan melalui perancangan sistem terpusat yang memfasilitasi interaksi antara ahli pendidikan dan pengembang teknis. Sistem ini berfungsi meruntuhkan batasan perbedaan istilah profesi, memastikan bahwa alur pertukaran instruksi maupun umpan balik dapat berjalan secara akurat dan memiliki persepsi yang setara.

2.1.4. Computer-Supported Cooperative Work

Computer-Supported Cooperative Work adalah bidang penelitian interdisipliner yang berfokus pada pengembangan teknologi komputasi untuk memfasilitasi, memediasi, dan mengatur interaksi antarindividu yang terlibat dalam suatu pekerjaan bersama [BUL21]. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah memanfaatkan potensi teknologi untuk mengurangi kompleksitas koordinasi dalam aktivitas sosial dan pekerjaan yang saling bergantung satu sama lain. Dalam konteks penelitian ini, CSCW menjadi landasan utama mengenai alasan mengapa kolaborasi antara pakar pendidikan dan pengembang teknis membutuhkan dukungan sistem komputasi yang terstruktur untuk mengurai kerumitan komunikasi.

Sebagai sebuah solusi teknologi, sistem CSCW beroperasi melalui tiga paradigma utama, yaitu memfasilitasi pekerjaan melalui representasi digital yang dapat diakses bersama, memediasi pertukaran pesan secara terstruktur, serta meregulasi alur kerja antarpekerja yang berkolaborasi [CIO23]. Tiga prinsip dasar inilah yang diadopsi secara langsung dalam perancangan platform tugas akhir ini. Sistem bertindak memfasilitasi ruang kerja terpusat agar dokumen tidak tercecer, meregulasi alur kerja agar tahapan perancangan *Digital Game-Based Learning* berjalan berurutan, dan memediasi jalannya pertukaran instruksi antarpengguna.

Lebih jauh, implementasi sebuah sistem CSCW tidak sekadar mengenai pembangunan sebuah perangkat lunak, melainkan upaya merancang sebuah sistem sosioteknik secara utuh. Keberhasilan suatu platform kolaborasi sangat bergantung pada optimalisasi yang seimbang antara sistem teknis (dan sistem sosial [BUL21]. Oleh karena itu, penerapan kecerdasan buatan sebagai mediator dalam platform ini dirancang secara khusus untuk mengatasi hambatan pada sistem sosial yakni menjembatani kesenjangan bahasa profesi antara guru dan *developer* sehingga kolaborasi teknis dapat berjalan secara harmonis dan efisien.

2.1.5. Artificial Intelligence

Artificial Intelligence atau kecerdasan buatan adalah salah satu cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan teknologi untuk membangun sistem yang memungkinkan mesin meniru kemampuan kognitif dan kecerdasan manusia, seperti proses belajar, menganalisis, dan mengambil keputusan [PUR23]. Melalui pendekatan ini, mesin tidak lagi beroperasi secara kaku berdasarkan perintah pemrograman linier, melainkan dirancang untuk merespons dan menyelesaikan tugas-tugas yang secara tradisional membutuhkan tingkat pemikiran manusia.

Meskipun berakar pada ilmu komputasi, implementasi AI saat ini telah menjangkau ranah interaksi dan komunikasi sosial. Dalam konteks ini, AI dapat secara signifikan meningkatkan cara manusia bertukar ide satu sama lain. Pemikiran dan gagasan manusia sering kali bersifat abstrak, yang memunculkan hambatan pemahaman saat dikomunikasikan, terutama jika melibatkan pihak-pihak dengan latar belakang domain keahlian yang berbeda. Pada situasi yang dipenuhi perbedaan abstraksi ini, AI memegang peranan krusial dengan menyediakan jembatan komunikasi yang diperlukan di antara orang-orang tersebut [SAN23].

Berdasarkan landasan tersebut, penerapan kecerdasan buatan dalam penelitian ini secara spesifik difokuskan pada fungsinya sebagai penengah atau mediator komunikasi lintas disiplin. Dengan memanfaatkan AI untuk memproses instruksi pedagogis yang abstrak menjadi spesifikasi teknis yang terstruktur, sistem ini mampu menyelaraskan perbedaan bahasa profesi antara pakar pendidikan dan pengembang perangkat lunak. Kehadiran teknologi ini meminimalkan kesalahpahaman sehingga penyusunan media pembelajaran dapat berjalan terarah tanpa kendala operasional yang berarti.

2.1.6. Generative AI

Generative Artificial Intelligence merupakan bagian dari teknologi kecerdasan buatan berbasis pembelajaran mesin, tepatnya pada ranah *deep learning*, yang dirancang secara khusus untuk

memproses dan menghasilkan luaran data baru berupa rangkaian teks, gambar, video, maupun suara [DIT24]. Berbeda dengan sistem komputasi konvensional atau sistem kecerdasan buatan diskriminatif yang terbatas pada klasifikasi data yang sudah ada, model generatif mampu mempelajari pola probabilitas dari kumpulan data berskala besar untuk menciptakan luaran yang koheren secara mandiri.

Lebih dari sekadar penciptaan konten dasar, teknologi ini memiliki kemampuan tingkat lanjut dalam mentransformasi dan merestrukturisasi informasi. Dalam domain pemrosesan bahasa alami, instrumen GenAI dapat diinstruksikan untuk menjalankan tugas kognitif dan teknis yang kompleks, seperti peringkasan dokumen teks panjang, pengubahan gaya bahasa, modifikasi parafrase, hingga optimasi dan penulisan baris kode pemrograman [DIT24]. Kemampuan analitis tingkat tinggi ini memungkinkan sistem untuk merespons instruksi dengan sangat adaptif layaknya manusia.

Pada konteks penelitian ini, kapabilitas generatif dan transformasi bahasa dari GenAI dimanfaatkan secara spesifik sebagai instrumen mediator komunikasi. Fleksibilitas sistem dalam menganalisis dan merangkum materi ajar pedagogis yang tebal, lalu secara otomatis menerjemahkannya ke dalam bentuk spesifikasi teknis dan mekanika gim, menjadikannya solusi ideal untuk memecah kebuntuan komunikasi. Dengan intervensi dari teknologi ini, pertukaran informasi lintas disiplin antara tenaga pendidik dan pengembang perangkat lunak dapat tersinkronisasi tanpa adanya ambiguitas istilah profesi.

2.1.7. Large Language Models

Large Language Models merupakan model kecerdasan buatan tingkat lanjut berbasis arsitektur *transformer* yang dilatih menggunakan korpus data berskala masif untuk memproses, menganalisis, dan menghasilkan teks bahasa alami secara kontekstual [SYL25]. Secara teknis, alih-alih beroperasi berdasarkan perintah pemrograman statis, sistem ini bekerja melalui pemodelan probabilitas generatif untuk memprediksi token atau urutan kata berikutnya berdasarkan pola sintaksis dan semantik yang telah dipelajarinya dari kumpulan data pelatihannya [PAI25].

Lebih dari sekadar pemrosesan bahasa konvensional, kapabilitas LLM masa kini telah melampaui tugas-tugas tekstual dasar. Berkat pelatihan pada *dataset* komprehensif yang mencakup berbagai disiplin ilmu, model ini memiliki kemampuan analitis untuk mengurai instruksi yang kompleks. Hal ini memungkinkan LLM untuk menjalankan tugas kognitif tingkat tinggi lintas domain, seperti menyederhanakan konsep teoretis yang abstrak, melakukan peringkasan dokumen panjang, mengekstraksi informasi spesifik, hingga mentransformasi bahasa manusia menjadi struktur logika atau baris kode komputer secara akurat [SYL25].

Dalam kerangka penelitian ini, karakteristik adaptif dari LLM dimanfaatkan sebagai motor penggerak utama pada platform kolaborasi. Sistem tidak hanya difungsikan untuk merangkum dokumen panduan pedagogis, tetapi diinstruksikan secara spesifik untuk bertindak sebagai mediator yang menjembatani dua domain keilmuan yang berbeda. Dengan kapabilitas transformasi bahasanya, LLM secara otomatis menerjemahkan instruksi pendidikan dari guru ke dalam spesifikasi teknis perancangan gim bagi pengembang. Mekanisme ini mengeliminasi ambiguitas komunikasi lintas disiplin dan

memastikan bahwa keluaran rancangan *Digital Game-Based Learning* selaras dengan parameter desain instruksional maupun arsitektur perangkat lunak.

2.1.8. Gemini 2.5

Gemini 2.5 merupakan generasi terbaru dari model kecerdasan buatan yang dibangun dengan arsitektur *natively multimodal*, memungkinkan sistem untuk memproses dan mengintegrasikan berbagai jenis aliran data seperti teks, gambar, audio, dan video secara bersamaan. Keunggulan fundamental dari arsitektur ini terletak pada kapasitas *context window* berskala masif yang mampu menampung masukan lebih dari satu juta token, sehingga model dapat menganalisis kumpulan data yang sangat luas dan memecahkan masalah kompleks dari berbagai sumber informasi tanpa mengalami fragmentasi data [COM25].

Lebih dari sekadar pemrosesan data multiformat, Gemini 2.5 secara spesifik dirancang sebagai *thinking model* yang berfokus pada *advanced reasoning* dan kapabilitas pemrograman yang komprehensif [COM25]. Kombinasi unik antara memori konteks yang panjang, kapabilitas multimodal, dan penalaran logis tingkat tinggi ini memberdayakan model untuk mengeksekusi alur kerja AI dalam menyelesaikan tugas kognitif berlapis secara otonom.

Dalam konteks penelitian ini, spesifikasi tingkat lanjut dari Gemini 2.5 dimanfaatkan secara langsung sebagai mesin inti pada platform kolaborasi. Kapasitas *long-context window* digunakan agar model dapat menyerap seluruh isi dokumen panduan pedagogis berformat PDF beserta rekam jejak obrolan pengguna secara utuh. Di saat yang bersamaan, kemampuan penalarannya difungsikan sebagai penggerak *Dynamic Persona Pattern*, memungkinkan sistem untuk secara akurat beradaptasi dan menerjemahkan instruksi pendidikan dari guru menjadi spesifikasi teknis arsitektur mekanika gim bagi pengembang perangkat lunak.

2.1.9. Prompt

Prompt merupakan instruksi, pertanyaan, atau perintah spesifik yang diberikan kepada model kecerdasan buatan untuk memicu respons dan menghasilkan luaran tertentu. Dalam arsitektur kecerdasan buatan generatif masa kini, parameter instruksi ini bertindak sebagai antarmuka fungsional atau jembatan komunikasi yang memungkinkan terjadinya interaksi langsung antara manusia dan mesin [ASR25]. Kualitas dari formulasi *prompt* sangat mendasar karena akan secara langsung menentukan tingkat akurasi, relevansi, dan kualitas dari luaran komputasi yang dihasilkan oleh sistem.

Secara teknis, efektivitas sebuah *prompt* tidak hanya bergantung pada penggunaan bahasa alami yang baik, melainkan pada kelengkapan struktur elemennya. Sebuah *prompt* umumnya dibangun menggunakan kerangka struktur optimal yang mencakup penentuan subjek utama, tindakan atau instruksi operasional, arahan gaya bahasa atau visual, serta rincian spesifik tambahan [ASR25]. Kelengkapan elemen struktural ini berfungsi untuk memberikan batasan pada ruang lingkup penalaran mesin, sehingga probabilitas sistem dalam menghasilkan jawaban yang melenceng dapat diminimalkan.

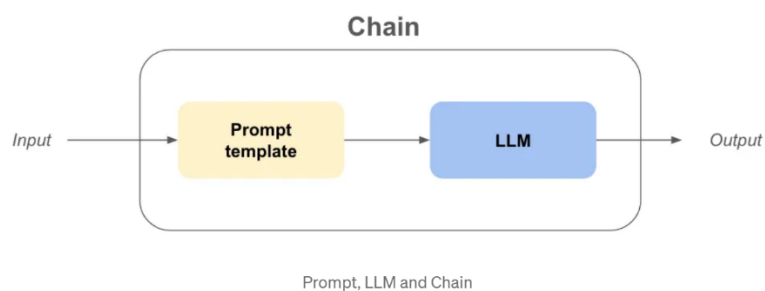
Dalam kerangka penelitian ini, komponen *prompt* menjadi instrumen esensial yang menggerakkan logika operasi pada platform kolaborasi. *Prompt* tidak sekadar berfungsi sebagai alat

pemantik kueri dasar, melainkan dirancang secara komprehensif pada lapisan balik layar (*system prompt*) untuk menampung parameter identitas dinamis, ringkasan materi pedagogis, dan histori percakapan secara bersamaan. Konstruksi instruksi yang terstruktur presisi ini memastikan bahwa agen cerdas dapat menyerap seluruh konteks perancangan *Digital Game-Based Learning* dan memberikan panduan kerja yang secara akurat menjembatani domain pengetahuan antara tenaga pendidik dan pengembang perangkat lunak.

2.1.10. Prompt Engineering

Prompt Engineering merupakan sebuah teknik komputasional krusial yang berfungsi untuk memperluas dan meningkatkan kapabilitas model bahasa besar dengan cara merancang instruksi spesifik guna mengarahkan luaran model tanpa perlu mengubah parameter inti di dalamnya [SAH25]. Berbeda dengan paradigma pembaruan model tradisional yang membutuhkan proses pelatihan ulang, rekayasa ini memungkinkan model untuk diintegrasikan secara langsung ke dalam berbagai tugas komputasi. Hal ini dicapai murni dengan memanipulasi instruksi bahasa alami yang memicu munculnya perilaku komputasi yang diharapkan.

Dalam penerapan tingkat lanjut, keilmuan ini mencakup penguasaan berbagai pola instruksi, salah satu yang paling fundamental adalah teknik penugasan peran atau *Persona Pattern*. Melalui pendekatan teknik ini, agen komputasi diberikan parameter identitas atau peran yang sangat spesifik, yang berfungsi untuk membatasi dan menyesuaikan model agar merespons dengan gaya bahasa, sudut pandang, dan kerangka analisis yang sejalan dengan profil profesi tersebut [DIT24]. Pola instruksi ini sangat krusial ketika sistem dituntut untuk menyelesaikan tugas-tugas yang membutuhkan keahlian domain khusus.



Gambar 2.2 Alur kerja prompt engineering pada LLM.

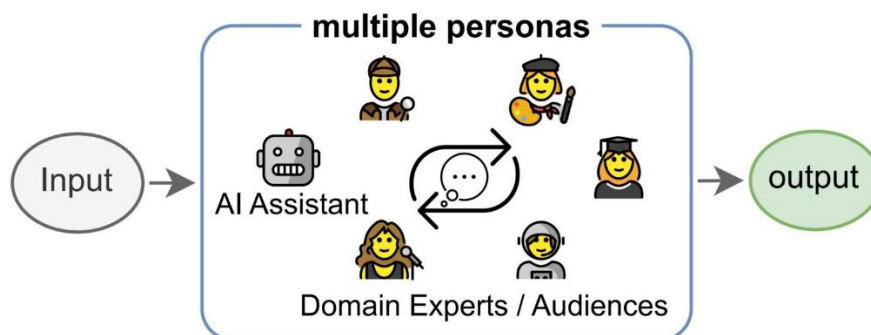
Dalam kerangka penelitian tugas akhir ini, *Prompt Engineering* diterapkan sebagai instrumen metodologis utama untuk mengatasi kesenjangan komunikasi lintas disiplin. Melalui implementasi rekayasa pola persona secara dinamis di *backend*, aplikasi menginstruksikan agen kecerdasan buatan untuk bertransisi peran secara otomatis bertindak sebagai ahli pedagogi saat berinteraksi dengan guru untuk mengevaluasi desain instruksional, dan bertindak sebagai arsitek perangkat lunak saat meninjau logika mekanika permainan dari sisi *developer*. Pendekatan rekayasa ini memastikan bahwa proses kolaborasi perancangan *Digital Game-Based Learning* tetap terstruktur dan terhindar dari ambiguitas pemahaman istilah profesi.

2.1.11. Persona Pattern

Persona Pattern merupakan salah satu kerangka desain fundamental dalam disiplin rekayasa *prompt* di mana sebuah LLM diinstruksikan untuk mengadopsi identitas, profesi, atau kerangka berpikir tertentu saat memproses masukan dari pengguna. Secara komputasional, pemberian parameter identitas ini tidak sekadar mengubah gaya bahasa luaran, melainkan menstrukturisasi ruang fokus dan pengambilan keputusan model agar memprioritaskan penarikan informasi dan terminologi yang paling relevan dengan domain keahlian persona tersebut [SCH25]. Pola ini mengarahkan sistem untuk mengeksekusi tugas analitis dengan ketepatan konteks yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pemrosesan perintah tanpa batasan peran.

Dalam ekosistem rekayasa *prompt*, penentuan sebuah persona tidak dilakukan secara acak, melainkan diturunkan dari kebutuhan keahlian domain spesifik pada suatu proyek. Berdasarkan kerangka rekayasa *Collaborative Persona Development*, penciptaan persona buatan pada LLM dirancang secara kolaboratif untuk meniru pakar manusia dengan cara mengunci parameter pengetahuan, gaya komunikasi, dan kerangka pengambilan keputusan agar selaras dengan profesi aslinya [SCH25]. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mengarahkan model agar memberikan respons yang sangat dikustomisasi sesuai dengan konteks proyek. Dengan mengadopsi identitas pakar, agen Kecerdasan Buatan dapat mengeksekusi tugas-tugas analisis kompleks yang melampaui kemampuan model generik, sehingga interaksi mesin dan manusia menjadi jauh lebih berkualitas dan relevan [OLE24].

Pengembangan lebih lanjut dari arsitektur ini adalah penerapan *Dynamic Persona Pattern* atau penugasan persona multi-agen. Berbeda dengan penugasan peran statis yang memaksa pengguna untuk menulis ulang instruksi identitas secara berulang pada setiap sesi obrolan, pendekatan dinamis memungkinkan sistem untuk mentransisikan parameter identitas agen secara otomatis berdasarkan pembaruan konteks pekerjaan [SCH25]. Kemampuan adaptasi peran yang terotomatisasi ini terbukti mampu meningkatkan kinerja model dalam menangani tugas-tugas terbuka berskala kompleks yang mensyaratkan pemecahan masalah dari berbagai sudut pandang disiplin ilmu [OLE24].



Gambar 2.3 Ilustrasi persona pattern pada asisten AI

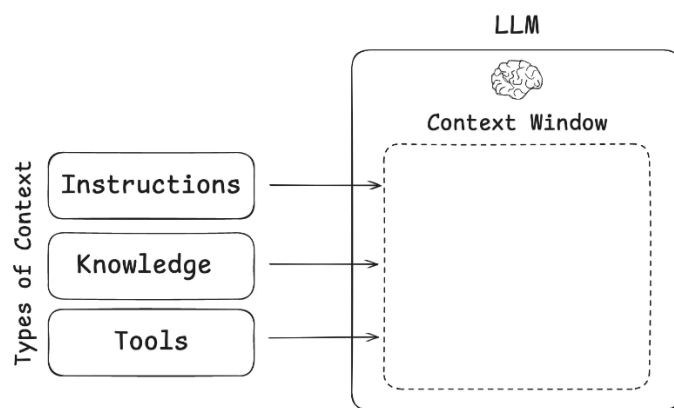
Dalam kerangka penelitian tugas akhir ini, teknik *Dynamic Persona Pattern* diadopsi sebagai instrumen logika utama pada platform kolaborasi yang dibangun. Pola ini diimplementasikan di *backend* untuk mengatur perilaku model agar dapat beralih peran bertindak sebagai ahli desain instruksional saat

mengevaluasi silabus bersama guru, dan secara otomatis bertransformasi menjadi arsitek perangkat lunak saat mengkaji logika mekanika permainan bersama *game developer*. Transisi identitas yang mulus ini dirancang khusus untuk membedah instruksi abstrak dan menjembatani kesenjangan keahlian antara kedua pemangku kepentingan tanpa kehilangan konteks proyek secara keseluruhan.

2.1.12. Context Window

Context Window merupakan batasan arsitektural fundamental pada LLM yang merepresentasikan jumlah maksimum token baik *input* maupun *output* yang dapat diproses oleh model dalam satu siklus komputasi atau inferensi tunggal [PAI25]. Kapasitas komputasi ini bertindak sebagai memori kerja kognitif model yang memungkinkan implementasi teknik *in-context learning*, di mana sistem dapat memecahkan masalah baru berdasarkan referensi instruksi spesifik dari pengguna tanpa memerlukan modifikasi parameter inti atau proses pelatihan ulang model.

Dalam skenario pemrosesan data berskala masif, pemanfaatan *Long-Context Window* menawarkan keunggulan analitis yang krusial jika dibandingkan dengan pendekatan arsitektur tradisional seperti *Retrieval-Augmented Generation*. Evaluasi komparatif menunjukkan bahwa metode RAG, yang beroperasi berdasarkan mekanisme pemecahan dokumen, memiliki kerentanan fundamental berupa fragmentasi konteks yang dapat menyebabkan kegagalan penarikan informasi secara utuh. Sebaliknya, arsitektur *long-context* terbukti lebih superior karena mampu menyerap dan memproses dokumen panjang secara menyeluruh, sehingga pemahaman model terhadap relasi logis antarbagian informasi tetap konsisten dan tidak terputus [LI24].



Gambar 2.4 Ilustrasi context window pada LLM.

Dalam kerangka penelitian tugas akhir ini, kapabilitas jendela konteks berskala masif dari LLM diimplementasikan secara langsung untuk mengatasi hambatan komunikasi data pada platform kolaborasi. Pendekatan ini dimanfaatkan dengan menginjeksikan seluruh struktur dokumen pedoman perancangan gim berformat PDF beserta riwayat diskusi historis ke dalam satu jendela konteks secara bersamaan. Strategi arsitektural ini memastikan bahwa agen kecerdasan buatan tidak mengalami fragmentasi informasi, melainkan mampu memberikan analisis, evaluasi, dan rekomendasi yang tepat didasarkan pada pemahaman atas proyek yang sedang dikerjakan oleh guru dan pengembang gim.

2.1.13. Website

Website merupakan sekumpulan halaman digital yang saling terhubung dan terintegrasi di bawah satu domain, berisi berbagai bentuk dokumen multimedia seperti teks, gambar, suara, dan video. Secara arsitektural komputasi, sistem ini beroperasi menggunakan protokol komunikasi HTTP dan diakses melalui *browser* yang terkoneksi ke jaringan internet lokal maupun global [KUS23]. Perkembangan teknologi rekayasa web saat ini telah mengubah paradigma situs web dari sekadar kumpulan dokumen penyedia informasi statis menjadi aplikasi berbasis web yang dinamis, interaktif, dan mampu memproses logika komputasi yang kompleks.

Dalam ekosistem kolaborasi digital, penerapan sistem informasi berbasis web dinilai sebagai solusi infrastruktur yang paling ideal untuk menghubungkan berbagai pihak dengan latar belakang dan perangkat komputasi yang berbeda. Sistem berbasis web tidak memerlukan instalasi perangkat lunak khusus pada *client-side*, melainkan dapat dijangkau secara *cross-platform*. Infrastruktur yang terpusat ini sangat krusial dalam mendukung kolaborasi antaranggota tim, sekaligus mendokumentasikan setiap progres pekerjaan dengan rapi, terintegrasi, dan transparan [ZAK25].

Berdasarkan pijakan teoretis tersebut, perancangan platform kolaborasi pada penelitian Tugas Akhir ini secara spesifik dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web. Pemilihan arsitektur ini bertujuan untuk memfasilitasi lingkungan kerja yang dapat diakses kapan saja oleh pakar pedagogi dan pengembang perangkat lunak tanpa terkendala spesifikasi perangkat keras pengguna. Melalui platform *website* ini, LLM dapat diintegrasikan langsung ke dalam ruang diskusi terpusat, memastikan bahwa proses pertukaran instruksi, evaluasi silabus, dan pencetakan *Game Design Document* dapat berjalan tersinkronisasi dalam satu wadah digital yang sama.

2.1.14. PHP

Hypertext Preprocessor atau PHP merupakan bahasa pemrograman skrip berbasis *server-side* yang difungsikan secara khusus untuk pengembangan situs web dinamis. Sebagai teknologi inti dalam rekayasa web, PHP dibekali dengan kemampuan untuk memproses struktur logika komputasi dasar secara langsung di dalam *server*, seperti pengelolaan parameter variabel, evaluasi percabangan logika, hingga penanganan instruksi perulangan dan larik sebelum hasil akhirnya dikirimkan ke peramban pengguna [ZUL24]. Karakteristik arsitektural ini memungkinkan sistem untuk merespons instruksi pengguna secara adaptif.

Lebih dari sekadar pemrosesan logika dasar, kapabilitas PHP meluas pada tingkat integrasi sistem komputasi yang lebih kompleks. Bahasa pemrograman ini memiliki pustaka fungsi bawaan untuk menangani protokol pertukaran data melalui *HTTP Request*, mengelola hak akses melalui interaksi sesi pengguna, hingga membangun koneksi secara langsung dengan sistem basis data relasional seperti MySQL untuk melakukan manipulasi data tingkat lanjut [ZUL24]. Rangkaian kapabilitas fungsional inilah yang menjadikannya sebagai mesin penggerak utama di balik layar sebuah aplikasi web.

Dalam arsitektur platform kolaborasi pada penelitian Tugas Akhir ini, kapabilitas komputasi *server-side* dari PHP dimanfaatkan sebagai fondasi *backend* utama. PHP tidak hanya digunakan untuk

mengelola rekam jejak obrolan antara guru dan pengembang gim ke dalam basis data MySQL, tetapi juga difungsikan sebagai jembatan *HTTP Request* menuju *Application Programming Interface* LLM. Melalui skrip PHP, masukan teks dan instruksi *Dynamic Persona Pattern* dikemas dan ditransmisikan menuju server AI untuk kemudian diproses guna menghasilkan evaluasi rancangan *Digital Game-Based Learning* yang akurat bagi kedua belah pihak.

2.1.15. Laravel

Laravel merupakan *framework* berbasis bahasa pemrograman PHP yang secara khusus dirancang untuk pengembangan aplikasi web yang efisien dan terstruktur. Secara arsitektural komputasi, sistem ini mengimplementasikan pola desain *Model-View-Controller* yang memisahkan antara bagian pengelolaan basis data, tampilan antarmuka pengguna, serta logika kendali pemrosesan aplikasi [PRA24]. Pemisahan struktur komponen ini sangat krusial dalam rekayasa perangkat lunak karena berfungsi untuk menstandardisasi alur kerja, meminimalisasi redundansi penulisan skrip, serta mempermudah pemeliharaan sistem yang kompleks dalam jangka panjang.

Sebagai kerangka kerja tingkat lanjut, Laravel dibekali dengan kapabilitas teknis dan fungsionalitas bawaan yang ekstensif untuk memangkas waktu pengembangan sistem dasar. Keunggulan operasionalnya mencakup fasilitas pengaturan rute navigasi aplikasi, integrasi mesin templat pembangun antarmuka, hingga ketersediaan konsep modularitas yang tinggi [AIP22]. Rangkaian kapabilitas tersebut memungkinkan pengembang untuk membangun antarmuka web yang dinamis, merespons instruksi kueri secara cepat, dan mengelola *HTTP Request* secara lebih aman.

Dalam perancangan platform kolaborasi pada Tugas Akhir ini, Laravel diposisikan sebagai *backbone* arsitektur sistem. Penerapan pola MVC pada kerangka kerja ini secara khusus dimanfaatkan untuk memisahkan beban kerja komputasi; di mana komponen *Controller* difungsikan secara eksklusif sebagai pengelola logika yang merakit parameter *Dynamic Persona Pattern* dan menembakkannya menuju API LLM. Selanjutnya, respons evaluasi kecerdasan buatan dan hasil rangkuman desain gim akan dikembalikan dan dirender menggunakan subsistem *Blade Template* pada komponen *View*. Mekanisme terstruktur ini menjamin komunikasi dua arah antara guru dan pengembang gim dapat berjalan tanpa mengorbankan performa aplikasi.

2.1.16. Application Programming Interface

Application Programming Interface merupakan antarmuka komputasi khusus yang mendefinisikan aturan dan menjembatani cara dua atau lebih sistem komputer berinteraksi satu sama lain [GEE21]. Berbeda dengan antarmuka pengguna yang dirancang untuk interaksi manusia, API secara spesifik dirancang untuk memfasilitasi komunikasi antar-mesin secara terstruktur, aman, dan stabil. Secara arsitektural, API menyembunyikan kerumitan kode di balik layar, sehingga memungkinkan sebuah perangkat lunak untuk mengakses data, fitur, atau layanan dari sistem eksternal tanpa perlu mengetahui bagaimana sistem tersebut dibangun atau diimplementasikan.

Dalam ekosistem pengembangan rekayasa web masa kini, arsitektur antarmuka ini umumnya diimplementasikan dalam bentuk *Web API*. Arsitektur ini beroperasi di atas protokol komunikasi HTTP

yang mendukung berbagai metode instruksi pengiriman data seperti GET dan POST. Selain metode pengiriman, *Web API* juga distandardisasi untuk menerima dan mentransmisikan *response* dalam format terstruktur, salah satu yang paling umum adalah format JSON [AMI24]. Ketersediaan standar format dan protokol ini memungkinkan berbagai sistem yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman berbeda untuk tetap dapat saling mengenali, mengurai, dan memproses data secara sinkron.



Gambar 2.5 Skema komunikasi client-server pada API berbasis HTTP

Dalam kerangka arsitektur penelitian Tugas Akhir ini, API diposisikan sebagai komponen integrasi krusial yang menghubungkan kerangka kerja aplikasi web dengan *server* infrastruktur model bahasa besar. Alih-alih membangun model kecerdasan buatan dari awal, sistem memanggil layanan *Gemini API* untuk mengirimkan paket instruksi terstruktur melalui permintaan HTTP POST. Setelah mesin kecerdasan buatan memproses dokumen pedoman dan riwayat diskusi di dalam memori konteksnya, hasil evaluasi perancangan *Digital Game-Based Learning* akan dikembalikan melalui API dalam format JSON. Data respons tersebut kemudian diurai oleh sistem untuk ditampilkan secara visual pada ruang diskusi antara pakar pedagogi dan pengembang permainan.

2.1.17. Basis Data

Basis data merupakan kumpulan informasi terorganisir yang secara arsitektural disimpan, dikelola, dan diakses secara elektronik melalui sebuah sistem komputasi. Seiring dengan peningkatan kompleksitas arus informasi, pangkalan data ini dikembangkan menggunakan teknik perancangan dan pemodelan secara formal. Implementasi arsitektur formal ini bertujuan agar himpunan data yang bersifat terstruktur dapat dimanipulasi, diperbarui, dan diekstraksi secara presisi menggunakan instruksi pada sistem manajemen basis data relasional [FIT20]. Ketersediaan infrastruktur ini memastikan setiap entitas data tersimpan dengan rapi dan dapat ditarik kapan saja secara efisien.

Dalam ekosistem kerja digital yang melibatkan berbagai disiplin ilmu, keberadaan basis data terintegrasi bertindak sebagai *single source of truth*. Pengelolaan data secara sentral ini secara efektif mengeliminasi risiko fragmentasi informasi dan duplikasi versi dokumen yang sering menjadi kelemahan utama pada metode kolaborasi konvensional. Infrastruktur informasi yang terintegrasi ini dinilai sangat krusial untuk mendukung sinkronisasi aktivitas tim, sekaligus memastikan seluruh proses penyelesaian pekerjaan terdokumentasi dengan rapi dan transparan [ZAK25].

Dalam kerangka arsitektur sistem pada Tugas Akhir ini, basis data difungsikan sebagai lapisan memori yang bertugas merekam riwayat percakapan diskusi, hingga rancangan draf *Game Design*

Document. Seluruh himpunan data historis yang tersimpan dengan rapi inilah yang nantinya akan diekstraksi oleh sistem *backend* untuk diinjeksikan secara terus-menerus ke dalam *Context Window* LLM.

2.1.18. MySQL

MySQL merupakan sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data *open-source* yang difungsikan secara khusus untuk mengelola pangkalan data menggunakan instruksi SQL [FIT20]. Lebih lanjut, secara arsitektural komputasi, perangkat lunak ini diklasifikasikan sebagai Sistem Manajemen Basis Data Relasional yang sangat populer secara global. Penggunaan struktur relasional ini memungkinkan sistem untuk tidak sekadar menumpuk informasi secara acak, melainkan menyimpan dan menghubungkan berbagai entitas data di dalam format tabel yang sangat terorganisasi. Kombinasi dari aksesibilitas yang terbuka dan struktur relasional ini menjadikannya fondasi utama dalam ekosistem pengembangan aplikasi berbasis web.

Kemampuan dari MySQL terletak pada efisiensinya dalam mengeksekusi instruksi *Data Manipulation Language*. Melalui sintaksis pemrograman, pengembang aplikasi dapat melakukan berbagai operasi pemrosesan informasi secara dinamis mulai dari proses memasukkan data baru ke dalam tabel, memperbarui informasi yang sudah ada, hingga menghapus rekaman data yang tidak lagi diperlukan [FIT20]. Kapabilitas inilah yang menjadikannya mesin penyimpanan yang sangat ideal untuk menangani lalu lintas pertukaran informasi pada aplikasi kolaboratif.

Dalam konteks pengembangan platform pada Tugas Akhir ini, MySQL diimplementasikan sebagai memori penyimpanan utama di *backend*. Perangkat lunak ini difungsikan secara spesifik untuk merekam seluruh entitas proyek secara rapi mulai dari identitas pengguna, pengaturan peran otomatis, hingga riwayat pesan obrolan antarpengguna secara terperinci. Seluruh rekaman data historis yang tersimpan di dalam tabel relasional MySQL inilah yang nantinya akan ditarik oleh sistem untuk kemudian disusun ke dalam memori *Context Window* LLM. Hal ini memastikan Kecerdasan Buatan selalu memiliki acuan konteks obrolan yang utuh sebelum memproses dan memberikan rekomendasi rancangan permainan edukasi.

2.1.19. Model Prototype

Model prototipe merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada pembuatan rancangan awal sistem secara cepat. Berdasarkan kaidah rekayasa perangkat lunak, metode ini sangat cocok diterapkan apabila pengguna telah mengetahui tujuan umum dari aplikasi yang diinginkan, tetapi belum mampu mendefinisikan rincian fitur, input, maupun output operasional secara spesifik [PRE19]. Melalui pembuatan purwarupa ini, pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan wujud nyata sistem lebih awal tanpa harus menunggu seluruh dokumen dan kode program selesai dibangun secara utuh.

Siklus pembuatan aplikasi dengan metode prototipe berjalan melalui lima tahapan utama yang dilakukan secara berulang. Berdasarkan kerangka kerjanya, tahapan ini diawali dengan proses komunikasi untuk menyepakati kebutuhan dasar, yang kemudian dilanjutkan dengan penyusunan

rencana cepat dan pembuatan rancangan visual secara cepat. Setelah rancangan disepakati, purwarupa mulai dibangun untuk selanjutnya diserahkan kepada pengguna agar dievaluasi dan diberikan masukan perbaikan [ZAK25]. Siklus ini akan terus diulang hingga wujud aplikasi benar-benar solid dan sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, metode prototipe dipilih sebagai landasan kerja utama dalam merancang platform kolaborasi. Pendekatan ini sengaja digunakan agar antarmuka sistem dan alur kerja *Dynamic Persona Pattern* dari agen Kecerdasan Buatan dapat langsung diuji coba oleh guru dan pengembang gim sejak tahap awal. Melalui mekanisme evaluasi ini, segala bentuk potensi kesalahan penafsiran instruksi guru atau ketidaktepatan saran Kecerdasan Buatan dapat segera dideteksi dan diperbaiki, sehingga proses kolaborasi perancangan *Digital Game-Based Learning* tidak terhambat.

2.1.20. Skala Likert

Skala *Likert* merupakan salah satu instrumen penelitian yang dirancang secara khusus untuk mengukur sikap, pendapat, serta persepsi seseorang atau sekelompok orang terhadap sebuah inovasi atau fenomena sosial tertentu [SUG13]. Dalam dunia rekayasa perangkat lunak, metode ini sangat umum digunakan untuk menguji tingkat *User Acceptance* terhadap fungsi dan fitur dari aplikasi yang baru saja dikembangkan.

Instrumen ini beroperasi dengan cara menjabarkan tujuan penelitian menjadi indikator-indikator yang terukur, yang kemudian disajikan dalam bentuk butir-butir pernyataan di dalam kuesioner. Responden akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap setiap pernyataan tersebut menggunakan gradasi persetujuan. Secara baku, skala ini menggunakan lima tingkatan nilai mulai dari Sangat Setuju yang bernilai tertinggi (skor 5), Setuju (skor 4), Ragu-ragu (skor 3), Tidak Setuju (skor 2), hingga Sangat Tidak Setuju yang bernilai paling rendah (skor 1) [SUG13].

Untuk mendapatkan kesimpulan akhir, hasil pengumpulan data dari kuesioner ini tidak dihitung menggunakan rata-rata tunggal, melainkan menggunakan rumus persentase kelayakan atau kriteria. Total skor aktual yang diberikan oleh seluruh responden akan dijumlahkan, kemudian dibagi dengan total skor ideal yakni asumsi nilai maksimum jika seluruh responden memberikan jawaban "Sangat Setuju" (skor 5). Hasil pembagian tersebut kemudian dikalikan dengan 100% [SUG13]. Nilai persentase inilah yang menjadi bukti mengenai tingkat persetujuan atau penerimaan pengguna terhadap sistem.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, metode Skala *Likert* digunakan sebagai instrumen utama untuk mengevaluasi kinerja platform kolaborasi yang telah dibangun. Kuesioner dirancang secara spesifik untuk mengukur persepsi langsung dari pengguna terhadap tingkat keberhasilan platform dalam mencapai tiga tujuan utamanya, yaitu: mempercepat waktu pengerjaan, membuat alur diskusi menjadi lebih terarah, serta kemampuannya dalam menghilangkan miskomunikasi melalui pemanfaatan Kecerdasan Buatan LLM.

2.1.21. Precision at K

Precision at K adalah salah satu metode pengujian yang dirancang secara khusus untuk mengukur tingkat akurasi atau ketepatan dari sebuah sistem pencarian informasi maupun sistem

rekomendasi. Berbeda dengan perhitungan akurasi konvensional yang menilai kebenaran seluruh data di dalam pangkalan data, metode ini hanya memfokuskan penilaian pada sejumlah 'K' hasil teratas yang pertama kali disajikan oleh sistem kepada pengguna [MAN08]. Pendekatan ini dinilai sangat relevan dengan kebiasaan manusia, di mana pengguna cenderung hanya memperhatikan beberapa informasi pertama yang muncul di layar dan mengabaikan sisa data yang berada di urutan bawah.

Penggunaan metrik ini sangat efisien karena proses evaluasi dapat langsung dilakukan untuk menilai kualitas urutan prioritas, tanpa perlu menghitung total keseluruhan dokumen yang tersembunyi di dalam sistem. Oleh karena itu, *Precision at K* menjadi standar pengujian yang paling ideal untuk menilai sistem yang memang dirancang untuk memprioritaskan kualitas hasil pada peringkat teratas, dibandingkan sistem yang sekadar mengejar kelengkapan data [MAN08].

Pada penelitian Tugas Akhir ini, metode *Precision at K* diimplementasikan secara spesifik untuk mengukur tingkat keakuratan saran yang dihasilkan oleh Kecerdasan Buatan. Saat guru dan pengembang gim berdiskusi di dalam platform, agen cerdas akan bertindak sebagai mediator dan menyajikan sejumlah rekomendasi rancangan permainan. Pengukuran difokuskan secara presisi pada ketepatan jawaban di urutan teratas guna memastikan bahwa instruksi teknis maupun pedagogis yang diberikan benar-benar selaras dengan konteks obrolan. Evaluasi ini diperlukan agar proses penyamaan persepsi antarpengguna tidak terganggu oleh respons Kecerdasan Buatan yang meleset atau keliru.

2.2. Penelitian Terdahulu

Subbab ini menyajikan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang diangkat. Studi-studi ini dijadikan sebagai acuan untuk memperlihatkan posisi, kebaruan (novelty), dan kontribusi penelitian ini dibandingkan dengan karya-karya sebelumnya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Hasil Penelitian	Alasan digunakan
1	Hadi dkk. (2025)	Menganalisis strategi adaptasi guru dalam konteks kolaborasi manusia-mesin di pendidikan. Menemukan bahwa AI berperan sebagai mitra untuk menciptakan pembelajaran yang lebih adaptif, sementara guru tetap menjadi fasilitator dan penjamin nilai kemanusiaan.	Menjadi landasan konseptual utama penelitian ini. Secara spesifik membuktikan relevansi dan urgensi model kolaborasi manusia-AI dalam konteks pendidikan, yang merupakan inti dari platform yang diusulkan.
2	Kharis & Zili (2024)	Meneliti penggunaan ChatGPT dengan pendekatan persona. Hasilnya menunjukkan bahwa respons AI menjadi lebih komunikatif, manusiawi, dan mudah dipahami oleh mahasiswa.	Mendukung gagasan inti bahwa penerapan Persona Pattern secara signifikan meningkatkan kualitas interaksi dengan AI, yang menjadi salah satu teknik utama yang akan diimplementasikan dan diuji dalam penelitian ini.
3	Dermawan & Herdianto (2024)	Mengusulkan teknik <i>prompt engineering</i> untuk mengarahkan LLM agar memberikan respons yang lebih tepat dan	Menjadi acuan teknis dalam perancangan <i>prompt</i> yang ditujukan untuk peran 'Game Developer'. Penelitian ini

No	Peneliti	Hasil Penelitian	Alasan digunakan
		kontekstual, terutama dalam tugas-tugas berbasis teknis seperti kode.	mendukung aspek rekayasa prompt yang diperlukan untuk memfasilitasi dialog antara AI dan pengguna dengan latar belakang teknis.
4	Olea dkk. (2024)	Mengevaluasi berbagai gaya <i>prompting</i> , termasuk <i>single-agent</i> dan <i>multi-agent personas</i> . Hasil menunjukkan bahwa persona ahli secara terukur meningkatkan kinerja LLM pada tugas-tugas yang bersifat terbuka.	Memberikan validasi yang terukur mengenai superioritas pendekatan <i>single-agent expert personas</i> pada tugas-tugas terbuka, yang menjadi dasar justifikasi untuk mengadaptasinya ke dalam model interaksi multi-peran yang dinamis.

BAB 3

SKEMA PENELITIAN

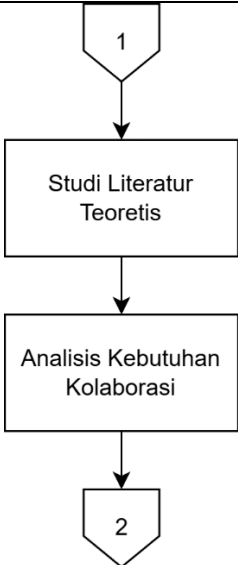
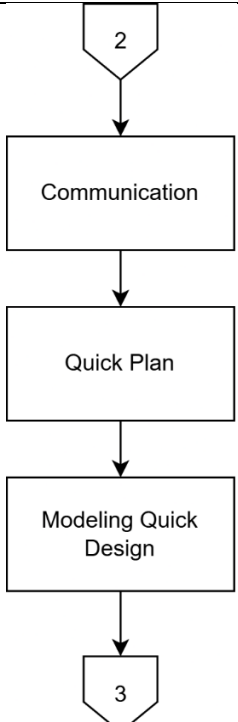
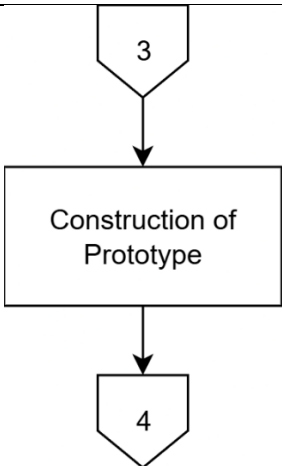
Bab ini menguraikan secara rinci mengenai skema penelitian yang digunakan penulis untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan. Pembahasan di dalamnya mencakup alur penyelesaian tugas akhir secara sistematis, perumusan masalah yang menjadi fokus, profil tempat penelitian, serta teknik dan instrumen yang digunakan untuk pengumpulan dan analisis data. Keseluruhan tahapan ini dirancang untuk memastikan bahwa penelitian dilaksanakan secara terstruktur, valid, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.1. Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Proses penyelesaian tugas akhir ini mengacu pada diagram alur yang telah disusun. Rincian tahapan penyelesaian tugas akhir disajikan dalam diagram berikut.

Tabel 3.1 Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Tahap dan Hasil	Langkah Penelitian	Literatur dan Referensi
Tahap 1 : Menentukan fondasi awal penelitian mulai dari topik, masalah, hingga batasan sistem. Hasil : Rumusan masalah yang spesifik tentang kolaborasi Guru-Developer, tujuan penelitian yang terukur, dan batasan teknis. Kontribusi: Menetapkan arah penelitian agar solusi yang dibuat fokus menyelesaikan masalah komunikasi lintas peran.	<pre> graph TD A[Menentukan topik tugas akhir] --> B[Identifikasi Masalah] B --> C[Menentukan Tujuan dan Lingkup Tugas Akhir] C --> D{{1}} </pre>	1. Latar Belakang 2. Identifikasi Masalah 3. Tujuan & Manfaat Tugas Akhir 4. Lingkup Tugas Akhir

Tahap dan Hasil	Langkah Penelitian	Literatur dan Referensi
Tahap 2 : Melakukan pendalaman materi teoritis dan memahami kebutuhan lapangan sebelum masuk ke teknis. Hasil : Pemahaman mendalam tentang teori <i>Persona Pattern</i>, <i>Context Window</i>, dan kebutuhan nyata kolaborasi Guru-Developer. Kontribusi: Memastikan fitur yang akan dibangun memiliki dasar ilmiah yang kuat dan sesuai dengan masalah pengguna.	 <pre> graph TD 1{{1}} --> A[Studi Literatur Teoretis] A --> B[Analisis Kebutuhan Kolaborasi] B --> 2{{2}} </pre>	1. Landasan Teori 2. Penelitian Terdahulu
Tahap 3: Memulai siklus pengembangan <i>prototype</i> untuk merencanakan fitur dan desain sistem. Hasil : Daftar fitur utama dan desain arsitektur sistem yang siap dikoding, termasuk rancangan <i>prompt</i> untuk Gemini. Kontribusi: Menghasilkan cetak biru (<i>blueprint</i>) aplikasi kolaborasi agar proses <i>coding</i> lebih terarah.	 <pre> graph TD 2{{2}} --> C[Communication] C --> D[Quick Plan] D --> E[Modeling Quick Design] E --> 3{{3}} </pre>	1. Analisis Kebutuhan Kolaboratif dan Solusi 2. Perancangan Arsitektur Sistem Kolaboratif 3. Perancangan Prompt dan <i>Persona Pattern</i> 4. Perancangan Antarmuka Pengguna
Tahap 4: Membangun sistem secara teknis dan melakukan integrasi dengan AI. Hasil : Aplikasi web berbasis Laravel 12 yang sudah terintegrasi dengan API Gemini 2.5 dan basis data MySQL. Kontribusi:	 <pre> graph TD 3{{3}} --> F[Construction of Prototype] F --> 4{{4}} </pre>	1. Pengembangan Sistem 2. Integrasi Model Gemini 2.5

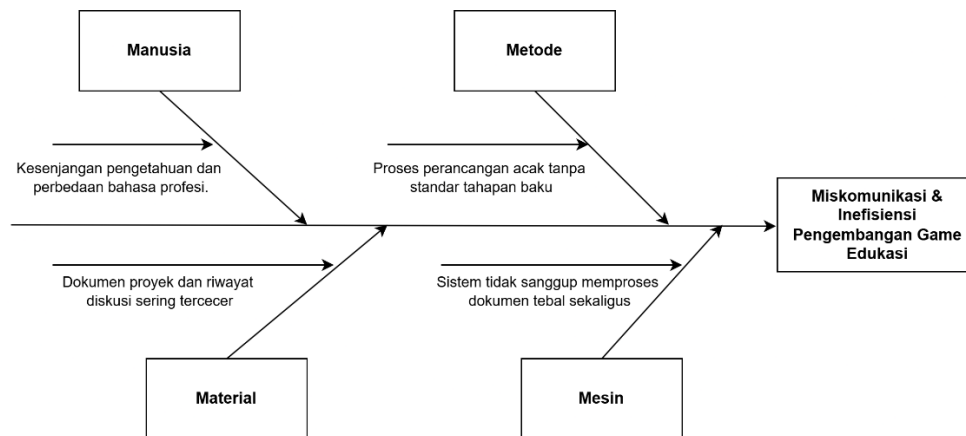
Tahap dan Hasil	Langkah Penelitian	Literatur dan Referensi
Mewujudkan rancangan menjadi produk nyata yang bisa digunakan untuk kolaborasi.		
Tahap 5 : Menguji coba sistem kepada pengguna dan meminta masukan. Hasil : Data hasil uji coba berupa skor akurasi rekomendasi AI (P@K) dan tingkat penerimaan pengguna (Skala <i>Likert</i>). Kontribusi: Memvalidasi apakah sistem benar-benar membantu menjembatani komunikasi antara Guru dan Developer.	<pre> graph TD 4{{4}} --> A[Deployment Delivery & Feedback] A --> 5{{5}} </pre>	1. Instrumen Pengumpulan Data 2. Pengujian Sistem 3. Hasil Validasi Akurasi AI 4. Hasil Pengujian Skala <i>Likert</i>
Tahap 6 : Menarik intisari penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya. Hasil : Pernyataan akhir apakah tujuan penelitian tercapai berdasarkan data, serta saran untuk peneliti berikutnya. Kontribusi: Menutup rangkaian penelitian dengan jawaban teknis dan akademis atas masalah yang dirumuskan di awal.	<pre> graph TD 5{{5}} --> B[Kesimpulan dan Saran] B --> 6{{6}} </pre>	1. Sistematika Penulisan 2. Teknik Pengumpulan Data

3.2. Perumusan Masalah

Bagian ini menguraikan inti persoalan yang terjadi dalam pengembangan game edukasi, yaitu sulitnya menyatukan materi pembelajaran ke dalam logika permainan teknis. Pembahasan akan dimulai dengan membedah akar penyebab masalah, dilanjutkan dengan solusi teknologi yang ditawarkan, dan diakhiri dengan gambaran skema sistem baru yang dirancang untuk mengatasi kendala tersebut

3.2.1. Analisis Masalah

Tahap analisis ini membedah faktor-faktor utama yang menghambat efisiensi pengembangan gim edukasi, khususnya kesenjangan komunikasi antara tim pendidik dan tim teknis. Akar permasalahan ini dipetakan secara terstruktur menggunakan diagram *Fishbone Diagram* untuk menelusuri kendala dari empat aspek utama Manusia, Metode, Material, dan Mesin.



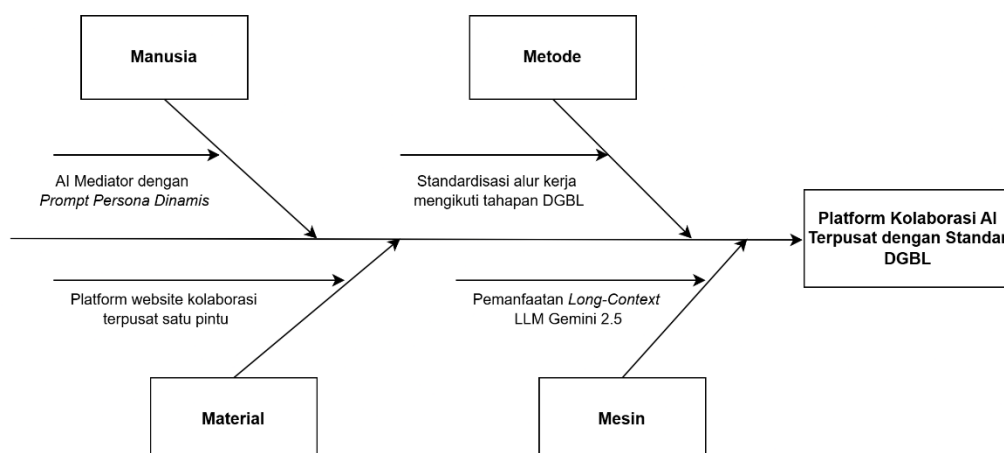
Gambar 3.1 Fishbone Analisis Masalah

Berdasarkan diagram di atas, terdapat empat faktor utama penyebab tingginya miskomunikasi dan inefisiensi dalam perancangan gim edukasi:

1. **Manusia:** Terjadi kesenjangan pengetahuan dan perbedaan bahasa profesi antara Guru yang berfokus pada pedagogi dengan *Developer* yang berfokus pada logika teknis, sehingga memicu kesalahpahaman instruksi.
2. **Metode:** Proses perancangan masih berjalan secara acak dan tidak terstandarisasi karena tim tidak memiliki panduan alur kerja baku dalam pembuatan gim edukasi.
3. **Material:** Dokumen proyek dan riwayat diskusi sering kali tercecer atau hilang karena pertukaran informasi dilakukan melalui aplikasi pesan singkat yang terpisah-pisah.
4. **Mesin:** Sistem komunikasi yang digunakan saat ini tidak memiliki kemampuan untuk memproses, merangkum, dan menganalisis dokumen tebal beserta riwayat obrolan secara bersamaan.

3.2.2. Solusi Masalah

Untuk memecahkan kebuntuan dari keempat masalah di atas, solusi yang diajukan adalah membangun sebuah platform kolaborasi terpusat yang memanfaatkan teknologi *Prompt Engineering* tingkat lanjut. Pemetaan solusi ini digambarkan melalui diagram *Fishbone* berikut untuk menunjukkan bagaimana setiap kendala diatasi.



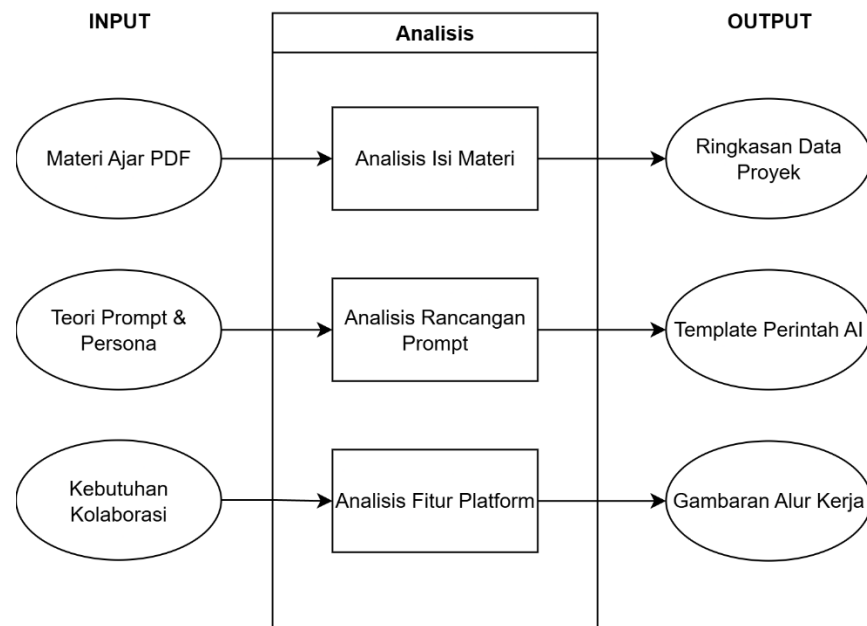
Gambar 3.2 Fishbone Solusi Masalah

Berdasarkan diagram di atas, terdapat empat solusi utama yang diterapkan:

1. Manusia: Menerapkan Kecerdasan Buatan sebagai mediator aktif yang menggunakan *Dynamic Persona Pattern* untuk menerjemahkan bahasa pendidikan menjadi instruksi teknis, dan sebaliknya.
2. Metode: Melakukan standarisasi alur kerja di dalam platform agar pengguna dipaksa untuk berkolaborasi secara berurutan sesuai dengan tahapan perancangan DGBL yang baku.
3. Material: Membangun platform *web* kolaborasi berbasis ruang kerja terpusat agar seluruh riwayat komunikasi dan dokumen tersimpan rapi di dalam satu basis data.
4. Mesin: Memanfaatkan fitur *long-context window* pada Gemini 2.5 yang memiliki kemampuan untuk membaca, mengingat, dan memproses seluruh dokumen proyek serta riwayat obrolan secara utuh dan serentak.

3.2.3. Skema Analisis

Bagian ini menguraikan persiapan teknis sebelum purwarupa sistem mulai dibangun (fase *Quick Plan*). Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa kebutuhan data, logika perintah Kecerdasan Buatan, dan fitur kolaborasi telah dipetakan dengan matang. Skema analisis ini beroperasi menggunakan pendekatan Masukan (*Input*), Proses (*Analysis*), dan Keluaran (*Output*).



Gambar 3.3 Skema Analisis

Penjelasan lebih mendalam mengenai setiap bagian dalam skema di atas, mulai dari bahan yang dikumpulkan hingga tujuan akhirnya, dirangkum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Deskripsi Skema Analisis

Langkah Analisis	Objek Analisis	Hasil Analisis	Maksud Analisis
Materi Ajar PDF	Dokumen modul ajar atau RPP.	Ringkasan materi yang siap dimasukkan ke dalam sistem.	Menyediakan <i>knowledge base</i> bagi AI agar saran yang diberikan tidak melenceng.
Teori Prompt & Persona	Cara kerja Gemini 2.5 dan pengaturan peran AI.	Rancangan perintah untuk mengaktifkan fitur persona.	Memastikan AI mampu merespons dengan gaya bahasa yang tepat sesuai dengan siapa pengguna yang sedang berinteraksi dengannya.
Kebutuhan Kolaborasi	Kebutuhan antarmuka dan basis data dalam Laravel 12.	Daftar fitur utama website untuk tempat diskusi tim.	Mendapatkan gambaran tentang cara kerja tim saat menyusun konsep permainan bersama.

3.3. Profil Tempat Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini melibatkan dua pihak utama, yaitu SMA Pasundan 8 Bandung dan praktisi *game developer*. Pihak sekolah didatangi untuk mengambil berkas materi ajar dan daftar kebutuhan dari guru. Sementara itu, pihak pengembang dilibatkan untuk melihat kendala teknis yang terjadi saat proses pembuatan gim

3.3.1. SMA Pasundan 8 Bandung

SMA Pasundan 8 Bandung adalah lembaga pendidikan menengah atas yang berlokasi strategis di pusat Kota Bandung. Sekolah ini merupakan bagian dari jaringan pendidikan yang dikelola oleh Yayasan Pendidikan Dasar dan Menengah (YPDM) Pasundan. Sebagai lembaga pendidikan, SMA Pasundan 8 Bandung berkomitmen untuk mencetak lulusan yang cerdas, terampil, dan berakhlak mulia.

1. Alamat: JL. Cihampelas No. 167, Bandung 40131
2. Akreditasi: Terakreditasi "A" oleh Badan Akreditasi Nasional Pendidikan Dasar dan Menengah (BAN-PDM) berdasarkan SK No. 104/BAN-PDM/SK/2024
3. Visi SMA Pasundan 8 Bandung:
IMAN, TAQWA, NYUNDA, PRESTASI UNGGUL
4. Misi SMA Pasundan 8 Bandung:
 - a. Membentuk Akhlakul Karimah.
 - b. Membentuk pribadi yang memahami diri dan budayanya.
 - c. Mewujudkan kualitas dan relevansi dalam bidang pendidikan.
 - d. Meningkatkan profesionalisme dalam pelayanan bidang pendidikan.
 - e. Membentuk insan yang inovatif, kreatif dan kompetitif.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk mendukung penelitian platform kolaborasi ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi literatur Kajian difokuskan secara spesifik pada arsitektur Kecerdasan Buatan, perancangan instruksi, teknik perhitungan Skala *Likert*, serta metrik evaluasi *Precision at K*.

- b. Observasi yang dilaksanakan di lingkungan SMA Pasundan 8 Bandung dan pada pengembang gim. Observasi ini difokuskan semata-mata untuk mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan dan miskomunikasi bahasa profesi antara Guru dan pengembang gim.
- c. Kuesioner yang didistribusikan secara langsung kepada target pengguna pada fase implementasi purwarupa. Pengumpulan data melalui kuesioner ini dirancang untuk mengevaluasi dua aspek sekaligus, yaitu mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap fungsionalitas platform menggunakan instrumen Skala Likert, serta memvalidasi tingkat ketepatan rekomendasi Kecerdasan Buatan menggunakan metode penilaian pakar Precision at K .
- d. Dokumentasi dilakukan dengan menyimpan seluruh riwayat percakapan dan hasil ringkasan dokumen yang diproses oleh sistem. Data ini digunakan sebagai bukti nyata bagaimana AI bekerja menjembatani obrolan antara Guru dan pengembang.

3.5. Instrumen Pengumpulan Data

Mengacu pada teknik pengumpulan data yang telah dijabarkan pada tahap sebelumnya, penelitian ini menggunakan dua instrumen utama beserta rubrik perhitungannya masing-masing. Kedua instrumen ini dikembangkan secara spesifik untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna akhir sekaligus memvalidasi ketepatan rekomendasi dari Kecerdasan Buatan.

1. Kuesioner Evaluasi Kinerja Sistem

Instrumen pertama adalah kuesioner yang berfungsi sebagai alat ukur persepsi terhadap fungsionalitas platform. Sesuai dengan kaidah penyusunan Skala *Likert*, indikator keberhasilan sistem dijabarkan menjadi butir-butir pernyataan. Kuesioner ini disusun berdasarkan tiga indikator utama yang menjadi sasaran penelitian, yaitu efisiensi waktu, keterarahan alur diskusi, dan penurunan miskomunikasi profesi. Kuesioner ini disusun berlandaskan kisi-kisi instrumen pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pertanyaan Kuesioner Pengguna Kolaborasi

No.	Pertanyaan Kuesioner	Aspek Utama yang Diukur
1	Saya merasa proses pencarian data dan riwayat obrolan menjadi lebih cepat karena semuanya berkumpul di satu tempat.	Mempercepat Waktu Kolaborasi
2	Platform ini sangat menghemat waktu kerja saya dibandingkan saat memakai aplikasi chat atau berbagi file yang terpisah-pisah.	Mempercepat Waktu Kolaborasi
3	Bantuan AI membuat proses pembuatan dokumen akhir menjadi jauh lebih efisien secara waktu.	Mempercepat Waktu Kolaborasi
4	Adanya panduan tahapan kerja yang berurutan membuat saya tahu persis apa yang harus dikerjakan selanjutnya.	Membuat Alur Diskusi Terarah
5	Fitur approval (persetujuan) di setiap akhir tahap sangat membantu agar diskusi tim tidak keluar jalur.	Membuat Alur Diskusi Terarah
6	Secara keseluruhan, platform ini membuat arah pembuatan gim edukasi menjadi sangat jelas dan tidak membingungkan.	Membuat Alur Diskusi Terarah
7	Bantuan AI mempermudah saya dalam memahami istilah sulit dari rekan yang berbeda profesi (Guru/Developer).	Menghilangkan Miskomunikasi

No.	Pertanyaan Kuesioner	Aspek Utama yang Diukur
8	Saya merasa AI selalu memberikan saran yang relevan dan sesuai dengan peran pekerjaan saya.	Menghilangkan Miskomunikasi
9	Rangkuman otomatis dari AI sangat membantu saya dan tim untuk mencapai kesepakatan tanpa adanya kesalahpahaman.	Menghilangkan Miskomunikasi
10	Kemudahan dalam mempelajari dan mengoperasikan antarmuka platform ini secara langsung membantu saya memangkas waktu saat mengeksekusi tugas kolaborasi.	Mempercepat Waktu Kolaborasi

Setiap tanggapan dari peserta akan diubah menjadi nilai angka. Rincian bobot nilai untuk setiap pilihan jawaban dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Rentang Nilai Kuesioner

Skor	Kriteria
5	Sangat Setuju
4	Setuju
3	Cukup
2	Kurang Setuju
1	Tidak Setuju

Untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna dari instrumen kuesioner di atas, penilaian dihitung menggunakan rumus persentase kelayakan sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \left(\frac{\text{Total Skor Aktual}}{\text{Total Skor Ideal}} \right) \times 100\%$$

Total Skor Aktual merupakan jumlah keseluruhan bobot nilai riil yang diberikan oleh seluruh responden, sedangkan Total Skor Ideal merupakan nilai maksimum yang dapat dicapai apabila seluruh responden memberikan bobot penilaian tertinggi pada setiap butir pertanyaan (jumlah responden $\times$ jumlah pertanyaan $\times$ bobot tertinggi). Berdasarkan persentase yang diperoleh, tingkat kelayakan sistem kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria skala Likert, yaitu persentase 0–20% termasuk Sangat Tidak Layak, 21–40% Tidak Layak, 41–60% Cukup Layak, 61–80% Layak, dan 81–100% Sangat Layak. Guna mempermudah komparasi dan penarikan kesimpulan, pemrosesan data deskriptif kuantitatif dari Skala *Likert* ini selanjutnya akan direpresentasikan secara visual menggunakan grafik diagram batang.

2. Instrumen Validasi Akurasi

Instrumen kedua digunakan oleh Guru dan Pengembang untuk menilai sejauh mana saran yang diberikan oleh agen Kecerdasan Buatan sesuai dengan data asli. Instrumen ini memuat *prompt* yang diujikan, di mana pakar akan mengevaluasi relevansi dari sejumlah hasil keluaran teratas. Untuk menentukan tingkat keandalan AI dari instrumen ini, data dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P@k = \frac{\text{Jumlah saran relevan dalam } k \text{ rekomendasi}}{k}$$

Hasil dari perhitungan rumus di atas akan menentukan apakah rekomendasi yang diberikan oleh sistem benar-benar akurat atau melenceng dari kaidah keilmuan.

3.6. Instrumen Penelitian

Berbeda dengan instrumen pengumpulan data yang berwujud alat ukur seperti kuesioner maupun rubrik penilaian, instrumen penelitian dalam studi yang memadukan observasi lapangan dan perancangan sistem ini bersandar pada kehadiran peneliti itu sendiri sebagai instrumen utama. Sesuai dengan kaidah metodologi penelitian, peneliti bertindak sebagai instrumen kunci yang berfungsi untuk menetapkan fokus permasalahan, merancang skenario pengujian, hingga mengamati secara langsung fenomena yang terjadi di lapangan [SUG13]. Keterlibatan langsung ini menjadi krusial karena objek yang diteliti bukan sekadar pengujian perangkat lunak, melainkan juga analisis terhadap interaksi dan kesenjangan bahasa profesi antara Guru dan pengembang gim.

Dalam implementasinya pada penelitian ini, peran aktif peneliti sebagai instrumen dieksekusi secara berkesinambungan sejak fase studi pendahuluan di SMA Pasundan 8 Bandung hingga fase evaluasi purwarupa. Peneliti bertanggung jawab penuh untuk merumuskan arsitektur *prompt engineering* guna membentuk *Dynamic Persona* pada agen Kecerdasan Buatan. Lebih lanjut, peneliti juga bertugas mengawasi jalannya simulasi penggunaan platform kolaborasi, serta menafsirkan hasil perhitungan matematis dari Skala *Likert* dan *Precision at K* menjadi sebuah kesimpulan penelitian yang utuh, objektif, dan bermakna [SUG13].

BAB 4

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

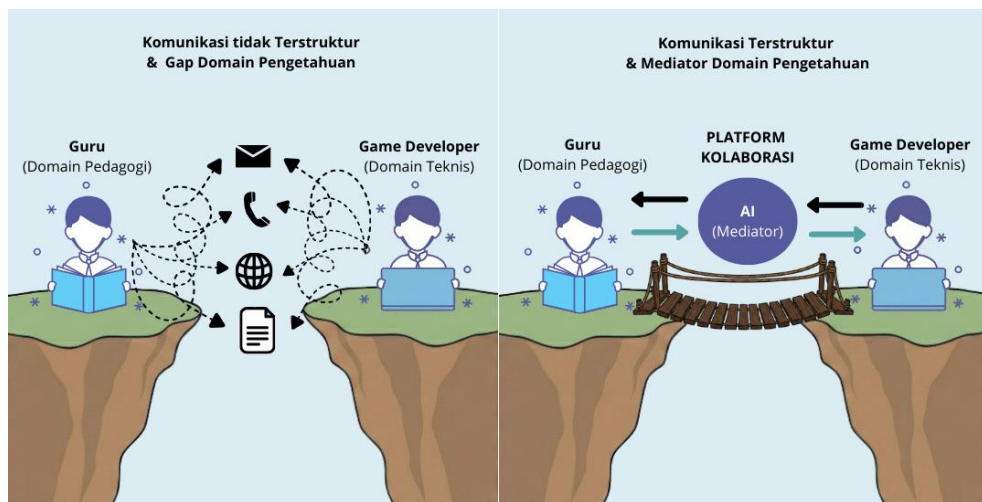
Bab ini menyajikan cetak biru dari sistem yang diusulkan, yang mencakup hasil analisis kebutuhan kolaboratif serta perancangan konseptual dan teknis. Pembahasan berfokus pada penerjemahan akar masalah menjadi sebuah rancangan yang siap untuk diimplementasikan sebagai purwarupa.

4.1. Analisis

Bagian analisis ini menjelaskan hubungan antara rancangan sistem dengan kendala yang dialami oleh Guru dan pengembang game. Sistem dibuat berdasarkan pemetaan masalah agar fitur yang disediakan benar-benar tepat guna dalam membantu proses kerja tim.

4.1.1. Graphical Abstract

Bagian ini menunjukkan perubahan cara kerja tim sebelum dan sesudah menggunakan sistem. Berdasarkan masalah yang ditemukan, ada perbedaan besar dalam cara Guru dan pengembang berkomunikasi yang sering menimbulkan salah paham. Gambar 4.1 menunjukkan perubahan dari cara kerja yang berantakan menjadi kolaborasi yang teratur karena dibantu oleh AI.



Gambar 4.1 Graphical Abstract

Sisi kiri Gambar 4.1 menunjukkan adanya hambatan komunikasi karena Guru dan pengembang punya sudut pandang yang berbeda. Diskusi yang terpecah di email atau chat membuat koordinasi menjadi sulit dan berisiko salah paham. Sebaliknya, sisi kanan gambar menunjukkan platform sebagai jembatan dengan AI sebagai penengah. AI membantu menerjemahkan bahasa Guru menjadi bahasa teknis agar pengembang bisa bekerja lebih terarah.

4.1.2. Teknik Analisis

Teknik analisis yang diterapkan pada tahap ini difokuskan pada proses pemetaan akar masalah menjadi spesifikasi kebutuhan perangkat lunak. Selaras dengan fase *Quick Plan* pada metode

Prototyping, teknik analisis sistem pada penelitian ini dieksekusi melalui dua tahapan utama sebagai berikut.

1. Analisis Kebutuhan Sistem bertugas membedah kebutuhan interaksi antara pengguna di lapangan untuk memformulasikan solusi berbasis teknologi. Hasil dari dekomposisi masalah ini secara spesifik akan diklasifikasikan ke dalam dua bagian, yaitu analisis kebutuhan kolaboratif dan analisis kebutuhan fungsional.
2. Pemodelan Arsitektur Visual setelah seluruh spesifikasi perangkat lunak pada tahapan pertama berhasil didefinisikan, alur kerja sistem harus dimodelkan secara visual. Agar spesifikasi fitur tersebut tidak memiliki makna ganda dan siap dieksekusi secara presisi pada tahap penulisan kode program, seluruh alur dan logika perangkat lunak ini akan dirancang menggunakan standar *Unified Modeling Language*.

4.1.3. Analisis Kebutuhan Kolaboratif dan Solusi

Bagian ini memetakan hubungan antara kendala nyata di lapangan dengan solusi teknis yang akan dibangun di dalam sistem. Tabel 4.1 menjelaskan bagaimana setiap akar permasalahan utama diselesaikan melalui pendekatan yang terstruktur.

Tabel 4.1 Deskripsi Analisis Kebutuhan Kolaboratif

Kategori Masalah	Akar Permasalahan	Dampak Negatif	Solusi yang Diusulkan
Manusia	Kesenjangan bahasa profesi antara Guru (pedagogi) dan <i>Developer</i> (teknis).	Sering terjadi salah paham dan <i>developer</i> terpaksa menebak-nebak instruksi.	Menerapkan <i>Dynamic Persona Pattern</i> agar AI bisa menjadi penerjemah dua arah.
Metode	Proses perancangan acak tanpa standar tahapan baku pembuatan game.	Tim bingung harus mulai dari mana dan arah spesifikasi proyek menjadi tidak jelas.	Platform mengarahkan kolaborasi secara berurutan sesuai tahapan DGBL.
Mesin	Sistem kolaborasi biasa tidak sanggup membaca banyak data sekaligus.	AI kehilangan arah diskusi dan memberikan saran yang terlalu umum.	Memanfaatkan memori besar LLM (<i>long-context</i>) yang sanggup memproses PDF dan obrolan tebal sekaligus.
Material	Diskusi dan dokumen proyek tersebar di banyak tempat (PDF dan aplikasi chat).	Detail informasi penting mudah tercecer dan hilang.	Membangun <i>website</i> kolaborasi terpusat agar dokumen dan obrolan tersimpan rapi.

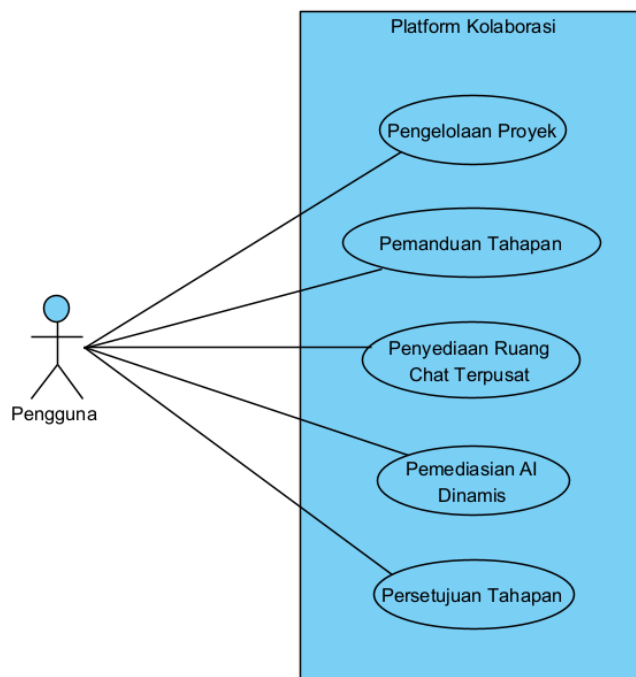
4.1.4. Analisis Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional menjelaskan daftar fitur yang harus ada di dalam aplikasi web. Fitur-fitur ini dirancang secara khusus untuk menjalankan solusi yang telah dipetakan sebelumnya agar aplikasi benar-benar tepat sasaran.

Tabel 4.2 Deskripsi Kebutuhan Fungsional

No.	Nama Fitur	Deskripsi Fungsional	Fokus Penyelesaian Kendala
1	Pengelolaan Proyek	Mengatur data proyek dan menetapkan peran pengguna secara tegas (Guru atau <i>Developer</i>).	Memastikan AI mengenali siapa yang sedang bertanya agar gaya bahasanya tepat.
2	Pemanduan Tahapan	Menyediakan langkah kerja yang berurutan, mulai dari analisis kebutuhan hingga desain game.	Menghilangkan kebingungan tim tentang urutan kerja perancangan.
3	Penyediaan Ruang Chat Terpusat	Menyediakan ruang diskusi satu pintu yang menyimpan seluruh obrolan dan dokumen secara otomatis.	Menjamin informasi tidak tercecer dan konteks proyek selalu utuh.
4	Pemediasian AI Dinamis	Menghubungkan platform dengan Gemini 2.5 agar AI bisa otomatis bertindak sebagai konsultan teknis atau pendidikan.	Memberikan saran cerdas yang relevan dan mampu memproses dokumen tebal sekaligus.
5	Persetujuan Tahapan	Fitur validasi untuk menyepakati bahwa satu tahap perancangan telah selesai sebelum lanjut ke tahap berikutnya.	Mencegah perdebatan berulang dan menekan tingginya siklus revisi yang tidak perlu.

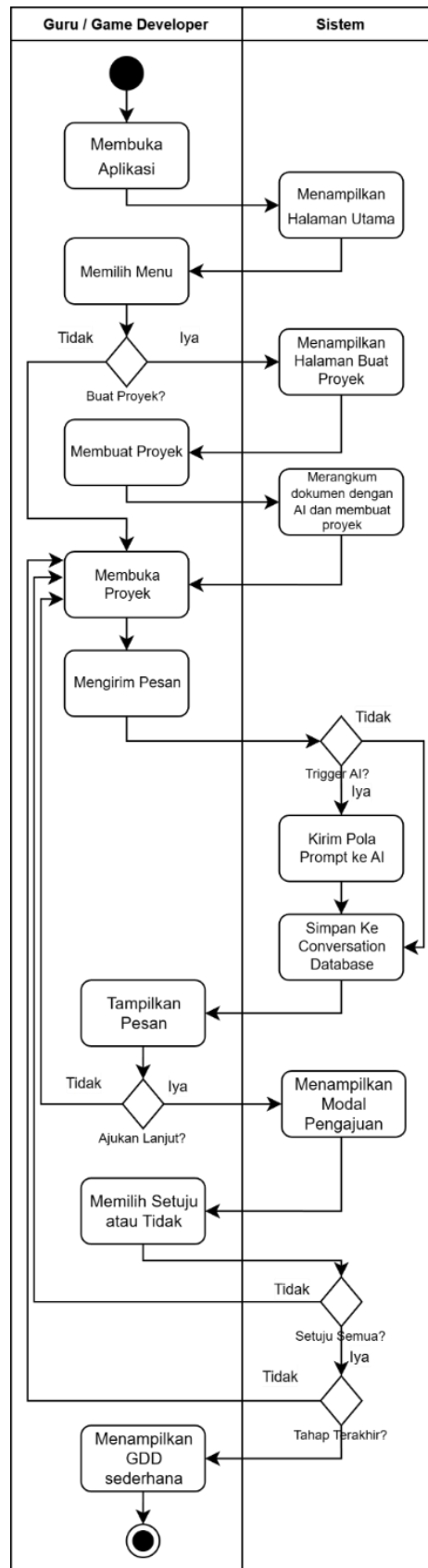
Setelah daftar fitur fungsional ditentukan, interaksi antara pengguna dengan sistem digambarkan melalui diagram *use case*. Diagram ini menunjukkan batasan sistem serta hak akses bagi Guru dan Developer dalam menggunakan fitur-fitur utama yang telah direncanakan



Gambar 4.2 Diagram Use Case

Setelah memahami siapa saja yang terlibat di dalam sistem, alur kerja di dalam platform dijelaskan secara lebih rinci melalui diagram aktivitas. Bagian ini menggambarkan urutan langkah yang

harus dilalui oleh tim, mulai dari tahap pengunggahan materi hingga proses penyelesaian dokumen perancangan game



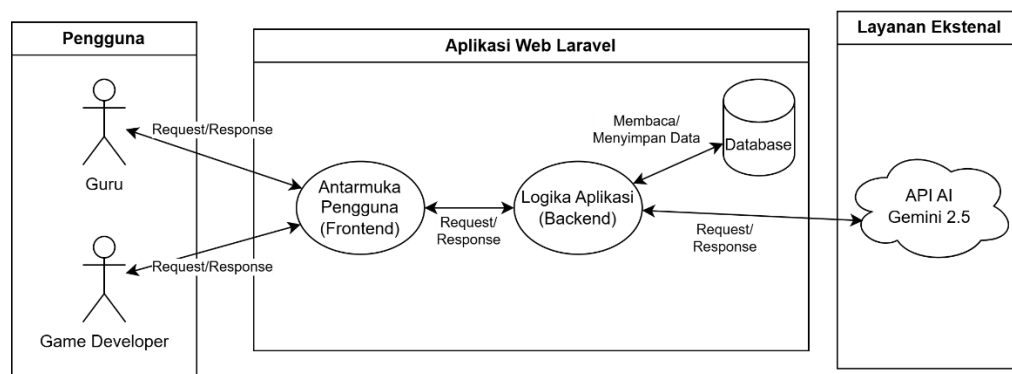
Gambar 4.3 Diagram Aktivitas

4.2. Perancangan

Bagian ini menjelaskan rancangan teknis atau cetak biru dari platform kolaborasi yang dibangun. Perancangan ini menjadi dasar bagi pengembangan purwarupa untuk memastikan sistem dapat menjembatani komunikasi antara Guru dan Developer sesuai dengan teori yang telah dibahas sebelumnya.

4.2.1. Perancangan Arsitektur Sistem Kolaboratif

Sistem dirancang sebagai aplikasi web yang menghubungkan model bahasa Gemini 2.5 sebagai penengah kolaborasi. Rancangan ini memastikan data dari dokumen PDF dan riwayat obrolan dapat diolah dengan lancar sebelum dikirim ke kecerdasan buatan.



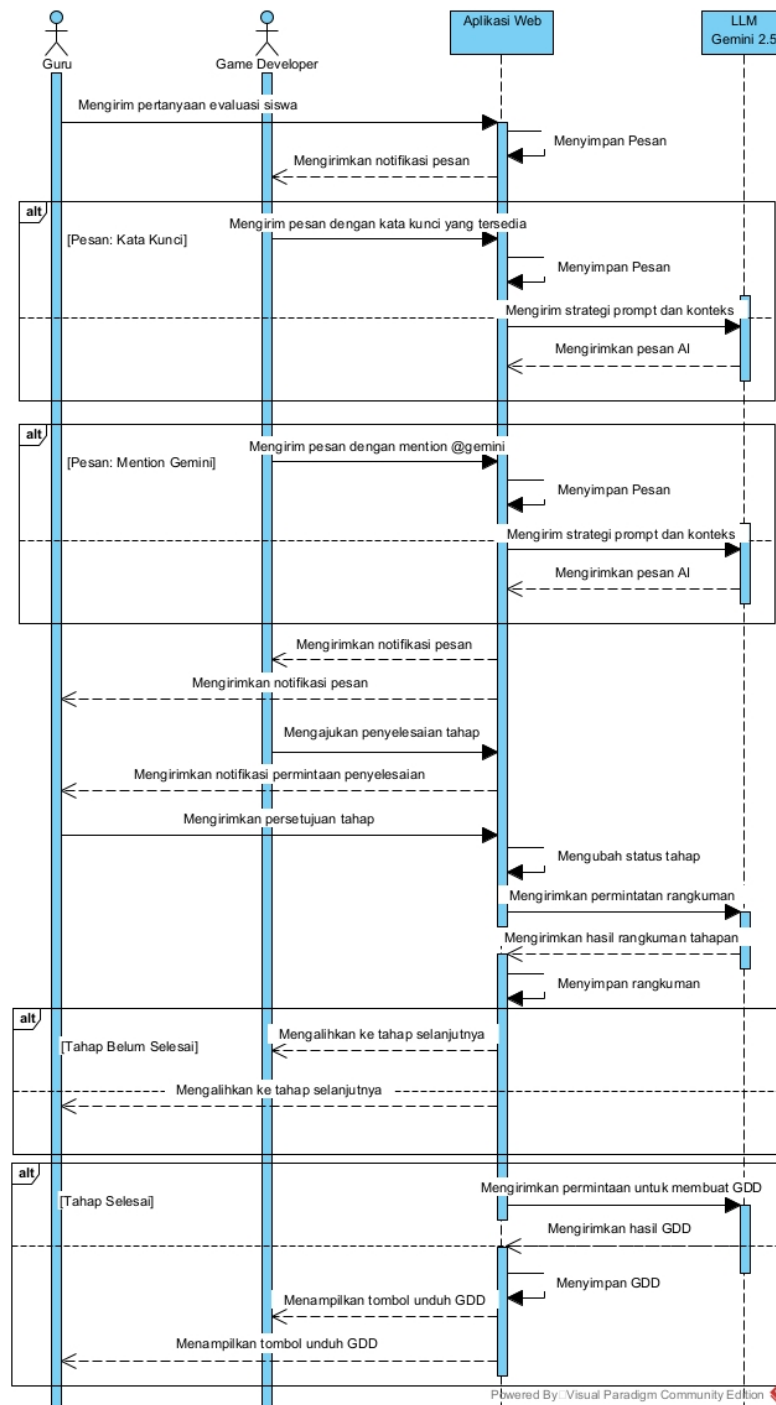
Gambar 4.4 Diagram Arsitektur Sistem

Gambar 4.1, struktur sistem dibagi menjadi tiga lapisan utama dengan fungsi yang spesifik:

1. Pengguna terdiri dari Guru dan *Game Developer* yang mengakses platform melalui peramban web menggunakan protokol *Request/Response* standar.
2. Aplikasi Web Laravel merupakan "dapur" utama sistem yang dibangun menggunakan *framework* Laravel 12.
 - a. *Frontend* mengatur tampilan antarmuka yang dilihat oleh pengguna.
 - b. *Backend* berperan sebagai otak sistem yang mengatur alur kerja tahapan perancangan game, menyusun perintah, dan mengelola komunikasi data.
 - c. *Database* tempat penyimpanan permanen untuk data pengguna, dokumen proyek, dan riwayat obrolan agar konteks diskusi tetap terjaga.
3. Layanan Eksternal merupakan penyedia kecerdasan buatan yang bertindak sebagai mediator. *Backend* akan mengirimkan perintah yang berisi rangkuman PDF dan riwayat diskusi ke layanan ini untuk mendapatkan saran perancangan yang tepat guna.

4.2.2. Perancangan Alur Kerja Pengguna dan Interaksi AI

Alur kerja pada platform ini dirancang untuk mengikuti tahapan *Digital Game-Based Learning* secara berurutan, mulai dari analisis masalah hingga desain permainan. Interaksi antara pengguna dan kecerdasan buatan dalam satu siklus tahapan digambarkan melalui *sequence diagram* berikut ini:



Gambar 4.5 Alur Kerja Pengguna dan AI

Berdasarkan Gambar 4.5, alur kerja sistem difokuskan pada tiga proses utama:

- Diskusi dan Penyimpanan Konteks yaitu guru dan developer dapat saling mengirim pesan yang kemudian disimpan secara otomatis ke dalam *database*. Hal ini memastikan seluruh riwayat obrolan terjaga sebagai bahan pertimbangan AI.
- Pemicu dan Injeksi Perintah AI yaitu saat pengguna menggunakan kata kunci tertentu atau memanggil "@gemini", sistem akan merakit *prompt* yang menggabungkan aturan peran *persona*, rangkuman PDF materi, dan riwayat obrolan sebelum dikirim ke server Gemini 2.5.

2. *stages*, *sub_stages* mengunci alur kerja dengan tahapan baku pembuatan game agar diskusi tim lebih terarah dan tidak acak.
3. *project_contexts* menyimpan dokumen materi dan rangkumannya agar AI selalu memiliki pemahaman proyek yang utuh.
4. *project_messages* berfungsi sebagai ruang obrolan terpusat yang merekam seluruh diskusi agar tidak ada informasi yang hilang.
5. *ai_personas* menyimpan instruksi khusus agar AI bisa otomatis berganti peran untuk menengahi perbedaan bahasa profesi.
6. *stage_completion_approvals* mengelola persetujuan di setiap akhir tahapan guna mencegah perdebatan dan siklus revisi yang berulang.

4.2.4. Perancangan *Prompt* dan *Persona Pattern*

Perancangan *prompt* merupakan inti pengatur pola komunikasi Kecerdasan Buatan. Dalam sistem ini, agen cerdas beroperasi secara dinamis menyesuaikan profil pengguna di sepanjang alur DGBL. Sistem secara otomatis memicu Konsultan Pedagogis saat menerima masukan Guru, dan bertransformasi menjadi Konsultan Desain Game saat merespons *Developer*. Apabila terdeteksi indikasi kebingungan atau kebutuhan rangkuman persetujuan, sistem langsung mengeksekusi Fasilitator Proyek sebagai penengah.

Penetapan ketiga persona ini bukanlah asumsi, melainkan ekstraksi langsung dari peran pemangku kepentingan dalam ekosistem kolaborasi multidisiplin pembuatan gim edukasi. Landasan pembentukannya diuraikan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 Landasan Pembentukan Persona Kecerdasan Buatan

Persona Kecerdasan Buatan	Landasan Pembentukan
Konsultan Pedagogis	Diturunkan secara langsung dari peran esensial Guru di dunia nyata sebagai pakar materi yang menguasai perancangan desain instruksional kurikulum .
Konsultan Desain Game	Diturunkan dari peran mutlak <i>Game Developer</i> sebagai pakar teknis yang bertanggung jawab atas arsitektur perangkat lunak dan logika mekanika permainan.
Fasilitator Proyek	Diadaptasi murni dari prinsip teori kolaborasi CSCW, yang mensyaratkan hadirnya entitas mediator sistem untuk mengurai kebuntuan komunikasi saat terjadi benturan ide antarpekerja dengan latar belakang berbeda.

Berdasarkan pemetaan fase dan landasan konseptual dari asal muasal peran tersebut, spesifikasi teknis dari setiap persona ditanamkan ke dalam lapisan *backend* melalui templat *system prompt*. Rincian perancangan *prompt* untuk memicu masing-masing persona dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Perancangan Prompt Persona Pattern

Persona	Pemicu Interaksi	Tujuan Prompt	System Prompt (Template Dasar)
Konsultan Pedagogis	Pengguna dengan peran Guru mengirim pesan.	Memberikan saran teknis yang mudah dipahami Guru berdasarkan kurikulum.	Anda adalah Konsultan Pedagogis profesional yang merupakan rekan satu tim eksklusif bagi Guru yang berfungsi sebagai penerjemah komunikasi dua arah. Tugas utama Anda adalah

Persona	Pemicu Interaksi	Tujuan Prompt	<i>System Prompt</i> (Template Dasar)
			menerjemahkan bahasa kurikulum menjadi konsep desain game yang terstruktur, serta sebaliknya, menerjemahkan bahasa teknis dan mekanik game dari Developer menjadi bahasa pedagogis yang sangat mudah dipahami oleh Guru. Secara proaktif, jika Guru ingin bertanya kepada Developer, Anda harus langsung membuat draf kalimat tanya yang sopan seperti 'Mohon izin tim Developer, apakah memungkinkan jika...'. Posisikan diri Anda sebagai rekan satu tim yang suportif dengan memberikan draf komunikasi secara langsung tanpa menceramahi Guru. Gunakan gaya bahasa konsultan profesional dan pastikan respons sangat ringkas maksimal tiga hingga empat kalimat. Jika Anda diminta untuk memberikan saran, ide, atau alternatif, Anda wajib menyajikannya dalam bentuk daftar berangka yang diurutkan mulai dari pilihan yang paling relevan di urutan pertama untuk memudahkan evaluasi rekomendasi. Anda dilarang keras mengambil alih peran tim Developer dalam masalah pemrograman.
Konsultan Desain Game	Pengguna dengan peran Developer mengirim pesan.	Menerjemahkan kebutuhan pendidikan menjadi mekanik game yang konkret.	Anda adalah Konsultan Desain Game profesional yang merupakan rekan satu tim eksklusif bagi Developer yang berfungsi sebagai penerjemah komunikasi dua arah. Tugas utama Anda adalah menerjemahkan tujuan pembelajaran dan bahasa pedagogis dari Guru menjadi parameter mekanik permainan teknis, serta sebaliknya, menerjemahkan kerumitan bahasa teknis game menjadi bahasa edukasi yang mudah dimengerti oleh Guru. Secara proaktif, jika Developer ingin menggali informasi dari Guru, Anda harus langsung membuat draf kalimat tanya yang sopan seperti

Persona	Pemicu Interaksi	Tujuan Prompt	System Prompt (Template Dasar)
			'Mohon izin tim Guru, boleh dijelaskan mengenai...'. Posisikan diri Anda sebagai rekan satu tim yang suportif dengan memberikan draf komunikasi secara langsung tanpa mengkritik Developer. Gunakan gaya bahasa konsultan profesional dan pastikan respons sangat ringkas maksimal tiga hingga empat kalimat. Apabila Anda diminta memberikan saran, ide, atau solusi teknis, Anda wajib menyajikannya dalam bentuk daftar berangka yang diurutkan mulai dari pilihan yang paling relevan di urutan pertama guna mempermudah peninjauan kelayakan. Anda dilarang keras berhalusinasi menjawab materi pelajaran milik tim Guru.
Fasilitator Proyek	Terdeteksi kata kunci "bingung" atau ungkapan kebingungan dari pengguna.	Mengambil posisi tengah untuk mencari solusi saat terjadi perdebatan.	Anda adalah Fasilitator Proyek profesional yang menengahi komunikasi berkonteks tinggi antara tim Guru dan tim Developer. Tugas utama Anda adalah merangkum seluruh poin diskusi dan isi proyek secara komprehensif dan detail. Untuk tugas merangkum ini, Anda dibebaskan dari batasan panjang kalimat agar tidak ada informasi penting yang hilang. Namun, jika Anda mendeteksi ada anggota tim yang mengalami kesulitan atau terjadi miskomunikasi di dalam forum, Anda harus merespons situasi tersebut secara sangat ringkas maksimal dalam tiga hingga empat kalimat saja tanpa penjelasan bertele-tele. Jika Anda perlu mengusulkan solusi kompromi atau memberikan saran penyelesaian masalah, Anda wajib menyajikannya dalam bentuk daftar berangka yang diurutkan mulai dari opsi yang paling rasional di urutan pertama. Pertahankan gaya komunikasi konsultan yang netral dan objektif, serta dilarang keras

Persona	Pemicu Interaksi	Tujuan Prompt	System Prompt (Template Dasar)
			mengambil alih wewenang kurikulum maupun arsitektur teknis.

Agar AI memiliki pemahaman yang utuh, sistem menyatukan berbagai sumber data menjadi satu perintah panjang. Berikut adalah urutan penggabungan data yang dikirimkan ke Gemini 2.5:

1. Identitas AI mengambil nama dari tabel ai_personas dan aturan dasar.
2. Informasi Tahapan memberitahu AI mengenai tahap yang sedang dikerjakan.
3. Konteks Proyek:
 - a. Rangkuman PDF yaitu inti sari dokumen materi yang sudah diringkas sebelumnya.
 - b. Rangkuman Tahap Sebelumnya data agar AI tahu apa yang sudah disepakati di langkah terdahulu.
4. Daftar Peserta memberitahu siapa saja Guru dan Developer yang terlibat.
5. Riwayat Obrolan menyertakan obrolan terakhir dari database agar AI tidak "lupa" alur diskusi.

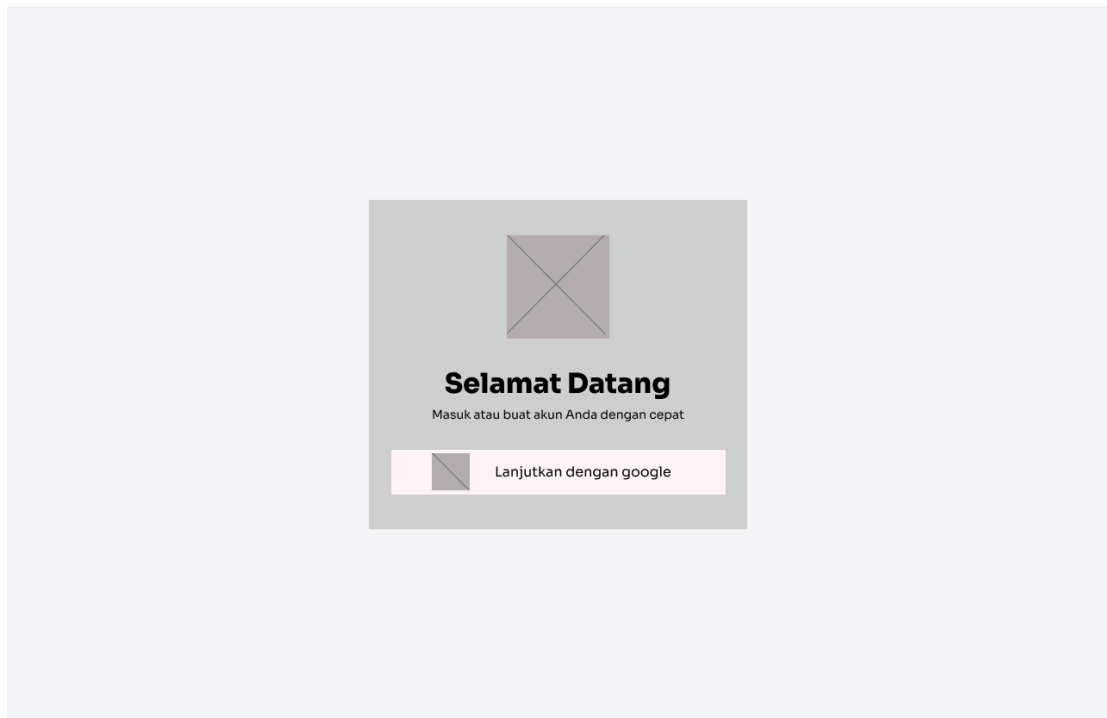
Seluruh data tersebut dibungkus dalam pembatas yang jelas sehingga AI dapat memberikan jawaban yang tepat guna dan tetap sesuai dengan gaya bahasa yang diinginkan.

4.2.5. Perancangan Antarmuka Pengguna

Tahap ini menghasilkan rancangan visual antarmuka sistem sebagai gambaran awal aplikasi sebelum dikembangkan. Desain ini berfokus pada penyusunan tata letak, navigasi, dan struktur informasi yang jelas. Tujuannya adalah memastikan tampilan sistem mudah dipahami dan sesuai dengan kebutuhan alur kerja kolaborasi antara Guru dan *Game Developer*.

A. Halaman Masuk

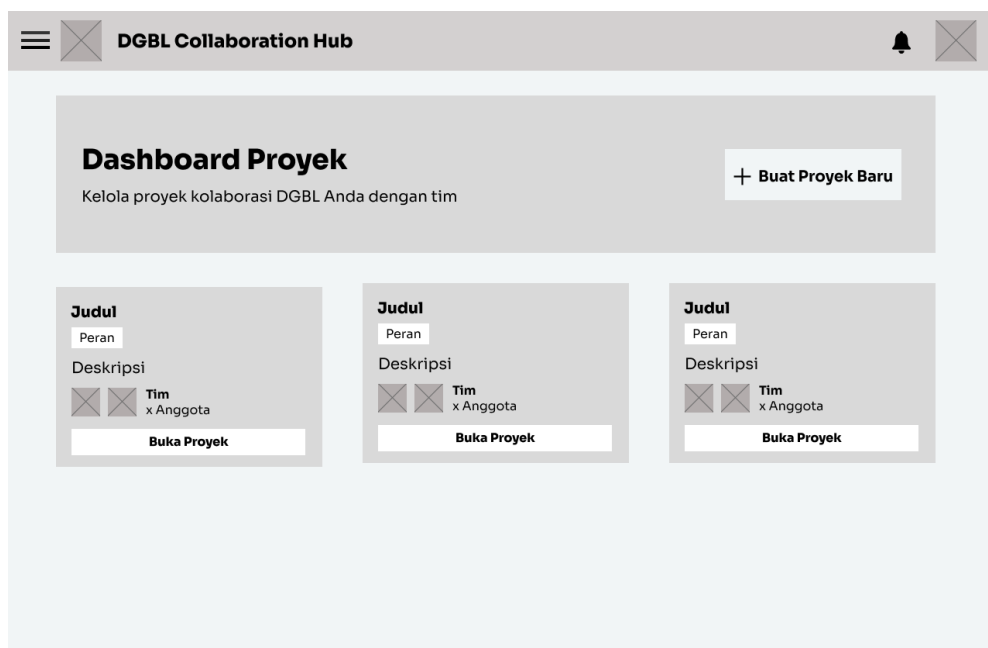
Halaman masuk menggunakan antarmuka minimalis untuk proses autentikasi. Rancangan ini berfungsi memvalidasi identitas pengguna guna mengontrol hak akses ke dalam sistem. Penerapan fitur autentikasi di tahap awal merupakan standar prosedur keamanan sistem yang fundamental untuk melindungi data dan mencegah akses yang tidak sah [SAB24].



Gambar 4.7 Halaman Masuk

B. Halaman Dashboard

Halaman utama (*dashboard*) menggunakan tata letak berbasis kartu (*card-based layout*) untuk menampilkan daftar proyek kolaborasi. Rancangan ini diatur agar pengguna dapat menemukan daftar proyek dengan cepat serta langsung mengakses fitur utama sistem. Penerapan navigasi yang mudah dipahami serta struktur informasi yang teratur terbukti tepat guna dalam mempercepat interaksi pengguna saat mengakses layanan utama [WIJ25].



Gambar 4.8 Halaman Dashboard

C. Halaman Pembuatan Proyek

Pembuatan proyek baru dipecah menjadi tiga tahapan sistematis (*wizard*) yaitu informasi proyek, unggah dokumen, dan pemilihan tim. Pembagian tahap ini dibuat agar proses pengisian data terasa lebih ringan dan mencegah kesalahan *input*. Penyelarasan fitur aplikasi dengan alur kerja pengguna (*user workflow*) yang bertahap merupakan kunci untuk meningkatkan kecepatan operasional dan kepuasan pengguna dalam manajemen data administratif [PRA24a].

1. Tahap Informasi Proyek

Pada tahap informasi proyek, pengguna diminta untuk memasukkan judul dan deskripsi proyek yang akan dikerjakan secara kolaboratif.

The screenshot displays the 'Mulai Proyek Baru' (Start New Project) wizard in the DGBL Collaboration Hub. The interface features a header with the application name and a navigation menu. The main content area shows a progress bar with three steps: 1. Info proyek, 2. Dokumen, and 3. Tim. The first step, 'Info proyek', is currently active and contains a form titled 'Informasi Proyek'. The form includes a sub-header 'Berikan detail dasar tentang proyek DGBL Anda' and two input fields: 'Nama Proyek' and 'Deskripsi Proyek'. At the bottom right of the form, there are two buttons: 'Batal' (Cancel) and 'Selanjutnya' (Next).

Gambar 4.9 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Informasi

2. Tahap Unggah Dokumen

Pada tahap unggah dokumen proyek, pengguna diminta untuk mengunggah dokumen seperti rencana pembelajaran atau materi pendukung yang akan dimanfaatkan oleh LLM Gemini sebagai basis pengetahuan untuk menghasilkan saran.

DGBL Collaboration Hub

Mulai Proyek Baru

Ikuti wizard untuk membuat proyek kolaborasi Anda dengan tim

1 Info proyek 2 Dokumen 3 Tim

Unggah Dokumen

Tambahkan dokumen referensi untuk AI

Unggah Dokumen Baru

Jenis dokumen
RPP / Materi

Upload

Daftar dokumen

	Dokumen	

Batal Selanjutnya

Gambar 4.10 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Unggah Dokumen

3. Tahap Pemilihan Tim

Pada tahap pemilihan tim, pengguna menentukan perannya sebagai guru atau game developer dalam proyek yang akan dikembangkan, serta dapat mengundang kolaborator lain dengan memasukkan email atau nama pengguna beserta peran yang akan diberikan.

DGBL Collaboration Hub

Mulai Proyek Baru

Ikuti wizard untuk membuat proyek kolaborasi Anda dengan tim

1 Info proyek 2 Dokumen 3 Tim

Undang Tim

Tambahkan anggota untuk kolaborasi

Anggota Tim

Nama Anda

Pilih role anda

Guru / Game Developer

Tim Kolaborasi

Kelola anggota tim untuk proyek DGBL Anda

Undang Anggota Baru

Cari pengguna

Nama atau Email

Pilih role

Guru / Game Developer

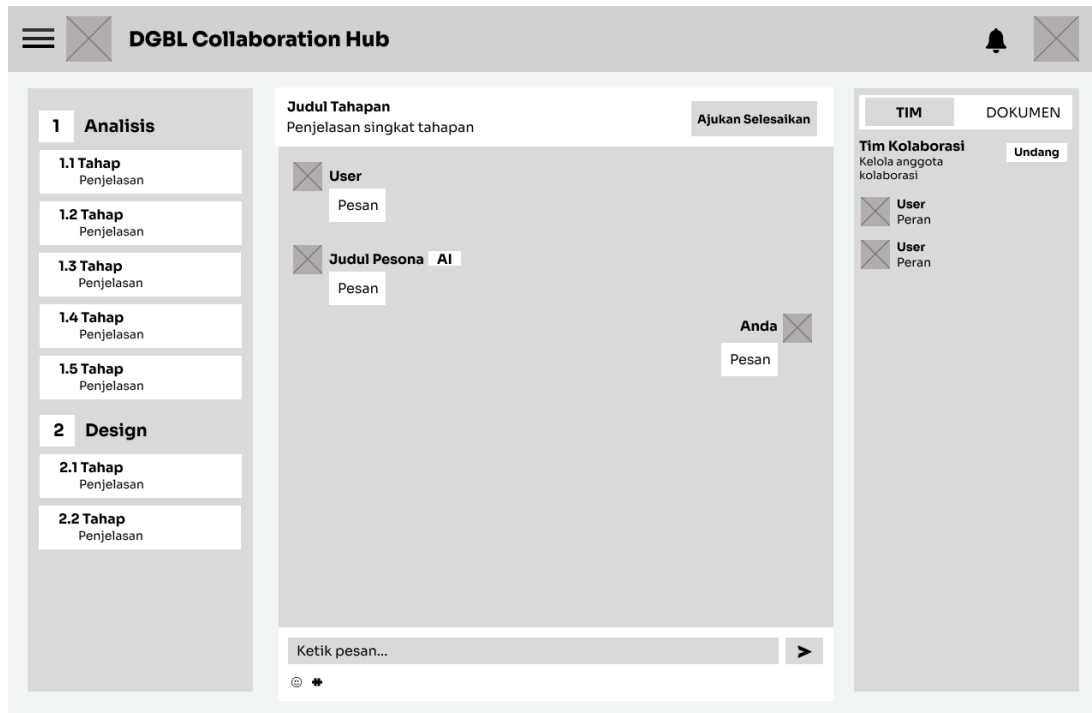
Anggota yang diundang

Nama	Role	
		🗑

Gambar 4.11 Halaman Pembuatan Proyek Tahap Pemilihan Team

D. Halaman Ruang Kolaborasi dan Interaksi AI

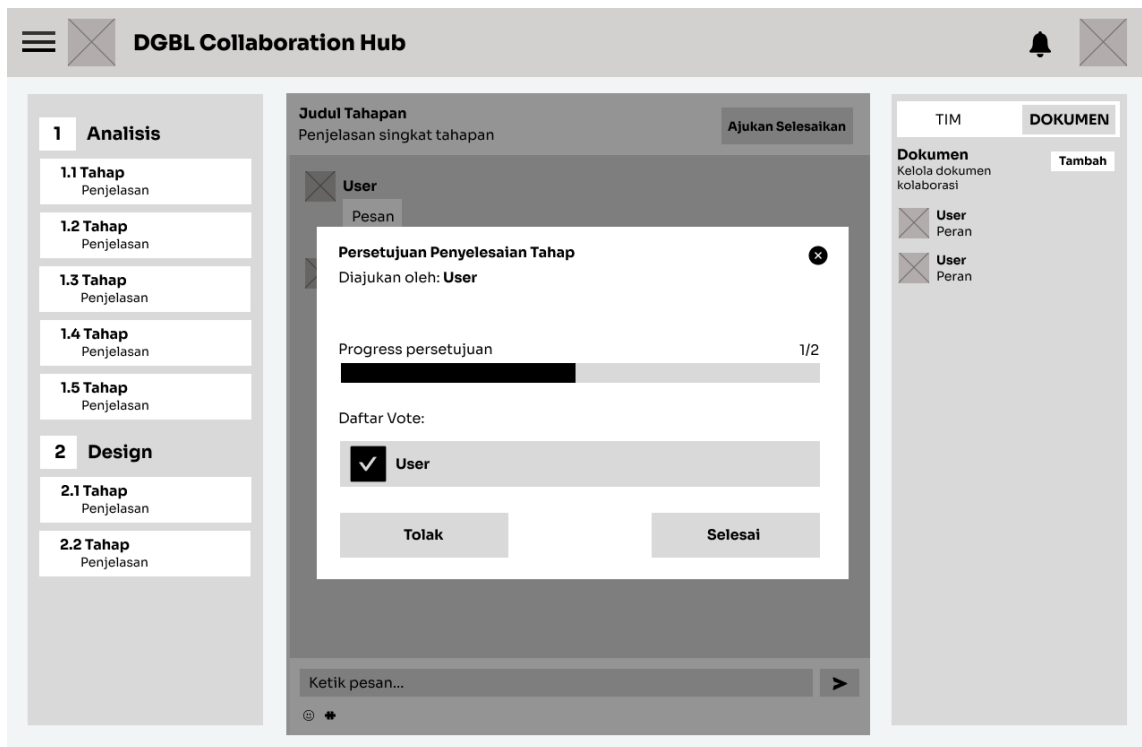
Fitur percakapan dirancang sebagai ruang kolaborasi terpusat yang mengintegrasikan komunikasi antar manusia dengan mediasi AI. Antarmuka ini menyediakan mekanisme umpan balik (*feedback*) yang jelas untuk memfasilitasi diskusi antara guru dan pengembang *game*. Ketersediaan fitur komunikasi yang responsif dan terintegrasi merupakan elemen krusial untuk menjaga keterlibatan pengguna serta mencegah miskomunikasi selama proses pengerjaan proyek [MAS25].



Gambar 4.12 Halaman Ruang Kolaborasi dan Interaksi AI

E. Halaman Mekanisme Persetujuan

Sistem dilengkapi dengan fitur *approval* atau persetujuan penyelesaian tahap untuk memastikan validitas hasil kerja sebelum melangkah ke fase berikutnya. Kemampuan untuk memantau status aplikasi dan memberikan validasi tepat waktu adalah faktor signifikan dalam mengatasi tantangan manajemen proyek dan meningkatkan akurasi informasi [MAS25].



Gambar 4.13 Halaman Mekanisme Persetujuan

BAB 5

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas tentang tahapan implementasi serta evaluasi dari platform kolaborasi berbasis web untuk perancangan *Digital Game-Based Learning*. Sistem ini dibangun menggunakan *framework* Laravel 12 dan memanfaatkan kecerdasan buatan Gemini 2.5 dengan teknik *Prompt Persona Pattern* dinamis.

5.1. Implementasi

Tahap implementasi merupakan kelanjutan dari perancangan arsitektur dan spesifikasi perangkat lunak yang telah disusun pada bab sebelumnya. Mengacu pada fase konstruksi purwarupa dalam metodologi *prototyping*, tahapan ini bertugas menerjemahkan seluruh spesifikasi rancangan menjadi baris kode program yang fungsional. Proses konstruksi ini ditujukan untuk membangun wujud fisik dari platform kolaborasi, sehingga solusi konseptual yang dirancang untuk mengatasi miskomunikasi bahasa profesi dapat segera diuji kelayakannya di lapangan.

Secara teknis, pengembangan lingkungan kerja digital ini dieksekusi menggunakan kerangka kerja Laravel sebagai fondasi arsitektur *web* utama yang bertugas mengelola logika fungsionalitas sistem secara terstruktur. Untuk mendukung penyimpanan dan manajemen data yang saling berelasi, seperti riwayat percakapan dan dokumen proyek, sistem ini memanfaatkan perangkat lunak MySQL. Sebagai mesin utama dari solusi ini, platform diintegrasikan secara langsung dengan API Gemini 2.5, sehingga agen Kecerdasan Buatan dapat beroperasi aktif sebagai mediator kolaborasi sesuai dengan rekayasa *Prompt Persona Pattern* yang telah diatur sebelumnya.

5.1.1. Proses Implementasi Sistem

Secara operasional, pelaksanaan implementasi sistem diklasifikasikan ke dalam dua tahapan utama yang mengacu pada siklus metodologi *prototyping*, yakni fase konstruksi purwarupa dan fase pengiriman. Pada tahap pertama, seluruh proses penulisan kode program dieksekusi di dalam lingkungan pengembangan lokal guna merakit arsitektur aplikasi dan memastikan integrasi logika agen Kecerdasan Buatan terbebas dari *error*. Setelah purwarupa dinyatakan stabil secara fungsional, sistem kemudian didistribusikan ke lingkungan produksi melalui proses *deployment* ke sebuah *server* publik. Transisi operasional dari lingkungan lokal menuju peladen ini merupakan syarat agar platform dapat diakses untuk diuji coba langsung oleh pengguna akhir. Rincian pemetaan kegiatan pada kedua fase implementasi ini dijabarkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kegiatan Fase Prototyping

Fase <i>Prototyping</i>	Deskripsi Kegiatan Implementasi
Construction of Prototype	Penulisan kode program (<i>coding</i>) antarmuka dan logika aplikasi (<i>backend</i>) menggunakan Laravel 12, pembuatan tabel MySQL, serta penyambungan sistem dengan API Gemini 2.5.
Deployment Delivery & Feedback	Pengunggahan (<i>hosting</i>) purwarupa aplikasi web ke peladen (<i>server VPS</i>) agar dapat diakses secara <i>online</i> untuk divalidasi dan diuji langsung oleh pengguna akhir (guru dan <i>developer</i>).

5.1.2. Persiapan Infrastruktur

Dalam mengeksekusi tahapan implementasi secara optimal, diperlukan persiapan infrastruktur rekayasa perangkat lunak yang diklasifikasikan ke dalam dua lingkungan kerja, yaitu lingkungan pengembangan lokal dan lingkungan produksi. Pada fase pengembangan awal, penulisan dan pengujian kode sumber dieksekusi secara lokal menggunakan perangkat komputasi personal. Pemrograman difasilitasi oleh editor kode Visual Studio Code, sementara *version control* dan pencadangan basis kode diintegrasikan melalui Git menuju repositori GitHub. Pengisolasian di lingkungan lokal ini bertujuan untuk memastikan stabilitas logika antarmuka dan basis data sebelum sistem dibuka untuk akses publik.

Setelah purwarupa dinyatakan stabil, sistem didistribusikan ke lingkungan produksi menggunakan layanan VPS untuk fase peluncuran. VPS yang digunakan dikonfigurasi dengan spesifikasi tingkat menengah, mencakup prosesor 4 *Core* CPU, memori utama 8 GB RAM, dan media penyimpanan SSD berkapasitas 128 GB tanpa batasan *bandwidth*. Pemilihan spesifikasi server ini merupakan sebuah keharusan teknis guna mencegah terjadinya latensi atau kelebihan beban komputasi. Ketersediaan sumber daya perangkat keras yang memadai sangat krusial, mengingat server harus menangani lalu lintas data yang berat saat menyuplai dokumen silabus berukuran besar serta riwayat kolaborasi secara utuh menuju API Gemini 2.5 pada waktu yang bersamaan.

5.1.3. Pengembangan Sistem

Tahap ini menerjemahkan spesifikasi perancangan menjadi purwarupa fungsional. Secara arsitektural, platform dikembangkan menggunakan kerangka kerja Laravel berbasis *Model-View-Controller* untuk mengamankan stabilitas aliran data. Pada sisi *frontend*, *Tailwind CSS* diimplementasikan guna menciptakan ruang kerja yang bersih, sehingga pengguna dapat berfokus penuh pada substansi perancangan gim tanpa terbebani kerumitan navigasi. Lebih lanjut, komunikasi *Application Programming Interface* Gemini 2.5, perenderan dokumen rancangan, dan pemformatan *markdown* dieksekusi menggunakan kumpulan pustaka eksternal yang dikelola secara terpusat melalui *Composer*. Rincian fungsionalitas pustaka pihak ketiga tersebut dijabarkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Daftar Pustaka Sistem

Nama Pustaka	Deskripsi Pustaka
Google Gemini PHP	Pustaka penghubung klien (<i>client-side</i>) yang mengelola interaksi, pengiriman perintah (<i>prompt</i>), dan penarikan data secara langsung dari layanan API Gemini 2.5.
Spatie Laravel Markdown	Modul pembaca teks yang bertugas menerjemahkan dan merender keluaran data AI berformat <i>markdown</i> agar tampil rapi, memiliki hierarki, dan terstruktur di layar pengguna.
Barryvdh Laravel DomPDF	Pustaka yang dikhususkan untuk keperluan perenderan, pengonversian, dan pencetakan luaran dokumen Game Design Document berformat HTML agar hasilnya bisa diunduh sebagai PDF.

Berdasarkan Tabel 5.2, pustaka-pustaka tersebut dihubungkan dengan *backend* untuk memastikan pemediasian AI berjalan optimal. Sebelum sistem mengirimkan data ke Gemini 2.5, terdapat tahapan algoritma yang harus dieksekusi secara berurutan. Proses pertama diawali dengan penyiapan materi dasar melalui algoritma ekstraksi dokumen sebagai berikut:

Tabel 5.3 Algoritma Perangkuman Dokumen

ALGORITMA: Perangkuman Dokumen
Input: context (data dokumen dan proyek)
Output: ringkasan dokumen dan pembaruan status proses
1: statusDokumen ← "processing" 2: Kirim pembaruan status pemrosesan 3: persona ← pilih persona AI untuk analisis dokumen 4: ringkasan ← hasilkan ringkasan dokumen PDF menggunakan Model Gemini 2.5 5: IF ringkasan tersedia THEN 6: Simpan ringkasan ke dokumen 7: statusDokumen ← "completed" 8: Kirim pembaruan status dokumen 9: ELSE 10: IF kesalahan bersifat sementara THEN 11: statusDokumen ← "pending" 12: Kirim pembaruan status dokumen 13: Hentikan proses agar sistem melakukan retry 14: ELSE 15: statusDokumen ← "failed" 16: Kirim pembaruan status dokumen 17: ENDIF 18: ENDIF

Rincian langkah pada algoritma perangkuman dokumen menunjukkan bagaimana sistem merangkum informasi dari dokumen PDF yang diunggah pengguna. Algoritma ini memastikan status pemrosesan dokumen terlacak dengan baik, sehingga teks materi berhasil diubah menjadi ringkasan yang siap diolah lebih lanjut oleh kecerdasan buatan.

Tabel 5.4 Algoritma Pemilihan Persona

ALGORITMA: Pemilihan Persona
Input: project (data proyek), userRole (peran pengguna), stage (tahapan DGBL), subStage (sub tahapan DGBL), userMessage (pesan pengguna)
Output: persona AI terpilih
1: message ← ubah userMessage menjadi huruf kecil

ALGORITMA: Pemilihan Persona
2: IF message mengandung kata kunci kebingungan atau konflik THEN 3: persona ← "Fasilitator Proyek" 4: ELSE 5: IF userRole = "Guru" THEN 6: persona ← "Konsultan Pedagogis" 7: ELSE IF userRole = "Game Developer" THEN 8: persona ← "Konsultan Desain Game" 9: ELSE 10: persona ← "Fasilitator Proyek" 11: ENDIF 12: ENDIF 13: Ambil data persona berdasarkan nama persona 14: Kembalikan data persona

Setelah dokumen materi siap, sistem mengeksekusi algoritma pemilihan persona untuk memilih *pesona* kecerdasan buatan secara dinamis. Algoritma ini bertugas mendeteksi siapa pengirim pesannya dan apakah terdapat indikasi kebingungan di dalam obrolan. Melalui mekanisme ini, AI dapat merespons dengan gaya bahasa yang paling tepat sasaran guna menghindari miskomunikasi bahasa profesi.

Tabel 5.5 Algoritma Pembuatan Sistem Prompt

ALGORITMA: Pembuatan Sistem Prompt
Input: persona (identitas AI) context (data konteks proyek) isChat (mode penggunaan: chat atau laporan)
Output: system prompt terstruktur
1: identitasAI ← format identitas AI berdasarkan persona 2: informasiTahapan ← format informasi tahap dan sub-tahap berdasarkan context 3: konteksProyek ← format ringkasan dokumen dan milestone berdasarkan context 4: daftarPeserta ← format daftar peserta berdasarkan context 5: riwayatPercakapan ← format riwayat percakapan berdasarkan context 6: IF isChat = BENAR THEN 7: aturanPrompt ← aturan mode percakapan 8: ELSE 9: aturanPrompt ← aturan mode laporan 10: ENDIF 11: systemPrompt ← gabungkan [IDENTITAS], [TAHAPAN], [KONTEKS], [PESERTA],

ALGORITMA: Pembuatan Sistem Prompt
[RIWAYAT], [ATURAN], dan waktu saat ini menjadi satu dokumen prompt 12: Kembalikan systemPrompt

Langkah selanjutnya adalah merakit instruksi tersebut menjadi sebuah perintah yang utuh, sebagaimana dijabarkan pada algoritma pembuatan sistem prompt. Sistem akan menggabungkan identitas peran yang terpilih, dokumen materi proyek, daftar peserta, riwayat percakapan, hingga aturan batasan ke dalam satu paket data yang sangat terstruktur. Paket instruksi padat inilah yang kemudian dikirimkan ke mesin Gemini 2.5 agar balasan yang diberikan selalu berbobot dan tidak melenceng dari konteks pendidikan.

Tabel 5.6 Algoritma Perangkuman Tahapan

ALGORITMA: Perangkuman Tahapan
Input: approval (data persetujuan penyelesaian sub-tahap)
Output: ringkasan tahap (stage summary) yang tersimpan dan terpublikasi
1: project ← ambil data proyek dari approval 2: stage ← ambil tahap dari approval 3: subStage ← ambil sub-tahap dari approval 4: Kirim status proses menjadi "processing" ke sistem 5: IF ringkasan sub-tahap belum tersedia THEN 6: persona ← "Fasilitator Proyek" 7: instruksi ← susun instruksi peringkasan berdasarkan diskusi sub-tahap 8: ringkasan ← hasilkan ringkasan menggunakan AI 9: Simpan ringkasan ke data approval 10: Publikasikan ringkasan ke percakapan proyek 11: Kirim notifikasi kepada anggota proyek 12: ENDIF 13: IF project telah mencapai tahap akhir THEN 14: Jadwalkan proses pembentukan Dokumen GDD 15: Kirim pemberitahuan bahwa Dokumen GDD sedang disiapkan 16: ENDIF 17: Kirim status proses menjadi "completed" ke sistem 18: IF terjadi kesalahan THEN 19: Kirim status proses menjadi "failed" ke sistem 20: ENDIF

Ketika seluruh rangkaian diskusi dalam satu tahapan perancangan telah disetujui bersama oleh tim, sistem akan menjalankan algoritma perangkuman tahapan. Fungsi ini memanggil mesin kecerdasan

buatan secara khusus untuk bertugas sebagai "Fasilitator Proyek" yang menganalisis riwayat obrolan dan menyusun rangkuman keputusan utama serta solusi desain tanpa mencantumkan identitas pengguna. Hasilnya adalah sebuah kesepakatan bersih yang tersimpan rapi sebagai landasan kerja tim sebelum beranjak ke tahap perancangan berikutnya.

Tabel 5.7 Algoritma Pembuatan GDD

ALGORITMA: Pembuatan GDD
Input: project (data proyek) stage (tahap proyek) subStage (sub-tahap proyek) Output: dokumen GDD dalam bentuk PDF 1: ringkasanTahap ← ambil seluruh ringkasan dari setiap sub-tahap proyek 2: systemPrompt ← bangun system prompt untuk penyusunan GDD 3: userPrompt ← susun prompt berdasarkan nama proyek dan seluruh ringkasan tahap 4: dokumenGDD ← hasilkan dokumen menggunakan AI berdasarkan systemPrompt dan userPrompt 5: IF dokumenGDD mengandung kesalahan kapasitas AI ATAU hasil tidak lengkap THEN 6: Hentikan proses dan tandai sebagai gagal 7: ENDIF 8: kontenHTML ← konversi dokumenGDD dari Markdown menjadi HTML 9: filePDF ← render kontenHTML menjadi dokumen PDF 10: Hapus dokumen GDD sebelumnya apabila tersedia 11: Simpan filePDF sebagai dokumen proyek 12: dokumen ← buat data dokumen GDD beserta metadata proyek 13: Kembalikan dokumen

Sebagai akhir dari seluruh alur kerja tim, penyusunan GDD permainan dieksekusi melalui algoritma 5. Sistem akan mengumpulkan semua rangkuman dari tahap awal hingga akhir, lalu memerintahkan AI untuk menyatukannya menjadi sebuah GDD.

5.1.4. Integrasi Model Gemini 2.5

Integrasi Gemini 2.5 sebagai "otak" utama sistem dilakukan melalui *Application Programming Interface* menggunakan pustaka `google-gemini-php/laravel`. Untuk menjaga keamanan tingkat tinggi, *API Key* diisolasi secara aman ke dalam berkas konfigurasi `.env`.

Sebelum berkomunikasi dengan *server* kecerdasan buatan, sistem merakit instruksi yang sangat padat. Berkat kapasitas memori bacaan AI yang luas, dokumen materi pendidikan tidak perlu dipotong-potong sehingga maknanya tetap utuh. Rincian komponen pembentuk instruksi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.8 Deskripsi Komponen Pembentuk Instruksi

Komponen	Deskripsi Fungsional
System Persona	Aturan peran dinamis agar AI merespons secara spesifik sebagai Konsultan Pedagogis, Teknis, atau Fasilitator Proyek.
Long-Context Memory	Rangkuman dokumen silabus (PDF) sebagai landasan utama pemahaman materi kurikulum bagi AI.
Conversation History	Riwayat obrolan tim sebelumnya agar balasan AI memiliki ingatan kontekstual dan tidak melenceng.
User Request	Pesan, pertanyaan, atau instruksi terbaru yang diketik langsung oleh pengguna.

Keempat komponen tersebut kemudian digabungkan menjadi system prompt dan user prompt sebelum dikirimkan ke Model Gemini 2.5. Sistem menerapkan mekanisme *Retry* apabila permintaan gagal diproses atau respons tidak berhasil diselesaikan. Alur proses tersebut ditunjukkan pada algoritma pembuatan teks AI.

Tabel 5.9 Pembuatan Teks AI

ALGORITMA: Pembuatan Teks AI
Input: systemPrompt (instruksi sistem) userPrompt (permintaan pengguna) config (parameter AI) Output: response AI <pre> 1: daftarPercobaan ← susun kombinasi API Key 2: FOR setiap percobaan pada daftarPercobaan DO 3: clientGemini ← inisialisasi client Gemini menggunakan API Key 4: responsAI ← kirim systemPrompt dan userPrompt ke Model Gemini 5: finishReason ← ambil status penyelesaian respons AI 6: IF finishReason = STOP THEN 7: responsAI ← bersihkan hasil respons AI 8: RETURN responsAI 9: ENDIF 10: ENDFOR 11: Catat kegagalan respons AI </pre>

Setelah Model Gemini 2.5 berhasil menghasilkan respons dengan status penyelesaian *STOP*, sistem akan membersihkan hasil respons untuk menghilangkan karakter atau format yang tidak diperlukan sebelum dikembalikan kepada pengguna. Sebaliknya, apabila proses gagal, sistem akan mencoba kembali menggunakan API Key berikutnya hingga batas percobaan yang telah ditentukan. Dengan mekanisme tersebut, proses integrasi AI menjadi lebih andal tanpa mengubah konteks permintaan pengguna.

5.2. Pengujian Sistem

Setelah seluruh tahapan perakitan sistem selesai dari awal hingga akhir, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem. Pengujian ini berfokus pada fungsionalitas aplikasi web untuk memastikan bahwa seluruh fitur kolaborasi yang telah dirancang dapat berjalan semestinya tanpa adanya *bug*. Pendekatan yang digunakan adalah pengujian *Blackbox*. Melalui metode ini, sistem dievaluasi secara langsung dari sudut pandang pengguna akhir saat berinteraksi dengan antarmuka, tanpa perlu membedah struktur logika kode di belakangnya.

Pengujian mencakup skenario operasional secara menyeluruh, mulai dari keberhasilan proses masuk, kelancaran unggah dokumen PDF materi, hingga validasi bahwa peran kecerdasan buatan dapat berganti secara dinamis menyesuaikan pengirim pesan. Rincian skenario pengujian fungsionalitas sistem ini dapat dilihat pada tabel berikut:

A. Modul Autentikasi

Tabel 5. 10 Pengujian Modul Autentikasi

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
AUTH-001	Authentikasi	Pengguna dapat login menggunakan Google OAuth	Klik 'Login dengan Google' serta verifikasi dengan akun Google	Login berhasil, arahkan ke dashboard	Login berhasil, arahkan ke dashboard	PASS
AUTH-002	Authentikasi	Pengguna dapat logout dari aplikasi	Pengguna sudah login lalu klik 'Logout'	Logout berhasil, sesi dihapus serta mengarahkan ke halaman login	Logout berhasil, sesi dihapus serta mengarahkan ke halaman login	PASS
AUTH-003	Authentikasi	Tamu tidak bisa akses halaman terlindungi	Mengetikan rute halaman terkunci oleh autentikasi	403 Forbidden dan di arahkan ke /auth/oauth	403 Forbidden dan di arahkan ke /auth/oauth	PASS

B. Modul Manajemen Dokumen

Tabel 5. 11 Pengujian Modul Manajemen Dokumen

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
DOC-001	Manajemen Dokumen	Pengguna dapat unggah dokumen PDF	File: 'Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf' (590Kb), Kategori: 'Buku Pelajaran'	Unggah berhasil, file tersimpan di /storage/documents/, record basis data dibuat	Unggah berhasil, file tersimpan di /storage/documents/, record basis data dibuat	PASS
DOC-002	Manajemen Dokumen	Sistem otomatis picu job SummarizeDocument	Dokumen Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf Telah diunggah	Job ProcessDocumentForAI antri, SummarizeDocument terjadwal	Job ProcessDocumentForAI antri, SummarizeDocument terjadwal	PASS

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
DOC-003	Manajemen Dokumen	Pengguna dapat melihat daftar dokumen	GET /dashboard/project/019c5bd1-5edb-7208-ab7d-4fad6eaf2aee/documents (anggota terautentikasi)	Daftar tampil: nama file, nama pengguna yang mengunggah, ringkasan	Daftar tampil: nama file, nama pengguna yang mengunggah, ringkasan	PASS
DOC-004	Manajemen Dokumen	Pengguna dapat hapus dokumen	Dokumen Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf Telah diunggah	Dokumen dihapus dari penyimpanan + basis data, event DocumentRemoved dipicu	Dokumen dihapus dari penyimpanan + basis data, event DocumentRemoved dipicu	PASS
DOC-005	Manajemen Dokumen	Pengguna dapat unduh dokumen	Dokumen Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf Telah diunggah	Dokumen Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf terunduh ke perangkat	Dokumen Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf terunduh ke perangkat	PASS
DOC-006	Manajemen Dokumen	File non-PDF atau Word ditolak	Unggah file: FIGMA LOW FED.zip	Unggah ditolak, error: 'Hanya file PDF/Word yang diizinkan'	Unggah ditolak, error: 'Hanya file PDF/Word yang diizinkan'	PASS

C. Modul Ruang Diskusi

Tabel 5. 12 Pengujian Modul Ruang Diskusi

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
CHAT-001	Ruang Diskusi	Pengguna dapat masuk ke ruang obrolan	GET /dashboard/project/019c5bd1-5edb-7208-ab7d-4fad6eaf2aee (tab obrolan aktif)	Membuka ChatRoom dengan pesan yang dimuat	Membuka ChatRoom dengan pesan yang dimuat	PASS
CHAT-002	Ruang Diskusi	Pengguna dapat mengirim pesan	Pesan: 'Sudah ada kemajuan untuk bab 3?', Proyek: BioCellVR	Pesan dikirim, disimpan di basis data	Pesan dikirim, disimpan di basis data	PASS
CHAT-003	Ruang Diskusi	Job GenerateMessageAI dipicu	Pesan pengguna: 'Bagaimana cara validasi data?', Peran pengirim: Game Developer	Job GenerateMessageAI masuk antrian, menunggu pemrosesan	Job GenerateMessageAI masuk antrian, menunggu pemrosesan	PASS
CHAT-004	Ruang Diskusi	AI persona dipilih otomatis sesuai pengirim	Pesan pengguna: 'Bagaimana cara validasi data?', Peran pengirim: Game Developer	AI merespons dengan persona Developer (detail teknis)	AI merespons dengan persona Developer (detail teknis)	PASS
CHAT-005	Ruang Diskusi	Respons AI tampil + lencana persona	Respons AI: 'Validasi gunakan Schema validation'	Pesan punya lencana 'Konsultan Design'	Pesan punya lencana 'Konsultan Design'	PASS

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
				Game', identifikasi jelas	Game', identifikasi jelas	

D. Modul AI Persona

Tabel 5. 13 Pengujian Modul AI Persona

Test Case	Modul	Deskripsi Test	Input/Data	Expected Result	Actual Result	Status
AI-001	AI Persona	Persona AI berganti sesuai peran pengirim	Pesan 1: Bhadrika (peran=Game Developer) 'Bagaimana Sistem Pembuatan Karakternya nanti?', Pesan 2: Raffi (peran=Guru) 'Metode Pembuatannya Pakai apa?'	Respons AI pesan1=nada Developer (kode), pesan2=nada Guru (pendagogi)	Respons AI pesan1=nada Developer (kode), pesan2=nada Guru (pendagogi)	PASS
AI-002	AI Persona	Respons AI memahami konteks	Pesan: 'Gimana konsep gamenya?', Konteks proyek: Modul Ajar Sistem Peredaran Darah.pdf + tahap DESAIN + konteks chat	Respons referensi dari dokumen + tujuan tahap DESAIN + basis data chat	Respons referensi dari dokumen + tujuan tahap DESAIN + basis data chat	PASS

Tabel pengujian di atas membuktikan bahwa seluruh fungsi dasar platform telah beroperasi dengan sangat stabil. Setelah sistem dipastikan terbebas dari kesalahan fungsional, aplikasi purwarupa ini siap untuk digunakan langsung oleh responden asli guna memasuki tahap evaluasi manfaat.

5.3. Evaluasi

Tahap evaluasi merupakan proses pengujian yang dirancang untuk mengukur tingkat keberhasilan purwarupa sistem dalam menyelesaikan permasalahan. Mengacu pada spesifikasi pengujian yang telah ditetapkan pada bab metodologi, evaluasi ini difokuskan pada dua instrumen pengukuran utama. Pertama, pengukuran tingkat akurasi dan relevansi saran dari agen Kecerdasan Buatan dieksekusi menggunakan pendekatan *Precision at K*. Kedua, tingkat kelayakan fungsional serta penerimaan pengguna terhadap antarmuka platform diukur menggunakan instrumen kuesioner evaluasi berskala *Likert*. Rincian hasil dari seluruh rangkaian evaluasi ini, mulai dari kondisi sebelum sistem diterapkan hingga analisis efektivitas kolaborasi pasca-implementasi, dijabarkan secara sistematis pada subbab-subbab berikut.

5.3.1. Pengujian Sebelum Sistem

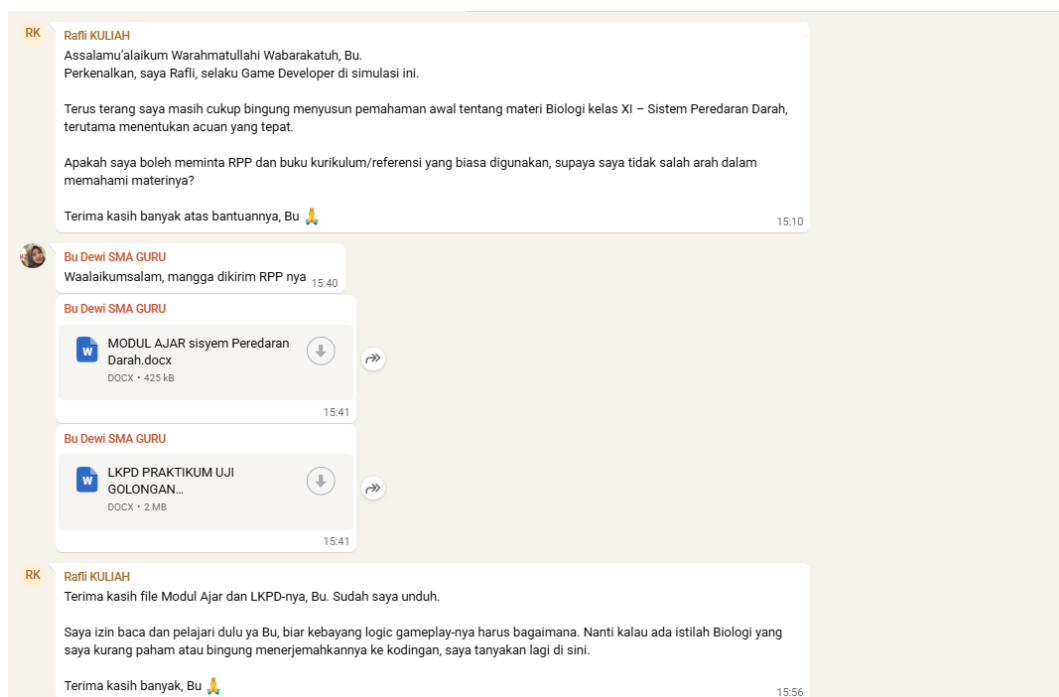
Tahap pertama dari proses evaluasi ini adalah menganalisis kondisi awal sebelum platform kolaborasi diterapkan. Analisis ini menggunakan bukti nyata berupa riwayat obrolan dari aplikasi WhatsApp pada dua kelompok pengujian, yaitu Kelompok A dan Kelompok B. Setiap kelompok terdiri dari satu orang Guru dan satu orang *Game Developer*. Berdasarkan pengamatan langsung dari riwayat

percakapan tersebut, ditemukan tiga kendala utama yang membuktikan bahwa komunikasi manual lintas profesi sangat tidak efektif dan memakan banyak waktu.



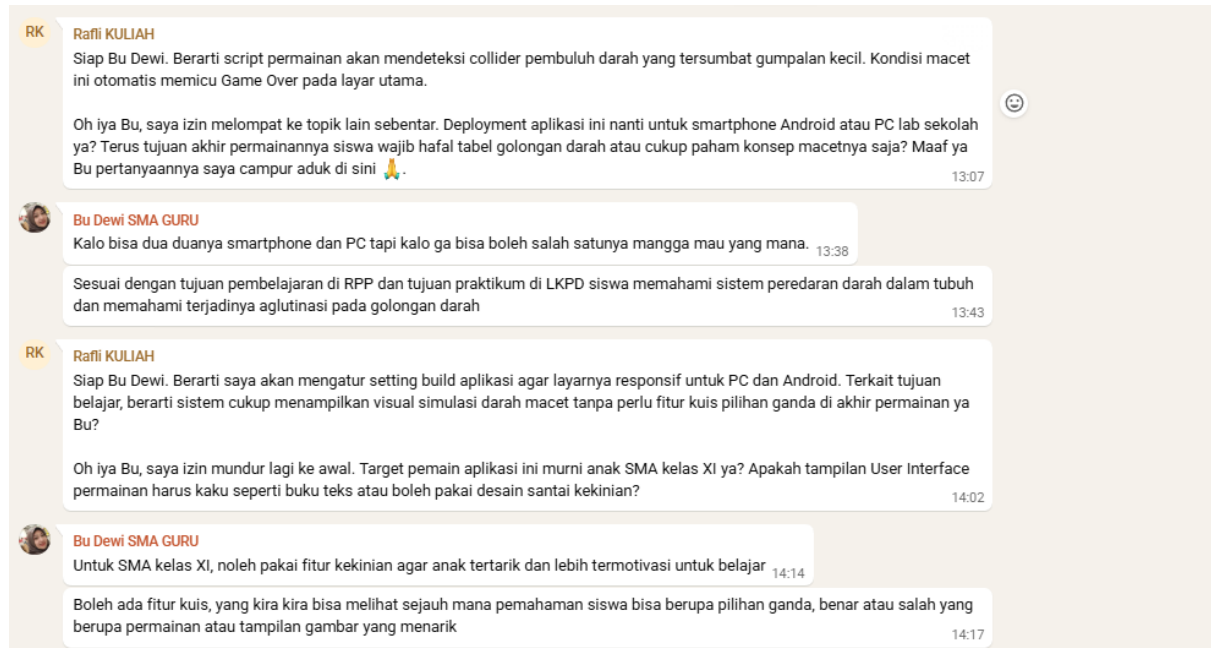
Gambar 5.1 Kendala Kesenjangan Pemahaman

Berdasarkan gambar di atas, kendala pertama yang ditemukan berasal dari sisi sumber daya manusia, yaitu terjadinya kesenjangan pemahaman bahasa profesi. Terlihat jelas bahwa *game developer* sering menggunakan istilah teknis komputer yang rumit. Di sisi lain, Guru meresponsnya murni dengan bahasa pedagogi dan istilah biologi. Tanpa adanya penengah yang bisa menerjemahkan bahasa ini membuat *game developer* kebingungan dan harus menebak-nebak cara mengubah teori pendidikan menjadi logika baris kode permainan.



Gambar 5.2 Masalah Pengelolaan Dokumen

Kendala kedua dapat dilihat pada Gambar 5.2, yang menunjukkan buruknya pengelolaan dokumen jika hanya mengandalkan aplikasi WhatsApp. Guru mengirimkan dokumen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran dan modul ajar secara langsung ke dalam grup. Akibatnya, dokumen tersebut sangat mudah tenggelam oleh tumpukan pesan teks lainnya. Sebagai dampaknya, *developer* merasa kewalahan hingga secara terang-terangan harus meminta waktu jeda secara khusus hanya untuk mencari dan merangkum ulang seluruh instruksi yang tercecer di dalam riwayat obrolan tersebut secara manual.



Gambar 5.3 Masalah Tahapan Berputar-putar

Kendala ketiga yang paling krusial ditunjukkan pada Gambar 5.3., yaitu buruknya metode perancangan yang berdampak langsung pada rendahnya kepadatan informasi dalam koordinasi tim. Berdasarkan bukti riwayat obrolan, untuk menyepakati satu tahapan dasar saja tim harus menghabiskan waktu yang cukup lama yang diisi oleh banyak nya *bubble chat*. Obrolan berjalan sangat panjang, bolak-balik, dan berputar-putar tanpa arah yang jelas. *Developer* secara sadar mengeluhkan alur diskusi yang melompat-lompat. Mayoritas waktu dan pesan terbuang hanya untuk mengklarifikasi pemahaman, membuktikan bahwa koordinasi manual di WhatsApp sangat tidak efisien dan memakan banyak waktu.

Ketiga bukti *screenshot* di atas memvalidasi akar permasalahan yang telah dirumuskan pada diagram *Fishbone*. Obrolan yang penuh miskomunikasi teknis, dokumen yang tenggelam, serta rendahnya kepadatan informasi akibat alur yang melompat-lompat ini menjadi dasar yang kuat mengapa kehadiran platform kolaborasi satu pintu dengan bantuan penengah AI sangat krusial untuk segera diuji coba.

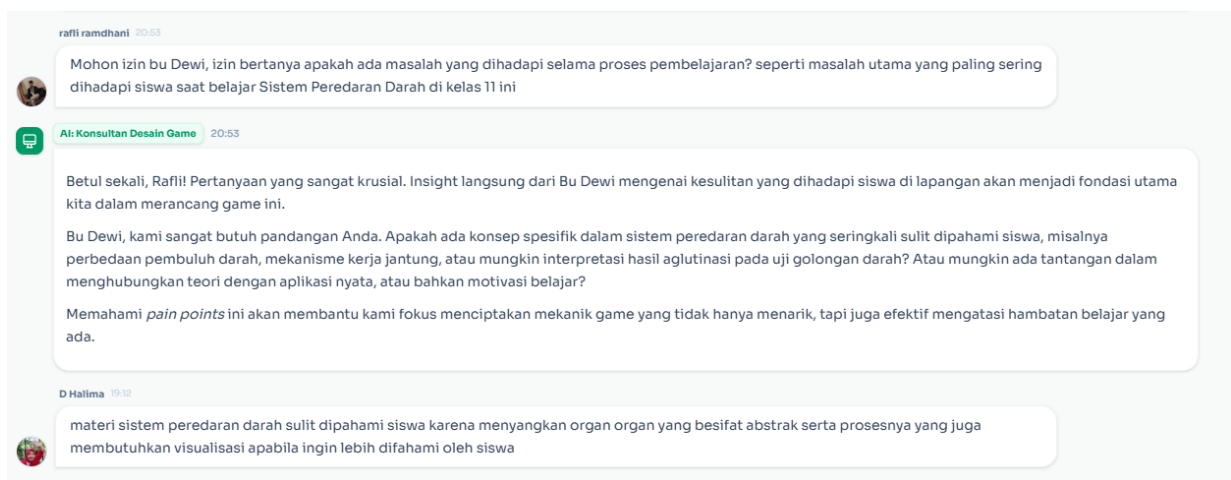
5.3.2. Pelaksanaan Uji Coba Platform

Setelah tiga akar permasalahan utama pada komunikasi manual teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah melaksanakan uji coba langsung terhadap platform kolaborasi berbasis web yang telah dibangun. Uji coba ini melibatkan subjek penelitian yang sama, yaitu Guru dan *Game Developer* dari Kelompok A dan Kelompok B.

Berbeda dengan penyajian data pada pengujian kondisi awal yang sekadar menampilkan kumpulan gambar tangkapan layar, evaluasi pasca-implementasi sistem ini disajikan dengan menyoroti momen-momen krusial selama proses perancangan *Digital Game-Based Learning* di dalam sistem. Hal ini bertujuan untuk memperlihatkan secara objektif bagaimana kehadiran mediator kecerdasan buatan mampu mengubah diskusi yang sebelumnya panjang dan berputar-putar di WhatsApp, menjadi sangat terarah, padat, dan langsung ke inti permasalahan pada setiap langkah perancangan.

1. Tahap Requirement and Problem Analysis

Tahap pertama ini memiliki tujuan utama untuk menganalisis kebutuhan pembelajaran dan mengidentifikasi masalah inti yang dialami siswa di kelas, agar akar masalah tersebut dapat dipecahkan melalui media permainan. Di dalam platform, proses penggalian masalah ini langsung dipandu oleh AI untuk memastikan diskusi tidak keluar dari konteks.



Gambar 5.4 Kelompok A pada Tahapan Requirement and Problem Analysis

Berdasarkan Gambar 5.4. tersebut pada Kelompok A, diskusi perancangan terbukti berjalan dengan sangat terarah. Ketika *Game Developer* menanyakan masalah utama yang dihadapi siswa, sistem AI dengan persona "Konsultan Desain Game" turut hadir memandu pertanyaan agar lebih spesifik pada konsep yang sulit dipahami. Guru kemudian merespons bahwa siswa kesulitan pada materi yang bersifat abstrak dan membutuhkan visualisasi. Melalui panduan AI ini, *Developer* langsung mendapatkan inti permasalahan akademik tanpa perlu melalui puluhan pesan klarifikasi yang berputar-putar seperti kejadian di aplikasi obrolan konvensional.



Gambar 5.5 Kelompok B pada Tahapan Requirement and Problem Analysis

Sebagai perbandingan momen krusial pembuktian kemampuan AI juga terjadi pada Kelompok B yang ditunjukkan pada Gambar 5.5. Ketika Guru memaparkan masalah yang lebih spesifik yaitu siswa kesulitan menghafal jalur aliran darah dan menentukan faktor Rhesus AI tidak sekadar memandu, tetapi langsung mengambil peran sebagai "Konsultan Pedagogis". AI secara otomatis menerjemahkan keluhan teori biologi tersebut menjadi usulan mekanik permainan, yaitu adaptasi permainan ular tangga untuk menghafal jalur darah dan *mini-game* simulasi laboratorium virtual untuk uji Rhesus. Koordinasi pada tahap ini terbukti berjalan sangat ringkas dan tepat sasaran karena *Developer* langsung mendapatkan rancangan teknis tanpa perlu meraba-raba keinginan Guru.

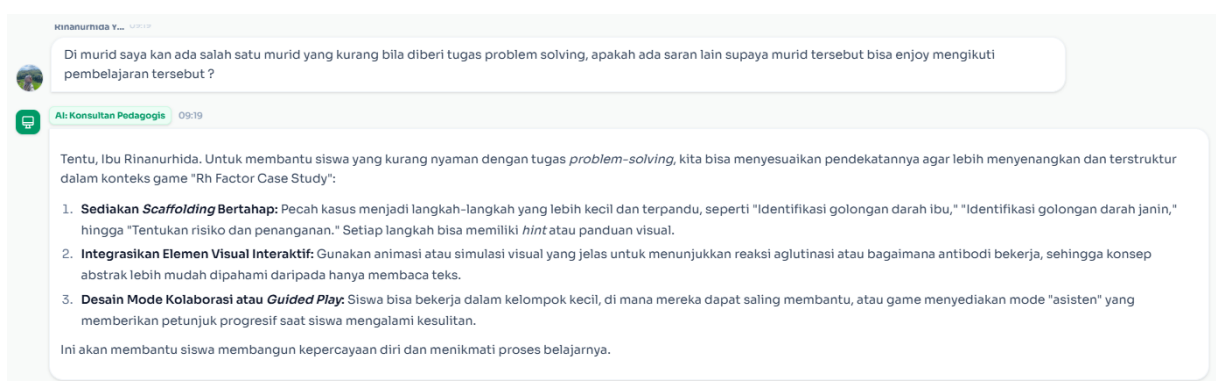
2. Tahap Determination of Students' Characteristics

Tahap kedua ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik target siswa, yang meliputi aspek kognitif, gaya belajar, serta motivasi mereka di dalam kelas. Pengenalan karakteristik ini sangat krusial agar rancangan mekanik permainan dapat disesuaikan secara presisi dengan kapasitas siswa. Di dalam platform, kecerdasan buatan secara aktif memandu jalannya diskusi agar penjabaran sifat siswa dari pihak guru dapat langsung dikonversi menjadi panduan fitur teknis bagi pihak pengembang.



Gambar 5.6 Kelompok A pada Tahapan Determination of Students' Characteristics

Berdasarkan Gambar 5.6 pada Kelompok A, diskusi terbukti berjalan dengan sangat terarah. Saat *Developer* kebingungan menentukan topik bahasan pada tahap ini, sistem AI yang mengambil peran sebagai "Konsultan Desain Game" langsung memberikan panduan poin krusial berupa penggalan tingkat kognitif, gaya belajar, dan motivasi. Arahan yang padat ini memicu *Developer* untuk mengajukan pertanyaan yang tepat sasaran kepada Guru. Guru kemudian merespons secara spesifik bahwa karakteristik siswanya kesulitan memahami materi abstrak. Momen ini membuktikan AI mampu menjaga diskusi tetap pada jalurnya tanpa adanya obrolan yang melompat-lompat atau kebingungan memulai perancangan.



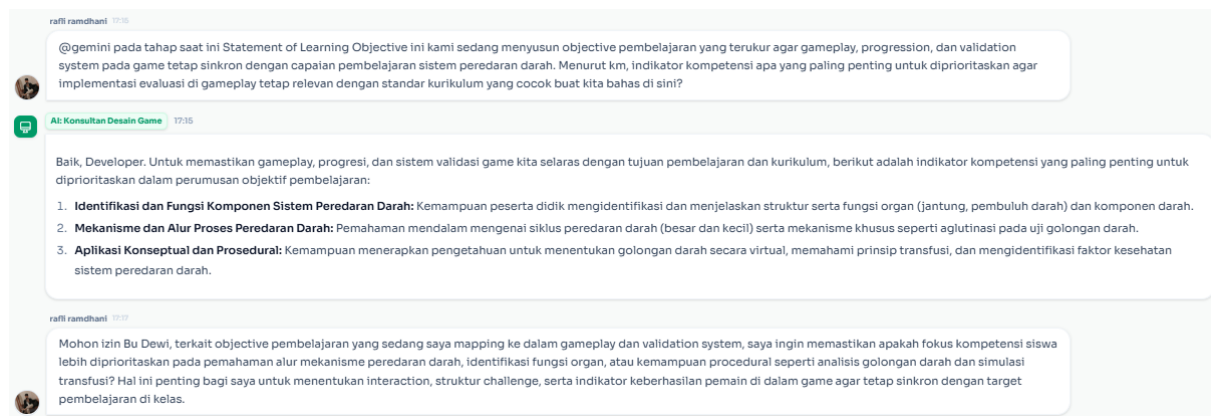
Gambar 5.7 Kelompok B pada Tahapan Determination of Students' Characteristics

Sebagai perbandingan, momen pembuktian yang sangat krusial juga terjadi pada Kelompok B yang ditunjukkan pada Gambar 5.7. Saat Guru menyampaikan karakteristik psikologis spesifik di lapangan yaitu adanya siswa yang kurang menyukai tugas pemecahan masalah. AI yang berperan sebagai "Konsultan Pedagogis" langsung merespons dengan tepat sasaran. AI secara otomatis

mengonversi kendala siswa tersebut menjadi rancangan instruksi teknis berupa penerapan bantuan bertahap dan elemen visual interaktif. Koordinasi berjalan sangat ringkas, memastikan pengembang langsung mendapatkan panduan fungsional tanpa harus melalui perdebatan atau upaya menebak-nebak kebutuhan dari Guru.

3. Tahap Statement of Learning Objective

Tahap ketiga ini bertujuan untuk merumuskan indikator dan tujuan pembelajaran yang terukur agar selaras dengan standar kurikulum pendidikan di sekolah. Pada tahap ini, pengembang gim membutuhkan parameter pasti untuk menyusun sistem validasi, tantangan, dan penilaian di dalam permainan. Di dalam platform, kecerdasan buatan terbukti memegang peranan sangat krusial sebagai jembatan penengah untuk mengatasi akar masalah kesenjangan bahasa profesi, sehingga instruksi teknis dan pedagogis dapat diselaraskan dengan sangat padat dan terarah.



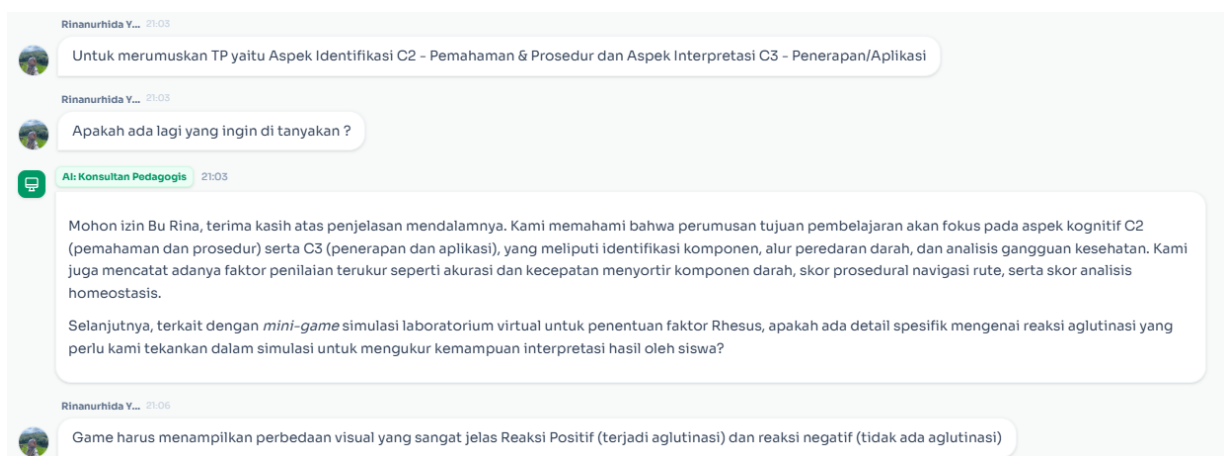
Gambar 5.8 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Learning Objective

Berdasarkan Gambar 5.8 pada Kelompok A, sistem berhasil memecahkan akar masalah kesenjangan bahasa profesi secara nyata. Pada awalnya, *Developer* memiliki pemikiran teknis yang rumit terkait "*gameplay, progression, dan validation system*", dan ia kebingungan bagaimana menanyakan hal tersebut kepada Guru tanpa menimbulkan salah paham. Dengan memanfaatkan fitur platform, *Developer* secara langsung meminta AI untuk menerjemahkan kebingungannya.



Gambar 5.9 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Learning Objective

AI yang mengambil peran sebagai "Konsultan Desain Game" langsung merangkai ulang pertanyaan teknis tersebut menjadi bahasa pedagogis yang sangat mudah dipahami. Hasilnya, Guru dapat langsung merespons dengan tepat sasaran dengan memberikan indikator Modul Ajar. Momen ini membuktikan bahwa platform mampu menghilangkan miskomunikasi dan obrolan berputar-putar akibat perbedaan domain ilmu.

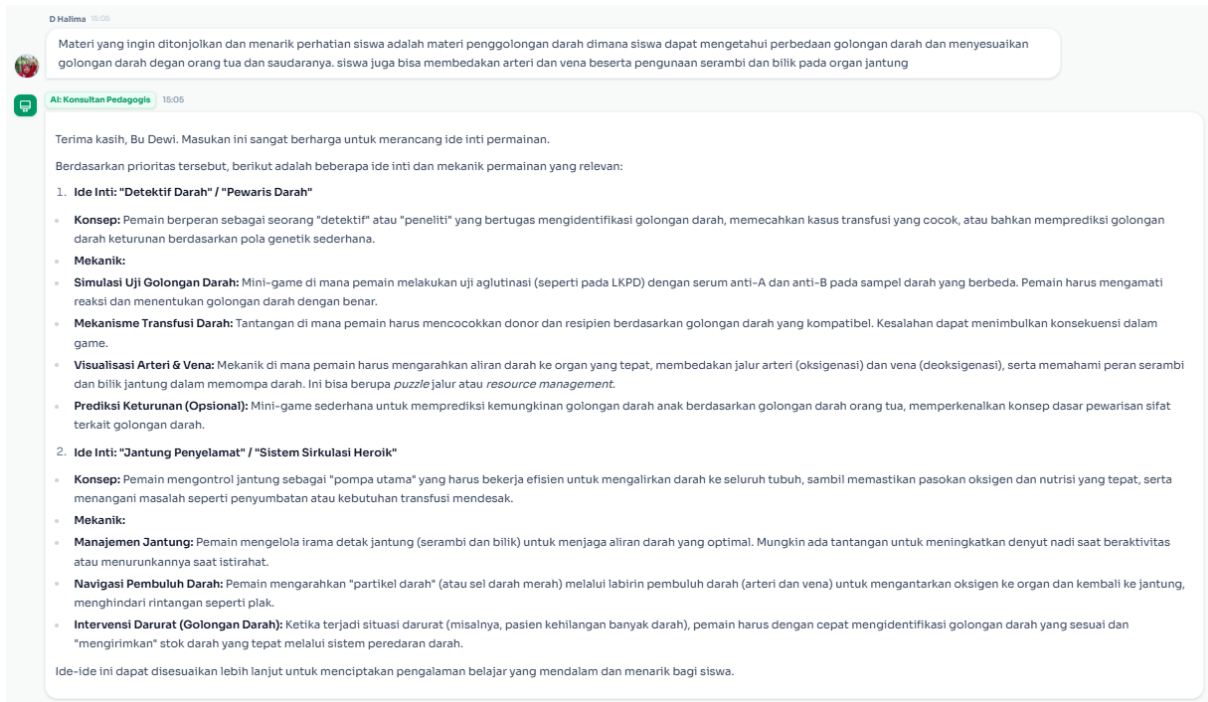


Gambar 5.10 Diskusi Guru Kelompok B dengan AI pada Learning Objective

Sebagai perbandingan yang setara, momen krusial pemecahan masalah juga terlihat pada Kelompok B di Gambar 5.10. Ketika Guru memberikan instruksi evaluasi yang sangat kental dengan bahasa akademik, AI langsung mengambil peran sebagai "Konsultan Pedagogis" untuk memandu arah diskusi. AI tidak hanya menampung informasi tersebut, tetapi langsung menjembatani instruksi akademik itu dengan parameter teknis gim dengan menanyakan detail visual reaksi aglutinasi pada *mini-game* laboratorium. Guru kemudian membalas dengan instruksi visual yang sangat jelas. Momen ini membuktikan bahwa platform berhasil memecahkan masalah metode perancangan yang acak.

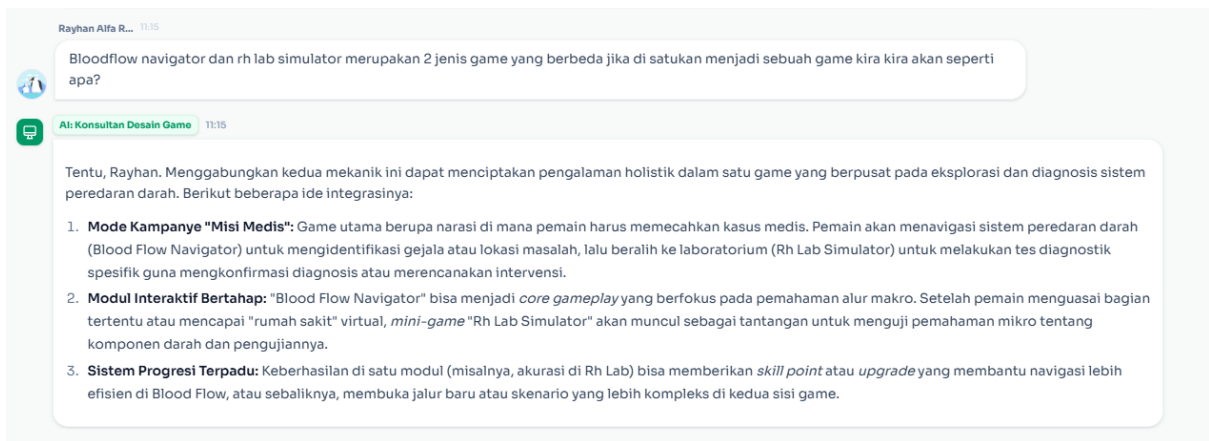
4. Tahap Determination of Game Idea

Tahap keempat ini bertujuan untuk menyusun mekanik inti, putaran permainan, serta mengembangkan konsep penyampaian materi menjadi satu kesatuan permainan yang utuh. Pada tahap ini, platform diuji untuk membuktikan kemampuannya memecahkan masalah metode perancangan yang sebelumnya acak, dengan cara langsung mengonversi ide materi yang abstrak menjadi rancangan teknis yang terarah.



Gambar 5.11 Diskusi Guru Kelompok A dengan AI pada Game Idea

Berdasarkan Gambar 5.11 pada Kelompok A, terlihat bukti nyata penyelesaian masalah kesenjangan bahasa profesi. Guru memaparkan keinginan akademik berupa materi penggolongan darah dan fungsi jantung. Tanpa perlu perdebatan panjang atau upaya saling menerka, sistem kecerdasan buatan yang mengambil peran sebagai "Konsultan Pedagogis" langsung memformulasikan keinginan tersebut menjadi rancangan mekanik permainan. AI menyodorkan konsep "Detektif Golongan Darah" yang dilengkapi dengan simulasi transfusi dan uji aglutinasi.

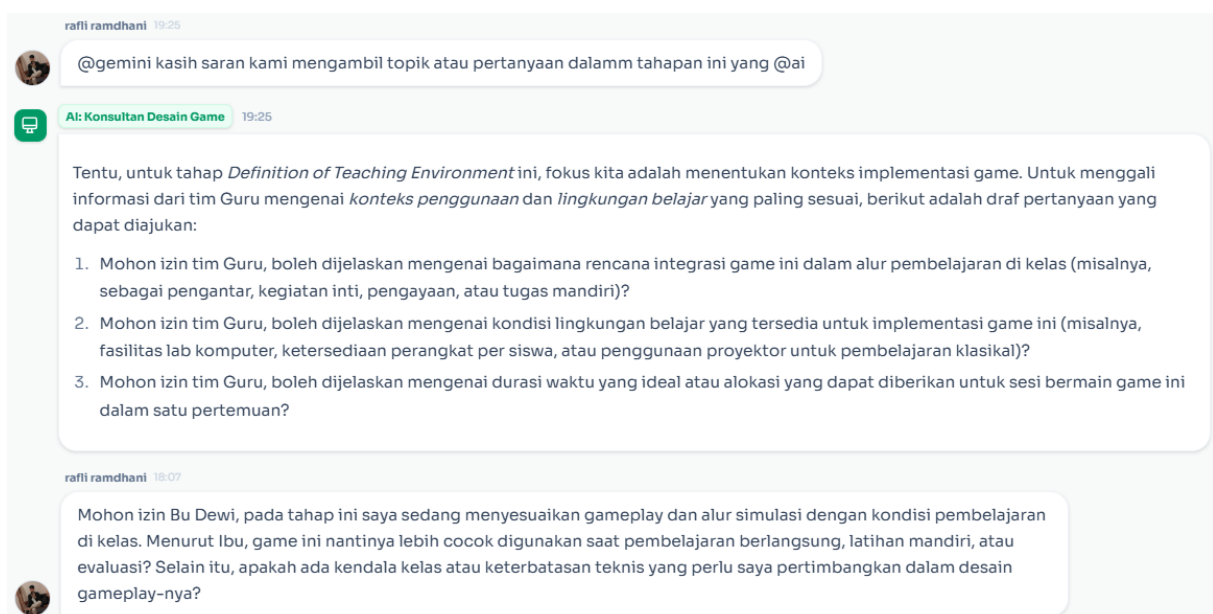


Gambar 5.12 Saran Konsultan Desain Game kepada Developer Kelompok B pada Game Idea

Sebagai perbandingan, Kelompok B pada Gambar 5.12 menunjukkan bukti penyelesaian masalah ide yang telah dikonsepkan oleh Game Developer. Saat *Game Developer* merasa kebingungan untuk menggabungkan dua ide mekanik yang, AI dengan peran "Konsultan Desain Game" merespons secara langsung dengan memberikan saran berupa "Mode Kampanye Misi Medis". Berkat panduan AI, ide disatukan dengan sangat ringkas dan terstruktur, membuktikan bahwa platform mampu menjaga tim agar tetap berada pada jalur perancangan yang sesuai.

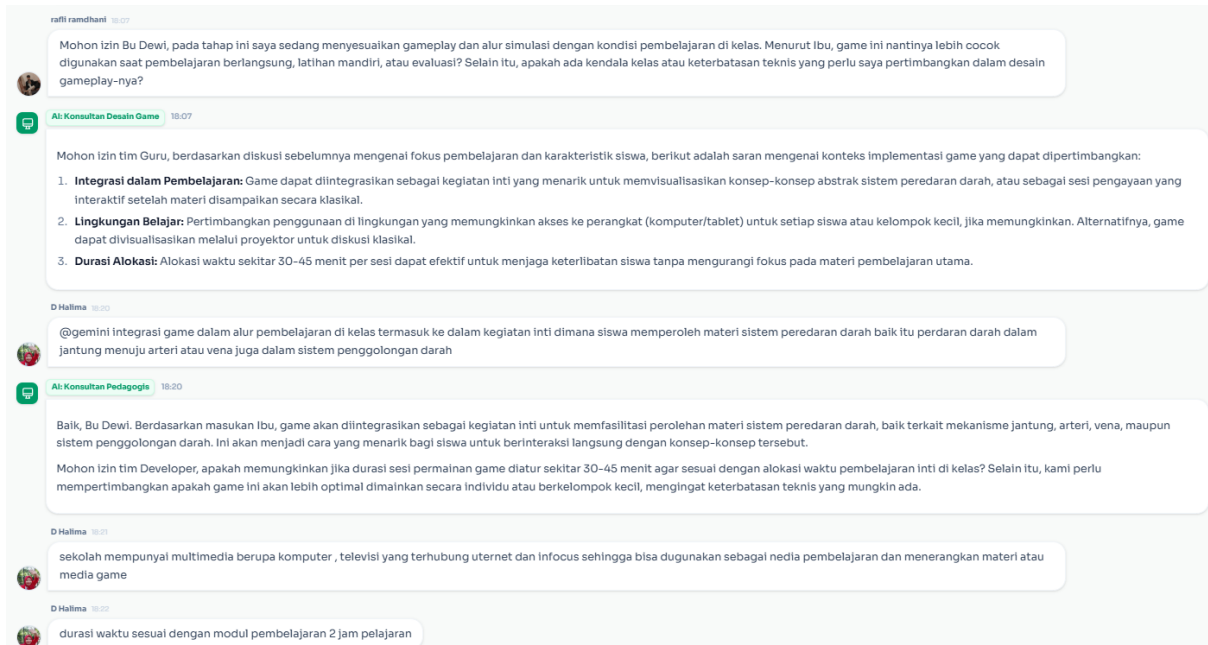
5. Tahap Definition of Teaching Environment

Pada tahap ini pengembang perlu mengetahui fasilitas kelas, durasi jam pelajaran, serta perangkat keras yang tersedia agar rancangan antarmuka permainan tidak salah sasaran. Berdasarkan akar masalah pada diagram *Fishbone*, proses pencarian spesifikasi lingkungan ini sebelumnya sering dilakukan secara acak dan melompat-lompat di WhatsApp. Kehadiran platform kolaborasi diuji untuk membuktikan kemampuannya dalam menyelesaikan masalah metode acak tersebut melalui panduan instruksi yang sangat terarah dari kecerdasan buatan.



Gambar 5.13 Pertanyaan Developer Kelompok A kepada AI pada Teaching Environment

Berdasarkan Gambar 5.13 pada Kelompok A, pada awalnya, *Game Developer* merasa kebingungan mengenai topik yang harus ditanyakan pada tahap ini. Tanpa perlu meraba-raba atau mencari referensi di luar aplikasi, ia langsung meminta panduan kepada AI. Sistem yang mengambil peran sebagai "Konsultan Desain Game" merespons dengan memberikan draf pertanyaan.



Gambar 5.14 Diskusi Developer Kelompok A dengan Guru pada Teaching Environment

Panduan ini memicu diskusi yang sangat padat, di mana Guru langsung memaparkan spesifikasi teknis lapangan secara rinci, meliputi ketersediaan fasilitas komputer, televisi, proyektor, serta durasi 2 jam pelajaran. Diskusi berjalan dengan sangat terarah tanpa ada obrolan yang melenceng atau melompat-lompat ke luar topik perancangan.



Gambar 5.15 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru pada Teaching Environment

Sebagai perbandingan, Kelompok B pada Gambar 5.15 saat *Game Developer* meminta bantuan untuk memulai diskusi, sistem AI dengan peran "Konsultan Desain Game" tidak hanya memberikan saran kepada *Developer*, melainkan langsung memandu alur komunikasi dengan mengajukan pertanyaan spesifik kepada tim Guru mengenai fleksibilitas jadwal dan penggunaan perangkat digital. Momen ini membuktikan bahwa platform mampu menjaga tim agar tetap berada pada alur kerja yang sesuai. Tidak ada lagi proses kebingungan untuk memulai tugas, karena sistem langsung mengarahkan pengguna pada inti spesifikasi lingkungan belajar.

6. Tahap Instructional Design

Tahap keenam ini berfokus pada perancangan strategi penyampaian konten edukatif melalui mekanisme permainan. Pada kondisi sebelum sistem, perumusan strategi belajar sering kali terhambat karena ketiadaan panduan terstruktur yang memicu munculnya pertanyaan-pertanyaan yang kurang spesifik dari pihak game developer. Melalui platform kolaborasi ini, tim dituntun untuk merumuskan strategi belajar secara teratur menggunakan panduan terpadu dari AI.



Gambar 5.16 Design Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Instructional Design

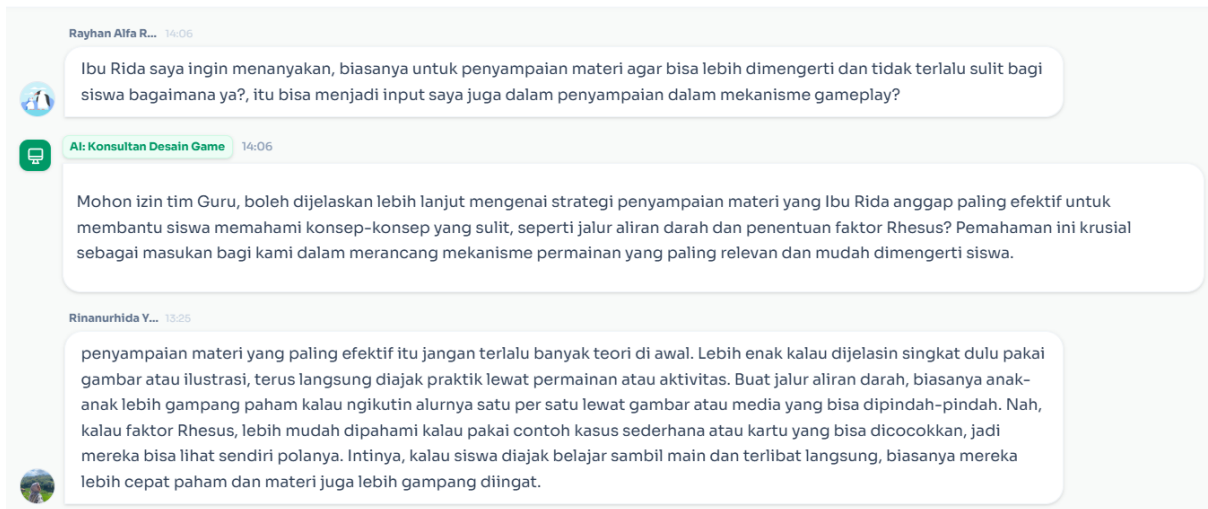
Berdasarkan Gambar 5.16 pada Kelompok A, diskusi berjalan secara searah tanpa adanya hambatan koordinasi yang melompat-lompat. Setelah mendapatkan draf pertanyaan terstruktur dari AI, game developer langsung mengajukan pertanyaan kepada Guru yang dibantu oleh AI.



Gambar 5.17 Jawaban Guru Kelompok A kepada Developer pada Instructional Design

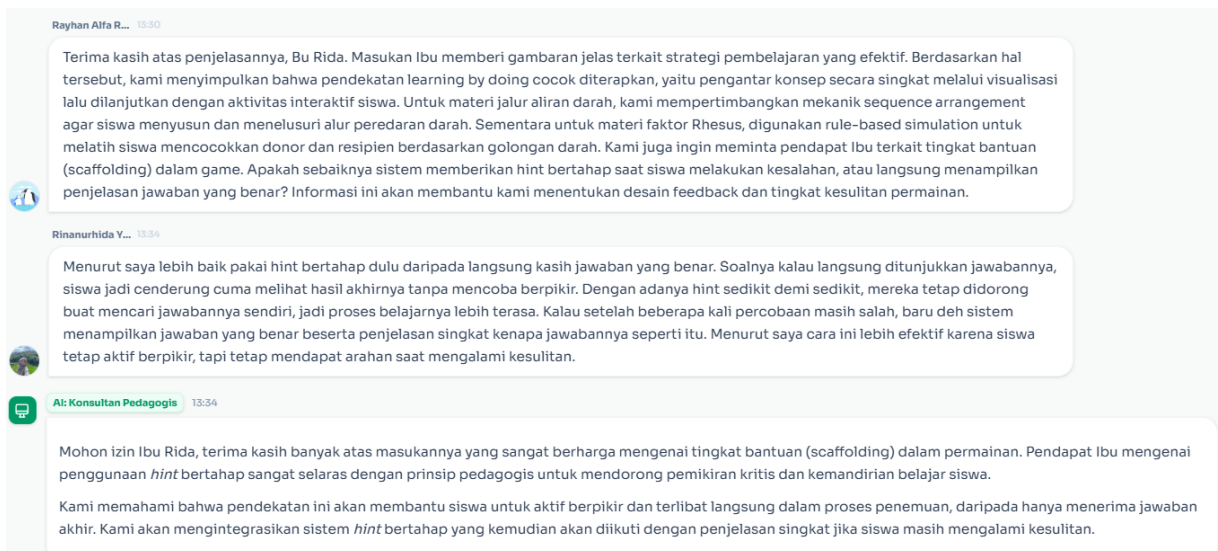
Guru menyepakati alur penyampaian materi secara runtut diawali dengan narasi pengantar, dilanjutkan pemberian instruksi pemecahan masalah sesuai tujuan pembelajaran, serta diakhiri dengan

evaluasi berupa simulasi interaktif. Penguncian alur ini dirangkum secara otomatis oleh AI sebagai pencatat keputusan akhir pada penutupan tahapan.



Gambar 5. 18 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru dan AI pada Instructional Design

Sebagai perbandingan, Kelompok B pada Gambar 5.18 menunjukkan penyelesaian masalah kesenjangan komunikasi lintas peran. Ketika pengembang mengajukan pertanyaan umum tentang cara penyampaian materi, AI secara otomatis memediasi dengan merumuskannya kembali ke dalam topik khusus berupa jalur aliran darah dan penentuan faktor Rhesus. Hal ini mendorong Guru untuk menetapkan metode penyampaian yang mengutamakan visualisasi gambar ringkas di awal sebelum aktivitas praktik.

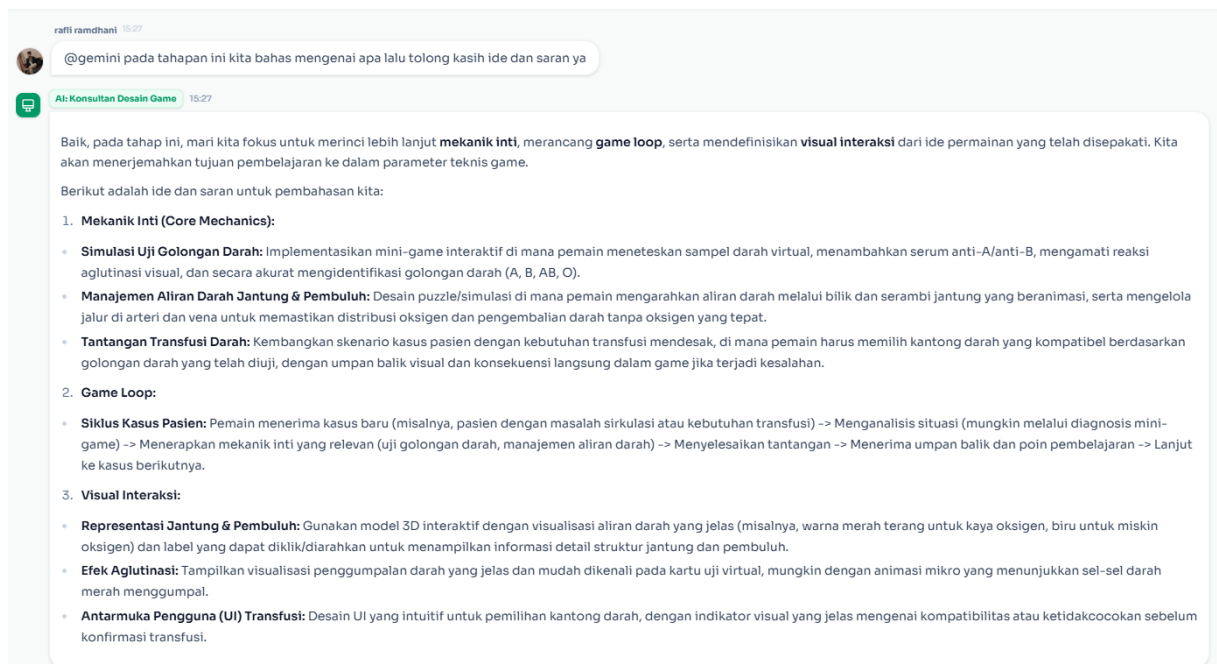


Gambar 5.19 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru pada Instructional Design

Tim juga menyepakati perancangan bantuan bertahap berupa petunjuk progresif ketika siswa melakukan kesalahan, guna melatih kemandirian berpikir siswa sebelum sistem menyajikan jawaban akhir. Hasil diskusi ini dicatat secara otomatis sebagai basis data rancangan pada akhir tahapan.

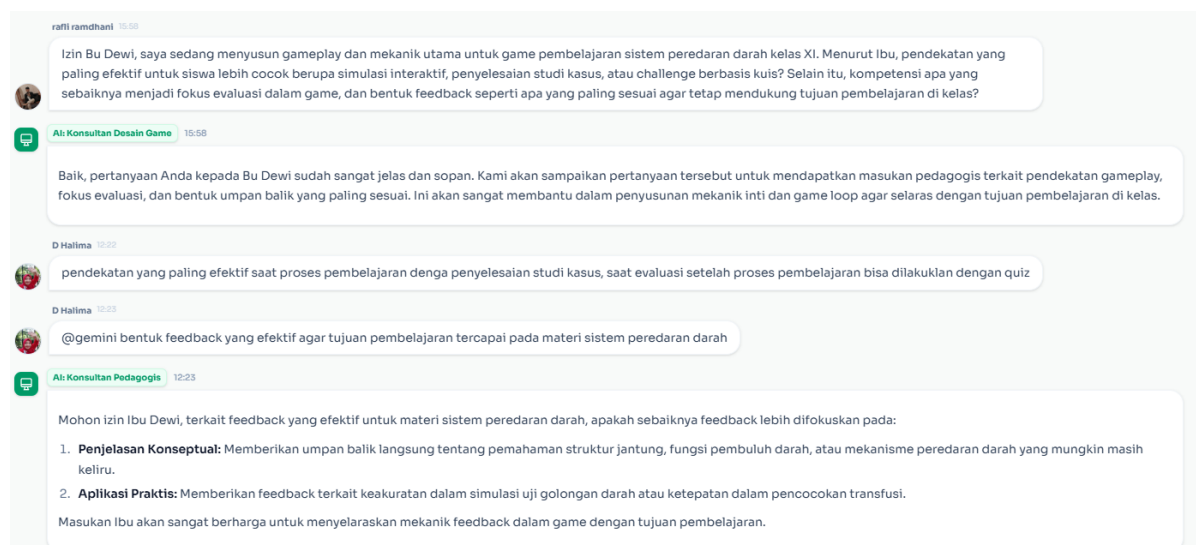
7. Tahap Game Design

Tahap ketujuh ini berfokus pada perancangan elemen teknis permainan yang meliputi mekanik inti, alur utama, serta kerangka dokumen desain. Berdasarkan analisis masalah pada diagram Fishbone, proses perancangan teknis sebelum menggunakan sistem di WhatsApp kerap terhambat akibat kesenjangan istilah teknis serta materi biologi abstrak yang sulit diterjemahkan secara manual ke dalam logika program. Melalui platform kolaborasi ini, tim dituntun untuk menyelaraskan elemen visual dan logika coding secara searah.



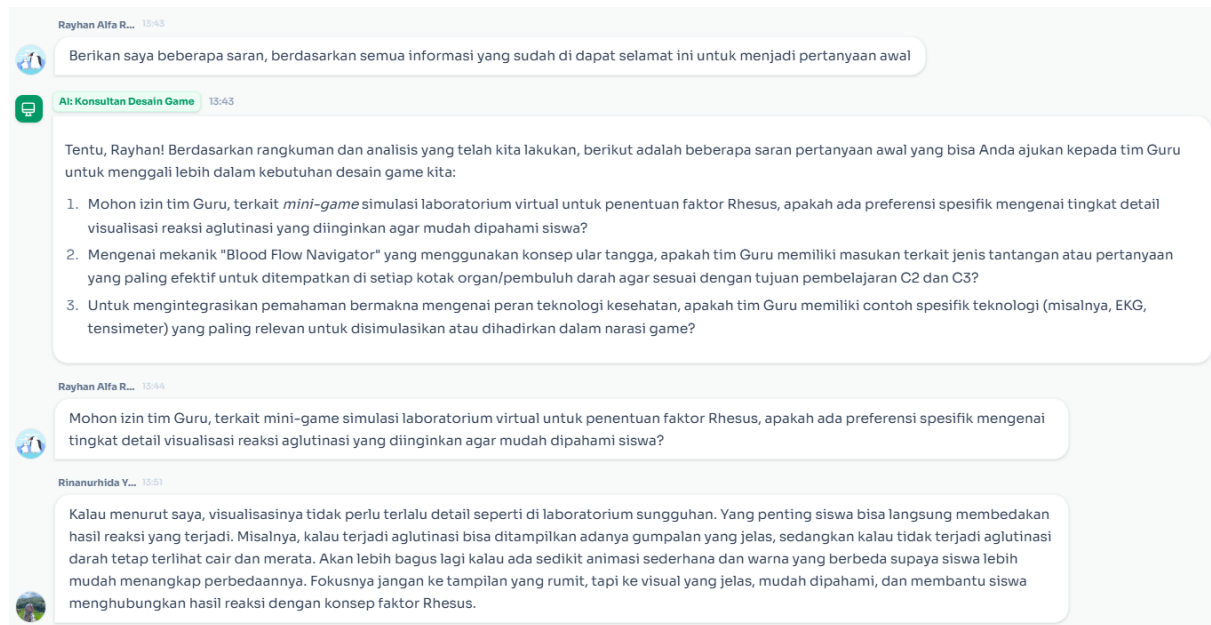
Gambar 5.20 Diskusi Developer Kelompok A dengan AI pada Game Design

Berdasarkan Gambar 5.20 pada Kelompok A, chat ini berdiskusi mengenai penyelarasan tujuan pengajaran Guru ke dalam komponen mekanik permainan. Diskusi dimulai ketika game developer meminta saran pembahasan kepada AI untuk memicu pengerjaan. AI dengan peran Konsultan Desain Game menyodorkan draf teknis berisi tiga mekanik beserta alur permainan berbasis kasus.



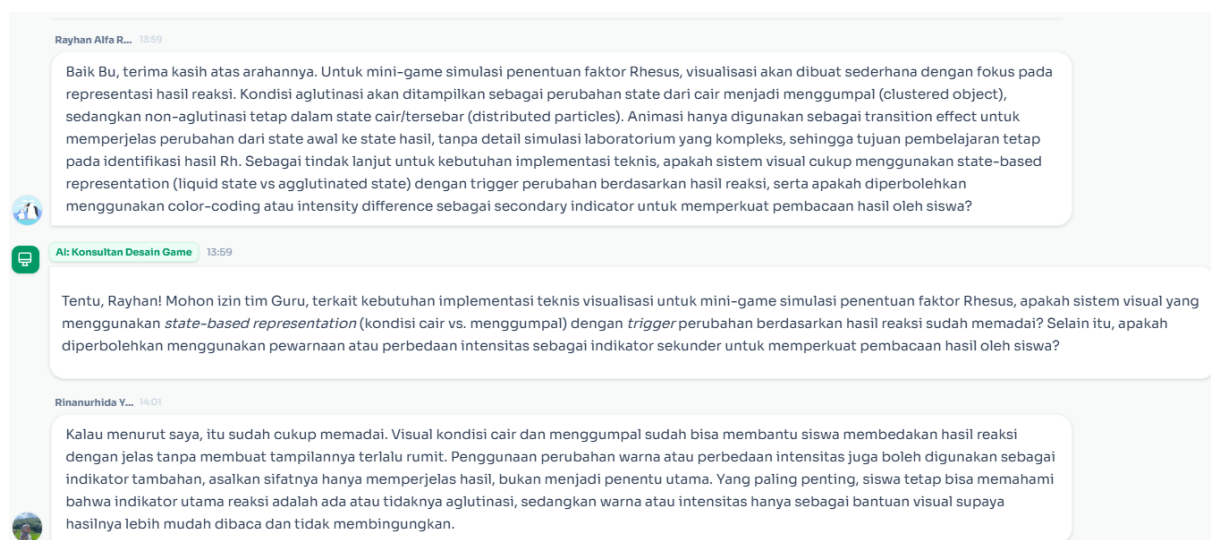
Gambar 5.21 Diskusi Developer Kelompok A dengan Guru pada Game Design

Game developer kemudian meneruskan draf tersebut untuk meminta keputusan Guru terkait pendekatan yang digunakan. Guru merespons dengan menetapkan penyelesaian studi kasus sebagai pendekatan utama saat belajar, serta kuis sebagai instrumen evaluasi. Melalui platform ini, kesepakatan rancangan teknis berhasil disimpan secara terpusat hingga asisten menerbitkan GDD secara otomatis tanpa ada dokumen yang tercecer.



Gambar 5. 22 Diskusi Developer Kelompok B dengan Guru dan AI pada Game Design

Berdasarkan Gambar 5.22 pada Kelompok B, chat ini berdiskusi untuk mengatasi kendala kesenjangan bahasa profesi dari diagram Fishbone. Diskusi diawali ketika game developer menanyakan tingkat detail visualisasi aglutinasi untuk diprogram ke dalam permainan. Guru memberikan batasan fungsional agar visual dibuat ringkas, yaitu cukup membedakan kondisi terjadi gumpalan dengan kondisi darah yang tetap cair merata.



Gambar 5. 23 Diskusi Guru dan Developer Kelompok B pada Game Design

Game developer dibantu dengan Konsultan Desain Game langsung menerjemahkan batasan tersebut ke logika pemrograman berbasis kondisi, yaitu kondisi menggumpal dan kondisi cair dengan

efek transisi sederhana. Guru menyepakati usulan tersebut karena dinilai sudah cukup sebagai bantuan visual siswa. Pemediasian asinkron ini berjalan secara searah hingga dokumen GDD berhasil diterbitkan otomatis.

5.3.3. Hasil Validasi Akurasi AI

Bagian ini memaparkan hasil evaluasi kuantitatif terhadap performa agen Kecerdasan Buatan dalam memberikan saran perancangan gim. Mengacu pada parameter metodologi, pengukuran tingkat akurasi dan relevansi instruksi dieksekusi menggunakan metrik *Precision at K*, dengan batas evaluasi difokuskan pada 10 rekomendasi teratas ($P@10$). Pendekatan ini merupakan standar evaluasi yang secara spesifik dirancang untuk menilai kualitas sistem berbasis temu kembali informasi dan *Large Language Model*, di mana pengguna sangat bergantung pada ketepatan jawaban di urutan paling awal.

A. Kelompok A

Pada Kelompok A, pengujian akurasi sistem dilakukan terhadap hasil umpan balik yang dinilai oleh Guru dan Game Developer. Hasil penilaian relevansi fitur game edukasi ditarik secara murni dari data kuesioner yang terekam pada berkas respon.

1. Pakar Materi Guru

Guru melakukan validasi terhadap 10 butir saran pedagogi yang diberikan oleh system. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebanyak 10 dari 10 butir rekomendasi yang diajukan dinilai berada dalam kategori Relevan. Berdasarkan hasil pengujian ini, nilai akurasi sistem adalah:

$$P@k = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ (100\%)}$$

2. Pakar Teknis Game Developer

Game Developer memvalidasi 10 komponen rancangan teknis yang diajukan oleh system. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa seluruh 10 indikator teknis dinilai berada dalam kategori Relevan. Berdasarkan hasil pengujian ini, nilai akurasi sistem adalah:

$$P@k = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ (100\%)}$$

B. Kelompok B

Pada Kelompok B, pengujian akurasi sistem dilakukan terhadap hasil umpan balik yang dinilai oleh Guru dan Game Developer. Penilaian ini memvalidasi efektivitas mediator AI dalam menangani kasus klinis khusus Rhesus.

1. Pakar Materi Guru

Guru memvalidasi 10 butir saran pengajaran yang diajukan oleh sistem. Hasil pengujian pada lembar respon menunjukkan bahwa seluruh 10 saran yang diuji dinilai berada dalam kategori Relevan. Berdasarkan hasil pengujian ini, nilai akurasi sistem adalah:

$$P@k = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ (100\%)}$$

2. Pakar Teknis Game Developer

Game Developer memvalidasi 10 butir rancangan sistem dan mekanik permainan yang diajukan oleh system. Hasil pengujian menunjukkan seluruh 10 parameter teknis dinilai berada dalam kategori Relevan. Berdasarkan hasil pengujian ini, nilai akurasi sistem adalah:

$$P@k = \frac{10}{10} = 1,0 (100\%)$$

Berdasarkan validasi silang yang dilakukan langsung oleh pakar materi dan pakar teknis, seluruh 10 butir rekomendasi yang disajikan oleh sistem pada kelompok uji coba dinilai sepenuhnya relevan. Hasil komputasi $P@10$ yang mencapai angka 1,0 (100%) ini memberikan bukti bahwa rekayasa *Prompt Persona Pattern* yang ditanamkan pada arsitektur sistem telah berhasil mengontrol dan mengarahkan logika Kecerdasan Buatan. Pembatasan konteks melalui persona dinamis ini secara efektif menekan risiko halusinasi informasi, sehingga solusi teknis maupun pedagogis yang dihasilkan terjamin akurasi dan bebas dari ambiguitas miskomunikasi.

5.3.4. Hasil Pengujian Skala Likert

Bagian ini menyajikan hasil evaluasi mengenai tingkat penerimaan pengguna terhadap fungsionalitas platform kolaborasi. Mengacu pada instrumen pengumpulan data yang telah dijabarkan pada tahap metodologi, kuesioner ini dirancang secara spesifik untuk mengukur tiga indikator keberhasilan utama, yakni efisiensi waktu, keterarahan alur diskusi, dan penurunan miskomunikasi profesi. Skala pengukuran direntangkan dari nilai satu hingga lima untuk memetakan tingkat persetujuan responden secara terstruktur dan mencegah terjadinya bias pemahaman di lapangan.

Berdasarkan pengumpulan data pascauji coba terhadap empat responden utama, seluruh tanggapan dikalkulasikan secara langsung berlandaskan skor aktual yang diisi secara mandiri. Hasil tabulasi data bersih dari penilaian pengguna dijabarkan pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Data Asli Kuesioner

No	Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
1	Game Developer Kelompok A	5	4	5	4	3	4	4	5	5	4	43
2	Guru Kelompok A	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	43
3	Game Developer Kelompok B	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	39
4	Guru Kelompok B	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Total Skor Aktual Terkumpul												175

Berdasarkan tabulasi data pada Tabel 5.14, tingkat penerimaan platform kolaborasi dikalkulasikan menggunakan pendekatan statistik deskriptif persentase. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan skor aktual yaitu data dari responden terhadap skor ideal yaitu skor tertinggi jika seluruh responden menjawab "Sangat Setuju" bernilai 5.

Pada Kelompok B, Guru secara aktif menjadikan mesin AI sebagai rekan bertukar pikiran selayaknya sedang melakukan obrolan dua arah. Hal ini dibuktikan melalui data percakapan di mana Guru Kelompok B tidak sekadar memberikan instruksi satu arah, melainkan aktif menggali ide dengan meminta alternatif rancangan, memberikan contoh kasus spesifik, hingga meminta saran penyesuaian bagi karakteristik siswa yang kurang menyukai tugas pemecahan masalah. Keterlibatan diskusi yang sangat interaktif ini memicu asisten Kecerdasan Buatan untuk memproses rekayasa *prompt* yang lebih kaya, sehingga mampu menyajikan ragam rekomendasi yang sangat relevan dengan kondisi nyata di kelas.

Kondisi tersebut berbeda dengan Kelompok A, di mana Guru cenderung memberikan pernyataan yang bersifat menjawab secara langsung berdasarkan modul ajar tanpa melakukan penjabaran ide lebih lanjut bersama sistem. Perbandingan ini membuktikan secara bahwa perolehan nilai kepuasan dari Guru Kelompok B dilatarbelakangi oleh tingginya pemanfaatan fitur Kecerdasan Buatan sebagai ruang diskusi dua arah untuk memecahkan kendala perancangan di lapangan.

Perhitungan persentase kelayakan dilakukan berdasarkan hasil penilaian dari empat responden terhadap sepuluh butir pertanyaan menggunakan skala Likert dengan bobot nilai tertinggi sebesar 5. Berdasarkan parameter tersebut, total skor ideal yang dapat diperoleh adalah 200, sedangkan total skor aktual yang diperoleh dari hasil pengujian adalah 175. Berdasarkan parameter tersebut, formulasi persentase kelayakan sistem secara keseluruhan dieksekusi sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \left(\frac{175}{200} \right) \times 100\% = 87,5\%$$

Perolehan persentase sebesar 87,5% menempatkan sistem pada rentang interval "Sangat Layak". Guna memvalidasi efektivitas sistem secara lebih mendalam, perhitungan dieksekusi lebih lanjut dengan membedah persentase kelayakan pada masing-masing indikator pengujian. Guna memvalidasi efektivitas sistem secara lebih mendalam, perhitungan dieksekusi lebih lanjut dengan membedah persentase kelayakan berdasarkan tiga indikator utama pengujian, yaitu:

1. Aspek Efisiensi Waktu

Terdapat 4 butir pertanyaan dengan skor ideal maksimal sebesar 80 (4 soal $\times$ 4 responden $\times$ bobot 5). Total skor aktual yang terkumpul dari keempat responden adalah 70 poin (18 + 17 + 15 + 20). Persentase Kelayakan = $(70 / 80) \times 100\% = 87,5\%$ (Sangat Layak).

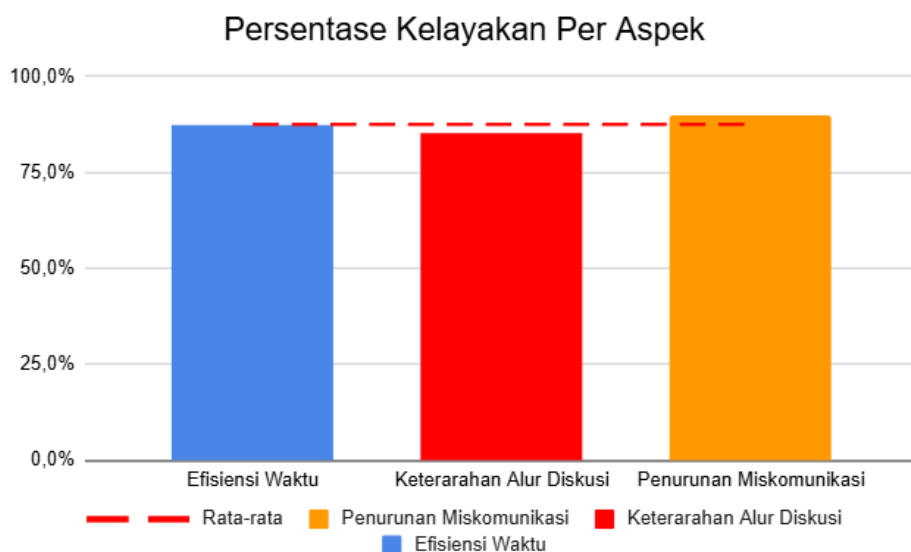
2. Aspek Keterarahan Alur Diskusi

Terdapat 3 butir pertanyaan dengan skor ideal maksimal sebesar 60 (3 soal $\times$ 4 responden $\times$ bobot 5). Total skor aktual yang terkumpul dari keempat responden adalah 51 poin (11 + 13 + 12 + 15). Persentase Kelayakan = $(51 / 60) \times 100\% = 85,0\%$ (Sangat Layak).

3. Aspek Penurunan Miskomunikasi

Terdapat 3 butir pertanyaan dengan skor ideal maksimal sebesar 60 (3 soal $\times$ 4 responden $\times$ bobot 5). Total skor aktual yang terkumpul dari keempat responden adalah 54 poin (14 + 13 + 12 + 15). Persentase Kelayakan = $(54 / 60) \times 100\% = 90,0\%$ (Sangat Layak).

Untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai tingkat keberhasilan sistem pada masing-masing indikator, perbandingan persentase tersebut divisualisasikan melalui diagram batang pada Gambar 5.24.



Gambar 5. 24 Diagram Batang Persentase Kelayakan

Visualisasi pada Gambar 5.24 mengonfirmasi bahwa arsitektur Kecerdasan Buatan yang ditanamkan memberikan dampak penyelesaian paling optimal pada aspek Penurunan Miskomunikasi (90,0%). Hal ini menjadi bukti bahwa rekayasa *Prompt Persona Pattern* berfungsi sempurna sebagai penerjemah bahasa teknis dan pedagogis. Secara keseluruhan, perolehan persentase yang konsisten di atas 85% pada setiap indikator membuktikan bahwa platform kolaborasi ini tervalidasi sangat berhasil dalam menjawab ketiga rumusan masalah penelitian.

5.3.5. Perbandingan Efektivitas Kolaborasi

Tahap akhir dari rangkaian evaluasi ini difokuskan pada analisis komparatif antara kondisi sistem berjalan sebelum platform diimplementasikan dengan kondisi pascaimplementasi. Guna memastikan bahwa perbandingan ini tidak sebatas asumsi, analisis dibedah secara spesifik mengacu pada tiga indikator utama yang telah diukur. Rangkuman komparasi efektivitas kolaborasi antara Guru dan *Game Developer* dijabarkan pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Tabel Komparasi Efektivitas Kolaborasi

Indikator Evaluasi	Kondisi Sebelum	Kondisi Sesudah
Efisiensi Waktu	Riwayat diskusi dan pencarian dokumen spesifikasi materi sering tercecer karena menggunakan saluran aplikasi pesan singkat yang tidak terintegrasi.	Seluruh manajemen dokumen dan riwayat percakapan dikelola secara terpusat (centralized), sehingga mempercepat proses penelusuran data.
Keterarahan Alur Diskusi	Proses perancangan berjalan acak, redundan, dan sering keluar dari jalur (out of scope) karena ketiadaan tahapan baku yang mengikat.	Diskusi dikunci secara sekuensial menggunakan fitur persetujuan (approval) di setiap akhir fase, sehingga memastikan proses perancangan berjalan secara linier.

Indikator Evaluasi	Kondisi Sebelum	Kondisi Sesudah
Tingkat Miskomunikasi	Kesenjangan pemahaman (knowledge gap) sangat tinggi akibat perbedaan istilah profesi antara pakar materi (Guru) dan pakar teknis (Game Developer).	Prompt Persona Pattern pada Gemini 2.5 secara otomatis menerjemahkan instruksi pedagogis menjadi parameter teknis dan sebaliknya sehingga mengurangi potensi miskomunikasi.

Berdasarkan komparasi pada Tabel 5.15, pembuktian efektivitas platform dapat divalidasi lebih lanjut melalui integrasi data pengujian berikut:

a. Aspek Efisiensi Waktu Kolaborasi

Sebelum sistem diterapkan, target pengujian terbukti menghabiskan banyak waktu operasional hanya untuk menelusuri riwayat revisi yang terpisah-pisah. Setelah platform terpusat diimplementasikan, sentralisasi ruang kerja menghilangkan redundansi tersebut. Tingginya skor kelayakan pada aspek ini membuktikan bahwa keberadaan platform dan asisten AI dapat memangkas waktu kerja manual.

b. Aspek Keterarahan Alur Diskusi

Tanpa prosedur yang mengikat pada kondisi awal memicu tingginya siklus revisi yang berulang-ulang. Platform ini menyelesaikan kendala tersebut dengan memaksa pengguna untuk mematuhi tahapan *Digital Game-Based Learning* secara sekuensial. Perolehan skor 85,0% membuktikan bahwa penerapan fitur panduan dan *approval* tervalidasi berhasil menjaga fokus diskusi agar tidak keluar dari substansi perancangan.

c. Aspek Penurunan Miskomunikasi Profesi

Miskomunikasi akibat hambatan bahasa lintas disiplin ilmu merupakan akar masalah paling krusial pada penelitian ini. Namun, platform berhasil mencetak skor tertinggi (90,0%) pada aspek ini, didukung oleh nilai akurasi Kecerdasan Buatan yang mencapai angka sempurna 1,0 (100%). Keberhasilan ini membuktikan bahwa rekayasa *Prompt Persona Pattern* berfungsi sangat sempurna sebagai penerjemah bahasa profesi.

Sebagai kesimpulan akhir, komparasi dari ketiga indikator ini memberikan justifikasi bahwa platform kolaborasi Kecerdasan Buatan yang dibangun sukses memecahkan permasalahan miskomunikasi yang melatarbelakangi penelitian ini.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai hasil penelitian serta pernyataan yang didapat berdasarkan identifikasi masalah yang dikemukakan, serta keterkaitan dari semua tahap yang dilakukan dalam penelitian. Di dalamnya terdapat pula saran yang diusulkan untuk penelitian selanjutnya.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan evaluasi terhadap platform kolaborasi perancangan *Digital Game-Based Learning*, penelitian ini telah berhasil menjawab kedua rumusan masalah dan tujuan yang ditetapkan pada Bab 1. Kesimpulan dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil menghasilkan platform kolaborasi berbasis web yang terpusat dan terstruktur mengikuti tahapan *Digital Game-Based Learning*. Platform ini terbukti sukses memecahkan kendala manajemen informasi yang tercecer akibat penggunaan saluran komunikasi konvensional yang terpisah-pisah. Keberhasilan ini divalidasi oleh tingginya penerimaan pengguna terhadap aspek efisiensi waktu kolaborasi sebesar 87,5% (Sangat Layak) dan aspek keterarahan alur diskusi sebesar 85,0% (Sangat Layak), di mana fitur tahapan sekuensial dan persetujuan (*approval*) secara efektif terbukti mampu mengunci fokus tim agar perancangan berjalan linier tanpa redundansi.
2. Integrasi Kecerdasan Buatan menggunakan rekayasa *Prompt Persona Pattern* dinamis telah berhasil diimplementasikan sebagai mediator komunikasi lintas profesi. Agen AI secara akurat mampu menerjemahkan kebutuhan pedagogis Guru ke dalam instruksi teknis bagi *Game Developer* dan sebaliknya, yang dibuktikan dengan nilai validasi *Precision at 10* sebesar 1,0 (100%). Hal ini secara langsung menjembatani kesenjangan domain pengetahuan antarperan, yang dibuktikan dengan tingkat kepuasan pada indikator penurunan miskomunikasi mencapai 90,0% (Sangat Layak).

6.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan dan batasan evaluasi yang telah dijabarkan, masalah yang dikaji pada penelitian ini merupakan bagian fundamental dari keseluruhan ekosistem pengembangan media pembelajaran. Oleh karena itu, guna menyempurnakan penelitian di masa depan, diusulkan beberapa saran pengembangan dan penelitian lanjutan sebagai berikut:

1. Luaran dari asisten Kecerdasan Buatan pada platform saat ini masih berfokus murni pada format teks, yakni penyusunan dokumen spesifikasi perancangan. Mengingat model dasar Gemini 2.5 sejatinya memiliki kapabilitas *multimodality* (kemampuan memproses teks, gambar, dan suara), penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk mengintegrasikan fitur *text-to-image*. Hal ini akan memungkinkan agen AI untuk tidak hanya memberikan saran berupa teks, tetapi juga mampu membuatkan draf aset visual yang dapat langsung dieksekusi oleh *Game Developer*.

2. Walaupun rekayasa *Prompt Persona Pattern* dinamis telah berhasil berjalan otomatis di latar belakang sistem, kebutuhan setiap proyek gim edukasi di lapangan sangat bervariasi. Pengembangan platform ke depan sebaiknya menyediakan fitur kustomisasi antarmuka di mana Guru atau *Developer* dapat menambahkan parameter spesifik. Pemberian fleksibilitas *prompt* ini secara teoretis akan semakin meningkatkan relevansi dan kualitas luaran sistem.
3. Ruang lingkup evaluasi pada penelitian ini dibatasi pada efektivitas proses kolaborasi antara Guru dan *Game Developer*. Untuk membuktikan efektivitas komprehensif dari *Digital Game-Based Learning* yang dirancang melalui platform ini, penelitian lanjutan perlu difokuskan pada pengujian *front-end*, yakni mengukur dampak langsung penerapan gim edukasi tersebut terhadap peningkatan motivasi dan hasil belajar siswa di dalam kelas.
4. Luaran *Game Design Document* saat ini diekspor ke dalam format PDF statis, sehingga perbaikan kesalahan minor memaksa pengguna mengulang pemrosesan *prompt* AI dari awal. Pengembangan selanjutnya disarankan menyediakan fitur ekspor ke format seperti *Microsoft Word* agar pengguna dapat melakukan revisi manual *post-editing* secara efisien tanpa membuang sumber daya komputasi.
5. Sistem saat ini mengharuskan konfigurasi setiap proyek baru dimulai dari keadaan kosong, yang dinilai kurang efisien untuk pengembangan gim bertema sejenis. Guna meningkatkan skalabilitas, platform perlu mengimplementasikan konsep *Project Reusability* melalui fitur duplikasi proyek. Fitur ini akan memungkinkan pengguna menyalin *knowledge base* dan parameter *prompt* dari proyek terdahulu sebagai kerangka dasar, sehingga memangkas waktu persiapan secara drastis.

DAFTAR PUSTAKA

- [AIP22] Aipina, D., dan Witriyono, "Pemanfaatan Framework Laravel dan Framework Bootstrap pada Pembangunan Aplikasi Penjualan Hijab Berbasis Web," *Jurnal Media Infotama*, vol. 18, no. 1, 2022.
- [AMI24] Amin, M., Hidayat, R., dan Izzati, N. N., "Penerapan Gemini API pada Website Ka' Cake," vol. 8, no. 4, hlm. 138–145, 2024.
- [ANN25] Annuar, H., Solihatin, E., dan Khaerudin, *Model Pembelajaran Saintifik Berbasis Game-Based Learning*, PT Literasi Nusantara Abadi Grup, 2025.
- [ARI22] Arifudin, D., Suliswaningsih, Pramesti, D., dan Heryanti, L., "Implementasi Game Design Document pada Perancangan Game-Based Learning," *Cogito Smart Journal*, vol. 8, no. 2, hlm. 385–397, 2022.
- [ASR25] Asrori, M. Z., Wijaya, A. Y., Baskoro, F., dan Hozairi, *Generative AI: Seni Menulis Prompt*, Widina Media Utama, 2025.
- [BUL21] Bullinger-Hoffmann, A., Koch, M., Möslin, K., dan Richter, A., "Computer-Supported Cooperative Work - Revisited," *i-com*, vol. 20, no. 3, hlm. 215–228, 2021. doi:10.1515/icom-2021-0028.
- [CIO23] Ciolfi, L., Lewkowicz, M., dan Schmidt, K., "Computer-Supported Cooperative Work," dalam *Handbook of Human Computer Interaction*, Springer International Publishing, 2023. doi:10.1007/978-3-319-27648-9_30-1.
- [COM25] Comanici, G., Bieber, E., Schaekermann, M., Pasupat, I., Sachdeva, N., Dhillon, I., Blistein, M., Ram, O., Zhang, D., Rosen, E., Marris, L., Petulla, S., Gaffney, C., Aharoni, A., Lintz, N., Pais, T. C., Jacobsson, H., Szpektor, I., Jiang, N.-J., dan Bhumihar, N. K., "Gemini 2.5: Pushing the Frontier with Advanced Reasoning, Multimodality, Long Context, and Next Generation Agentic Capabilities," *arXiv*, 2025.
- [DIM21] Dimitriadou, A., Djafarova, N., Turetken, O., Verkuyl, M., dan Ferworn, A., "Challenges in Serious Game Design and Development: Educators' Experiences," *Simulation & Gaming*, vol. 52, no. 2, hlm. 132–152, 2021. doi:10.1177/1046878120944197.
- [DIT24] Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, *Buku Panduan Penggunaan Generative Artificial Intelligence pada Pembelajaran di Perguruan Tinggi*, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2024.
- [FIT20] Fitri, R., *Pemrograman Basis Data Menggunakan MySQL*, Poliban Press, 2020.
- [GEE21] Geewax, J. J., *API Design Patterns*, Manning Publications, 2021.

- [ILU25] Ilufoye, H., dan Giwah, M. L., "Cross-Functional Team Collaboration and Its Impact on Project Outcomes," vol. 11, no. 10, hlm. 272–284, 2025. doi:10.56201/ijssmr.vol.11no10.2025.pg272.284.
- [KUR25] Kurniadi, D., Tresnawati, D., dan Fitriani, R., "Penerapan Algoritma Pathfinding pada Game Petualangan Pemadam Kebakaran Menggunakan Metode Learning Instructional Design," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 1, hlm. 1–15, 2025. doi:10.28932/jutisi.v11i1.8514.
- [KUS23] Kusumawardani, D. M., Darmansah, Astiti, S., Fathoni, M. Y., Sunardi, D., dan Fernandez, S., *Web Dasar Menggunakan HTML, CSS, JS, PHP dan Studi Kasus*, PT Sonpedia Publishing, 2023.
- [LI24] Li, X., Cao, Y., Ma, Y., dan Sun, A., "Long Context vs. RAG for LLMs: An Evaluation and Revisits," *arXiv*, 2024.
- [MAN08] Manning, C. D., Raghavan, P., dan Schütze, H., *Introduction to Information Retrieval*, Cambridge University Press, 2008.
- [MAS25] Massaty, M. H., Andrian, D. P. E., dan Fahrurozi, S. K., "Pengalaman Pengguna pada Platform Magang: Pengembangan dan Evaluasi melalui Pengujian Berbasis UEQ," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 23, no. 2, hlm. 37, 2025. doi:10.30646/sinus.v23i2.928.
- [OLE24] Olea, C., Tucker, H., Phelan, J., Pattison, C., Zhang, S., Lieb, M., Schmidt, D., dan White, J., "Evaluating Persona Prompting for Question Answering Tasks," hlm. 63–81, 2024. doi:10.5121/csit.2024.141106.
- [PAI25] Pai, S., *Designing Large Language Model Applications*, O'Reilly Media, Inc., 2025.
- [PRA24] Pratiwi, E. L., Rozaq, A., dan Pratama, R. N., *Pemrograman Web Lanjutan dengan Laravel*, Poliban Press, 2024.
- [PRA24A] Prawiro, W. M., dan Subhiyakto, E. R., "User-Centered Design Approaches to Enhance Employee Attendance Applications," *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*, vol. 6, no. 3, hlm. 1–10, 2024. doi:10.26877/asset.v6i3.798.
- [PRE19] Pressman, R., dan Maxim, B., *ISE Software Engineering: A Practitioner's Approach*, edisi ke-9, McGraw-Hill Education, 2019.
- [PUR23] Purnamasari, D., Bayu, A., Desy, A., Fanka, W. A. P., Reza, A., Safrila, M., Yanda, O. N., dan Hidayati, U., *Pengantar Metode Analisis Sentimen*, Gunadarma Penerbit, 2023.
- [SAB24] Sabandar, V. P., dan Sintaro, S., "Evaluation of Usability Based on User Satisfaction with the UI/UX Design of the E-Repository Prototype," *Sistemasi*, vol. 13, no. 5, hlm. 1940, 2024. doi:10.32520/stmsi.v13i5.4292.

- [SAH25] Sahoo, P., Singh, A. K., Saha, S., Jain, V., Mondal, S., dan Chadha, A., "A Systematic Survey of Prompt Engineering in Large Language Models: Techniques and Applications," arXiv, 2025.
- [SAN23] Santoso, J. T., Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence), Yayasan Prima Agus Teknik, 2023.
- [SCH25] Schreiber, W., White, J., dan Schmidt, D. C., "Toward a Pattern Language for Persona-Based Interactions with LLMs," Proceedings of the 31st Conference on Pattern Languages of Programs, People, and Practices, hlm. 1–16, 2025. doi:10.64346/PLoP2024p27.
- [SUG13] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Alfabeta, 2013.
- [SYL25] Sylvia, R., "Penggunaan AI Berbasis Large Language Models (LLM) sebagai Media Interaktif dalam Pendidikan Bahasa dan Hukum di Perguruan Tinggi," vol. 31, no. 4, hlm. 233–242, 2025.
- [WIJ25] Wijaya, A. F., Mulyana, T. M. S., dan Liunard, G. J., "Desain User Experience (UX) pada Website Smart City untuk Meningkatkan Aksesibilitas Layanan Publik," Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan, vol. 4, no. 2, hlm. 69–75, 2025. doi:10.55826/jtmit.v4i2.582.
- [ZAK25] Zakiyah, U. F., Fatah, Z., dan Anas, L. F., "Perancangan Sistem Informasi Tracking Progress Kolaboratif dalam Pengelolaan Media pada DISKOMINFO Banyuwangi," Jurnal Riset Teknik Komputer, vol. 2, no. 3, hlm. 23–32, 2025. doi:10.69714/k3smez32.
- [ZUL24] Zulfa, I., Pemrograman Web: Hyper Text Markup Language, Cascading Style Sheet, dan Hypertext Preprocessor (PHP), Eureka Media Aksara, 2024.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A
BERITA ACARA PENELITIAN

A. Pertemuan dengan Guru

BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 1
Hari, Tanggal : Selasa, 23 September 2025
Waktu : 12:00 s.d 13:00 WIB
Tempat : SMA Pasundan 8 Bandung
Narasumber : Dewi Halimah, S.Pd., M.M.

PEMBAHASAN

Pertemuan pertama ini difokuskan pada pengurusan izin penelitian serta pengenalan rencana proyek kepada pihak SMA Pasundan 8 Bandung. Penulis melakukan diskusi awal dengan Ibu Dewi Halimah, S.Pd., M.M. untuk memahami cara belajar siswa di kelas, terutama pada mata pelajaran Biologi. Pembahasan mencakup metode guru dalam menyampaikan materi dan kendala yang sering muncul saat mencoba menjelaskan konsep yang rumit kepada siswa. Selain itu, penulis memberikan penjelasan singkat mengenai rencana sistem yang akan dibangun agar guru mendapatkan gambaran bagaimana asisten cerdas dapat membantu mengubah materi pelajaran menjadi naskah rancangan game tanpa ada salah paham dengan pihak pengembang.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 1 Pertemuan Pertama dengan Guru Kelompok A

BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 2
Hari, Tanggal : Selasa, 10 Februari 2026
Waktu : 11:00 s.d 12:00 WIB
Tempat : SMA Pasundan 8 Bandung
Narasumber : Dewi Halimah, S.Pd., M.M. dan Rina Nurhida Yanti, S.Pd., Gr.

PEMBAHASAN

Pada pertemuan kedua, fokus beralih pada penggalian data teknis dan validasi masalah komunikasi antara guru dengan pengembang. Narasumber menjelaskan bahwa acuan utama mengajar adalah RPP dalam format *PDF* serta buku kurikulum fisik. Hal ini memastikan bahwa bahan *input* untuk sistem Gemini nantinya tersedia secara digital. Selain itu, ditemukan fakta bahwa guru sering kesulitan menuangkan ide kreatif ke dalam instruksi teknis yang dipahami oleh orang IT. Kendala utama yang muncul adalah perbedaan istilah atau 'bahasa' yang membuat guru khawatir idenya disalahartikan saat proses pembuatan aplikasi. Sebagai solusi, narasumber menyetujui bahwa kehadiran 'Asisten Cerdas' sangat diperlukan sebagai mediator untuk mengubah konsep materi biologi menjadi panduan teknis yang valid bagi pengembang game.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 2 Pertemuan Kedua dengan Guru Kelompok A dan Kelompok B

BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 3
Hari, Tanggal : Selasa, 21 April 2026
Waktu : 13:00 s.d 14:00 WIB
Tempat : SMA Pasundan 8 Bandung
Narasumber : Dewi Halimah, S.Pd., M.M.

PEMBAHASAN

Pada pertemuan ketiga, pembahasan berfokus pada kendala yang dialami guru selama proses diskusi dengan game developer melalui WhatsApp. Guru menjelaskan bahwa sering kali kesulitan memahami istilah-istilah teknis yang digunakan oleh game developer. Selain itu, alur pembahasan juga sering berpindah dari satu topik ke topik lain tanpa mengikuti tahapan yang jelas, sehingga membuat guru kesulitan mengikuti proses pengembangan game.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pada pertemuan ini guru diperkenalkan dengan sebuah platform yang dapat membantu menjembatani komunikasi antara guru dan game developer. Platform tersebut dirancang untuk membantu guru menyampaikan kebutuhan pembelajaran secara lebih terstruktur dan mudah dipahami. Selanjutnya, platform ini akan diuji coba sebagai bagian dari penelitian untuk melihat manfaat dan kemudahan penggunaannya dalam mendukung proses pengembangan game edukasi.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 3 Pertemuan Ketiga dengan Guru Kelompok A

BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 3
Hari, Tanggal : Rabu, 22 Februari 2026
Waktu : 10:00 s.d 11:00 WIB
Tempat : SMA Pasundan 8 Bandung
Narasumber : Rina Nurhida Yanti, S.Pd., Gr.

PEMBAHASAN

Pada pertemuan ketiga, guru menyampaikan beberapa kendala yang dialami selama berkomunikasi dengan game developer melalui WhatsApp. Salah satu kendala utama adalah banyaknya pesan yang masuk selama proses diskusi sehingga guru kesulitan mengikuti seluruh pembahasan dan menemukan kembali informasi yang diperlukan. Selain itu, beberapa penjelasan dari game developer menggunakan istilah yang kurang familiar bagi guru, sehingga sering diperlukan penjelasan tambahan untuk memahami maksud pembahasan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, guru diperkenalkan dengan sebuah platform yang dapat membantu menampilkan ringkasan hasil diskusi dan menyusun informasi penting dari percakapan yang berlangsung. Platform ini juga dirancang untuk membantu guru saat berdiskusi dengan game developer, sehingga kebutuhan pembelajaran dapat disampaikan dengan lebih jelas. Pada tahap selanjutnya, platform tersebut akan digunakan dalam proses uji coba sebagai bagian dari penelitian yang sedang dilakukan.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 4 Pertemuan Ketiga dengan Guru Kelompok B

B. Pertemuan dengan Game Developer

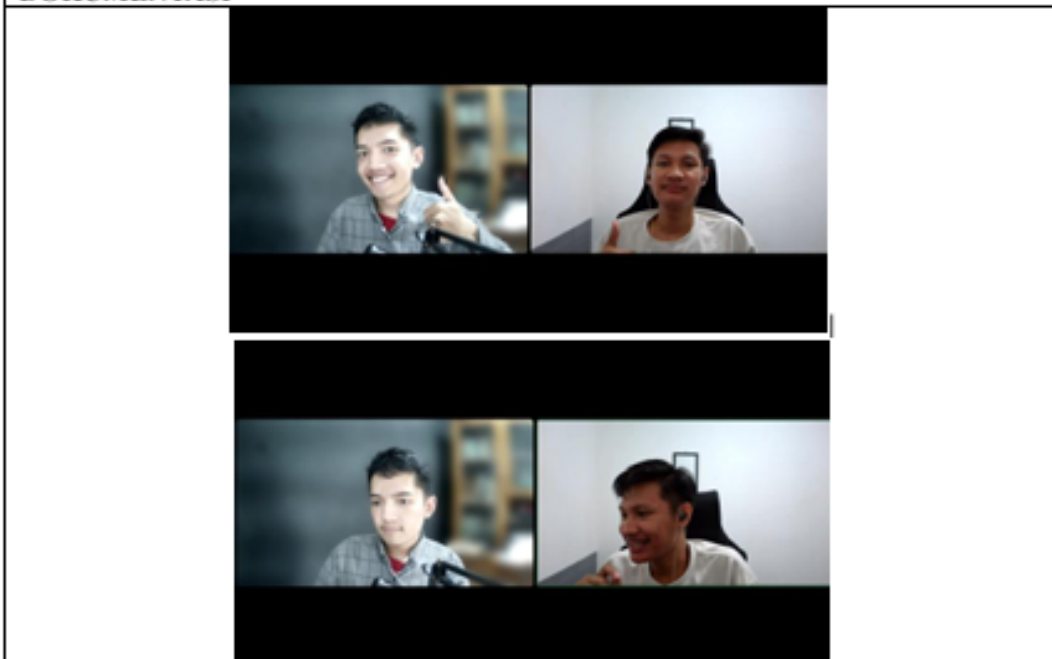
BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 1
Hari, Tanggal : Senin, 9 Februari 2026
Waktu : 13:00 s.d 14:00 WIB
Tempat : Online
Narasumber : Rafli Ramdhani

PEMBAHASAN

Pada pertemuan pertama dari sisi pengembang dilakukan penggalian informasi untuk melihat kendala teknis saat menerima materi dari klien non-IT. Pengembang menyatakan bahwa klien sering memberikan instruksi yang sangat umum dan tidak teknis, seperti hanya menyebutkan referensi game populer tanpa detail mekanik yang jelas. Masalah lain yang muncul adalah kebingungan pengembang terhadap istilah pendidikan yang abstrak, yang sering dianggap sebagai bahasa asing di dunia IT. Selain itu, pengembang mengonfirmasi bahwa spesifikasi proyek yang tersebar di berbagai media seperti chat WhatsApp sangat berisiko membuat hasil akhir tidak sesuai dengan kebutuhan awal. Pengembang menyetujui bahwa sistem yang mampu mengubah materi pelajaran menjadi instruksi teknis dan menyarankan mekanik game yang pas akan mempercepat pengerjaan serta mengurangi jumlah revisi akibat perbedaan sudut pandang.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 5 Pertemuan Pertama dengan Game Developer A

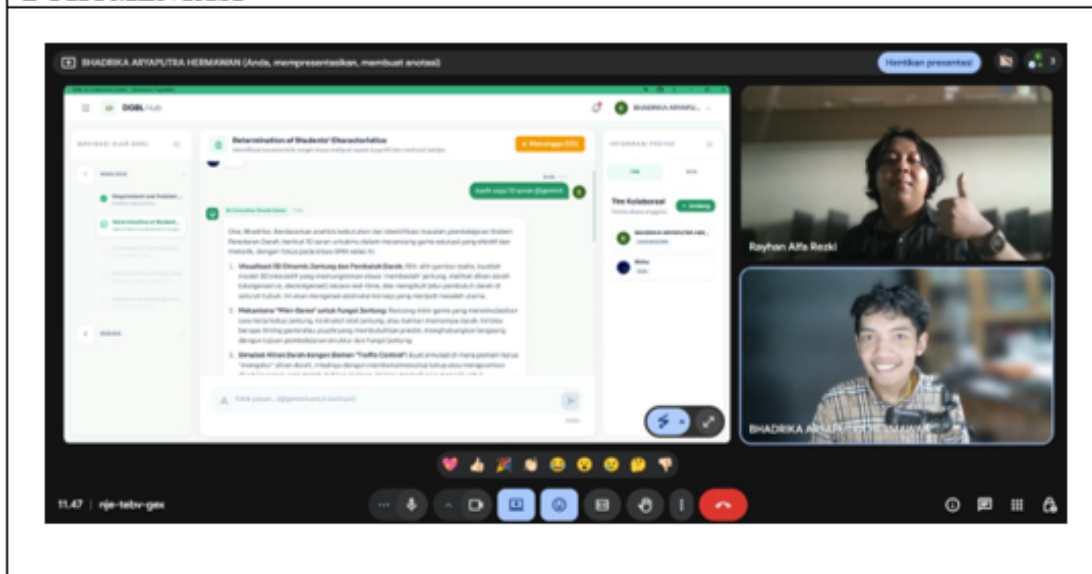
BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 2
Hari, Tanggal : Senin, 27 April 2026
Waktu : 11:30 s.d 12:00 WIB
Tempat : Online
Narasumber : Rayhan Alfa Rezki

PEMBAHASAN

Pada pertemuan kedua, dilakukan wawancara awal untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi komunikasi dan proses kolaborasi antara guru dan game developer sebelum menggunakan platform yang dikembangkan. Wawancara difokuskan kendala yang muncul selama proses perancangan game edukasi, seperti miskomunikasi akibat perbedaan istilah profesi, dokumen yang sulit ditelusuri karena tersebar dalam riwayat percakapan, serta alur diskusi yang belum terstruktur. Hasil wawancara ini digunakan sebagai data awal untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penggunaan sistem pada tahap evaluasi penelitian. Selain itu, pada akhir pertemuan narasumber diberikan penjelasan mengenai tahapan penelitian yang akan dilaksanakan, mekanisme penggunaan platform, serta skenario uji coba yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya agar proses implementasi sistem dapat berjalan dengan lancar.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 6 Pertemuan Kedua dengan Game Developer Kelompok B

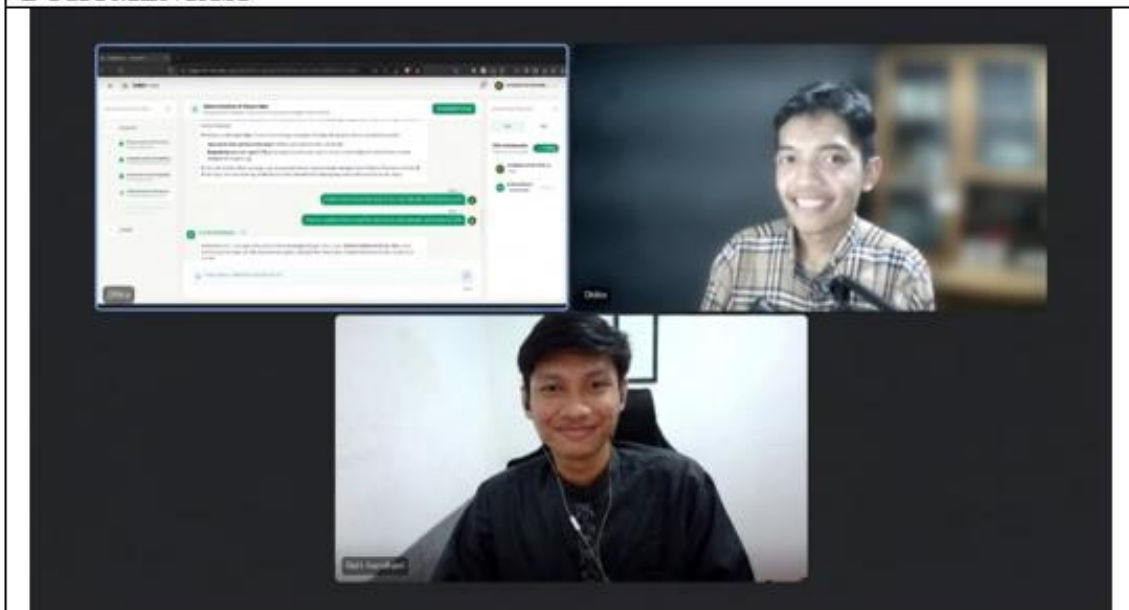
BERITA ACARA PENELITIAN

Pertemuan : 2
Hari, Tanggal : Senin, 27 April 2026
Waktu : 19:30 s.d 20:00 WIB
Tempat : Online
Narasumber : Rafli Ramdhani

PEMBAHASAN

Pada pertemuan kedua, dilakukan wawancara awal untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi kolaborasi dari sudut pandang game developer sebelum menggunakan platform yang dikembangkan. Wawancara difokuskan pada proses serta berbagai kendala yang dihadapi selama proses perancangan game edukasi. Narasumber menjelaskan bahwa penyampaian kebutuhan pembelajaran sering kali belum terstruktur sehingga memerlukan diskusi yang berulang untuk memperoleh pemahaman yang sama. Selain itu, dokumen pendukung dan informasi proyek masih tersebar pada riwayat percakapan sehingga menyulitkan proses penelusuran kembali informasi yang dibutuhkan. Hasil wawancara ini digunakan sebagai data awal untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penggunaan sistem. Pada akhir pertemuan, narasumber juga diberikan penjelasan mengenai tahapan penelitian, mekanisme penggunaan platform, serta skenario uji coba yang akan dilaksanakan pada pertemuan berikutnya sebagai persiapan implementasi sistem.

DOKUMENTASI



Lampiran A - 7 Pertemuan Kedua dengan Game Developer Kelompok A

LAMPIRAN B

KUESIONER

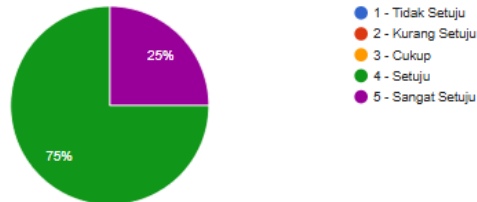
Saya merasa proses pencarian data dan riwayat obrolan menjadi lebih cepat karena semuanya berkumpul di satu tempat.

4 jawaban



Platform ini sangat menghemat waktu kerja saya dibandingkan saat memakai aplikasi chat atau berbagi file yang terpisah-pisah.

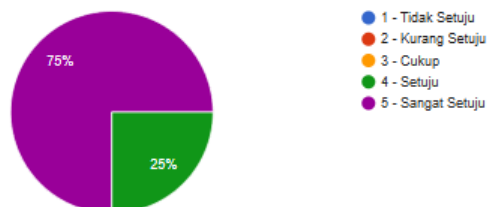
4 jawaban



Lampiran B - 1 Kuesioner Skala Likert bagian 1

Bantuan AI membuat proses pembuatan dokumen akhir menjadi jauh lebih efisien secara waktu.

4 jawaban



Adanya panduan tahapan kerja yang berurutan membuat saya tahu persis apa yang harus dikerjakan selanjutnya.

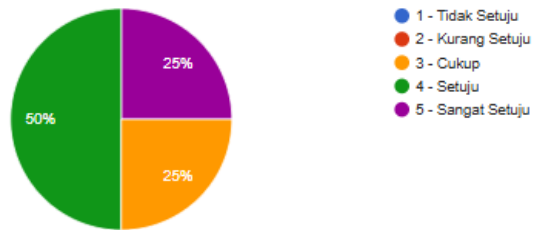
4 jawaban



Lampiran B - 2 Kuesioner Skala Likert bagian 2

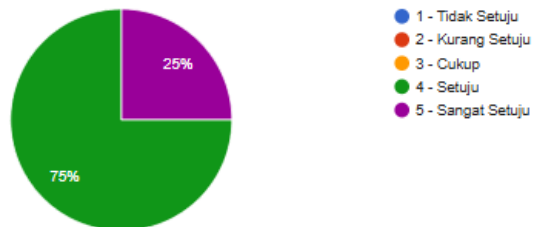
Fitur approval (persetujuan) di setiap akhir tahap sangat membantu agar diskusi tim tidak keluar jalur.

4 jawaban



Secara keseluruhan, platform ini membuat arah pembuatan gim edukasi menjadi sangat jelas dan tidak membingungkan.

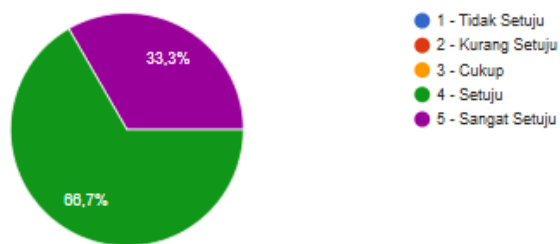
4 jawaban



Lampiran B - 3 Kuesioner Skala Likert bagian 3

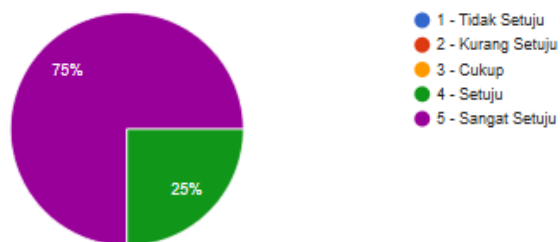
Bantuan AI mempermudah saya dalam memahami istilah sulit dari rekan yang berbeda profesi (Guru/Developer).

3 jawaban



Saya merasa AI selalu memberikan saran yang relevan dan sesuai dengan peran pekerjaan saya.

4 jawaban



Lampiran B - 4 Kuesioner Skala Likert bagian 4

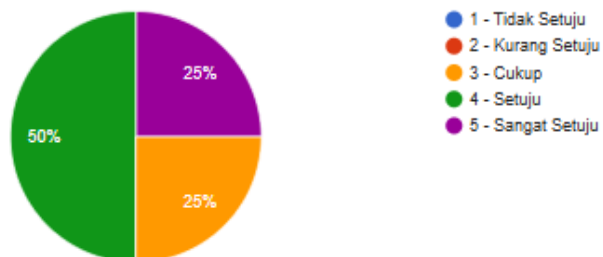
Rangkuman otomatis dari AI sangat membantu saya dan tim untuk mencapai kesepakatan tanpa adanya kesalahpahaman.

4 jawaban



Kemudahan dalam mempelajari dan mengoperasikan antarmuka platform ini secara langsung membantu saya memangkas waktu saat mengeksekusi tugas kolaborasi.

4 jawaban



Lampiran B - 5 Kuesioner Skala Likert bagian 5

Nama	Dewi Halimah, S.Pd., M.M
Peran	Guru
Kelompok	A
Saran AI	Relevan / Tidak Relevan
Simulasi Uji Aglutinasi "Simulasi Uji Golongan Darah: Mini-game di mana pemain melakukan uji aglutinasi (seperti pada LKPD) dengan serum anti-A dan anti-B pada sampel darah yang berbeda. Pemain harus mengamati reaksi dan menentukan golongan darah dengan benar."	Relevan
Mekanisme Transfusi Darah "Mekanisme Transfusi Darah: Tantangan di mana pemain harus mencocokkan donor dan resipien berdasarkan golongan darah yang kompatibel. Kesalahan dapat menimbulkan konsekuensi dalam game."	Relevan
Visualisasi Arteri & Vena "Visualisasi Arteri & Vena: Mekanik di mana pemain harus mengarahkan aliran darah ke organ yang tepat, membedakan jalur arteri (oksigenasi) dan vena (deoksigenasi), serta memahami peran serambi dan bilik jantung dalam memompa darah.	Relevan
Prediksi Keturunan (Opsional) "Prediksi Keturunan (Opsional): Mini-game sederhana untuk memprediksi kemungkinan golongan darah anak berdasarkan golongan darah orang tua, memperkenalkan konsep dasar pewarisan sifat terkait golongan darah."	Relevan
Manajemen Detak Jantung "Manajemen Jantung: Pemain mengelola irama detak jantung (serambi dan bilik) untuk menjaga aliran darah yang optimal."	Relevan
Navigasi Pembuluh Darah "Navigasi Pembuluh Darah: Pemain mengarahkan "partikel darah" (atau sel darah merah) melalui labirin pembuluh darah (arteri dan vena) untuk mengantarkan oksigen ke organ dan kembali ke jantung, menghindari rintangan seperti plak."	Relevan
Intervensi Darurat Medis "Intervensi Darurat (Golongan Darah): Ketika terjadi situasi darurat (misalnya, pasien kehilangan banyak darah), pemain harus dengan cepat mengidentifikasi golongan darah yang sesuai dan "mengirimkan" stok darah yang tepat melalui sistem peredaran darah."	Relevan
Penyampaian Konten (Narasi & Instruksi) "konsep kunci dalam game akan diawali dengan narasi yang menarik. Selanjutnya, peserta didik akan diberikan instruksi yang jelas mengenai apa yang harus dilakukan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan tujuan pembelajaran."	Relevan
Umpan Balik Penjelasan Konseptual "Penjelasan Konseptual: Memberikan umpan balik langsung tentang pemahaman struktur jantung, fungsi pembuluh darah, atau mekanisme peredaran darah yang mungkin masih keliru."	Relevan
Umpan Balik Aplikasi Praktis "Aplikasi Praktis: Memberikan feedback terkait keakuratan dalam simulasi uji golongan darah atau ketepatan dalam pencocokan transfusi."	Relevan

Lampiran B - 6 Pengujian Akurasi AI oleh Guru Kelompok A

Nama	Rafli Ramdhani
Peran	Game Developer
Kelompok	A
Saran AI	Relevan / Tidak Relevan
Simulasi Uji Golongan Darah "Simulasi Uji Golongan Darah: Implementasikan mini-game interaktif di mana pemain meneteskan sampel darah virtual, menambahkan serum anti-A/anti-B, mengamati reaksi aglutinasi visual, dan secara akurat mengidentifikasi golongan darah (A, B, AB, O)."	Relevan
Manajemen Aliran Darah Jantung & Pembuluh "Manajemen Aliran Darah Jantung & Pembuluh: Desain puzzle/simulasi di mana pemain mengarahkan aliran darah melalui bilik dan serambi jantung yang beranimasi, serta mengelola jalur di arteri dan vena untuk memastikan distribusi oksigen dan pengembalian darah tanpa oksigen yang tepat."	Relevan
Tantangan Transfusi Darah "Tantangan Transfusi Darah: Kembangkan skenario kasus pasien dengan kebutuhan transfusi mendesak, di mana pemain harus memilih kantong darah yang kompatibel berdasarkan golongan darah yang telah diuji, dengan umpan balik visual dan konsekuensi langsung dalam game jika terjadi kesalahan."	Relevan
Siklus Kasus Pasien (Game Loop) "Siklus Kasus Pasien: Pemain menerima kasus baru (misalnya, pasien dengan masalah sirkulasi atau kebutuhan transfusi) -> Menganalisis situasi (mungkin melalui diagnosis mini-game) -> Menerapkan mekanik inti yang relevan (uji golongan darah, manajemen aliran darah) -> Menyelesaikan tantangan -> Menerima umpan balik dan poin pembelajaran -> Lanjut ke kasus berikutnya."	Relevan
Representasi Visual Jantung & Pembuluh "Representasi Jantung & Pembuluh: Gunakan model 3D interaktif dengan visualisasi aliran darah yang jelas (misalnya, warna merah terang untuk kaya oksigen, biru untuk miskin oksigen) dan label yang dapat diklik/diarahkan untuk menampilkan informasi detail struktur jantung dan pembuluh."	Relevan
Efek Visual (VFX) Aglutinasi "Efek Aglutinasi: Tampilkan visualisasi penggumpalan darah yang jelas dan mudah dikenali pada kartu uji virtual, mungkin dengan animasi mikro yang menunjukkan sel-sel darah merah menggumpal."	Relevan
Antarmuka Pengguna (UI) Transfusi "Antarmuka Pengguna (UI) Transfusi: Desain UI yang intuitif untuk pemilihan kantong darah, dengan indikator visual yang jelas mengenai kompatibilitas atau ketidakcocokan sebelum konfirmasi transfusi."	Relevan
Kondisi Lingkungan Belajar (Konteks Eksekusi) "Lingkungan Belajar: Pertimbangkan penggunaan di lingkungan yang memungkinkan akses ke perangkat (komputer/tablet) untuk setiap siswa atau kelompok kecil, jika memungkinkan. Alternatifnya, game dapat divisualisasikan melalui proyektor untuk diskusi klasikal."	Relevan
Fokus Kompetensi: Identifikasi Organ "Identifikasi dan Fungsi Komponen Sistem Peredaran Darah: Kemampuan peserta didik mengidentifikasi dan menjelaskan struktur serta fungsi organ (jantung, pembuluh darah) dan komponen darah."	Relevan

Lampiran B - 7 Pengujian Akurasi AI oleh Developer Kelompok A

Nama	Rina Nurhida Yanti, S.Pd., Gr.
Peran	Guru
Kelompok	B
Saran AI	Relevan / Tidak Relevan
Representasi Organ pada Papan Permainan "Setiap 'step' di papan bisa merepresentasikan organ atau pembuluh darah kunci."	Relevan
Identifikasi Urutan Aliran Darah "...setiap 'soal' atau 'minigame' di setiap kotak harus mewajibkan siswa untuk mengidentifikasi atau menyusun urutan aliran darah berikutnya dengan benar."	Relevan
Simulasi Laboratorium Uji Rhesus "...saya sarankan kita mengembangkan minigame simulasi laboratorium virtual."	Relevan
Prosedur Praktikum Digital "Di minigame ini, siswa bisa 'melakukan' uji Rhesus secara digital: mengambil sampel, menambahkan serum anti-Rh, mengamati reaksi aglutinasi, dan kemudian 'menentukan' apakah Rh positif atau negatif."	Relevan
Pelacakan Aliran Darah 3D (Blood Flow Tracer) "Blood Flow Tracer Simulation: Siswa secara aktif melacak dan mengidentifikasi jalur aliran darah dengan mengklik atau menyeret komponen organ/pembuluh pada model interaktif 3D..."	Relevan
Skenario Kasus Medis Faktor Rhesus "Rh Factor Case Study Game: Siswa disajikan skenario kasus medis (misalnya ibu hamil dengan potensi ketidakcocokan Rh) dan harus menganalisis data, membuat keputusan diagnostik, serta mengusulkan penanganan berdasarkan prinsip faktor Rh."	Relevan
Penetapan Kasus Spesifik Kehamilan "Contoh masalah yang bisa dibahas adalah kasus ibu hamil dengan golongan darah Rhesus negatif yang mengandung bayi Rhesus positif."	Relevan
Penerapan Panduan Bertahap (Scaffolding) "Sediakan Scaffolding Bertahap: Pecah kasus menjadi langkah-langkah yang lebih kecil dan terpandu, seperti "Identifikasi golongan darah ibu," "Identifikasi golongan darah janin," hingga "Tentukan risiko dan penanganan." Setiap langkah bisa memiliki hint atau panduan visual."	Relevan
Animasi Visual Reaksi Aglutinasi "Integrasikan Elemen Visual Interaktif: Gunakan animasi atau simulasi visual yang jelas untuk menunjukkan reaksi aglutinasi atau bagaimana antibodi bekerja..."	Relevan
Penyediaan Mode Asisten Bantuan "Desain Mode Kolaborasi atau Guided Play: Siswa bisa bekerja dalam kelompok kecil, di mana mereka dapat saling membantu, atau game menyediakan mode "asisten" yang memberikan petunjuk progresif saat siswa mengalami kesulitan."	Relevan

Lampiran B - 8 Pengujian Akurasi AI oleh Guru Kelompok B

Nama	Rayhan Alfa
Peran	Game Developer
Kelompok	B
Saran AI	Relevan / Tidak Relevan
Mekanik Navigasi Interaktif "Kembangkan mekanik game yang berfokus pada navigasi dan pemecahan teka-teki interaktif. Alih-alih hanya menghafal, siswa harus secara aktif "menggerakkan" darah melalui sistem, mungkin dengan memilih rute yang benar atau menyelesaikan mini-game di setiap organ."	Relevan
Penerapan Tampilan 3D "Visualisasi 3D yang dinamis dan umpan balik instan akan sangat membantu membangun pemahaman spasial dan sekuensial."	Relevan
Simulasi Laboratorium Terpandu "Pendekatan yang paling efektif adalah simulasi laboratorium virtual yang terpandu. Ini memungkinkan siswa untuk bereksperimen dengan aman, mengamati reaksi aglutinasi secara visual, dan memahami konsep antigen-antibodi tanpa risiko atau kerumitan praktis."	Relevan
Sistem Petunjuk (Scaffolding) "Sediakan scaffolding bertahap dan hint visual untuk mendukung siswa yang kesulitan."	Relevan
Sistem Elemen Narasi Dasar "Integrasikan narasi yang kuat dan elemen gamifikasi yang kaya. Gunakan studi kasus yang menarik (seperti kasus ibu hamil yang relevan), berikan reward untuk kemajuan, dan hadirkan karakter pendukung atau cerita yang membuat proses belajar lebih menyenangkan."	Relevan
Mekanik Navigasi Organ (Endless Runner) "Mekanik Permainan: Mirip dengan permainan papan atau endless runner, di mana pemain mengontrol "sel darah" atau "partikel oksigen" yang bergerak melalui sistem peredaran darah. Setiap organ atau pembuluh darah kunci akan menjadi "level" atau "stasiun" yang mengharuskan pemain menjawab pertanyaan singkat..."	Relevan
Mekanisme Penalti Kesalahan "Kesalahan akan memberikan penalti atau mengembalikan pemain ke titik sebelumnya, menekankan pentingnya urutan yang tepat."	Relevan
Mekanik Interaksi Uji Rhesus "Mekanik Permainan: Pemain akan berperan sebagai seorang teknisi laboratorium yang harus melakukan uji Rhesus. Mekaniknya meliputi: Pengambilan Sampel Virtual... Penambahan Serum... Observasi Aglutinasi... Penentuan Hasil..."	Relevan
Mode Kampanye Terpadu "Mode Kampanye "Misi Medis": Game utama berupa narasi di mana pemain harus memecahkan kasus medis. Pemain akan menavigasi sistem peredaran darah (Blood Flow Navigator) untuk mengidentifikasi gejala atau lokasi masalah, lalu beralih ke laboratorium (Rh Lab Simulator) untuk melakukan tes diagnostik..."	Relevan
Sistem Poin Keterampilan (Skill Point) "Sistem Progresi Terpadu: Keberhasilan di satu modul (misalnya, akurasi di Rh Lab) bisa memberikan skill point atau upgrade yang membantu navigasi lebih efisien di Blood Flow, atau sebaliknya..."	Relevan

Lampiran B - 9 Pengujian Akurasi AI oleh Developer Kelompok B

LAMPIRAN C

GDD

Pembelajaran Sistem Peredaran Darah

GAME DESIGN DOCUMENT



Dibuat Oleh:
raffi ramdhani (Game Developer), D Halima (Guru)

Tanggal:
24 Juni 2026

CONFIDENTIAL / INTERNAL USE

DGBL AI CO-LAB SYSTEM

Lampiran C - 1 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 1

kontraksi mekanis jantung untuk menjaga stabilitas tekanan darah, menavigasi sel darah merah melewati rintangan plak kolesterol di dalam pembuluh darah, dan mengeksekusi transfusi darah darurat yang aman. Interaksi dilakukan melalui mekanisme drag-and-drop untuk alat laboratorium, klik ritmis untuk simulasi pompa jantung, dan kontrol navigasi arah untuk pergerakan sel darah di dalam pembuluh darah.

GAMEPLAY LOOP

- Pemain menerima berkas kasus medis pasien baru yang berisi gejala klinis dan kebutuhan penanganan sirkulasi.
- Pemain melakukan fase diagnosis dengan melakukan uji golongan darah ABO virtual menggunakan sampel darah pasien dan serum uji.
- Pemain menganalisis hasil aglutinasi secara visual untuk menentukan golongan darah pasien secara akurat.
- Pemain memasuki fase stabilisasi jantung dengan melakukan klik ritmis pada serambi dan bilik untuk menjaga aliran darah tetap optimal.
- Pemain melakukan fase navigasi pembuluh darah untuk mengantarkan oksigen ke organ target sambil menghindari rintangan plak kolesterol.
- Pemain mengeksekusi fase transfusi darah dengan memilih golongan darah donor yang kompatibel berdasarkan hasil diagnosis awal.
- Pemain menerima evaluasi performa berupa skor, rencana prestasi, dan umpan balik pedagogis yang menjelaskan konsep biologi di balik tindakan mereka.
- Pemain menggunakan poin yang diperoleh untuk membuka kasus medis baru dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi.

GAME MECHANICS

- Mekanik Uji Golongan Darah (Virtual ABO Blood Typing): Pemain menggunakan interaksi drag-and-drop untuk mengambil sampel darah kapiler pasien, meneteskannya pada kartu uji di area anti-A dan anti-B, menambahkan serum anti-A dan anti-B, lalu mengoyangkan kartu uji dengan gerakan memutar menggunakan mouse atau sentuhan jari dalam batas waktu 15 detik. Cara kerja mekanik ini mensimulasikan prosedur ril LKPD secara presisi. Kondisi menang fase ini adalah ketika pemain berhasil mengidentifikasi golongan darah pasien dengan benar berdasarkan pola pengumpulan (aglutinasi) yang terbentuk secara visual. Kondisi kalah terjadi jika pemain salah meneteskan serum, tidak mengaduk campuran tepat waktu, atau salah menentukan golongan darah akhir. Pemain mendapatkan bonus kecepatan jika berhasil menyelesaikan seluruh prosedur diagnosis dalam waktu kurang dari 10 detik. Ganjaran nilai keberhasilan adalah +100 poin, bonus kecepatan memberikan +25 poin, sedangkan kesalahan diagnosis atau kelalaian prosedur memberikan hukuman pengurangan nilai sebesar -50 poin dan menurunkan indikator kesehatan pasien sebesar 20%. Mekanik ini secara eksplisit terikat pada Aturan Nomor 1 dan Reward Poin Diagnosis Akurat.
- Mekanik Manajemen Pompa Jantung (Heart Chamber Management): Pemain berinteraksi dengan model jantung 3D aktif dengan cara melakukan klik kiri pada area serambi (atrium) dan bilik (ventrikel) secara bergantian sesuai dengan ritme sistol dan diastol yang dipandu oleh grafik ECG (Electrocardiogram) pada layar. Cara kerja mekanik ini mengharuskan pemain menekan tombol serambi saat fase pengisian darah dan menekan tombol bilik saat fase pemompaan darah ke pembuluh darah. Kondisi menang fase ini adalah mempertahankan aliran darah stabil (Cardiac Output) di atas 80% selama 30 detik berturut-turut. Kondisi kalah terjadi jika pemain meleset menekan ritme sebanyak 3 kali berturut-turut, yang menyebabkan tekanan darah pasien anjlok drastis (Cardiac Arrest). Pemain mendapatkan bonus sinkronisasi jika berhasil melakukan klik tepat pada puncak gelombang ECG (perfect timing). Ganjaran nilai untuk setiap siklus pompa yang benar adalah +10 poin, bonus perfect timing memberikan +5 poin, sedangkan kegagalan ritme memberikan hukuman pengurangan nilai sebesar -10 poin per kesalahan dan memicu alarm darurat. Mekanik ini secara eksplisit terikat pada Aturan Nomor 2 dan Reward Poin Sinkronisasi Jantung.
- Mekanik Navigasi Aliran Pembuluh Darah (Vessel Navigation & Delivery): Pemain mengendalikan sekelompok sel darah merah (RBC) menggunakan tombol arah (W, A, S, D atau Arrow Keys) untuk mengali di dalam pembuluh darah arteri yang berarus cepat dan pembuluh vena yang memiliki katup satu arah. Cara kerja mekanik ini menuntut pemain untuk mengantarkan molekul oksigen dari paru-paru ke organ target (otak atau ginjal) sambil menghindari rintangan berupa plak kolesterol (LDL) yang menempel di dinding pembuluh darah. Kondisi menang fase ini adalah mengantarkan minimal 90% pasokan oksigen ke organ target sebelum batas waktu 60 detik habis.

GAME DESIGN DOCUMENT (GDD)

Proyek: Pembelajaran Sistem Peredaran Darah | Tanggal: 24 Juni 2026
PENYUSUN: raffi ramdhani (Game Developer), D Halima (Guru)

1. Konsep Game

TEMA

Game edukasi ini mengangkat tema "Sistem Peredaran Darah Manusia" dengan fokus khusus pada visualisasi dinamis dan interaktif dari proses fisiologi yang bersifat abstrak dan mikroskopis. Tema ini dipilih untuk menjembatani kesenjangan pemahaman peserta didik SMA Kelas XI terhadap materi biologi sirkulasi yang sulit dimati secara langsung di dunia nyata. Melalui pendekatan simulasi medis dan petualangan mikro-vasikular, game ini mentransformasikan konsep-konsep rumit seperti anatomi jantung, perbedaan struktural dan fungsional pembuluh darah, serta reaksi biokimia aglutinasi pada penggolongan darah menjadi sebuah pengalaman bermain yang konkret, imersif, dan edukatif. Relevansi tema ini dengan kurikulum biologi terletak pada kemampuannya untuk menyajikan representasi akurat dari bioproses yang terjadi di dalam tubuh manusia secara real-time.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Tujuan pembelajaran utama dari game ini dirancang secara ketat untuk menyerlaskan capaian pembelajaran pada Modul Ajar Biologi Fase F dengan prinsip Digital Game-Based Learning (DGBL). Kompetensi inti yang diuraikan adalah kemampuan peserta didik untuk menjelaskan struktur anatomi jantung manusia secara presisi, membedakan karakteristik struktural dan fungsional antara pembuluh darah arteri dan vena, serta mendeskripsikan mekanisme sistem peredaran darah besar dan kecil secara komprehensif. Selain itu, game ini bertujuan untuk membangun pemahaman praktis yang mendalam mengenai uji golongan darah sistem ABO, mekanisme aglutinasi antigen-antibodi, dan aplikasi klinis keselamatan transfusi darah. Melalui integrasi tantangan kognitif dan simulasi interaktif, game ini secara aktif menumbuhkan keterampilan bernalar kritis, kemandirian dalam pemecahan masalah, dan kreativitas peserta didik sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila.

STORY BACKGROUND

Pemain memasuki dunia game sebagai seorang "Ahli Medis Muda" yang baru saja diterima di "Soma Center", sebuah pusat penelitian dan pelayanan medis kardiovaskular futuristik yang dipimpin oleh ilmuwan terkemuka, Prof. Kartika. Di dalam dunia fiksi ilmiah yang semi-realistis ini, tubuh manusia dianalogikan sebagai sebuah kota metropolitan yang sangat bergantung pada sistem transportasi logistik yang efisien, yaitu sistem peredaran darah. Ketika pasien-pasien dengan berbagai gangguan sirkulasi dan kebutuhan transfusi darurat berdatangan ke Soma Center, pemain harus menggunakan teknologi mikroskopis canggih untuk masuk ke dalam simulasi seluler dan vaskular. Alur naratif ini memotivasi pemain untuk terus belajar, karena setiap keputusan diagnosis, pengaturan ritme jantung, dan pemilihan donor darah secara langsung menentukan keselamatan jiwa pasien yang mereka tangani.

TARGET USER

Target pengguna utama dari game ini adalah peserta didik SMA Kelas XI yang berada pada rentang usia 16 hingga 17 tahun. Karakteristik psikologis dan kognitif dari kelompok usia ini menunjukkan bahwa mereka adalah digital natives yang membutuhkan simulasi visual berkualitas tinggi, interaktivitas yang responsif, dan tantangan yang relevan untuk mempertahankan fokus belajar. Mereka telah memiliki kemampuan berpikir abstrak namun tetap membutuhkan jembatan visual untuk memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks. Game ini dirancang untuk mengakomodasi gaya belajar yang beragam (visual, auditori, dan kinestetik) serta dapat diimplementasikan secara fleksibel, baik sebagai media pembelajaran inti di dalam laboratorium komputer sekolah selama 2 jam pelajaran, maupun sebagai alat latihan mandiri di rumah.

2. Gameplay Design

CORE GAMEPLAY

Core gameplay berpusat pada peran aktif pemain sebagai ahli medis yang mengelola kesehatan sistem sirkulasi pasien melalui serangkaian simulasi interaktif yang saling terhubung. Pemain akan menerima kasus pasien, melakukan uji golongan darah virtual di laboratorium hematologi dengan mengamati reaksi aglutinasi secara visual, mengontrol

Kondisi kalah terjadi jika sel darah merah menabrak plak kolesterol sebanyak 5 kali, yang menyebabkan penyumbatan total (Embolisme) atau jika waktu habis sebelum target oksigen terpenuhi. Pemain mendapatkan bonus rute jika memilih jalur arteri yang tepat untuk distribusi oksigen tercepat. Ganjaran nilai keberhasilan navigasi adalah +150 poin, bonus rute memberikan +30 poin, sedangkan setiap tabrakan dengan plak kolesterol memberikan hukuman pengurangan nilai sebesar -15 poin dan memperlambat kecepatan aliran darah sebesar 30%. Mekanik ini secara eksplisit terikat pada Aturan Nomor 3 dan Reward Poin Navigasi Pembuluh.

- Mekanik Kompatibilitas Transfusi Darah (Transfusion Matching): Pemain dihadapkan pada rak penyimpanan kantong darah virtual yang berisi berbagai golongan darah (A, B, AB, O) dengan rhesus tertentu. Cara kerja mekanik ini mengharuskan pemain memilih kantong darah yang tepat, mencocokkannya dengan kartu identitas golongan darah pasien yang telah didiagnosis pada fase pertama, dan menghubungkannya ke selang infus pasien. Kondisi menang fase ini adalah terpasangnya kantong darah yang 100% kompatibel dengan golongan darah pasien (misalnya memberikan darah tipe O atau tipe A kepada pasien bergolongan darah A). Kondisi kalah terjadi jika pemain memilih golongan darah donor yang tidak kompatibel, yang secara instan memicu reaksi hemolisis (pengumpulan darah di dalam tubuh pasien). Pemain mendapatkan bonus kecocokan ideal jika memberikan golongan darah yang identik (A ke A, bukan O ke A). Ganjaran nilai keberhasilan transfusi adalah +200 poin, bonus kecocokan ideal memberikan +50 poin, sedangkan kesalahan transfusi memberikan hukuman fatal berupa pengurangan nilai sebesar -200 poin, kegagalan instan seluruh level, dan animasi visual reaksi aglutinasi intravaskular yang merusak sel darah pasien. Mekanik ini secara eksplisit terikat pada Aturan Nomor 4 dan Reward Poin Transfusi Aman.

RULES

- Aturan Uji Golongan Darah: Pemain wajib meneteskan serum anti-A dan anti-B pada sampel darah yang tepat, lalu mengaduknya menggunakan tusuk gigi virtual dalam waktu maksimal 15 detik. Jika pemain salah meneteskan serum atau tidak mengaduk tepat waktu, pemain mendapatkan HUKUMAN berupa pengurangan skor -50 poin dan dinyatakan KALAH pada fase diagnosis. Jika berhasil mengidentifikasi aglutinasi dengan benar, pemain dinyatakan MENANG pada fase ini dan mendapatkan BONUS +25 poin jika diselesaikan di bawah 10 detik.
- Aturan Manajemen Pompa Jantung: Pemain harus menekan tombol serambi (atrium) dan bilik (ventrikel) secara berurutan sesuai ritme sistol dan diastol yang ditunjukkan oleh indikator visual ECG. Jika pemain salah menekan urutan sebanyak 3 kali berturut-turut, aliran darah akan berhenti, pemain mendapatkan HUKUMAN -100 poin, dan dinyatakan KALAH (gagal level). Jika pemain menjaga ritme stabil selama 30 detik, pemain dinyatakan MENANG fase ini dan mendapatkan BONUS +5 poin untuk setiap ketukan "Perfect".
- Aturan Navigasi Pembuluh Darah: Pemain harus mengarahkan sel darah merah kaya oksigen melalui pembuluh arteri menuju organ target, dan mengembalikan sel darah miskin oksigen melalui pembuluh vena dengan katup satu arah. Jika sel darah menabrak plak kolesterol sebanyak 5 kali atau kehabisan waktu 60 detik sebelum organ menerima oksigen, pemain mendapatkan HUKUMAN -15 poin per tabrakan dan dinyatakan KALAH. Jika berhasil mengantarkan oksigen tepat waktu melalui rute arteri yang benar, pemain dinyatakan MENANG fase ini dan mendapat BONUS +30 poin.
- Aturan Kompatibilitas Transfusi: Pemain wajib memilih kantong darah donor yang kompatibel dengan golongan darah pasien berdasarkan tabel kecocokan ABO. Jika pemain memberikan golongan darah yang tidak kompatibel (menyebabkan aglutinasi in-vivo), pemain mendapatkan HUKUMAN -200 poin dan dinyatakan KALAH seketika (Instant Failure). Jika pemain memberikan golongan darah yang identik (bukan sekadar kompatibel universal), pemain dinyatakan MENANG fase ini dan berhak atas BONUS +50 poin.

CHALLENGE & COMPETITION

- Tantangan Kognitif: Menganalisis pola aglutinasi (pengumpulan) secara visual pada kartu uji tanpa petunjuk teks langsung, memaksa siswa menerapkan pengetahuan teoritis sistem ABO.
- Tantangan Teknis: Menjaga koordinasi motorik halus saat mengontrol ritme detak jantung (BPM) yang dinamis, di mana detak jantung pasien akan meningkat secara acak sesuai dengan aktivitas fisik pasien dalam skenario.
- Rintangan Lingkungan: Navigasi labirin pembuluh darah yang dipenuhi oleh plak kolesterol bergerak dan penyempitan pembuluh darah (vasokonstriksi) yang membatasi ruang gerak sel darah.

Lampiran C - 2 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 2

- Elemen Kompetisi (Leaderboard): Sistem papan peringkat sekolah ("Soma Leaderboard") yang membandingkan skor akumulatif, akurasi diagnosis, dan kecepatan penanganan pasien antar siswa di kelas XI.
- Tantangan Progresif: Skenario darurat medis dengan batas waktu yang semakin menyusut (time-attack) pada setiap level baru untuk menguji ketahanan berpikir kritis siswa di bawah tekanan.

REWARD & FEEDBACK

- Poin Diagnosa Akurat: Ganjaran nilai sebesar +100 poin untuk keberhasilan mengidentifikasi golongan darah pasien dengan benar pada uji aglutinasi (terikat pada Mekanik Uji Golongan Darah).
- Bonus Kecepatan (Speed Run): Ganjaran nilai tambahan sebesar +25 poin jika fase diagnosis diselesaikan dalam waktu kurang dari 10 detik (terikat pada Mekanik Uji Golongan Darah).
- Poin Sinkronisasi Jantung: Ganjaran nilai sebesar +10 poin untuk setiap siklus pompa serambi-bilik yang berhasil diselesaikan, dan tambahan +5 poin untuk ketukan dengan akurasi "Perfect" (terikat pada Mekanik Manajemen Pompa Jantung).
- Poin Navigasi Pembuluh: Ganjaran nilai sebesar +150 poin untuk keberhasilan mengantarkan oksigen ke organ target, dengan bonus rute arteri sebesar +30 poin (terikat pada Mekanik Navigasi Aliran Pembuluh Darah).
- Hukuman Tabrakan Plak: Pengurangan nilai sebesar -15 poin untuk setiap kali sel darah menabrak plak kolesterol di dalam pembuluh darah (terikat pada Mekanik Navigasi Aliran Pembuluh Darah).
- Poin Transfusi Aman: Ganjaran nilai sebesar +200 poin untuk transfusi darah yang kompatibel, dan bonus "Ideal Match" sebesar +50 poin untuk transfusi golongan darah yang identik (terikat pada Mekanik Kompatibilitas Transfusi Darah).
- Hukuman Transfusi Fatal: Pengurangan nilai sebesar -200 poin dan kegagalan instan jika terjadi kesalahan transfusi yang menyebabkan aglutinasi fatal pada pasien (terikat pada Mekanik Kompatibilitas Transfusi Darah).
- Umpan Balik Pedagogis (Constructive Feedback): Sistem akan menampilkan jendela pop-up edukatif yang menjelaskan alasan ilmiah di balik kegagalan atau keberhasilan tindakan pemain (misalnya: "Aglutinasi terjadi karena antibodi anti-A pada serum bereaksi dengan antigen A pada sel darah merah pasien, sehingga darah menggumpal. Golongan darah pasien adalah A.').
- Lencana Prestasi (Badges): Penghargaan visual berupa lencana digital seperti "Hematologist Expert" (untuk 5 kali diagnosis tanpa salah) dan "Cardio Master" (untuk pompa jantung tanpa meleset).

WIN & LOSE CONDITION

- Kondisi Menang Level (Level Victory): Pemain dinyatakan memenangkan level jika berhasil menyelesaikan seluruh rangkaian penanganan pasien (diagnosis golongan darah benar, pompa jantung stabil, navigasi pembuluh darah sukses, dan transfusi darah kompatibel) dengan sisa kesehatan pasien di atas 50% dan skor akhir memenuhi batas minimum kelulusan level (misal: 500 poin).
- Kondisi Kalah Level (Level Failure): Pemain dinyatakan kalah dan harus mengulang level jika kesehatan pasien mencapai 0% akibat kesalahan fatal (seperti transfusi darah yang tidak kompatibel, kegagalan pompa jantung hingga cardiac arrest, atau kegagalan navigasi pembuluh darah akibat tabrakan plak kolesterol berlebih).

3. Level Design

TABEL IKHTISAR LEVEL

LEVEL	NAMA LEVEL	SETTING LINGKUNGAN	OBJECTIVE	CHALLENGE	LEARNING OUTCOME
1	Laboratorium Hematologi Dasar	Lab Medis Steril	Melakukan uji golongan darah ABO pada 3 pasien	Batas waktu diagnosis 15 detik per pasien, visualisasi aglutinasi yang bervariasi	Siswa mampu menjelaskan prinsip aglutinasi antigen-antibodi dan menentukan golongan darah ABO dengan akurat.
2	Sirkuit Kardiovaskular	Ruang Operasi & Model Jantung 3D	Mengatur pompa jantung dan mengalirkan darah melalui pembuluh darah	Ritme jantung dinamis (60-100 BPM), rintangan plak kolesterol di arteri dan vena	Siswa mampu membedakan struktur serambi dan bilik jantung serta fungsi pembuluh darah arteri dan vena.
3	Transfusi Darurat (Soma Emergency)	Unit Gawat Darurat (UGD)	Mendiagnosis dan melakukan transfusi darah yang kompatibel pada pasien kritis	Kombinasi seluruh mekanik (uji darah, pompa jantung, navigasi pembuluh, transfusi) di bawah tekanan waktu ketat	Siswa mampu mendeskripsikan mekanisme peredaran darah lengkap dan menerapkan prinsip kompatibilitas transfusi darah dengan aman.

PENJELASAN RINCI PER LEVEL

LEVEL 1: LABORATORIUM HEMATOLOGI DASAR

- **Tata Letak/Environment:** Laboratorium hematologi steril dengan meja kerja interaktif yang berisi kartu uji golongan darah, botol serum anti-A (biru) dan anti-B (kuning), lancet penusuk, kapas alkohol, dan tusuk gigi pengaduk.
- **Rintangan & Jenis Musuh:** Tidak ada musuh fisik. Rintangan utama adalah batas waktu (timer) 15 detik untuk setiap sampel darah dan kemipan visual antara darah yang menggumpal (positif aglutinasi) dan yang tidak menggumpal (negatif) pada resolusi rendah.
- **Batas Waktu/Durasi:** 15 detik per fase diagnosis pasien (total 3 pasien).
- **Mekanik Spesifik:** Mekanik Uji Golongan Darah (Virtual ABO Blood Typing).
- **Kriteria Keberhasilan/Score:** Minimal 2 dari 3 pasien terdiagnosis dengan benar. Skor minimal kelulusan: 200 poin.
- **Kurva Perkembangan Kesulitan:** Pengenalan awal mekanik dasar. Pasien pertama memberikan petunjuk visual yang sangat jelas, pasien kedua dan ketiga memiliki reaksi aglutinasi yang lebih halus dan membutuhkan ketelitian visual yang lebih tinggi.

LEVEL 2: SIRKUIT KARDIOVASKULAR

- **Tata Letak/Environment:** Model anatomi jantung 3D transparan yang memperlihatkan aliran darah merah terang (kaya oksigen) dan merah gelap (miskin oksigen), terhubung ke jaringan pembuluh darah arteri dan vena di seluruh tubuh.
- **Rintangan & Jenis Musuh:** Plak kolesterol statis dan dinamis (bergerak lambat) di dalam pembuluh darah yang menghalangi jalur sel darah merah. Penyempitan pembuluh darah (vasokonstriksi) yang mempersempit jalur navigasi.
- **Batas Waktu/Durasi:** 120 detik untuk menyelesaikan seluruh siklus sirkulasi.
- **Mekanik Spesifik:** Mekanik Manajemen Pompa Jantung dan Mekanik Navigasi Aliran Pembuluh Darah.
- **Kriteria Keberhasilan/Score:** Mengantarkan oksigen ke 3 organ utama (otak, paru-paru, ginjal) dan menjaga detak jantung stabil selama 60 detik. Skor minimal kelulusan: 400 poin.
- **Kurva Perkembangan Kesulitan:** Peningkatan kompleksitas dari kontrol ritme jantung statis ke dinamis (BPM meningkat saat sel darah terjebak plak), serta kerapatan plak kolesterol yang semakin padat di area pembuluh darah menuju organ vital.

Lampiran C - 3 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 3

LEVEL 3: TRANSFUSI DARURAT (SOMA EMERGENCY)

- **Tata Letak/Environment:** Unit Gawat Darurat (UGD) rumah sakit yang sibuk dengan monitor vital pasien, rak penyimpanan kartong darah berbagai golongan (A, B, AB, O), dan peralatan infus.
- **Rintangan & Jenis Musuh:** Pasien datang berturut-turut dengan kondisi kritis (kesehatan menurun 2% per detik). Plak kolesterol di pembuluh darah bergerak cepat, dan ritme jantung pasien sangat tidak stabil (aritmia).
- **Batas Waktu/Durasi:** 180 detik untuk menyelamatkan 3 pasien kritis.
- **Mekanik Spesifik:** Integrasi penuh seluruh mekanik (Uji Golongan Darah, Pompa Jantung, Navigasi Pembuluh, dan Kompatibilitas Transfusi Darah).
- **Kriteria Keberhasilan/Score:** Menyelamatkan ketiga pasien dengan melakukan transfusi darah yang 100% kompatibel dan menjaga vitalitas pasien di atas 50%. Skor minimal kelulusan: 700 poin.
- **Kurva Perkembangan Kesulitan:** Puncak dari kurva pembelajaran (progressive learning). Pemain harus membagi fokus (multi-tasking) antara mendiagnosis golongan darah pasien baru, menjaga detak jantung pasien yang sedang ditransfusi, dan menavigasi sel darah untuk mencegah hipoksia organ.

4. Character Design

TABEL KARAKTER

CHARACTER	ROLE	VISUAL & PHYSICAL APPEARANCE	PERSONALITY & BACKGROUND	GAMEPLAY FUNCTION
Dr. Arya / Dr. Shifa	Player Character	Laki-laki (Arya) atau Perempuan (Shifa), usia 17 tahun. Mengenakan jas laboratorium putih bersih di atas kemeja biru muda, celana panjang hitam, sepatu kets abu-abu, dan ID card "Soma Center" tergantung di leher. Memiliki postur tubuh tegap, wajah ramah dengan mata berbinar penuh rasa ingin tahu, rambut hitam rapi (pendek untuk Arya, diuncir kuda untuk Shifa). Ekspresi dominan: fokus, optimis, dan sigap.	Seorang siswa magang jenius di pusat penelitian medis "Soma Center". Memiliki dedikasi tinggi untuk menyelamatkan pasien dan sangat tertarik pada fisiologi manusia.	Karakter utama yang dikendalikan pemain untuk melakukan uji darah, mengontrol jantung, menavigasi pembuluh darah, dan melakukan transfusi.
Prof. Kartika	Mentor / Pembimbing	Wanita, usia 45 tahun. Mengenakan jas lab panjang berwarna abu-abu gelap dengan pin emas berbentuk jantung di kerah, kacamata berbingkai hitam tebal, celana kain biru tua, dan sepatu pantofel hitam. Postur tubuh ramping dan anggun, wajah keibuan namun tegas, rambut hitam beruban sedikit yang disanggul rapi. Ekspresi dominan: bijaksana, tenang, dan mendukung.	Kepala Peneliti di Soma Center yang membimbing Dr. Arya/Shifa. Beliau selalu memberikan arahan ilmiah, instruksi keselamatan kerja, dan umpan balik pedagogis setelah tindakan medis dilakukan.	Memberikan tutorial di awal permainan, memberikan petunjuk (hints) saat pemain memberikan arahan, dan menyampaikan umpan balik edukatif (feedback) pasca-level.
Plak Kolesterol (LDL-Plaque)	Rintangan / Obstacle	Berupa gumpalan lemak semi-padat berwarna kuning pekat dengan tekstur kasar dan lengket. Bentuknya bervariasi dari kecil hingga menyumbat setengah diameter pembuluh darah. Memiliki visualisasi animasi berdenyut lambat dan memancarkan partikel kuning kusam di sekitarnya. Tidak memiliki gender atau usia. Ekspresi visual: menghalangi dan mengancam aliran darah.	Akumulasi lipid berlebihan di dalam dinding pembuluh darah akibat pola hidup tidak sehat pasien. Berfungsi sebagai rintangan fisik yang menyumbat aliran darah.	Menghalangi pergerakan sel darah merah dalam fase navigasi. Jika diabrak, akan mengurangi kecepatan aliran darah, mengurangi kesehatan sel darah, dan memicu penalti skor.

NARASI INTERAKSI & HUBUNGAN

Hubungan antara Dr. Arya/Shifa dengan Prof. Kartika digambarkan sebagai hubungan mentor-murid yang dinamis dan penuh rasa hormat. Prof. Kartika bertindak sebagai jembatan pedagogis di dalam game, menantang pemain dengan studi kasus baru dan memastikan keselamatan kerja laboratorium (seperti penggunaan sarung tangan lateks dan sterilitas lancet sesuai LKPD). Interaksi dengan "Plak Kolesterol" merepresentasikan tantangan klinis nyata yang harus diatasi pemain untuk menyelamatkan pasien, memicu diskusi kritis tentang pentingnya menjaga kesehatan sistem peredaran darah (pola makan, olahraga) sesuai dengan pemahaman bermakna pada Modul Ajar.

5. Aesthetics

SPEKIFIKASI AUDIO VISUAL

Lampiran C - 4 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 4

KOMPONEN AESTHETIC	SPEKIFIKASI & ALASAN DESAIN
Visual Style	Semi-realistic 3D stylized. Gaya visual ini menggabungkan akurasi anatomi medis dengan estetika game modern yang bersih, memastikan organ dalam tubuh tidak terlihat menakutkan bagi siswa namun tetap akurat secara ilmiah.
UI Style	Flat, modern, and clean medical dashboard. Menggunakan sudut membulat (rounded corners), panel semi-transparan, dan ikon yang jelas untuk memastikan keterbacaan tinggi saat diproyeksikan ke layar kelas.
Character Art	Stylized anime/webtoon style dengan garis bersih (clean line art) dan pewarnaan lembut, membuat karakter terlihat ramah dan mudah disukai oleh remaja usia SMA.
Color Palette	Dominasi warna Biru Royal (#1E3A8A) untuk kesan teknologi medis terpercaya, Merah Terang (#DC2628) untuk darah kaya oksigen, Merah Gelap (#7F7D1D) untuk darah miskin oksigen, dan Putih Steril (#F9F9F9) untuk lingkungan lab.
Typography	Menggunakan font Sans-serif "Montserrat" untuk judul (tegas, modern, keterbacaan tinggi) dan "Inter" untuk teks dialog serta penjelasan ilmiah (bersih dan nyaman dibaca di layar digital).
Icon Style	Ikon vektor minimalis dengan garis tepi (outline) kontras tinggi untuk mempermudah identifikasi cepat alat lab, kantong darah, dan indikator kesehatan pasien.
Animation Style	Animasi halus dan dinamis (fluid animation) untuk proses biologis, seperti denyut jantung yang elastis, aliran sel darah merah yang mengikuti fisika fluida, dan efek pengendapan (aglutinasi) yang realistis.
Visual Effect	Efek partikel bercahaya untuk molekul oksigen, kilatan layar merah saat terjadi tabrakan plak, pendaran hijau saat transfusi berhasil, dan visualisasi pengumpulan darah yang jelas pada kartu uji.
Audio Style	High-fidelity, immersif, dan bernuansa medis-futuristik. Audio dirancang untuk meningkatkan fokus belajar tanpa mengalihkan perhatian siswa dari tugas kognitif.
Background Music	Musik elektronik bertempo lambat dengan pad synthesizer lembut untuk fase lab (fokus tinggi), dan musik orkestra hibrida bertempo sedang dengan ketukan perkusi detak jantung untuk fase darurat (urgensi).
Ambient Sound	Suara dengung halus peralatan laboratorium, bunyi bip ritmis dari monitor ECG yang kecepatannya dinamis mengikuti kondisi pasien, dan suara aliran cairan lembut di dalam pembuluh darah.
Sound Effect	Suara klik tegas untuk interaksi UI, suara "squish" saat aglutinasi terjadi, suara detak jantung "lub-dub" yang realistis, suara desau angin saat sel darah meluncur cepat, dan alarm peringatan saat pasien kritis.

6. Technology

SPEKIFIKASI TEKNIS & ARSITEKTUR

Lampiran C - 5 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 5

SCENE	PLAYER ACTIVITY	SYSTEM RESPONSE	LEARNING OBJECTIVE
Main Menu	Pemain memilih karakter (Arya/Shifa), melihat papan peringkat kelas, dan menekan tombol "Mulai Tugas".	Memunculkan latar belakang animasi aliran darah yang dinamis, memutar musik ambient tenang, dan memuat profil pemain.	N/A (Tilik masuk permainan).
Introduction	Pemain membaca dialog antara karakter utama dan Prof. Kartika mengenai kedatangan pasien darurat di Soma Center.	Menampilkan sprite karakter dengan ekspresi sesuai narasi, memutar efek suara pintu UGD terbuka, dan memunculkan berkas kasus medis.	Memahami konteks klinis dan relevansi sistem peredaran darah dalam kehidupan nyata.
Tutorial	Pemain mengikuti panduan langkah demi langkah dari Prof. Kartika untuk melakukan uji golongan darah dan memahami fungsi alat lab.	Menyoroti area interaktif (highlighting), membatasi input yang salah, dan memberikan instruksi teks yang jelas di layar.	Memahami cara kerja mekanik game dan dasar-dasar keselamatan kerja laboratorium.
Gameplay	Pemain melakukan uji golongan darah ABO virtual dengan meneteskan darah dan serum, lalu mengaduknya hingga terlihat reaksi aglutinasi.	Mensimulasikan reaksi kimia penggumpalan secara visual, memberikan status diagnosis, dan memutar efek suara aglutinasi yang sukses.	Menjelaskan prinsip aglutinasi antigen-antibodi dan menentukan golongan darah ABO.
Challenge	Pemain mengontrol sel darah merah menavigasi pembuluh darah, menghindari plak kolesterol untuk mengantarkan oksigen ke otak.	Memunculkan plak kolesterol bergerak, melacak persentase pengantaran oksigen, dan memperbarui bilah kesehatan pasien secara real-time.	Membedakan fungsi arteri dan vena serta mengamati aliran darah secara dinamis.
Evaluation	Pemain memilih kantong darah donor yang kompatibel untuk transfusi dan menjawab pertanyaan konsep yang terintegrasi.	Memvalidasi kecocokan golongan darah, memicu reaksi hemolisis jika salah, dan menampilkan pertanyaan pilihan ganda interaktif.	Menerapkan prinsip kompatibilitas transfusi darah dan mengevaluasi pemahaman konseptual.
Reward	Pemain menerima skor akhir, bonus kecepatan, rencana prestasi, dan rangkuman penjelasan ilmiah atas tindakan mereka.	Menghitung total poin, menampilkan animasi rencana "Hematologi Expert", dan menyajikan teks umpan balik pedagogis yang mendalam.	Mengonsolidasikan pemahaman melalui umpan balik konstruktif dan memperkuat motivasi belajar.
Ending	Pemain melihat adegan pasien yang telah sembuh berterima kasih kepada tim medis Soma Center sebelum lanjut ke level berikutnya.	Memutar musik kemenangan yang ceria, menampilkan animasi pasien tersenyum, dan membuka kunci level baru di peta progresi.	Menumbuhkan empati, rasa pencapaian (enjoyment), dan kesadaran akan pentingnya menjaga kesehatan sirkulasi.

ALUR PENGALAMAN PEMAIN

Pemain memulai perjalanan dengan rasa ingin tahu melalui pengenalan narasi medis yang relevan. Fase tutorial memberikan rasa aman dan pemahaman awal tanpa membuat pemain merasa terbebani. Saat memasuki gameplay ini, pemain merasakan tantangan kognitif yang menstimulasi otak saat menganalisis aglutinasi darah dan tantangan motorik saat menjaga ritme jantung. Ketegangan meningkat secara positif (flow state) selama fase navigasi pembuluh darah dan transfusi darurat. Di akhir sesi, pemain merasakan kepuasan (enjoyment) dan pencapaian saat melihat pasien mereka selamat, yang diperkuat oleh umpan balik edukatif yang memperjelas korelasi antara tindakan in-game mereka dengan teori biologi nyata.

Lampiran C - 6 Rancangan GDD Kelompok A Bagian 6

ITEM	SPECIFICATION
Platform	WebGL (HTML5) & PC (Windows/macOS)
Engine	Unity 2022.3 LTS (Long Term Support)
Programming Language	C#
Framework	Unity UI Toolkit, WebGL Templates
Database	Local SQLite (untuk penyimpanan progres siswa offline) & REST API (untuk integrasi LMS sekolah)
Resolution	1920x1080 (Full HD, 16:9 aspect ratio)
Input Device	Mouse & Keyboard (PC), Touchscreen (Interactive Flat Panel/Tablet)
Audio Format	OGG Vorbis (kompresi tinggi, kualitas jernih untuk WebGL)
Storage	< 150 MB (dioptimalkan untuk pemutaran cepat di browser sekolah)
Target Device	PC Laboratorium Sekolah, Chromebook, TV Interaktif Sekolah
Architecture	Model-View-Controller (MVC) untuk pemisahan logika game, visual, dan data pedagogis

ALASAN PEMILIHAN TEKNOLOGI

Unity WebGL dipilih sebagai platform utama karena memberikan aksesibilitas maksimal bagi sekolah tanpa memerlukan proses instalasi yang rumit pada komputer laboratorium yang sering kali memiliki hak akses terbatas. Bahasa C# dan arsitektur MVC memastikan kode program terstruktur secara modular, memudahkan pengembangan fitur baru atau penyesuaian konten kurikulum oleh tim developer di masa depan. Resolusi Full HD 16:9 menjamin visualisasi tetap tajam dan jelas saat diproyeksikan ke layar proyektor kelas atau TV interaktif untuk pembelajaran klasikal.

7. Storyboard

TABEL SKENARIO SESI PERMAINAN

8. System Requirement

SPEKIFIKASI MINIMUM & REKOMENDASI

COMPONENT	MINIMUM REQUIREMENT	RECOMMENDED SPECIFICATION
Platform	Web Browser (HTML5) / PC	Web Browser (HTML5) / PC
Operating System	Windows 10 64-bit / macOS 10.15	Windows 11 64-bit / macOS 12 or newer
Processor	Intel Core i3-6100 / AMD Ryzen 3 1200	Intel Core i5-8400 / AMD Ryzen 5 2600
Memory	4 GB RAM	8 GB RAM
Storage	200 MB ruang penyimpanan kosong	500 MB ruang penyimpanan kosong (SSD recommended)
Graphic	Intel HD Graphics 530 / DirectX 11 compatible	NVIDIA GeForce GTX 1050 / AMD Radeon RX 560
Audio	Integrated Audio Chipset	Dedicated Sound Card / Stereo Headphones

— AKHIR DOKUMEN —



Pembelajaran Sistem Peredaran Darah

GAME DESIGN DOCUMENT

Dibuat Oleh:

Rinanurhida Yanti (Guru), Rayhan Alfa Rezki (Game Developer)

Tanggal:

23 Juni 2026

CONFIDENTIAL / INTERNAL USE

DGBL AI CO-LAB SYSTEM

Lampiran C - 7 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 1

Ini dari permainan ini menggabungkan dua mekanik utama yang saling terintegrasi secara holistik: "Blood Flow Navigator" dan "Rh Lab Simulator". Dalam mode "Blood Flow Navigator", pemain mengendalikan wahana Nano-Vessel dalam sudut pandang orang ketiga untuk menavigasi jalur aliran darah di dalam model 3D sistem sirkulasi manusia. Pemain harus memilih jalur pembuluh darah yang benar berdasarkan instruksi rute (misalnya, mengalirkan oksigen dari paru-paru kembali ke jantung lalu ke seluruh tubuh) sambil menghindari rintangan berupa plak kolesterol. Setelah menyelesaikan navigasi makro, permainan beralih ke mode "Rh Lab Simulator" di mana pemain melakukan prosedur laboratorium virtual untuk menguji sampel darah pasien menggunakan pipet, serum anti-Rh, dan mengamati reaksi aglutinasi secara visual untuk menentukan kecocokan transfusi darah.

GAMEPLAY LOOP

- Pemain menerima misi medis baru dari Dr. Dewi yang berisi keluhan klinis pasien dan tujuan pembelajaran spesifik.
- Pemain memasuki fase "Blood Flow Navigator" untuk menelusuri jalur peredaran darah yang sesuai dengan kasus pasien, mengumpulkan komponen darah, dan membersihkan sumbatan.
- Pemain mencapai stasiun organ target dan menjawab tantangan kognitif berupa penyusunan urutan (*sequence arrangement*) aliran darah berikutnya.
- Pemain beralih ke fase "Rh Lab Simulator" di laboratorium virtual untuk mengambil sampel darah pasien, meneteskan serum anti-Rh, dan menggoyangkan kartu uji.
- Pemain mengamati hasil visual aglutinasi (menggumpal atau cair) dan menentukan jenis Rhesus pasien secara akurat.
- Pemain menerima evaluasi skor, umpan balik pedagogis, dan penghargaan berupa poin serta lencana (*badge*) kemajuan.
- Pemain menggunakan poin yang diperoleh untuk meningkatkan kemampuan Nano-Vessel atau langsung melanjutkan ke kasus medis berikutnya yang lebih kompleks.

GAME MECHANICS

- Mekanik Navigasi Aliran Darah (Blood Flow Navigation):** Pemain mengendalikan pergerakan Nano-Vessel menggunakan tombol arah atau *virtual joystick* untuk menyusuri pembuluh darah. Sistem fisika game engine mendeteksi tabrakan (*collision*) dengan dinding pembuluh darah atau plak kolesterol. Pemain harus memilih gerbang organ yang benar sesuai dengan urutan sirkulasi (Aturan 1). Jika pemain memasuki organ yang salah, wahana akan terpental kembali ke stasiun sebelumnya dan menerima pengurangan poin kesehatan wahana sebesar -20 HP (Ganjaran 1).
- Mekanik Penyusunan Urutan (Sequence Arrangement):** Saat mencapai persimpangan organ utama (seperti Jantung atau Paru-paru), permainan akan dijejai dan menampilkan antarmuka kartu interaktif. Pemain harus menyeret dan meletakkan (*drag and drop*) nama-nama pembuluh darah dan ruang jantung untuk membentuk urutan aliran darah yang benar (Aturan 2). Menyelesaikan urutan dengan benar pada kesempatan pertama memberikan bonus +50 poin (Ganjaran 2), sedangkan kesalahan penyusunan memicu sistem *scaffolding* berupa petunjuk visual dan mengurangi potensi skor maksimal sebesar -10 poin per kesalahan.
- Mekanik Pipet Virtual dan Penetesan Serum (Virtual Pipetting):** Di dalam laboratorium virtual, pemain mengontrol pipet menggunakan kursor atau sentuhan untuk mengambil sampel darah dan meneteskan serum anti-Rh ke atas kartu uji golongan darah (Aturan 3). Pemain harus menekan dan menahan tombol untuk mengisi pipet, lalu melepaskannya tepat di atas lingkaran sampel pada kartu uji. Jika urutan penetesan salah atau terjadi kontaminasi silang akibat tidak mengganti ujung pipet, sampel dinyatakan rusak (Aturan 3) dan pemain mendapat penalti -30 poin serta harus mengulang prosedur dari awal (Ganjaran 3).
- Mekanik Pengamatan Aglutinasi (Agglutination Observation):** Setelah serum diteteskan, pemain harus menggoyangkan kartu uji dengan cara menggerakkan mouse atau menggoyangkan perangkat (menggunakan sensor akselerometer) dalam kecepatan konstan selama 5 detik (Aturan 4). Game engine akan mengubah state visual campuran darah berdasarkan input goyangan: jika Rhesus positif, partikel darah akan mengelompok membentuk kluster visual yang jelas (*agglutinated*); jika Rhesus negatif, partikel tetap terdistribusi merata sebagai cairan merah homogen. Kegagalan mempertahankan kecepatan goyangan yang stabil menyebabkan reaksi tidak sempurna, memaksa pemain mengulang proses dengan penalti waktu dan skor -15 poin (Ganjaran 4).

GAME DESIGN DOCUMENT (GDD)

Proyek: Pembelajaran Sistem Peredaran Darah | Tanggal: 23 Juni 2026

PENYUSUN: Rinanurhida Yanti (Guru), Rayhan Alfa Rezki (Game Developer)

1. Konsep Game

TEMA

Game ini mengangkat tema eksplorasi medis mikroskopis dan simulasi laboratorium hematologi virtual yang dikemas dalam petualangan fiksi ilmiah edukatif. Pemain berperan sebagai seorang kadet medis yang mengendalikan wahana mikroskopis untuk mendiagnosis berbagai kondisi klinis pasien. Tema ini dipilih untuk menjembatani sifat abstrak dari materi sistem sirkulasi darah dan pengujian Rhesus menjadi sebuah visualisasi interaktif yang konkret. Dengan mengubah hafalan pasif mengenai jalur pembuluh darah dan prosedur laboratorium menjadi navigasi spasial serta eksperimen langsung, game ini memberikan konteks dunia nyata yang relevan bagi siswa kelas XI SMA dalam memahami bagaimana gangguan homeostasis terjadi dan bagaimana teknologi medis modern digunakan untuk mengatasinya.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Tujuan pembelajaran utama game ini dirancang untuk memenuhi kompetensi kognitif ranah C2 (pemahaman dan prosedur) dan C3 (penerapan/aplikasi) pada kurikulum Biologi Fase F SMA. Melalui integrasi alami prinsip Digital Game-Based Learning (DGBL), game ini menargetkan tiga kompetensi utama: pertama, siswa mampu mengidentifikasi komponen darah dan merunut alur peredaran darah besar serta peredaran darah kecil secara presisi tanpa melakukan kesalahan urutan; kedua, siswa mampu melakukan prosedur pengujian faktor Rhesus secara virtual, mengamati reaksi aglutinasi, dan menginterpretasikan hasilnya dengan akurat; ketiga, siswa mampu menganalisis gangguan kesehatan pada sistem sirkulasi serta memahami peran teknologi medis pendukung seperti tensimeter digital, elektrokardiogram (EKG), dan alat pacu jantung (*pacemaker*). Game ini memfasilitasi pencapaian ini dengan menyediakan lingkungan belajar aktif di mana kegagalan dianggap sebagai bagian dari proses iterasi belajar melalui sistem umpan balik yang konstruktif.

STORY BACKGROUND

Di masa depan yang tidak jauh dari sekarang, sebuah organisasi medis global bernama "Sirkulasi Medika" mengembangkan teknologi "Nano-Vessel", sebuah wahana mikroskopis yang dapat dimasukkan ke dalam aliran darah pasien untuk mendeteksi dan mengobati penyumbatan secara langsung. Pemain adalah seorang Kadet Hematologi berbakat di bawah bimbingan Dr. Dewi, seorang ahli hematologi senior yang tegas namun suportif. Rumah sakit tempat mereka bekerja kedatangan berbagai pasien dengan gejala klinis yang misterius, mulai dari penyumbatan pembuluh darah koroner, gangguan detak jantung, hingga kebutuhan transfusi darah darurat yang memerlukan kecocokan faktor Rhesus secara instan. Pemain harus mengemudikan Nano-Vessel melewati labirin pembuluh darah yang berbahaya, membersihkan plak kolesterol, dan kembali ke laboratorium virtual untuk melakukan uji darah manual guna memastikan keselamatan pasien sebelum tindakan medis final dilakukan.

TARGET USER

Target pengguna utama dari game edukasi ini adalah siswa-siswi kelas XI SMA yang sedang menempuh mata pelajaran Biologi pada materi Sistem Peredaran Darah. Karakteristik umum dari kelompok usia ini (16-17 tahun) adalah mereka memiliki preferensi gaya belajar visual dan kinestetik yang kuat, serta sangat termotivasi oleh tantangan yang relevan, kompetisi yang sehat, umpan balik instan, dan elemen kebaruan visual. Mereka terbiasa dengan antarmuka digital modern namun memerlukan stimulasi interaktif agar tidak cepat bosan dengan materi hafalan yang padat. Untuk mengakomodasi siswa yang kurang nyaman dengan pemecahan masalah cepat, game ini menyediakan sistem bantuan bertahap (*scaffolding*) yang ramah guna menjaga tingkat keterlibatan (*engagement*) mereka tetap tinggi.

2. Gameplay Design

CORE GAMEPLAY

- Mekanik Diagnosis Homeostasis (Homeostasis Diagnosis):** Di akhir setiap kasus, pemain disajikan dengan grafik EKG atau data tensimeter digital pasien. Pemain harus memilih diagnosis gangguan yang tepat (misalnya, hipertensi, anemia, atau takikardia) dari pilihan ganda yang tersedia berdasarkan data tersebut (Aturan 5). Jawaban yang benar memberikan bonus +100 poin (Ganjaran 5), sementara jawaban salah memberikan penjelasan medis instan dari Dr. Dewi dan memotong skor sebesar -25 poin.

RULES

- Aturan Navigasi: Pemain wajib mengemudikan Nano-Vessel melewati pembuluh darah sesuai dengan arah aliran darah alami (arteri menuju jantung, vena menuju jantung). Melawan arus atau salah memasuki ruang jantung akan mengakibatkan wahana mengalami kerusakan mekanis (-20 HP) dan jika HP mencapai 0, pemain dinyatakan KALAH dalam misi tersebut.
- Aturan Penyusunan Urutan: Pemain harus menyusun rute sirkulasi darah besar atau kecil secara berurutan tanpa ada organ yang terlewat. Pemain dinyatakan MENANG pada fase ini jika berhasil menyusun urutan dengan benar dalam maksimal 3 kali percobaan; jika gagal setelah percobaan ketiga, sistem akan menampilkan jawaban yang benar sebagai bentuk *scaffolding*, namun pemain tidak mendapatkan poin dari tantangan tersebut.
- Aturan Laboratorium (Uji Rhesus): Pemain harus melakukan sterilisasi alat sebelum dan sesudah mengambil sampel darah kapiler menggunakan alkohol 70%. Jika pemain lupa melakukan sterilisasi atau mencampur serum anti-Rh pada sampel yang salah, sampel akan terkontaminasi, pemain dinyatakan KALAH pada sesi laboratorium tersebut, dan harus mengulang dari persiapan alat.
- Aturan Aglutinasi: Goyangan kartu uji harus berada pada rentang frekuensi 1.5 Hz hingga 2.5 Hz selama 5 detik berturut-turut. Jika goyangan terlalu lambat (<1.5 Hz) atau terlalu cepat (>2.5 Hz), reaksi aglutinasi tidak akan terbentuk secara sempurna, menghasilkan status "Inconclusive Test" (KALAH sesi), dan mengurangi skor akhir sebesar -15 poin.
- Aturan Transfusi Darah: Dalam skenario darurat, pemain hanya boleh menyetujui transfusi darah jika faktor Rhesus donor cocok dengan resipien (Rh- hanya bisa menerima Rh-, sedangkan Rh+ bisa menerima Rh+ atau Rh-). Memberikan darah yang tidak cocok akan memicu reaksi hemolisis fatal pada pasien virtual, yang secara instan menyebabkan kondisi KALAH MUTLAK dalam misi medis tersebut.

CHALLENGE & COMPETITION

- Tantangan Kognitif (Cognitive Challenges):** Pemain dihadapkan pada teka-teki rute sirkulasi yang dinamis, di mana beberapa jalur pembuluh darah menyempit akibat plak kolesterol, memaksa pemain untuk menganalisis jalur alternatif yang tetap memenuhi kaidah ilmiah peredaran darah manusia. Selain itu, interpretasi visual aglutinasi pada sampel darah dengan kadar antigen rendah menyajikan tantangan observasi yang membutuhkan ketelitian tinggi.
- Tantangan Teknis (Technical Challenges):** Kontrol presisi saat mengemudikan Nano-Vessel di dalam pembuluh darah yang berdenyut (mengikuti detak jantung sistemik) dan menjaga stabilitas goyangan kartu uji pada simulator laboratorium menggunakan sensor fisik.
- Elemen Kompetisi (Competition Elements):** Game ini mengintegrasikan papan peringkat (*leaderboard*) kelas yang menampilkan skor akumulatif berdasarkan kecepatan penyelesaian misi, akurasi diagnosis, dan jumlah penggunaan bantuan (*hint*). Terdapat pula mode "Time Attack" di mana siswa dapat bersaing untuk menyelesaikan rute sirkulasi terpanjang dalam waktu terbatas.

REWARD & FEEDBACK

- Sistem Poin (Score System):** Setiap tindakan benar yang sesuai dengan kaidah ilmiah dan aturan permainan akan langsung memberikan poin angka positif kepada pemain (misalnya, +50 poin untuk penyusunan urutan sirkulasi yang benar pada kesempatan pertama, +100 poin untuk diagnosis Rhesus yang akurat). Poin ini berfungsi sebagai indikator performa kognitif siswa.
- Sistem Lencana (Badges & Achievements):** Pemain dapat memperoleh lencana digital khusus seperti "Hematology Apprentice" (menyelesaikan uji Rhesus pertama), "Sirkulasi Master" (menyelesaikan navigasi tanpa menabrak), dan "Homeostasis Savior" (berhasil mendiagnosis 5 kasus penyakit dengan akurat).

Lampiran C - 8 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 2

- **Umpan Balik Visual & Audio (Visual & Audio Feedback):** Ketika pemain memilih jalur yang benar, sistem memberikan efek visual kilatan hijau terang dan suara denting harmonis yang memuaskan (*enjoyment*). Sebaliknya, kesalahan navigasi atau prosedur laboratorium akan memicu kilatan merah, getaran layar, dan suara peringatan frekuensi rendah, diikuti oleh dialog bimbingan dari Dr. Dewi yang menjelaskan mengapa tindakan tersebut salah secara medis.
- **Umpan Balik Pedagogis (Pedagogical Feedback):** Jika siswa mengalami kegagalan berulang pada mekanik penyusunan urutan, game tidak langsung memberikan jawaban, melainkan mengaktifkan sistem *scaffolding* berupa animasi pendek yang menunjukkan aliran sel darah merah melewati organ terkait, membantu siswa membangun kembali model mental mereka sebelum mencoba lagi.

WIN & LOSE CONDITION

- **Kondisi Menang (Win Conditions):** Pemain dinyatakan berhasil menyelesaikan sebuah level atau misi medis jika berhasil menavigasi Nano-Vessel ke organ target tanpa kehabisan HP, menyelesaikan uji Rhesus dengan hasil interpretasi yang 100% akurat, dan menentukan diagnosis penyakit pasien secara tepat berdasarkan data klinis. Keberhasilan ini ditandai dengan layar evaluasi yang menampilkan skor akhir, waktu penyelesaian, dan rencana yang diperoleh.
- **Kondisi Kalah (Lose Conditions):** Pemain dinyatakan gagal dalam misi jika HP Nano-Vessel mencapai 0 akibat tabrakan berulang dengan plak kolesterol atau salah memilih jalur sirkulasi, melakukan kesalahan fatal dalam prosedur laboratorium (seperti kontaminasi sampel sebanyak 3 kali), atau memberikan keputusan transfusi darah yang tidak cocok (memicu hemolisis). Layar kegagalan akan menampilkan tombol "Coba Lagi" disertai dengan ringkasan materi pembelajaran terkait kesalahan yang dilakukan pemain untuk dipelajari kembali.

3. Level Design

TABEL IKHTISAR LEVEL

LEVEL	NAMA LEVEL	SETTING LINGKUNGAN	OBJECTIVE	CHALLENGE	LEARNING OUTCOME
1	Lorong Jantung & Sirkulasi Paru	Di dalam bilik jantung (atrium & ventrikel) dan pembuluh darah pulmonalis yang berdenyut dinamis.	Menavigasi Nano-Vessel dari Vena Cave, melewati jantung kanan, menuju Paru-paru untuk mengambil oksigen, dan kembali ke Atrium Kiri.	Menghindari katup paru yang menutup secara periodik dan menyusun urutan sirkulasi pulmonalis yang benar di persimpangan.	Siswa mampu merunut alur peredaran darah kecil (pulmonalis) dan memahami fungsi katup jantung (C2 & C3).
2	Lab Diagnosis Rhesus	Laboratorium virtual Sirkulasi Medika dengan meja praktikum steril, kartu uji, dan reagen serum.	Melakukan uji golongan darah Rhesus pada sampel darah pasien darurat yang membutuhkan transfusi segera.	Menjaga kesterilan alat, melakukan teknik uji Rhesus, mengamati aglutinasi, dan menganalisis kecukupan donor-resipien (C3).	Siswa mampu melakukan prosedur uji Rhesus, mengamati aglutinasi, dan menganalisis kecukupan donor-resipien (C3).
3	Misi Penyelamatan Sistemik	Pembuluh darah sistemik (Aorta hingga kapiler organ tubuh) yang mengalami penyempitan akibat plak kolesterol.	Menghantarkan oksigen ke organ ginjal dan otak, serta mendiagnosis gangguan tekanan darah menggunakan data tensimeter virtual.	Menavigasi pembuluh darah yang menyempit, membersihkan plak menggunakan laser Nano-Vessel, dan membaca grafik EKG pasien.	Siswa mampu menganalisis alur peredaran darah besar, mengidentifikasi gangguan sirkulasi, dan memahami peran teknologi medis (C3).

PENJELASAN RINCI PER LEVEL

- **Kriteria Keberhasilan:** Menghantarkan oksigen ke kedua organ target, menghancurkan minimal 80% plak kolesterol di jalur utama, dan memberikan diagnosis teknologi medis yang tepat pada sesi evaluasi akhir.
- **Kurva Perkembangan Kesulitan (Progressive Learning):** Aliran darah di pembuluh kapiler bergerak sangat lambat namun ruang gerak sangat sempit dan berliku, membutuhkan kontrol mikro yang sangat presisi dibandingkan dengan navigasi di Aorta yang cepat namun luas.

4. Character Design

TABEL KARAKTER

CHARACTER	ROLE	VISUAL & PHYSICAL APPEARANCE	PERSONALITY & BACKGROUND	GAMEPLAY FUNCTION
Kadet Medis (Player)	Protagonis / Karakter Utama yang dikendalikan pemain.	Karakter tidak bergender spesifik (menggunakan helm visor penuh), mengenakan setelan jas laboratorium futuristik berwarna putih dengan aksesoris neon, postur tubuh tegap atletis, usia sekitar 17 tahun. Ekspresi wajah tidak terlihat namun gerakan tubuhnya menunjukkan antusiasme tinggi.	Seorang siswa akademi medis Sirkulasi Medika yang cerdas, memiliki rasa ingin tahu yang besar, dan berkeinginan menyelamatkan pasien menggunakan teknologi mikro.	Berfungsi sebagai avatar pemain untuk mengemudikan Nano-Vessel di dalam pembuluh darah dan melakukan interaksi fisik di laboratorium virtual.
Dr. Dewi	Mentor / Non-Player Character (NPC)	Perempuan, usia 45 tahun, rambut hitam disanggul rapi dengan beberapa helai uban perak, mengenakan kacamata berbingkai tipis, jas dokter panjang berwarna putih bersih dengan aksesoris biru tua, celana panjang hitam formal. Ekspresi wajah dominan ramah, cerdas, dan penuh wibawa.	Kepala Departemen Hematologi di Sirkulasi Medika. Beliau adalah mentor yang membimbing pemain, sangat disiplin terhadap prosedur keselamatan laboratorium, namun selalu memberikan dorongan positif saat pemain melakukan kesalahan.	Memberikan pengantar misi, menjelaskan konsep biologi peredaran darah di awal level, memberikan petunjuk (hints) saat pemain kesulitan, dan menyampaikan umpan balik evaluasi di akhir misi.
Plak Kolesterol & Patogen	Rintangan / "Musuh" Lingkungan	Berupa gumpalan semi-padat berwarna kuning keruh dengan tekstur berminyak dan lengket. Untuk patogen (seperti bakteri sirkulasi), digambarkan sebagai sel berbentuk bulat atau batang berwarna hijau pudar dengan silia/cambuk kecil yang bergerak liar. Ekspresi visualnya tampak menyumbat dan mengancam aliran darah.	Akumulasi lipid dan zat asing di dalam pembuluh darah akibat gaya hidup pasien yang tidak sehat atau infeksi sistemik. Mereka tidak memiliki kepribadian namun bertindak sebagai penghalang fisik alami sirkulasi.	Bertindak sebagai rintangan statis dan dinamis di dalam pembuluh darah yang mengurangi HP Nano-Vessel jika diabrak, serta menyumbat aliran oksigen yang harus diersihkan oleh pemain menggunakan laser wahana.

NARASI INTERAKSI & HUBUNGAN

Hubungan antara Kadet Medis (Pemain) dan Dr. Dewi mencerminkan metode pembelajaran *cognitive apprenticeship*. Dr. Dewi tidak memberikan jawaban secara langsung, melainkan bertindak sebagai fasilitator yang memberikan pertanyaan pemantik dan bimbingan prosedural. Di awal setiap misi, Dr. Dewi akan mempresentasikan kasus klinis pasien melalui dialog interaktif, merangsang kemampuan bernalar kritis siswa. Di dalam pembuluh darah, komunikasi dilakukan melalui transmisi radio holografis di mana Dr. Dewi memberikan peringatan medis jika Nano-Vessel mendekati area berbahaya

LEVEL 1: LORONG JANTUNG & SIRKULASI PARU

- **Tata Letak & Lingkungan:** Lingkungan level ini didesain sebagai representasi 3D bagian dalam jantung manusia yang realistis namun disederhanakan. Dinding jantung berwarna merah gelap dengan tekstur otot lurik jantung (*miokardium*) yang berkontraksi secara periodik. Aliran darah digambarkan sebagai partikel-partikel sel darah merah yang mengalir searah.
- **Rintangan & Musuh:** Rintangan utama adalah Katup Trikuspidalis dan Katup Bikuspidalis yang membuka dan menutup mengikuti ritme detak jantung. Pemain harus mengatur waktu pergerakan Nano-Vessel agar tidak terjepit katup. Terdapat pula pusaran aliran darah (*turbulensi*) di dalam ventrikel yang dapat mengganggu stabilitas kendali wahana.
- **Batas Waktu & Durasi:** Level ini memiliki batas waktu sistemik berupa pasokan oksigen wahana selama 180 detik. Pemain harus mencapai paru-paru sebelum pasokan oksigen habis.
- **Mekanik Spesifik:** Mekanik "Sequence Arrangement" aktif saat pemain berada di dalam Ventrikel Kanan; permainan akan memunculkan teka-teki di mana pemain harus memilih pembuluh darah berikutnya yang benar (Arteri Pulmonalis vs Aorta).
- **Kriteria Keberhasilan:** Mencapai Atrium Kiri dengan HP wahana di atas 30% dan menyelesaikan teka-teki urutan sirkulasi dengan maksimal 2 kali kesalahan.
- **Kurva Perkembangan Kesulitan (Progressive Learning):** Di awal level, katup bergerak lambat untuk memberikan waktu adaptasi bagi pemain. Mendekati area paru-paru, frekuensi detak jantung meningkat, menuntut presisi navigasi yang lebih tinggi.

LEVEL 2: LAB DIAGNOSIS RHESUS

- **Tata Letak & Lingkungan:** Sudut pandang orang pertama (*first-person*) menghadap meja laboratorium stainless steel yang bersih. Di atas meja terdapat rak tabung reaksi, botol serum anti-Rh (berwarna biru transparan), kartu uji golongan darah dengan lingkaran putih, tusuk gigi steril, dan tisu alkohol.
- **Rintangan & Musuh:** Rintangan utama adalah batas toleransi kesalahan prosedur. Tidak ada musuh fisik, namun "musuh" pemain adalah ketidaktepatan, seperti menggunakan tusuk gigi yang sama untuk dua sampel berbeda yang akan langsung memicu kegagalan instan akibat kontaminasi.
- **Batas Waktu & Durasi:** Tidak ada batas waktu ketat untuk mendorong eksplorasi dan ketelitian, namun penyelesaian di bawah 120 detik memberikan bonus kecepatan sebesar +30 poin.
- **Mekanik Spesifik:** Mekanik "Virtual Pipetting" dan "Agglutination Observation" aktif sepenuhnya. Pemain harus berinteraksi secara fisik dengan objek-objek di meja lab menggunakan kontrol drag-and-drop.
- **Kriteria Keberhasilan:** Berhasil menentukan status Rhesus dari 3 sampel darah pasien yang berbeda dengan akurasi interpretasi visual 100% berdasarkan pembentukan kluster partikel (aglutinasi).
- **Kurva Perkembangan Kesulitan (Progressive Learning):** Sampel pertama memiliki konsentrasi antigen tinggi sehingga aglutinasi terlihat sangat jelas (mudah diidentifikasi). Sampel kedua dan ketiga memiliki konsentrasi antigen yang lebih rendah, menghasilkan pengumpulan yang lebih halus yang membutuhkan pengamatan visual yang lebih jeli dan pencahayaan yang tepat.

LEVEL 3: MISI PENYELAMATAN SISTEMIK

- **Tata Letak & Lingkungan:** Lingkungan berupa jaringan pembuluh darah sistemik yang luas, dimulai dari Aorta yang lebar hingga bercabang menjadi pembuluh kapiler yang sangat sempit di area organ ginjal dan otak. Warna lingkungan bervariasi dari merah terang (kaya oksigen) hingga merah kebiruan (kaya karbon dioksida).
- **Rintangan & Musuh:** Plak kolesterol berwarna kuning menempel di dinding arteri, mempersempit ruang gerak wahana. Di beberapa area, terdapat gumpalan darah (*trombus*) yang bergerak bebas dan harus dihindari atau dihancurkan menggunakan tembakan laser pemecah plak milik Nano-Vessel.
- **Batas Waktu & Durasi:** Durasi misi adalah 240 detik, merepresentasikan kondisi kritis pasien yang sedang mengalami serangan iskemia jaringan.
- **Mekanik Spesifik:** Mekanik "Homeostasis Diagnosis" aktif di akhir level. Setelah berhasil menghantarkan oksigen ke otak, pemain harus menganalisis grafik EKG pasien yang tidak stabil untuk menentukan apakah pasien membutuhkan pemasangan alat pacu jantung (*pacemaker*).

Lampiran C - 9 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 3

(seperti katup jantung yang tidak stabil). Interaksi ini memastikan bahwa meskipun pemain sedang bermain game aksi-navigasi, konteks ilmiah dan tujuan pembelajaran biologi tetap menjadi fokus utama interaksi mereka.

5. Aesthetics

SPEKIFIKASI AUDIO VISUAL

KOMPONEN AESTHETIC	SPEKIFIKASI & ALASAN DESAIN
Visual Style	Gaya visual semi-realistis dengan sentuhan fiksi ilmiah futuristik (<i>stylized sci-fi</i>). Alasan desain: Menggabungkan akurasi anatomi organ tubuh manusia dengan elemen teknologi modern agar terlihat menarik bagi siswa SMA tanpa menghilangkan nilai ilmiah materi biologi.
UI Style	Antarmuka pengguna (<i>User Interface</i>) bergaya <i>diegetic</i> dan <i>flat futuristik</i> , menyerpai layar monitor medis rumah sakit modern dengan garis-garis bersih, sudut tajam, dan elemen semi-transparan. Alasan desain: Meningkatkan imersi seolah-olah pemain benar-benar mengoperasikan peralatan medis canggih.
Character Art	Desain karakter menggunakan teknik <i>cel-shading</i> 3D untuk memberikan kesan bersih, modern, dan ramah pengguna. Alasan desain: Menjaga performa rendering game tetap ringan di perangkat sekolah sekaligus memberikan estetika visual yang disukai target audiens remaja.
Color Palette	Dominasi warna Merah Arteri (Hex: #FF0033) untuk pembuluh kaya oksigen, Biru Vena (Hex: #0066FF) untuk pembuluh miskin oksigen, Kuning Lipid (Hex: #FFCC00) untuk rintangan kolesterol, dan Putih Steril (Hex: #FFFFFF) untuk area laboratorium. Alasan desain: Memperkuat pemahaman visual siswa mengenai perbedaan fungsional pembuluh darah secara intuitif.
Typography	Menggunakan font sans-serif modern seperti "Rajdhani" untuk judul UI bertema teknologi dan "Roboto" untuk teks dialog serta penjelasan ilmiah. Alasan desain: Menjamin keterbacaan yang tinggi (<i>readability</i>) pada layar komputer atau tablet sekolah saat siswa membaca penjelasan materi yang padat.
Icon Style	Ikon bergaya minimalis, monokromatik dengan garis luar (<i>outline</i>) yang tegas, merepresentasikan komponen darah (sel darah merah, sel darah putih, keping darah) dan peralatan lab (pipet, serum, kartu uji). Alasan desain: Memudahkan identifikasi cepat fungsi tombol saat gameplay berlangsung cepat.
Animation Style	Animasi organ jantung yang berdenyut secara organik menggunakan teknik <i>blend shapes</i> , transisi cairan darah yang mengalir dinamis, dan animasi transisi aglutinasi berbasis partikel. Alasan desain: Memberikan representasi visual yang akurat mengenai bioproses sirkulasi darah yang tidak bisa dilihat secara kasat mata dalam pembelajaran konvensional.
Visual Effect	Efek kilatan cahaya (<i>bloom</i>) pada laser Nano-Vessel, partikel debu kolesterol yang hancur, dan efek transisi pengumpulan darah yang dramatis saat serum anti-Rh diotestkan. Alasan desain: Meningkatkan kepuasan bermain (<i>enjoyment</i>) dan memberikan umpan balik instan yang jelas atas tindakan pemain.
Audio Style	Desain audio bertema fiksi ilmiah ambient dengan frekuensi rendah yang menenangkan namun tetap menjaga fokus belajar siswa. Alasan desain: Mengurangi kecemasan siswa saat menghadapi tantangan sulit dan menjaga konsentrasi kognitif selama sesi permainan.
Background Music	Musik latar elektronik bertempo lambat hingga sedang (80-100 BPM) dengan instrumen synthesizer lembut dan ketukan lo-fi yang konstan. Alasan desain: Membantu siswa masuk ke dalam kondisi <i>flow</i> (fokus mendalam) saat memecahkan teka-teki sirkulasi dan prosedur laboratorium.
Ambient Sound	Suara detak jantung yang konstan dan bergumam (<i>muffled heartbeat</i>), suara aliran cairan pembuluh darah (<i>whooshing fluid</i>), dan dengung mesin laboratorium yang halus. Alasan desain: Memperkuat imersi lingkungan mikro di dalam tubuh manusia dan suasana laboratorium yang tenang.
Sound Effect	Suara denting sukses frekuensi tinggi saat menyusun urutan dengan benar, suara peringatan berdentung saat menabrak rintangan, suara hisapan cairan saat pipet digunakan, dan suara gesekan kartu uji saat digoyangkan. Alasan desain: Memberikan umpan balik audio instan yang memperjelas hasil dari setiap mekanik yang dijalankan pemain.

Lampiran C - 10 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 4

6. Technology

SPEKIFIKASI TEKNIS & ARSITEKTUR

ITEM	SPECIFICATION
Platform	WebGL (Web-Based Browser Game) & Standalone PC (Windows/macOS).
Engine	Unity Game Engine (Versi LTS terbaru untuk stabilitas jangka panjang).
Programming Language	C# (Object-Oriented Programming dengan implementasi Clean Architecture).
Framework	Unity UI Toolkit untuk antarmuka, dan DOTween untuk animasi transisi UI.
Database	SQLite (Lokal untuk penyimpanan progres siswa) & REST API integration untuk Learning Management System (LMS) sekolah.
Resolution	Responsive Design (Target utama: 16:9 - 1920x1080 piksel, dapat menyesuaikan ke resolusi layar Chromebook sekolah).
Input Device	Keyboard & Mouse (PC), Touchscreen (Tablet/Chromebook), Akselerometer (untuk mekanik goyangan kartu uji pada perangkat mobile).
Audio Format	Ogg Vorbis (untuk kompresi tinggi tanpa kehilangan kualitas suara pada platform web).
Storage	Maksimal 150 MB (Optimasi aset 3D dan tekstur agar game dapat dimuat dengan cepat di jaringan internet sekolah yang terbatas).
Target Device	Chromebook Sekolah, Laptop Standar Guru/Siswa, PC Laboratorium Komputer Sekolah.
Architecture	Model-View-Controller (MVC) untuk memisahkan logika simulasi biologi (Model) dari representasi visual game (View) dan input pemain (Controller).

ALASAN PEMILIHAN TEKNOLOGI

Pemilihan platform WebGL menggunakan Unity Game Engine didasarkan pada analisis kebutuhan lingkungan sekolah yang sangat bervariasi. Sebagian besar sekolah menengah di Indonesia menggunakan Chromebook atau laptop dengan spesifikasi rendah untuk kegiatan belajar mengajar. Dengan format WebGL, siswa tidak perlu mengunduh atau menginstal aplikasi tambahan; mereka cukup mengakses tautan game melalui peramban web (*browser*) masing-masing. Arsitektur MVC memastikan bahwa logika ilmiah dari sistem peredaran darah dan pengujian Rhesus dapat diuji secara terpisah dari sistem visual, memudahkan guru atau pengembang untuk memperbarui konten kurikulum di masa mendatang tanpa merusak sistem permainan secara keseluruhan.

7. Storyboard

TABEL SKENARIO SESI PERMAINAN

SCENE	PLAYER ACTIVITY	SYSTEM RESPONSE	LEARNING OBJECTIVE
Main Menu	Pemain memilih profil, melihat papan peringkat kelas, dan menekan tombol "Mulai Misi Medis".	Menampilkan antarmuka futuristik dengan musik latar lo-fi, memuat data progres siswa dari database lokal.	Memersiapkan kesiapan belajar siswa dan memotivasi melalui elemen kompetisi sehat.
Introduction	Pemain membaca dialog interaktif dengan Dr. Dewi mengenai kasus pasien darurat yang mengalami penyumbatan arteri koroner.	Menampilkan model 3D jantung pasien yang bermasalah dan memberikan pertanyaan pemantik mengenai gejala klinis.	Mengidentifikasi masalah awal sistem sirkulasi dan memicu kemampuan bernalar kritis (C2).
Tutorial	Pemain mencoba mengendalikan Nano-Vessel di jalur pembuluh darah latihan yang aman dan melakukan simulasi pemipetan serum.	Menampilkan petunjuk visual langkah-demi-langkah (<i>scaffolding</i>) di layar dan memberikan umpan balik instan atas input pemain.	Memahami mekanik dasar permainan sebelum memasuki tantangan kognitif yang dinilai.
Gameplay	Pemain mengemudikan Nano-Vessel menyusuri Vena Cava menuju jantung kanan, menghindari katup, dan mengumpulkan sel darah merah.	Menggerakkan katup jantung secara periodik, mendeteksi tabrakan, dan mengurangi HP jika pemain menabrak dinding pembuluh.	Menurut alur peredaran darah kecil secara spasial dan memahami fungsi organ jantung (C2 & C3).
Challenge	Pemain menyusun urutan pembuluh darah pulmonalis yang benar pada antarmuka teka-teki di persimpangan Ventrikel Kanan.	Menjeda permainan, menampilkan kartu organ, memeriksa akurasi susunan pemain, dan memberikan poin atau petunjuk bertahap.	Menetapkan konsep urutan sirkulasi darah pulmonalis secara aktif melalui <i>sequence arrangement</i> (C3).
Evaluation	Pemain melakukan uji Rhesus pada sampel darah pasien di laboratorium virtual menggunakan pipet dan mengamati aglutinasi.	Mensimulasikan reaksi kimia aglutinasi secara visual (<i>menggumpal vs cair</i>) berdasarkan input goyangan kartu uji dari pemain.	Melakukan prosedur uji Rhesus dan menginterpretasikan hasil reaksi antigen-antibodi secara akurat (C3).
Reward	Pemain melihat hasil evaluasi akhir, skor akumulatif, waktu penyelesaian, dan rencana baru yang berhasil diperoleh.	Menampilkan layar ringkasan performa dengan animasi perayaan visual dan memperbarui posisi pemain di papan peringkat kelas.	Memberikan penguatan positif (<i>positive reinforcement</i>) dan meningkatkan kepuasan belajar (<i>enjoyment</i>).
Ending	Pemain membaca dialog penutup dari Dr. Dewi yang menjelaskan keberhasilan penyelamatan pasien dan relevansi teknologi medis yang digunakan.	Menampilkan animasi Nano-Vessel keluar dari tubuh pasien dan membuka akses ke kasus medis berikutnya di menu utama.	Menghubungkan pengalaman bermain dengan pemahaman bermakna mengenai aplikasi teknologi medis di dunia nyata.

ALUR PENGALAMAN PEMAIN

Permainan dimulai dengan pengenalan naratif yang kuat untuk membangun empati siswa terhadap pasien virtual. Siswa tidak langsung dihadapkan pada teori yang membosankan, melainkan langsung diajak melakukan eksplorasi aktif melalui fase tutorial yang ramah. Saat memasuki fase gameplay utama, siswa merasakan ketegangan yang menyenangkan (*hard fun*) saat menavigasi pembuluh darah yang sempit, yang melatih koordinasi motorik sekaligus pemahaman spasial anatomi. Transisi ke fase laboratorium virtual memberikan perubahan tempo permainan (*pacing*) dari aksi cepat menjadi eksperimen yang membutuhkan ketelitian dan ketenangan. Di akhir sesi, siswa mendapatkan kepuasan kognitif setelah berhasil mendiagnosis penyakit pasien, menyadari bahwa pengetahuan biologi yang mereka pelajari memiliki dampak nyata dalam menyelamatkan kehidupan manusia.

Lampiran C - 11 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 5

8. System Requirement

SPEKIFIKASI MINIMUM & REKOMENDASI

ITEM	MINIMUM SPECIFICATION	RECOMMENDED SPECIFICATION
Platform	Web Browser (HTML5, WebGL 2.0 compatible).	Web Browser (HTML5, WebGL 2.0 compatible).
Operating System	Windows 7/8/10 (64-bit), macOS 10.13+, ChromeOS (versi terbaru).	Windows 10/11 (64-bit), macOS 11+, ChromeOS (versi terbaru dengan dukungan akselerasi perangkat keras).
Processor	Intel Celeron N4020 / AMD Athlon Gold (atau prosesor setara pada Chromebook sekolah).	Intel Core i3/i5 generasi ke-8 / AMD Ryzen 3 atau lebih tinggi.
Memory	4 GB RAM.	8 GB RAM atau lebih tinggi.
Storage	200 MB ruang kosong pada penyimpanan lokal (untuk cache browser dan data simpanan).	500 MB ruang kosong (untuk performa pemuatan aset yang lebih cepat melalui SSD).
Graphic	Intel HD Graphics 600 atau kartu grafis terintegrasi setara.	Intel UHD Graphics 620 / NVIDIA GeForce MX150 atau lebih tinggi.
Audio	Perangkat audio standar (Speaker internal laptop atau headphone sekolah).	Perangkat audio standar dengan dukungan stereo untuk imersi ambient sound yang lebih baik.

--- AKHIR DOKUMEN ---

Lampiran C - 12 Rancangan GDD Kelompok B Bagian 6