

**PENGEMBANGAN *GAME TOWER DEFENSE* SEBAGAI
MEDIA EDUKASI SITUS BUDAYA**



Disusun Oleh:

N a m a : Ihwan Dwi Rizky Fitriawan

NIM : 21523249

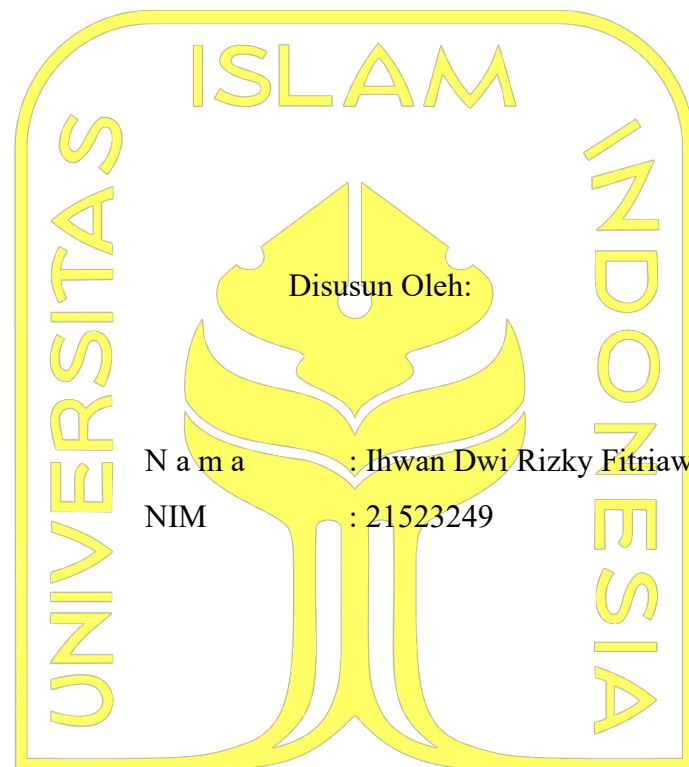
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2026

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PENGEMBANGAN *GAME TOWER DEFENSE* SEBAGAI
MEDIA EDUKASI SITUS BUDAYA

TUGAS AKHIR



المعهد الإسلامي
Yogyakarta, 22 Januari 2026
الاسلامية
الاندونيسي

Pembimbing,

(Rahadian Kurniawan, S.Kom., M.Kom.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENGEMBANGAN *GAME TOWER DEFENSE* SEBAGAI
MEDIA EDUKASI SITUS BUDAYA**

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 Januari 2026

Tim Penguji

Rahadian Kurniawan, S.Kom., M.Kom.

Anggota 1

Sri Mulyati, S.Kom., M.Kom.

Anggota 2

Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ihwan Dwi Rizky Fitriawan

NIM : 21523249


Tugas akhir dengan judul:

**PENGEMBANGAN *GAME TOWER DEFENSE* SEBAGAI
MEDIA EDUKASI SITUS BUDAYA**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 22 Januari 2026



Ihwan Dwi Rizky Fitriawan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta’ala yang telah memberi kesehatan, ketenangan, dan kemudahan, hingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua, yang doa-doanya selalu mendahului langkah penulis. Terima kasih atas cinta yang tidak pernah berkurang, dukungan yang tidak pernah putus, serta keteguhan hati yang terus menguatkan penulis dalam proses yang panjang. Semoga setiap lelah yang pernah terbayar menjadi kebaikan, dan setiap doa yang dipanjatkan menjadi keberkahan bagi keluarga.

Skripsi ini juga penulis persembahkan untuk keluarga, yang selalu menjadi tempat pulang dan ruang untuk bertumbuh. Kehadiran kalian membuat perjalanan ini terasa lebih ringan, karena penulis tidak pernah benar-benar berjalan sendiri.

Dengan hormat, penulis mempersembahkan karya ini kepada Bapak Rahadian Kurniawan, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesabaran, arahan, dan masukan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lebih terarah. Semoga ilmu dan kebaikan yang diberikan menjadi amal yang terus mengalir.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada para dosen dan sivitas akademika Program Studi Informatika atas ilmu, pengalaman, dan lingkungan belajar yang membentuk penulis selama menempuh studi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada responden dan pihak-pihak yang membantu proses uji coba, atas waktu, perhatian, serta masukan yang sangat berarti untuk penyempurnaan skripsi ini.

Terakhir, skripsi ini penulis persembahkan untuk diri sendiri, sebagai pengingat bahwa konsistensi, kesabaran, dan keberanian untuk terus mencoba pada akhirnya dapat menuntun pada sebuah hasil. Semoga karya ini menjadi langkah kecil yang bermanfaat, dan menjadi awal untuk terus belajar serta berkarya lebih baik ke depannya.

HALAMAN MOTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

QS. Al-Insyirah [94]: 6

“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

QS. Al-Baqarah [2]: 286

“A journey of a thousand miles begins with a single step”

Lao Tzu

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Pengembangan *Game Tower Defense* sebagai Media Edukasi Situs Budaya” dengan baik. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika.

Tujuan penulisan laporan ini adalah untuk mendokumentasikan proses perancangan, pengembangan, serta evaluasi *game* dengan *genre tower defense* yang dimanfaatkan sebagai media edukasi pengenalan situs budaya. Melalui penelitian ini, penulis berupaya menghadirkan media pembelajaran yang lebih interaktif agar penyampaian informasi budaya dapat diterima dengan lebih menarik melalui pengalaman bermain.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menemui beberapa kesulitan teknis dan non teknis, khususnya menjaga konsistensi motivasi selama proses pengembangan. Namun, kendala tersebut dapat teratasi berkat pertolongan Allah SWT dan dukungan dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- a. Kedua orang tua dan keluarga, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi.
- b. Bapak Rahadian Kurniawan, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
- c. Teman-teman yang telah membantu, memberi semangat, serta mendukung penulis selama proses penelitian dan penyusunan laporan.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi untuk pengembangan penelitian dan media edukasi interaktif pada bidang kebudayaan.

Yogyakarta, 22 Januari 2026



Ihwan Dwi Rizky Fitriawan

SARI

Situs budaya merupakan lokasi di darat dan/atau di air yang mengandung tinggalan budaya sebagai bukti aktivitas atau kejadian masa lalu dan memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan sehingga perlu dilestarikan. Namun, berbagai temuan dan data survei kebudayaan menunjukkan keterpaparan dan minat generasi muda terhadap informasi warisan budaya masih terbatas, terutama ketika penyampaian materi bersifat pasif, serta terdapat indikasi kesenjangan antara pengakuan pentingnya *heritage* dan pengetahuan faktual yang spesifik. Kondisi ini mendorong kebutuhan media edukasi yang lebih interaktif dan selaras dengan kebiasaan konsumsi media generasi muda. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *game* edukasi bergenre *tower defense* pada platform PC bertema pelestarian situs budaya Yogyakarta, dibatasi pada tiga situs: Panggung Krapyak, Benteng Vredenburg, dan Candi Sambisari. Pengembangan dilakukan menggunakan model ADDIE dengan integrasi *microlearning* melalui *micro-card* (ringkasan materi), *micro-task* (kuis singkat), dan ensiklopedia di dalam *game* sebagai rujukan. Evaluasi meliputi pengujian fungsional (*blackbox*) untuk memastikan fitur utama berjalan sesuai rancangan, serta pengujian pengguna pada 11 mahasiswa usia 19–23 tahun menggunakan pre-test dan post-test (butir sama) dan *USE Questionnaire* (*Usefulness, Ease of Use, Satisfaction*). Hasil menunjukkan *game* berjalan baik secara teknis, mengindikasikan peningkatan pengetahuan pemain yang didukung analisis statistik, serta memperoleh respons *usability* positif pada aspek kegunaan, kemudahan penggunaan, dan kepuasan. Secara keseluruhan, *game* ini berpotensi menjadi media edukasi interaktif untuk mendukung peningkatan pengetahuan dasar situs budaya Yogyakarta melalui integrasi *microlearning* dalam alur permainan.

Kata kunci: ADDIE, *game* serius, *microlearning*, situs budaya, *tower defense*.

GLOSARIUM

ADDIE	Model pengembangan pembelajaran terdiri dari tahap Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation.
CLT	Cognitive Load Theory, adalah teori beban kognitif yang menjelaskan keterbatasan kapasitas memori kerja; digunakan untuk mengatur kompleksitas materi/tantangan agar tidak membebani pemain.
HUD	Heads-Up Display, adalah elemen antarmuka yang tampil saat bermain untuk menampilkan informasi penting (misalnya resource, status, tombol, indikator).
Microlearning	Pendekatan pembelajaran dengan materi berukuran kecil, ringkas, dan disajikan bertahap.
Micro-card	Komponen microlearning berupa kartu informasi singkat yang muncul di dalam game.
Micro-task	Aktivitas singkat berbasis tugas pertanyaan untuk memperkuat pemahaman materi.
Retrieval practice	Latihan mengingat kembali informasi (salah satunya lewat kuis) untuk memperkuat retensi.
Scaffolding	Pemberian dukungan bertahap melalui desain level/materi dari mudah ke lebih kompleks agar pemain belajar progresif.
Stage	Level dalam game
Tower	Bangunan pertahanan dalam permainan tower defense yang secara otomatis menyerang musuh yang melewati jalurnya.
Tower defense	Genre game strategi di mana pemain mempertahankan jalur/area dengan menempatkan “tower” untuk menghentikan musuh.
UI	Elemen antarmuka dalam game
Wave	Gelombang musuh yang datang bertahap dalam satu stage di game.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SARI	viii
GLOSARIUM	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Game Edukasi dan <i>Serious Game</i>	6
2.1.1 Pengertian Game Edukasi dan <i>Serious Game</i>	6
2.1.2 Efek Kognitif dan Motivasi <i>Serious Game</i>	6
2.2 Situs Budaya dan Pelestariannya	7
2.2.1 Pengertian Situs Budaya dan Cagar Budaya.....	7
2.2.2 Tantangan Pelestarian dan Minat Generasi Muda	7
2.3 Game Edukasi Situs Budaya	7
2.3.1 Game Edukasi untuk Pariwisata dan Warisan Budaya	7
2.3.2 Integrasi Konten Budaya Lokal dalam Game	8
2.4 Genre <i>Tower Defense</i>	8
2.4.1 Karakteristik <i>Tower Defense</i>	8
2.4.2 <i>Tower Defense</i> dan Peluang Belajar	9
2.5 <i>Microlearning</i> , <i>Micro-Card</i> , dan <i>Micro-Task</i>	10
2.5.1 Konsep <i>Microlearning</i>	10
2.5.2 <i>Microlearning</i> dalam <i>Game</i>	10
2.5.3 Penerapan <i>Microlearning</i> Melalui <i>Micro-card</i>	11
2.5.4 <i>Micro-task</i> Sebagai Latihan Pengambilan Kembali.....	11
2.5.5 Ensiklopedia In-game sebagai <i>Knowledge Base</i>	11
2.6 <i>Retrieval Practice</i> dan <i>Testing Effect</i>	12
2.6.1 <i>Testing Effect</i>	12
2.6.2 Implikasi untuk Desain <i>Micro-task</i> dalam <i>Game</i>	12
2.7 <i>Cognitive Load Theory</i> Dan <i>Scaffolding</i> Kompleksitas Level.....	13
2.7.1 <i>Cognitive Load Theory</i> (CLT)	13
2.7.2 Implikasi CLT dalam Desain <i>Game</i> Edukasi.....	13
2.7.3 <i>Scaffolding</i> dan <i>Progressive Complexity</i> pada Desain Stage.....	13

2.7.4	<i>Flow/Engagement</i> dalam Game Edukasi dan Implikasinya terhadap <i>Progressive Difficulty</i>	14
2.8	Generalisasi Kartografis dan Abstraksi Visual Untuk Keterbacaan Arena	15
2.9	Kesulitan Jalur dan Implikasinya Terhadap Desain <i>Level Tower Defense</i>	15
2.10	<i>Extraneous Cognitive Load</i> Sebagai Dasar Pengurangan <i>Clutter</i> Visual Pada Game	16
2.11	Model Pengembangan Addie	16
2.12	Pengujian	18
2.12.1	Desain <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i>	18
2.12.2	Uji T dan Uji T Berpasangan	18
2.12.3	Konsep <i>Usability</i>	19
2.12.4	Instrumen <i>USE Questionnaire</i>	19
2.12.5	<i>Cronbach's Alpha</i>	20
2.13	Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Tahap <i>Analysis</i>	24
3.1.1	Studi Literatur	29
3.1.2	Gambaran Umum Game	29
3.1.3	Analisis Kebutuhan Software	31
3.1.4	Penyusunan Silabus Materi Game	32
3.2	Tahap <i>Design</i>	34
3.2.1	Perancangan Struktur Stage, Urutan Kompleksitas, dan Tujuan Belajar per <i>Stage</i>	35
3.2.2	Perancangan <i>Loop</i> Permainan	39
3.2.3	Perancangan Konten Edukasi	45
3.2.4	Perancangan Instrumen Evaluasi	47
3.2.5	Pemetaan Silabus ke Rancangan Game	48
3.2.6	Perancangan Representasi Tematik Tower, Ancaman, dan Indikator Reputasi	49
3.3	Tahap <i>Development</i>	50
3.3.1	Pengembangan Aset Visual	50
3.3.2	Pengembangan Elemen Inti Permainan (Tower dan Musuh)	51
3.3.3	Pengembangan Level dan Struktur Stage	52
3.3.4	Pengembangan Antarmuka Pengguna (UI) dan Interaksi	53
3.3.5	Integrasi Konten Edukasi ke Dalam <i>Micro-card</i> , <i>Micro-task</i> , dan Ensiklopedia	54
3.4	Tahap <i>Implementation</i>	54
3.4.1	Subjek Penelitian dan Teknik Sampling	55
3.4.2	Persiapan Uji Coba	55
3.4.3	Prosedur Uji Coba	55
3.4.4	Skenario Penggunaan Game	56
3.4.5	Konteks Penggunaan dan Lingkungan Penggunaan	56
3.5	Tahap <i>Evaluation</i>	57
3.5.1	Pengujian Alfa: Blackbox Testing	57
3.5.2	Pengujian Beta: <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i> Pemahaman Konten Budaya	58
3.5.3	Pengujian Beta: <i>Usability Testing (USE Questionnaire)</i>	59
BAB IV HASIL, IMPLEMENTASI, DAN EVALUASI		60
4.1	Hasil Pengembangan Game	60
4.2	Hasil Implementasi Desain Game	60
4.2.1	Struktur <i>Stage</i> dan Kenaikan Kompleksitas	60

4.2.2	Alur Permainan Tiap <i>Stage</i>	61
4.2.3	Panel <i>Tutorial In-Game</i>	64
4.2.4	Sistem <i>Tower</i> dan Ancaman	65
4.2.5	Integrasi Konten Edukasi Situs Budaya.....	70
4.3	Dokumentasi Aset Visual.....	71
4.3.1	Dokumentasi Aset Audio	77
4.4	Tampilan Game.....	78
4.4.1	Menu Utama.....	79
4.4.2	Layar Pemilihan <i>Stage</i>	79
4.4.3	Tampilan Dalam <i>Stage</i>	80
4.4.4	Tampilan Panel <i>Tutorial</i>	81
4.4.5	Tampilan <i>Micro-card</i> dan <i>Micro-task</i>	81
4.4.6	Tampilan Ensiklopedia	83
4.4.7	Layar <i>Game Over</i> dan Kemenangan	83
4.5	Hasil Pengujian	84
4.5.1	Pengujian Fungsionalitas Game.....	84
4.5.2	Pengujian Reliabilitas Soal <i>Usability</i> dengan <i>Cronbach's Alpha</i>	86
4.5.3	Hasil Uji <i>Usability</i> dengan <i>USE Questionnaire</i>	87
4.5.4	Masukan Kualitatif Pemangku Kepentingan	88
4.5.5	Instrumen dan Pelaksanaan <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i>	89
4.5.6	Hasil <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test</i> Pengetahuan	90
4.6	Pembahasan.....	92
4.6.1	Ketercapaian Tujuan Pengembangan.....	92
4.6.2	Analisis <i>Usability</i> dan Pengalaman Pengguna.....	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		98
5.1	Kesimpulan	98
5.2	Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....		101
LAMPIRAN		109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu.....	21
Tabel 3.1 Gambaran umum <i>game</i>	30
Tabel 3.2 Ringkasan struktur <i>stage</i>	31
Tabel 3.3 Ringkasan aspek kuesioner <i>usability</i>	59
Tabel 4.1 Ringkasan panel tutorial	65
Tabel 4.2 Ringkasan parameter varian ancaman	68
Tabel 4.3 Aset visual yang digunakan dalam <i>game</i>	71
Tabel 4.4 Aset audio yang digunakan dalam <i>game</i>	78
Tabel 4.5 Hasil pengujian fungsionalitas.....	85
Tabel 4.6 Ringkasan skor <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i>	91
Tabel 4.7 Skor aspek <i>Usefulness</i>	94
Tabel 4.8 Skor aspek <i>Satisfaction</i>	95
Tabel 4.9 Skor aspek <i>Ease of Use</i>	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metodologi ADDIE.....	24
Gambar 3.2 Sketsa <i>layout stage 1</i>	36
Gambar 3.3 Sketsa <i>layout stage 2</i>	37
Gambar 3.4 Sketsa <i>layout stage 3</i>	38
Gambar 3.5 Sketsa antarmuka <i>HUD</i> utama.....	40
Gambar 3.6 Sketsa antarmuka <i>spawn tower</i> dan <i>manage tower</i>	41
Gambar 3.7 Sketsa antarmuka opsi <i>upgrade tower</i>	41
Gambar 3.8 Sketsa antarmuka <i>panel tutorial</i>	42
Gambar 3.9 Sketsa antarmuka <i>panel pause</i>	42
Gambar 3.10 Sketsa antarmuka <i>endgame result</i>	43
Gambar 3.11 Sketsa antarmuka menu utama.....	44
Gambar 3.12 Sketsa antarmuka pemilihan stage.....	44
Gambar 3.13 Sketsa antarmuka <i>panel micro-card</i>	46
Gambar 3.14 Sketsa antarmuka <i>panel micro-task</i>	46
Gambar 3.15 Sketsa antarmuka ensiklopedia.....	47
Gambar 3.16 Pembuatan layout stage 1 menggunakan Krita.....	51
Gambar 3.17 Penyusunan layout stage 1 di Unity.....	53
Gambar 3.18 Penyusunan dan penyesuaian UI <i>in-game</i>	54
Gambar 4.1 Tampilan menu utama.....	79
Gambar 4.2 Tampilan layar pemilihan stage.....	79
Gambar 4.3 Tampilan di dalam stage.....	80
Gambar 4.4 Tampilan panel <i>tutorial</i>	81
Gambar 4.5 Tampilan <i>micro-card</i>	81
Gambar 4.6 Tampilan <i>micro-task</i>	82
Gambar 4.7 Tampilan menu ensiklopedia.....	83
Gambar 4.8 Tampilan menu <i>victory</i>	83
Gambar 4.9 Hasil pengujian cronbach's alpha.....	86
Gambar 4.10 Pelaksanaan uji coba di lingkungan kampus.....	90
Gambar 4.11 Hasil uji-t berpasangan menggunakan Stats Kingdom.....	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Situs budaya merupakan salah satu bentuk warisan budaya yang memiliki nilai sejarah, estetika, dan edukatif bagi masyarakat. Keberadaan situs budaya tidak hanya berfungsi sebagai objek wisata, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang dapat membantu generasi muda memahami perjalanan sejarah dan identitas budayanya. Di Indonesia, jumlah aset budaya yang perlu dijaga sangat besar. Data statistik kebudayaan mencatat bahwa hingga beberapa tahun terakhir terdapat ribuan cagar budaya dan ratusan museum yang tersebar di berbagai daerah, dengan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menyumbang ratusan cagar budaya dan puluhan museum (Kementerian Pendidikan, 2020, 2023).

Meskipun jumlah cagar budaya dan fasilitas pendukung, seperti museum terus bertambah, proporsi penduduk yang mengunjungi peninggalan sejarah atau warisan budaya masih relatif kecil. Survei kebudayaan menunjukkan bahwa persentase kunjungan ke situs budaya pada kelompok usia 10 tahun ke atas belum sebanding dengan potensi dan jumlah objek budaya yang tersedia, meskipun terdapat tren peningkatan dalam beberapa tahun terakhir (Kementerian Pendidikan, 2020). Sebagai gambaran umum pada populasi usia 10 tahun ke atas, Susenas MSBP 2018 mencatat bahwa persentase penduduk yang mengunjungi peninggalan sejarah atau warisan budaya selama setahun terakhir berada pada kisaran sekitar 10 persen (10,15 persen) (Badan Pusat Statistik, 2019). Data lain yang dirangkum dalam publikasi Kemendikbud berdasarkan Statistik Sosial Budaya BPS juga menunjukkan bahwa pada tahun 2012 angkanya masih 2,51 persen dan pada tahun 2018 meningkat menjadi 10,9 persen. Namun, proporsinya tetap relatif kecil dibandingkan jumlah objek yang tersedia (Kementerian Pendidikan, 2020). Pada kelompok remaja dan mahasiswa, persoalan tidak hanya berkaitan dengan frekuensi kunjungan, tetapi juga preferensi budaya. Penelitian menunjukkan bahwa sebagian remaja cenderung lebih tertarik pada budaya populer global dibandingkan dengan budaya lokal di lingkungannya sendiri (Tri Rahma Dewi et al., 2024). Kondisi ini mengindikasikan adanya jarak antara generasi muda dan warisan budaya lokal yang perlu dijangkau dengan pendekatan yang lebih relevan dengan keseharian mereka.

Persoalan generasi muda tidak berhenti pada frekuensi kunjungan. Sejumlah temuan menunjukkan bahwa pengakuan generasi muda terhadap pentingnya warisan budaya tidak

selalu diikuti oleh pengetahuan yang spesifik dan pengalaman yang memadai. Studi pada mahasiswa Gen Z dalam konteks *cultural heritage* melaporkan bahwa meskipun persentase yang mengakui *heritage* sebagai bagian dari identitas dan mendukung pelestarian sangat tinggi, hanya sebagian yang mampu menyebut situs secara spesifik dan lebih sedikit lagi yang pernah berkunjung (Pratama et al., 2025). Kajian di pendidikan tinggi juga menunjukkan bahwa pengetahuan mahasiswa dapat bersifat superfisial serta situs lebih sering dipandang sebagai tujuan wisata daripada rujukan akademik (Nurasiah & Azis, 2025). Temuan tersebut menegaskan bahwa pengakuan simbolik terhadap *heritage* belum tentu selaras dengan pengetahuan faktual dan pengalaman personal.

Indikasi keterbatasan pengetahuan terkait situs juga muncul pada penelitian lain yang berfokus pada situs bersejarah. Misalnya, survei pada peserta didik melaporkan bahwa tingkat pengetahuan (faktual, konseptual, dan metakognitif) mengenai situs bersejarah masih berada pada kategori rendah (Farida Achmad et al., 2025). Meskipun konteks situs dan karakter responden berbeda dari penelitian ini, temuan tersebut memperkuat gambaran bahwa persoalan pada kelompok usia muda tidak hanya berkaitan dengan minat berkunjung, tetapi juga menyangkut sejauh mana pengetahuan tentang situs dapat disebutkan dan dipahami secara spesifik. Selaras dengan itu, beberapa studi internasional juga melaporkan bahwa *awareness* atau pengetahuan terkait *heritage* pada mahasiswa berada pada tingkat rendah hingga sedang (Karaca et al., 2016; Karadeniz, 2020).

Kesenjangan tersebut berpotensi membuat situs budaya dipahami sebatas simbol atau objek wisata, bukan sebagai pengetahuan yang benar-benar dipahami secara faktual. Dalam konteks pelestarian, pemahaman faktual yang terbatas dapat berimplikasi pada rendahnya kesiapan generasi muda untuk berpartisipasi dalam praktik pelestarian sederhana, seperti menghargai aturan kunjungan, menyaring informasi yang keliru, atau menolak tindakan perusakan. Dengan demikian, penelitian ini memfokuskan masalah pada keterbatasan keterpaparan dan pengetahuan faktual mahasiswa terhadap situs budaya lokal yang spesifik, serta mengeksplorasi pemanfaatan media interaktif yang lebih selaras dengan kebiasaan konsumsi media generasi muda.

Yogyakarta merupakan salah satu daerah yang kaya akan situs budaya, di antaranya Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Ketiga situs tersebut memiliki latar sejarah dan fungsi yang berbeda serta merepresentasikan lapisan perkembangan budaya dan kekuasaan di Yogyakarta. Namun, informasi tentang situs budaya sering kali tersaji dalam bentuk teks pada papan informasi atau media cetak sehingga bersifat pasif dan kurang selaras

dengan kebiasaan konsumsi informasi generasi muda yang akrab dengan media digital interaktif. Selain itu, hambatan juga dapat muncul karena keterbatasan akses informasi budaya atau cara penyajiannya kurang relevan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu menjembatani kesenjangan antara generasi muda dan warisan budaya mereka (Rahmawati et al., 2025).

Di sisi lain, perkembangan teknologi informasi membuat game digital semakin lekat dengan kehidupan sehari-hari generasi muda. Game tidak lagi dipandang semata sebagai hiburan, tetapi juga sebagai media yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan edukatif. Dalam konteks penelitian ini, game dipilih karena menyediakan interaksi yang menuntut pengambilan keputusan dan memberi umpan balik langsung, sehingga pembelajaran berpotensi terjadi ketika pengguna terlibat aktif. Berbagai kajian menunjukkan bahwa *serious game* dapat memberikan dampak kognitif dan motivasional yang positif, terutama ketika tujuan belajar, mekanik permainan, dan cara evaluasinya dirancang secara selaras (Wouters et al., 2013). Oleh karena itu, game *cultural heritage* perlu memastikan integrasi konten budaya dengan pengalaman bermain agar materi tidak hanya menjadi informasi tambahan, melainkan bagian yang bermakna dalam proses belajar (DaCosta & Kinsell, 2023).

Berdasarkan pemaparan temuan sebelumnya, penelitian ini mengembangkan “*Guardians of Heritage*”, sebuah game edukasi pada platform PC yang berfokus pada pengenalan tiga situs budaya di Yogyakarta, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Pengembangan ini ditujukan untuk membantu meningkatkan pemahaman generasi muda terhadap informasi faktual yang spesifik tentang ketiga situs tersebut, mengingat temuan sebelumnya menunjukkan bahwa pengetahuan budaya pada generasi muda sering kali masih dangkal. Evaluasi dilakukan untuk melihat perubahan pemahaman pemain setelah menggunakan media yang dikembangkan serta menilai kenyamanan penggunaan media sebagai sarana pembelajaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Bagaimana merancang dan mengembangkan game *tower defense* sebagai media edukasi pengenalan situs budaya di Daerah Istimewa Yogyakarta?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- a. Produk yang dikembangkan berupa game edukasi bergenre *tower defense* yang berjalan pada platform PC/laptop.
- b. Lingkup materi budaya dibatasi pada tiga situs budaya di Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredenburg, dan Candi Sambisari.
- c. Sasaran pengguna *game* adalah mahasiswa dengan rentang usia sekitar 19–23 tahun.
- d. Evaluasi penelitian berfokus pada aspek *usability* menggunakan *USE Questionnaire* serta pengukuran peningkatan pengetahuan melalui *pre-test* dan *post-test*.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah *game tower defense* sebagai media edukasi interaktif untuk pengenalan situs budaya di Daerah Istimewa Yogyakarta bagi mahasiswa.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat. Bagi mahasiswa sebagai pengguna, game yang dikembangkan dapat menjadi media belajar mengenai situs budaya yang lebih interaktif. Bagi peneliti dan pengembang game edukasi, hasil penelitian ini menyediakan contoh penerapan model ADDIE dalam merancang dan mengembangkan game bertema situs budaya, sekaligus gambaran penggunaan dan hasil pengukuran *usability* dengan *USE Questionnaire* pada konteks tersebut. Dari sisi akademik, penelitian ini turut memperkaya kajian tentang game edukasi dan *serious game* bertema situs budaya, sehingga dapat menjadi rujukan bagi penelitian sejenis di masa mendatang.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan model desain instruksional ADDIE yang meliputi lima tahap utama, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ini dipilih karena menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi media pembelajaran, termasuk game edukasi.

Pada tahap *Analysis*, dilakukan analisis kebutuhan berdasarkan temuan literatur dan konteks penelitian terkait keterbatasan keterlibatan generasi muda terhadap materi situs budaya yang disajikan secara pasif, serta perumusan kebutuhan akan media interaktif yang menuntut strategi dan pengambilan keputusan. Tahap *Design* menghasilkan rancangan *gameplay tower defense*, struktur *stage* dan *wave*, pemetaan konten budaya ke dalam *micro-card*, *micro-task*,

dan ensiklopedia, serta rancangan instrumen evaluasi berupa kuesioner *usability* berbasis *USE Questionnaire* dan tes pemahaman materi situs budaya (*pre-test* dan *post-test*).

Tahap *Development* merealisasikan rancangan tersebut ke dalam *game* yang dapat dimainkan. Tahap *Implementation* melibatkan uji coba dengan responden mahasiswa yang mewakili target pengguna; responden diminta memainkan *game* dalam skenario tertentu sebelum mengisi kuesioner *usability*. Tahap *Evaluation* dilakukan untuk menilai kelayakan awal media yang dikembangkan melalui analisis perbedaan skor *pre-test* dan *post-test* sebagai indikator perubahan pengetahuan responden terkait materi situs budaya, serta menelaah masukan kualitatif responden untuk mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi ini disusun dalam lima bab yang saling berkaitan. Bab I Pendahuluan berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian secara garis besar, dan sistematika penulisan. Bab II Landasan Teori menguraikan teori-teori yang mendasari penelitian, meliputi konsep situs budaya dan edukasi budaya, *game* edukasi dan *serious game*, *genre tower defense*, teori pembelajaran yang relevan (seperti *microlearning* dan *retrieval practice*), model pengembangan ADDIE, konsep *usability* dan *USE Questionnaire*, serta penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan. Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan secara rinci jenis dan pendekatan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, subjek dan teknik pengambilan sampel, prosedur pengembangan *game* menggunakan model ADDIE, rancangan sistem dan *gameplay*, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, serta teknik analisis data.

Selanjutnya, Bab IV Hasil dan Pembahasan menyajikan hasil penerapan setiap tahap pengembangan, deskripsi produk *game* yang dihasilkan, hasil pengujian *usability* dengan *USE Questionnaire*, serta pembahasan yang mengaitkan temuan penelitian dengan tujuan dan landasan teori. Terakhir, Bab V Penutup memuat kesimpulan penelitian yang ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan, serta saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan *game* maupun penelitian selanjutnya.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Game Edukasi dan *Serious Game*

2.1.1 Pengertian Game Edukasi dan *Serious Game*

Game edukasi merupakan permainan digital yang dirancang bukan hanya untuk hiburan, tetapi juga untuk mendukung tujuan pembelajaran tertentu. Dalam konteks penelitian ini, game edukasi diposisikan sebagai media interaktif yang dapat membantu pengguna memahami konsep mengenai situs budaya dan urgensi pelestariannya.

Istilah *serious game* merujuk pada game yang dirancang dengan tujuan utama di luar hiburan semata, misalnya untuk pendidikan, pelatihan, atau perubahan perilaku (Wouters et al., 2013). Meta-analisis yang dilakukan Wouters dan kolega menunjukkan bahwa *serious game* secara umum dapat memberikan dampak positif baik pada aspek kognitif (misalnya peningkatan pemahaman dan retensi pengetahuan) maupun aspek motivasional (misalnya minat dan keterlibatan belajar) apabila dirancang dengan prinsip pembelajaran yang tepat (Wouters et al., 2013).

Dalam penelitian ini, game edukasi yang dikembangkan ditempatkan dalam ranah *serious game* karena secara eksplisit menggabungkan tujuan hiburan (*gameplay tower defense* yang strategis) dengan tujuan edukatif (pengenalan fakta dan isu pelestarian situs budaya).

2.1.2 Efek Kognitif dan Motivasi *Serious Game*

Temuan Wouters et al. (2013) menunjukkan bahwa *serious game* dapat meningkatkan hasil belajar dibandingkan dengan pembelajaran tradisional tertentu, terutama ketika game didesain dengan umpan balik yang jelas, tujuan yang eksplisit, dan integrasi materi yang selaras dengan aktivitas bermain. *Serious game* juga berpotensi meningkatkan motivasi intrinsik peserta didik karena memberikan pengalaman belajar yang menantang, interaktif, dan memberikan rasa pencapaian.

Hal ini relevan dengan desain game edukasi bertema situs budaya, di mana pemain tidak hanya menerima informasi pasif, tetapi juga terlibat dalam pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan pengelolaan sumber daya, sehingga dapat mendukung proses belajar yang lebih mendalam.

2.2 Situs Budaya dan Pelestariannya

2.2.1 Pengertian Situs Budaya dan Cagar Budaya

Secara umum, situs budaya dapat dipahami sebagai lokasi yang memiliki nilai penting dari aspek sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan lainnya. Di Indonesia, konsep ini berkaitan erat dengan istilah cagar budaya yang diatur dalam regulasi dan kebijakan pemerintah. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia secara rutin menerbitkan laporan statistik dan profil cagar budaya yang memuat data jumlah, sebaran, serta kondisi pelestarian situs-situs tersebut (Kementerian Pendidikan, 2020, 2023). Laporan tersebut menegaskan pentingnya pelestarian cagar budaya sebagai bagian dari identitas nasional, media pendidikan, serta sumber daya strategis dalam pengembangan pariwisata dan ekonomi kreatif.

2.2.2 Tantangan Pelestarian dan Minat Generasi Muda

Meskipun jumlah cagar budaya cukup besar, berbagai laporan menunjukkan bahwa masih terdapat tantangan dalam hal pelestarian, seperti ancaman alih fungsi lahan, kerusakan fisik, maupun rendahnya pemahaman masyarakat terhadap nilai penting situs budaya. Studi Dewi et al. (2024) mengindikasikan bahwa minat remaja terhadap budaya lokal cenderung rendah; banyak remaja lebih tertarik pada produk budaya populer global dibandingkan budaya lokal di lingkungannya sendiri.

Temuan ini menguatkan urgensi pengembangan media edukasi yang lebih menarik dan relevan dengan keseharian generasi muda, termasuk pemanfaatan game digital sebagai medium untuk menumbuhkan kembali apresiasi terhadap budaya lokal dan situs sejarah.

2.3 Game Edukasi Situs Budaya

2.3.1 Game Edukasi untuk Pariwisata dan Warisan Budaya

Sejumlah penelitian telah memanfaatkan game edukasi untuk memperkenalkan destinasi wisata dan warisan budaya lokal. Syahrul Anwar et al. (2025) mengembangkan game edukasi untuk eksplorasi pariwisata dan budaya Tasikmalaya, yang memadukan eksplorasi lokasi dan interaksi dengan konten informasi di dalam game untuk meningkatkan pengetahuan pemain mengenai objek wisata setempat (Syahrul Anwar et al., 2025).

Fitriyani Asiqin et al. (2025) merancang game edukasi pembelajaran budaya Flores berbasis Android menggunakan metode Game Development Life Cycle (GDLC). Game tersebut menyajikan informasi budaya melalui mekanik permainan dan narasi, dengan tujuan

agar pemain khususnya anak dan remaja dapat mengenal ragam tradisi dan kekayaan budaya Flores dengan cara yang lebih menyenangkan (Fitriyani Asiqin et al., 2025).

Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa game edukasi dapat dimanfaatkan sebagai media untuk memperkenalkan pariwisata dan warisan budaya dengan pendekatan yang lebih interaktif dibandingkan penyampaian informasi secara konvensional. Melalui integrasi eksplorasi, narasi, dan mekanik permainan, game berpotensi meningkatkan keterlibatan pengguna dalam memahami konteks budaya yang diangkat.

2.3.2 Integrasi Konten Budaya Lokal dalam Game

Angkoso et al. (2020) mengkaji optimasi *game tower defense* dengan konten budaya lokal yang dipadukan dengan algoritma greedy. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi elemen budaya lokal ke dalam mekanik permainan tidak hanya menambah kekayaan konteks naratif, tetapi juga dapat memperkuat pesan edukatif yang ingin disampaikan (Angkoso et al., 2020). Selain temuan pada lingkup lokal, kajian *serious game* di ranah *cultural heritage* menekankan bahwa konten warisan budaya perlu diintegrasikan secara bermakna dengan mekanik permainan dan tujuan pembelajaran, bukan sekadar disajikan sebagai informasi tambahan. Mortara et al. (2014) menegaskan pentingnya keselarasan antara konten budaya, aktivitas pemain, dan capaian belajar agar pengalaman bermain benar-benar mendukung pemahaman terhadap materi budaya (Mortara et al., 2014).

Dalam penelitian ini, game dibatasi pada tiga situs budaya di Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari, yang masing-masing diangkat sebagai stage utama permainan. Konten edukasi mengenai sejarah, fungsi, arsitektur, serta isu pelestarian ketiga situs ini dikemas dalam bentuk *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia. Dengan demikian, pemain tidak hanya bermain, tetapi juga mempelajari fakta budaya secara bertahap dan terstruktur melalui mekanik dan jeda permainan yang telah dirancang.

2.4 Genre *Tower Defense*

2.4.1 Karakteristik *Tower Defense*

Tower defense merupakan salah satu sub-*genre* game strategi di mana pemain mempertahankan sebuah base atau aset dari *wave* musuh melalui penempatan elemen pertahanan (Iskala, 2024; Javier et al., 2025). Genre ini menuntut perencanaan, pengelolaan

sumber daya, serta pengambilan keputusan secara berkelanjutan, sehingga berkaitan dengan aktivitas kognitif seperti perencanaan, evaluasi risiko, dan penyesuaian strategi.

Dalam konteks implementasi, *tower defense* umumnya memiliki tujuan permainan yang relatif sederhana dan status permainan yang mudah diamati, misalnya bertahan hingga *wave* tertentu atau mencegah musuh mencapai titik akhir. Karakteristik tersebut memungkinkan rancangan kontrol yang sederhana namun tetap menuntut strategi dan perencanaan (Hind & Harvey, 2022). Selain itu, permainan *tower defense* umumnya dibagi ke dalam *wave* (*wave*) musuh yang datang bertahap. Di antara *wave* tersebut terdapat segmentasi berupa jeda antar-*wave* yang dapat dimanfaatkan pemain sebagai fase persiapan untuk membangun atau meningkatkan pertahanan sebelum *wave* berikutnya dimulai (Reuss & Althoff, 2021).

Dalam konteks penelitian ini, *game tower defense* dimanfaatkan sebagai analogi mempertahankan situs budaya dari berbagai ancaman yang diwakili oleh musuh di dalam game. Dengan demikian, mekanik “mempertahankan area” dipadankan dengan upaya pelestarian warisan budaya melalui keputusan strategis pemain.

2.4.2 Tower Defense dan Peluang Belajar

Hernández et al. (2015) mengeksplorasi peluang belajar matematika ketika siswa bermain *game tower defense*. Mereka menemukan bahwa aktivitas bermain dapat menciptakan situasi pemecahan masalah yang kompleks, misalnya terkait pengelolaan sumber daya, pemilihan jenis tower, dan perencanaan jalur serangan, yang dapat dimanfaatkan sebagai konteks belajar matematika (Hernández-Sabaté et al., 2015). Temuan ini menunjukkan bahwa *tower defense* dapat menyediakan ruang aktivitas kognitif yang melampaui respons refleks karena pemain perlu mempertimbangkan pilihan dan konsekuensi secara berkelanjutan.

Selain itu, *tower defense* menyediakan struktur tantangan dan umpan balik yang jelas, sehingga dapat dipetakan ke tujuan belajar tertentu, termasuk ketika konten budaya lokal diintegrasikan ke dalamnya (Angkoso et al., 2020). Struktur berbasis *wave* juga menyediakan jeda antar-*wave* yang dapat dimanfaatkan sebagai momen transisi alami untuk menyisipkan materi edukatif secara bertahap, misalnya melalui informasi singkat atau pertanyaan cepat, tanpa mengganggu fase aksi utama (Reuss & Althoff, 2021). Dengan karakteristik tersebut, penyajian konten edukasi dapat ditempatkan pada ritme permainan yang memang memberi ruang antara fase aksi dan fase perencanaan.

Dalam penelitian ini, karakteristik tersebut dimanfaatkan untuk mengemas konten situs budaya ke dalam pengalaman bermain strategis. Pemain harus menyeimbangkan antara alokasi

anggaran untuk membangun/meningkatkan tower dan menjaga reputasi situs sebagai “nyawa” yang akan berkurang ketika ancaman lolos.

2.5 *Microlearning, Micro-Card, dan Micro-Task*

2.5.1 Konsep *Microlearning*

Microlearning adalah pendekatan pembelajaran yang menyajikan materi dalam unit-unit kecil yang fokus dan mudah dicerna, biasanya dengan durasi singkat dan satu tujuan belajar yang jelas. Tinjauan sistematis oleh Monib et al. (2025) menunjukkan bahwa *microlearning* dapat meningkatkan fleksibilitas, keterlibatan, dan hasil belajar ketika dirancang dengan struktur yang terarah dan dukungan teknologi yang tepat (Monib et al., 2025).

Karakteristik utama *microlearning* antara lain:

- a. Materi dipotong menjadi segmen kecil (*micro-content*).
- b. Setiap segmen berfokus pada satu topik atau tujuan kognitif.
- c. Penyampaian sering kali memanfaatkan media digital yang dapat diakses secara singkat dan berulang (Monib et al., 2025).

2.5.2 *Microlearning dalam Game*

Dalam konteks media interaktif, *microlearning* juga dapat diimplementasikan sebagai sumber belajar singkat yang bersifat *interactive* dan *playful*. Arnab et al. membahas perancangan mini-games sebagai *microlearning* resources untuk melengkapi topik-topik belajar utama, sehingga aktivitas belajar dapat diberikan secara ringkas tanpa mengubah pengalaman menjadi sesi panjang (Arnab et al., 2021; Arnab & Walaszcyk, 2022).

Berangkat dari prinsip tersebut, penelitian ini menerapkan *microlearning* pada game *tower defense* melalui dua bentuk utama, yaitu *micro-card* sebagai *micro-content* (paparan fakta ringkas per topik) dan *micro-task* sebagai aktivitas singkat untuk menanyakan kembali informasi yang baru dipaparkan. Keduanya ditempatkan pada jeda antar-*wave* agar penyajian materi tidak mengganggu fase permainan yang menuntut perhatian tinggi saat *wave* berlangsung. Pendekatan ini relevan untuk desain game edukasi bertema situs budaya karena pemain tidak hanya menerima informasi pasif, tetapi juga terlibat dalam pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan pengelolaan sumber daya, yang berpotensi mendukung proses belajar yang lebih mendalam.

2.5.3 Penerapan *Microlearning* Melalui *Micro-card*

Dalam penelitian ini, konsep *microlearning* diimplementasikan melalui *micro-card*, yaitu panel informasi singkat yang muncul di jeda antar-*wave*. Setiap *micro-card* menyajikan fakta kunci mengenai suatu situs budaya seperti sejarah, fungsi awal, ciri arsitektur, atau status pelestarian dalam bentuk teks ringkas yang mudah dibaca.

Penyajian ringkas ini selaras dengan prinsip *microlearning* karena materi situs budaya dipecah menjadi *micro-content* yang terfokus dan bertahap. Selain itu, pada penyajian informasi berbasis teks terdapat temuan bahwa semakin panjang teks, semakin kecil kemungkinan teks tersebut dibaca secara tuntas, sehingga keterbacaan perlu dijaga melalui penyajian yang ringkas (Willis, 2019). Dengan demikian, *micro-card* membantu menghindari paragraf panjang dan memudahkan pemain memproses informasi sedikit demi sedikit tanpa mengganggu alur permainan (Monib et al., 2025).

2.5.4 *Micro-task* Sebagai Latihan Pengambilan Kembali

Selain *micro-card*, penelitian ini menggunakan *micro-task* berupa kuis singkat dengan tiga opsi jawaban yang muncul setelah pemain terekspos pada suatu topik. *Micro-task* menanyakan kembali informasi yang telah dipresentasikan sebelumnya sehingga pemain tidak hanya membaca, tetapi juga melakukan pengambilan kembali informasi dari memori. Dengan demikian, *micro-task* diposisikan sebagai bentuk latihan pengambilan kembali (*retrieval practice*) yang terkait dengan fenomena *testing effect*, yaitu peningkatan retensi jangka panjang ketika pembelajar berlatih mengingat melalui tes atau kuis (Endres & Renkl, 2015; Ritchie et al., 2013; Roediger & Karpicke, 2006).

2.5.5 Ensiklopedia In-game sebagai *Knowledge Base*

Ensiklopedia *in-game* dapat dipahami sebagai *knowledge base* yang menyimpan kumpulan informasi yang telah dibuka pemain selama permainan. Berbeda dengan *micro-card* yang bersifat “paparan singkat” dan muncul pada momen tertentu, ensiklopedia berfungsi sebagai sarana review mandiri karena pemain dapat membaca ulang materi kapan pun diperlukan. Dalam konteks game edukasi, mekanisme seperti ini mendukung pembelajaran *self-paced* karena pemain yang belum memahami informasi dari *micro-card* dapat kembali mengecek materi tanpa tekanan waktu. Selain itu, ensiklopedia juga dapat memperkuat keterhubungan antara informasi yang muncul pada *micro-card/micro-task*, sehingga materi

tidak terasa terputus tetapi membentuk rangkaian pengetahuan yang dapat ditelusuri ulang oleh pemain.

2.6 Retrieval Practice dan Testing Effect

2.6.1 Testing Effect

Roediger dan Karpicke (2006) menunjukkan bahwa melakukan tes pada materi yang telah dipelajari dapat meningkatkan retensi jangka panjang dibandingkan sekadar membaca ulang materi. Proses pengambilan kembali informasi dari memori ketika mengerjakan tes dianggap memperkuat jejak memori dan mempermudah akses di kemudian hari (Roediger & Karpicke, 2006).

Endres dan Renkl (2015) meneliti mekanisme di balik *testing effect* dan menegaskan bahwa *retrieval practice* dalam konteks pembelajaran bermakna dapat membantu mengorganisasikan ulang pengetahuan dan memperkuat keterkaitan antarkonsep (Endres & Renkl, 2015).

Ritchie et al. (2013) menemukan bahwa *retrieval practice*, baik dengan atau tanpa bantuan *mind map*, secara signifikan meningkatkan perolehan fakta pada anak sekolah dasar. Hal ini mengindikasikan bahwa manfaat *retrieval practice* berlaku lintas rentang usia dan konteks pembelajaran (Ritchie et al., 2013).

Pastötter dan Bäuml (2014) menyoroti adanya *forward effect of testing*, yakni fakta bahwa latihan tes pada materi sebelumnya tidak hanya meningkatkan retensi materi tersebut, tetapi juga dapat memfasilitasi pembelajaran materi baru yang dipelajari setelahnya (Pastötter & Bäuml, 2014).

2.6.2 Implikasi untuk Desain *Micro-task* dalam Game

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, *micro-task* dalam game ini dirancang sebagai *retrieval practice* yang terintegrasi ke dalam alur permainan. Pemain menjawab pertanyaan berbasis fakta situs budaya dan memperoleh umpan balik langsung berupa koreksi singkat atau insentif dalam game. Dengan demikian, latihan mengingat kembali tidak diposisikan sebagai aktivitas terpisah, tetapi menjadi bagian organik dari pengalaman bermain (Ritchie et al., 2013; Roediger & Karpicke, 2006).

Selain itu, pendekatan *micro-task* sebagai kuis singkat juga dapat dipahami sebagai bentuk *gamified retrieval practice*. Penelitian tentang *gamifying online tests* menunjukkan bahwa prinsip gamifikasi dapat memotivasi peserta untuk terlibat dalam aktivitas *retrieval-*

based learning secara berulang, sehingga kuis tidak hanya berperan sebagai evaluasi, tetapi juga sebagai mekanisme penguatan retensi yang tetap menjaga keterlibatan pengguna (Petrovic-Dziedz, 2019).

2.7 Cognitive Load Theory Dan Scaffolding Kompleksitas Level

2.7.1 Cognitive Load Theory (CLT)

Cognitive Load Theory menjelaskan bahwa kapasitas memori kerja manusia terbatas, sehingga desain pembelajaran perlu mengatur beban kognitif agar pemrosesan informasi tetap optimal. Dalam CLT, beban kognitif umumnya dipahami melalui tiga komponen: (1) *intrinsic load*, yaitu beban yang berasal dari kompleksitas materi itu sendiri; (2) *extraneous load*, yaitu beban tambahan yang muncul akibat cara penyajian informasi yang kurang efektif; dan (3) *germane load*, yaitu beban yang dialokasikan untuk membangun skema pengetahuan (Sweller et al., 2019). Prinsip ini relevan untuk game edukasi karena pemain perlu memproses dua hal sekaligus: tuntutan permainan (strategi, kontrol, ancaman) dan tuntutan materi (informasi situs budaya).

2.7.2 Implikasi CLT dalam Desain Game Edukasi

Penerapan CLT pada game edukasi dapat dilakukan dengan cara mengurangi *extraneous load* (misalnya tampilan antarmuka yang terlalu ramai atau instruksi yang tidak jelas) dan mengelola *intrinsic load* melalui segmentasi materi. Pada penelitian ini, segmentasi tersebut dilakukan melalui *micro-card* (paparan informasi singkat) dan *micro-task* (latihan pengambilan kembali informasi), sehingga materi tidak diberikan dalam bentuk paragraf panjang yang berpotensi membebani memori kerja. Dengan demikian, penyajian materi diharapkan tetap mendukung alur permainan tanpa mengganggu fokus utama pemain.

2.7.3 Scaffolding dan Progressive Complexity pada Desain Stage

Konsep *scaffolding* dalam desain pembelajaran menekankan pemberian dukungan bertahap: pemain diperkenalkan pada mekanik dasar terlebih dahulu, kemudian kompleksitas ditingkatkan seiring meningkatnya kompetensi. Dalam desain level *game tower defense*, peningkatan kompleksitas dapat diwujudkan melalui penambahan jumlah jalur serangan, jumlah *wave*, variasi musuh/ancaman, maupun tuntutan pengambilan keputusan strategis. Pendekatan *progressive complexity* ini sejalan dengan pengelolaan *intrinsic load*, karena pemain tidak langsung dihadapkan pada sistem yang kompleks sejak awal, melainkan belajar

secara bertahap melalui urutan stage yang terstruktur (Paas et al., 2003). Landasan ini digunakan untuk menjelaskan alasan rancangan stage yang meningkat dari sederhana menuju kompleks pada tahap desain.

2.7.4 *Flow/Engagement* dalam Game Edukasi dan Implikasinya terhadap *Progressive Difficulty*

Game yang mampu mempertahankan keterlibatan pemain (*engagement*) umumnya dibangun oleh unsur desain yang konsisten: interaktivitas, aturan/keterbatasan (*rules/constraints*), tujuan yang jelas (sering diwujudkan dalam bentuk tantangan), serta umpan balik berkelanjutan agar pemain dapat memantau progres menuju tujuan tersebut. Karakteristik ini sejalan dengan definisi game yang dirangkum Wouters et al., yaitu game bersifat interaktif, berbasis *rules/constraints*, diarahkan pada tujuan yang jelas, dan “secara konstan menyediakan feedback” (misalnya skor atau perubahan pada dunia permainan) untuk membantu pemain memonitor kemajuan (Wouters et al., 2013).

Pada genre strategi seperti *tower defense*, pola keterlibatan juga muncul karena permainan menuntut proses pengambilan keputusan secara terus-menerus dan memberi respons (*feedback*) secara langsung terhadap tindakan pemain; Hernández-Sabaté et al. menekankan bahwa aktivitas bermain melibatkan “continuous decision-making” yang segera direspons oleh game sehingga pemain memperoleh instant feedback dan terdorong untuk menyusun strategi (Hernández-Sabaté et al., 2015).

Implikasinya terhadap desain level adalah pentingnya *progressive difficulty*, yaitu peningkatan kompleksitas secara bertahap agar pemain tetap berada pada ritme tantangan–keputusan–umpan balik yang berkelanjutan. Dalam konteks *tower defense*, Hernández-Sabaté et al. juga menggambarkan siklus pemecahan masalah yang berulang berupa “observation–planning–decision-making” yang terjadi dalam durasi panjang ketika pemain berupaya menuntaskan situasi permainan (Hernández-Sabaté et al., 2015). Namun, literatur mengingatkan bahwa penyisipan intervensi instruksional yang tidak selaras dengan ritme bermain dapat mengganggu pengalaman bermain; Wouters et al. memberi contoh penggunaan *pop-up screen* yang memaksa pemain berhenti untuk refleksi, yang berpotensi memutus alur permainan dan menuntut integrasi yang lebih tepat antara desain instruksional dan mekanik game (Wouters et al., 2013). Oleh karena itu, penyajian konten belajar sebaiknya mengikuti pacing permainan (misalnya ditempatkan pada jeda antar-fase), sehingga tujuan edukasi dapat masuk tanpa memutus keterlibatan pemain.

2.8 Generalisasi Kartografis dan Abstraksi Visual Untuk Keterbacaan Arena

Generalisasi kartografis merupakan pendekatan representasi spasial yang menyederhanakan tampilan agar informasi utama tetap jelas dan mudah ditangkap. Agrawala dan Stolte menjelaskan bahwa pembuat peta menggunakan teknik generalisasi seperti *distortion*, *simplification*, dan *abstraction* untuk meningkatkan *clarity* peta dan menonjolkan informasi yang paling penting (Agrawala & Stolte, 2001). Dengan demikian, generalisasi dapat dipahami sebagai strategi visual untuk memfokuskan perhatian pengguna pada elemen esensial, terutama ketika representasi perlu dibaca cepat.

Dalam penelitian ini, prinsip tersebut dijadikan landasan untuk menerapkan abstraksi visual pada *environment stage*. Lingkungan sekitar situs budaya tidak direpresentasikan secara literal sesuai kondisi lanskap perkotaan masa kini, melainkan disederhanakan menjadi hamparan hijau dengan elemen alam (rumput, pohon, batu) agar struktur arena yang relevan bagi *gameplay* khususnya keterbacaan jalur dan ruang penempatan tower lebih mudah diidentifikasi.

2.9 Kesulitan Jalur dan Implikasinya Terhadap Desain *Level Tower Defense*

Pada permainan *tower defense*, level secara umum tersusun dari jalur pergerakan musuh, posisi penempatan tower, dan *wave* musuh. Iskala menyatakan bahwa sebuah level terdiri dari jalur bagi musuh, posisi untuk tower, dan *wave* musuh serta jalur dapat dievaluasi berdasarkan bentuknya untuk memperoleh kesulitan yang sesuai (Iskala, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa desain jalur merupakan komponen inti untuk mengontrol kesulitan dan pengalaman bermain.

Secara lebih spesifik, bentuk jalur memengaruhi kesempatan tower untuk menyerang musuh dan waktu reaksi pemain. Iskala menjelaskan bahwa jalur cenderung lebih mudah ketika lebih panjang dan memiliki lebih banyak belokan karena pemain punya lebih banyak waktu bereaksi dan tower dapat mencakup area jalur yang lebih luas; sebaliknya, jalur yang pendek dan lurus lebih menantang. Selain itu, Iskala juga menegaskan bahwa rute yang padat dengan banyak tikungan lebih mudah karena tower bisa mencakup lebih banyak bagian jalur sekaligus, sedangkan rute lurus lebih menantang (Iskala, 2024). dijadikan dasar perancangan progres kompleksitas antar-*stage*, dari jalur sederhana menuju jalur yang lebih menantang secara terkontrol.

2.10 *Extraneous Cognitive Load* Sebagai Dasar Pengurangan *Clutter Visual* Pada Game

Cognitive load theory membedakan beban kognitif berdasarkan sumbernya. Sweller et al. menjelaskan bahwa *extraneous cognitive load* tidak ditentukan oleh kompleksitas intrinsik informasi, melainkan oleh bagaimana informasi disajikan dan apa yang “diwajibkan” prosedur pembelajaran kepada peserta (Sweller et al., 2019). Konsep ini penting karena beban ekstraneous dapat diubah melalui desain penyajian/instruksi yang lebih efektif.

Sweller et al. juga menegaskan dampaknya: semakin banyak sumber daya memori kerja yang terserap untuk menangani beban ekstraneous, semakin sedikit sumber daya yang tersedia untuk memproses aspek yang relevan, sehingga “less will be learned” (Sweller et al., 2019). Pada konteks game (terutama *tower defense*), *clutter visual* (detail *environment* yang berlebihan atau elemen UI yang terlalu ramai) dapat diposisikan sebagai sumber pemrosesan yang tidak relevan terhadap tugas inti (membaca jalur, menilai jangkauan tower, mengatur *build*, dan merespons *wave*). Karena itu, pengurangan detail visual yang tidak mendukung keputusan strategi dapat dijustifikasi sebagai upaya menekan *extraneous cognitive load* agar perhatian pemain tetap terfokus pada proses yang relevan dengan *gameplay* dan tujuan belajar.

2.11 Model Pengembangan Addie

Model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) merupakan salah satu model desain instruksional yang banyak digunakan dalam pengembangan media dan program pembelajaran, termasuk game edukasi dan *serious game*. Kamnardsiri et al. (2024) menunjukkan bahwa ADDIE dapat dijadikan kerangka sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi program latihan fisik–kognitif berbasis gamifikasi bagi lansia, melalui lima fase bertahap mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan *game*, implementasi, hingga evaluasi pengalaman pengguna (Kamnardsiri et al., 2024). Contoh tersebut memperlihatkan bahwa ADDIE relevan digunakan sebagai landasan pengembangan game edukasi yang memadukan aspek hiburan dan pembelajaran.

Dalam penelitian ini, ADDIE digunakan sebagai model pengembangan game edukasi dengan tahapan sebagai berikut.

a. *Analysis* (Analisis)

Tahap *Analysis* merupakan langkah awal untuk mengidentifikasi kebutuhan dan masalah pembelajaran yang ingin diatasi. Pada tahap ini biasanya dikaji profil dan karakteristik pengguna sasaran, tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, konteks penggunaan media, serta keterbatasan atau hambatan yang ada pada metode penyampaian materi sebelumnya.

Dalam konteks pengembangan game edukasi atau *serious game*, tahap analisis dapat mencakup pengumpulan informasi mengenai topik yang akan diangkat, kesenjangan pengetahuan pengguna, serta alasan mengapa game dipilih sebagai media intervensi dibandingkan bentuk media lain. Hasil analisis kemudian menjadi dasar dalam merumuskan spesifikasi kebutuhan game yang akan dikembangkan.

b. Design (Desain)

Tahap *Design* berfokus pada perancangan solusi pembelajaran berdasarkan hasil analisis. Pada tahap ini ditentukan alur pembelajaran, strategi instruksional, struktur konten, serta bentuk interaksi yang akan digunakan. Dalam pengembangan game edukasi, tahap desain meliputi perancangan *gameplay*, alur cerita, struktur level atau stage, jenis tantangan yang diberikan kepada pemain, serta cara penyisipan materi pembelajaran (misalnya melalui dialog, misi, kuis, atau feedback di dalam game). Pada tahap ini juga dirancang instrumen evaluasi yang akan digunakan untuk menilai keberhasilan media, seperti tes pemahaman atau kuesioner *usability*. Dalam penelitian ini, tahap desain mencakup perancangan *gameplay tower defense*, alur *micro-card* dan *micro-task* sebagai pembawa konten budaya, serta penyusunan rancangan *pre-test/post-test* dan kuesioner USE.

c. Development (Pengembangan)

Tahap *Development* adalah proses mewujudkan rancangan yang telah dibuat ke dalam bentuk produk nyata. Dalam konteks game edukasi, tahap ini mencakup pembuatan aset visual dan audio, pemrograman mekanik permainan, integrasi konten pembelajaran, serta penyusunan antarmuka pengguna. Pada tahap pengembangan biasanya juga dilakukan pengujian awal (*alpha testing*) untuk memastikan bahwa elemen-elemen game bekerja sesuai dengan rancangan dan tidak terdapat kesalahan teknis yang mengganggu proses bermain maupun penyajian materi. Dalam penelitian ini, tahap pengembangan direalisasikan melalui pembuatan game "*Guardians of Heritage*" yang mengintegrasikan mekanik *tower defense* dengan konten edukasi tiga situs budaya.

d. Implementation (Implementasi)

Tahap *Implementation* berkaitan dengan penerapan media yang telah dikembangkan kepada pengguna sasaran. Pada tahap ini, produk game yang sudah melalui proses pengembangan diujicobakan dalam konteks nyata atau mendekati kondisi penggunaan sebenarnya. Dalam pengembangan game edukasi dan *serious game*, implementasi dapat berupa sesi bermain terstruktur di laboratorium, kelas, atau lingkungan belajar lainnya, di mana pengguna diminta memainkan game sesuai prosedur yang telah ditentukan. Pada

tahap ini juga biasanya dilakukan pengumpulan data awal, misalnya melalui tes sebelum dan sesudah bermain (*pre-test* dan *post-test*), kuesioner, atau observasi perilaku pengguna. Dalam penelitian ini, tahap implementasi dilakukan dengan uji coba game kepada mahasiswa yang sesuai kriteria, disertai pemberian *pre-test*, *post-test*, dan kuesioner USE.

e. *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap *Evaluation* merupakan langkah untuk menilai kualitas dan efektivitas media yang telah diimplementasikan. Evaluasi dapat dilakukan secara formatif di setiap tahap pengembangan maupun secara sumatif setelah produk diuji pada pengguna. Dalam konteks game edukasi, evaluasi dapat mencakup analisis perubahan pemahaman atau keterampilan pengguna, penilaian *usability* dan pengalaman pengguna menggunakan instrumen seperti *USE Questionnaire*, serta telaah terhadap komentar atau saran perbaikan dari pemain. Dalam penelitian ini, tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan skor *pre-test* dan *post-test* untuk melihat perubahan pemahaman responden terhadap materi situs budaya, serta menganalisis hasil kuesioner USE dan masukan responden guna menilai kelayakan game sebagai media edukasi interaktif.

2.12 Pengujian

2.12.1 Desain *Pre-test* dan *Post-test*

Evaluasi pembelajaran pada penelitian pengembangan game edukasi umumnya bertujuan untuk melihat perubahan pengetahuan setelah intervensi (bermain game). Desain *pre-test/post-test* dilakukan dengan memberikan tes sebelum perlakuan (*pre-test*) dan sesudah perlakuan (*post-test*) pada responden yang sama. Selisih skor *pre-test* dan *post-test* dapat digunakan untuk menilai adanya peningkatan pemahaman terhadap materi yang disampaikan melalui game. Dalam konteks penelitian ini, *pre-test/post-test* digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman pemain terhadap informasi situs budaya yang disampaikan melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia.

2.12.2 Uji T dan Uji T Berpasangan

Uji t merupakan metode uji statistik parametrik yang digunakan untuk mengevaluasi perbedaan rata-rata (*mean*) pada data numerik. Uji t digunakan untuk menilai apakah perbedaan rata-rata yang diamati dapat dianggap bermakna secara statistik, misalnya: (1) membandingkan rata-rata sampel dengan nilai acuan (uji t satu sampel/one-sample t-test), (2) membandingkan

rata-rata dua kelompok yang saling independen (uji t independen/independent-group t-test), atau (3) membandingkan dua pengukuran yang saling terkait/berpasangan (uji t berpasangan/*paired t-test*) (Kim, 2015). Salah satu bentuk yang relevan untuk desain evaluasi pembelajaran adalah uji t berpasangan, yaitu uji yang digunakan ketika dua pengukuran berasal dari subjek yang sama, misalnya skor *pre-test* dan *post-test*. Pada uji ini, analisis dilakukan terhadap selisih skor tiap responden untuk menguji apakah rata-rata selisih berbeda dari nol; secara konsep, uji t berpasangan ekuivalen dengan uji t satu sampel yang diterapkan pada daftar skor selisih tersebut (Xu et al., 2017).

Dalam riset *serious game*, uji t berpasangan umum digunakan untuk menganalisis perubahan pengetahuan pada desain *pre-test/post-test*. Mitchell et al. menggunakan *paired t-tests* untuk menganalisis kuesioner pengetahuan *pre-post* guna menilai apakah *serious game* meningkatkan pengetahuan mahasiswa keperawatan tentang influenza (Mitchell et al., 2021). Studi *serious game cultural heritage* berbasis VR oleh Maji et al. juga membandingkan skor pengetahuan *pre-test* dan *post-test* menggunakan *paired two-tailed t test* (Maji et al., 2024).

2.12.3 Konsep *Usability*

Usability dalam konteks sistem interaktif merujuk pada tingkat keterpakaian suatu produk oleh pengguna tertentu untuk mencapai tujuan tertentu secara efektif, efisien, dan memuaskan dalam konteks penggunaan tertentu. Definisi ini menekankan bahwa *usability* tidak hanya melekat pada produk, tetapi juga dipengaruhi oleh pengguna, tugas/tujuan, serta lingkungan penggunaan. Dalam pengembangan game edukasi, *usability* menjadi aspek penting karena memengaruhi sejauh mana pemain dapat memahami aturan main, menavigasi antarmuka, serta mengakses konten edukasi tanpa hambatan yang tidak relevan dengan tujuan belajar. Dengan *usability* yang baik, pengalaman bermain menjadi lebih lancar sehingga perhatian pemain dapat diarahkan pada pengambilan keputusan bermain dan pemrosesan materi edukasi.

2.12.4 Instrumen *USE Questionnaire*

USE Questionnaire (*Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use*) merupakan instrumen kuesioner yang dikembangkan untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kegunaan, kepuasan, dan kemudahan penggunaan suatu sistem (Lund, 2001). Gao et al. (2018) melakukan evaluasi psikometrik terhadap *USE Questionnaire* dan menemukan bahwa instrumen ini memiliki reliabilitas dan validitas yang baik untuk berbagai konteks aplikasi (Gao et al., 2018).

Pada penelitian ini, USE digunakan untuk menilai *usability* game edukasi melalui tiga aspek berikut:

- a. **Usefulness** – sejauh mana game dianggap bermanfaat untuk memahami informasi tentang situs budaya.
- b. **Satisfaction** – tingkat kepuasan dan kesenangan pengguna saat bermain.
- c. **Ease of Use** – persepsi kemudahan penggunaan antarmuka, kontrol, dan alur permainan.

Responden menilai tiap butir menggunakan skala Likert 1–5 (Sangat Tidak Setuju sampai Sangat Setuju), yang kemudian dikonversi menjadi skor 1–5 untuk dianalisis secara deskriptif.

2.12.5 Cronbach's Alpha

Reliabilitas instrumen mengacu pada konsistensi internal butir-butir pertanyaan dalam mengukur konstruk yang sama. Salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk menilai konsistensi internal adalah Cronbach's Alpha, yaitu koefisien yang menggambarkan sejauh mana butir-butir dalam satu skala saling berkorelasi dan bekerja secara konsisten sebagai pengukur konstruk (Tavakol & Dennick, 2011). Dalam penelitian berbasis kuesioner, pelaporan reliabilitas penting untuk memastikan bahwa hasil pengukuran (misalnya pada aspek *usefulness*, *ease of use*, dan *satisfaction*) dapat dipercaya sebagai representasi persepsi responden (Tavakol & Dennick, 2011). Oleh karena itu, uji reliabilitas digunakan sebagai landasan kualitas data kuesioner sebelum interpretasi skor dilakukan pada Bab IV.

2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya memberikan dasar penting dalam merancang dan mengembangkan game edukasi, terutama pada topik situs budaya. Pada bagian ini, peneliti mengulas sejumlah studi yang secara khusus mengembangkan game sebagai sarana edukasi mengenai budaya. Rangkuman dari kajian tersebut disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu

No	Literatur	Fokus	Platform	Genre	Target pengguna
1	(Meftaqul Huda, 2020)	Pengenalan rumah adat Indonesia melalui permainan	PC	<i>Tower defense</i>	Masyarakat millennial
2	(Adiputra et al., 2023)	Pengenalan mitologi Bali	Android	<i>Tower defense 3D</i>	Masyarakat umum, anak-anak muda dan remaja
3	(Putra et al., 2024)	Pengenalan sejarah Puputan Margarana	Android	<i>Tower defense (multi-level)</i>	Anak-anak generasi muda
4	(Syahrul Anwar et al., 2025)	Wisata & budaya Tasikmalaya	Android	<i>Explore/Trivia</i>	Remaja dan mahasiswa
5	(Eko Yulianto, 2025)	Pengenalan tokoh pewayangan	Android (edukasi)	Tidak disebutkan	Remaja
6	(Patricia Lakzmi et al., 2025)	Edukasi sejarah (naratif)	Android	<i>Platformer</i>	Anak-anak dan remaja (12-25 tahun)
7	(Fitriyani Asiqin et al., 2025)	Literasi budaya Flores	Android	<i>Action-adventure</i>	Anak-anak
8	(Angkoso et al., 2020)	Optimasi permainan <i>tower defense</i> dan budaya lokal	Android	<i>Tower defense</i>	Masyarakat umum
9	(Tresnawati & Setyawan, 2021)	Cerita rakyat	Android	<i>RPG</i>	Masyarakat umum
10	(Agung Saputra et al., 2022)	Pengenalan kebudayaan Indonesia	Android	<i>Trivia/puzzle</i>	Anak-anak

11	(Azizah et al., 2025)	Pelestarian budaya lokal Kulon Progo	PC	<i>RPG</i>	Anak-anak dan remaja
12	(Ariyo Mandang et al., 2025)	Informasi budaya/wisata Sulawesi Utara	PC	<i>Trivia/puzzle</i>	Mahasiswa dan remaja

Setelah ringkasan penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.1, beberapa studi kunci dapat dibahas lebih lanjut untuk memperjelas posisi dan kontribusi penelitian ini. Salah satu studi mengembangkan game edukasi bertema budaya menggunakan genre *tower defense* untuk memperkenalkan rumah adat Indonesia. Pemilihan *tower defense* memberi ruang bagi pemain untuk melakukan perencanaan dan pengambilan keputusan strategis, sehingga materi budaya dapat ditempatkan sebagai bagian dari kemajuan permainan. Studi ini memperlihatkan bahwa genre strategi pertahanan dapat menjadi wadah yang relevan untuk membawa konten budaya secara lebih menarik dibandingkan penyajian pasif.

Dalam penelitian ini, fokus materi tidak ditempatkan pada kategori budaya yang bersifat umum (misalnya rumah adat dari berbagai daerah), melainkan pada situs budaya/cagar budaya yang spesifik sebagai latar dan objek yang “dijaga”. Penyampaian materi juga tidak hanya disisipkan sebagai konten pendamping, tetapi dirancang dalam format *microlearning* melalui *micro-card* dan diperkuat melalui *micro-task* sebagai *retrieval practice* yang muncul mengikuti ritme permainan (misalnya pada jeda antar-*wave*), disertai ensiklopedia di dalam game sebagai sarana akses ulang.

Studi lain mengembangkan game *tower defense* 3D untuk pengenalan mitologi Bali dan menekankan pentingnya evaluasi pengalaman pengguna melalui instrumen *usability*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengukuran *usability* diperlukan agar tujuan edukasi tidak terhambat oleh kendala antarmuka atau mekanik permainan yang sulit dipahami.

Sementara itu, penelitian ini menempatkan konten pembelajaran sebagai fakta situs budaya (sejarah singkat, fungsi, dan konteks pelestarian), bukan narasi mitologi, serta menambahkan mekanisme pembelajaran yang lebih terstruktur melalui *micro-card* dan *micro-task*. Dari sisi evaluasi, pengukuran tidak berhenti pada *usability*, tetapi juga mencakup capaian pembelajaran melalui *pre-test* dan *post-test* untuk melihat perubahan pengetahuan pemain setelah bermain.

Penelitian berikutnya mengembangkan game *tower defense* bertema sejarah lokal melalui tema “The War of Puputan Margarana”. Fokus penelitian tersebut memperlihatkan

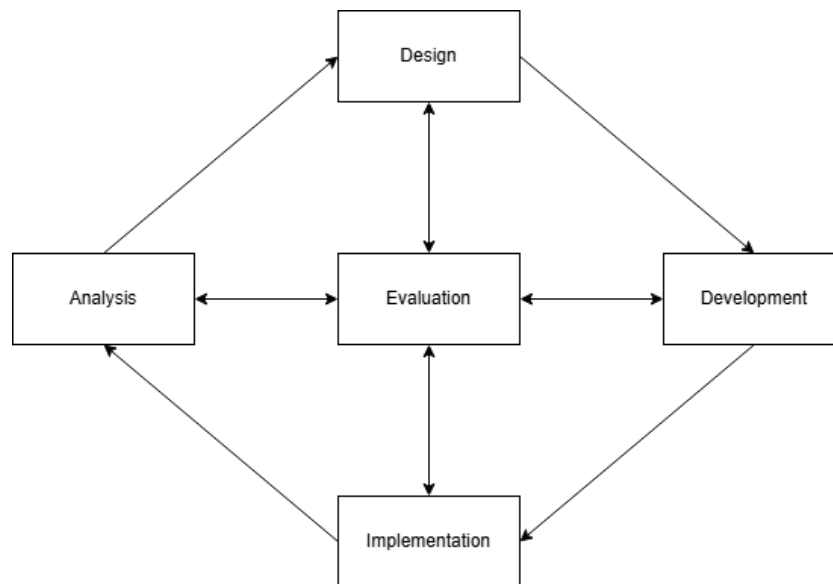
bahwa tema sejarah dapat dibawa ke dalam struktur level dan progres permainan *tower defense* sehingga materi sejarah ditempatkan dalam konteks kemajuan permainan.

Adapun pada penelitian ini, fokusnya bukan pada satu peristiwa sejarah, melainkan merancang tiga stage dengan latar tiga situs budaya yang berbeda dan kompleksitas permainan yang meningkat. Konteks pelestarian juga dihubungkan dengan sistem permainan melalui pengaturan momen penyampaian materi dan asesmen, sehingga *micro-card* dan *micro-task* dapat muncul pada waktu yang tepat tanpa mengganggu fase pertahanan saat *wave* berlangsung.

Secara keseluruhan, mengacu pada Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa *genre tower defense* termasuk cukup sering digunakan dalam penelitian game edukasi budaya/sejarah (tercatat empat literatur yang menggunakan *tower defense*), sehingga *genre* ini dapat dianggap sebagai pendekatan yang relatif populer untuk mengemas konten budaya dalam bentuk permainan strategi. Sebaliknya, platform PC merupakan platform yang paling jarang digunakan, karena sebagian besar penelitian yang ditinjau berfokus pada Android. Temuan ini memperkuat posisi penelitian ini, yaitu mengembangkan *game tower defense* pada platform PC dengan konteks “menjaga” situs budaya/cagar budaya sebagai objek utama, sekaligus mengintegrasikan *micro-card* dan *micro-task (retrieval practice)* yang terikat ritme permainan sebagai strategi penyampaian materi yang lebih terstruktur.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*) sebagai kerangka kerja dalam merancang, membangun, serta menguji game edukasi bergenre *tower defense* sebagai media pengenalan situs budaya. ADDIE dipilih karena menyediakan alur kerja yang sistematis untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan pembelajaran (*Analysis*), menyusun rancangan permainan dan konten edukasi (*Design*), merealisasikan rancangan menjadi *game* (*Development*), melaksanakan uji coba pada pengguna sasaran (*Implementation*), serta menganalisis hasil uji untuk menilai kelayakan dan menentukan perbaikan (*Evaluation*). Dengan kerangka ini, pengembangan game “*Guardians of Heritage*” dilakukan secara terstruktur agar penyajian materi budaya, mekanik permainan, dan evaluasi dapat saling terhubung.



Gambar 3.1 Metodologi ADDIE

3.1 Tahap *Analysis*

Pada tahap *Analysis*, peneliti melakukan serangkaian kegiatan awal untuk merumuskan kebutuhan pengembangan *game* edukasi. Tahap ini dilakukan sebelum perancangan detail (*Design*) dan implementasi *build game* (*Development*), dengan tujuan untuk menjawab pertanyaan apa yang perlu diajarkan melalui *game*, mengapa materi tersebut penting, siapa

yang menjadi sasaran pengguna, di mana konteks budaya yang akan diangkat, serta bagaimana karakter *game* secara umum harus dirancang agar sesuai dengan kebutuhan tersebut. Kegiatan analisis dilakukan oleh peneliti melalui studi dokumen, penelusuran sumber daring resmi, dan perumusan kebutuhan pembelajaran di lingkungan Daerah Istimewa Yogyakarta serta calon pengguna di lingkungan kampus.

Langkah pertama pada tahap *Analysis* adalah menganalisis konteks Daerah Istimewa Yogyakarta dan menentukan situs budaya yang akan dijadikan fokus. Yogyakarta dikenal memiliki kepadatan cagar budaya yang tinggi dengan ragam bentuk warisan budaya, sehingga lingkup materi berpotensi menjadi sangat luas. Oleh karena itu, peneliti menetapkan pembatasan cakupan agar pengembangan *game* tetap fokus dan terkelola, dengan mempertimbangkan tiga kriteria utama, yaitu: (1) representatif terhadap variasi bentuk warisan budaya, (2) memiliki sumber informasi yang memadai untuk penyusunan konten edukasi yang dapat dipertanggungjawabkan, dan (3) realistis untuk dikemas menjadi tiga stage dalam satu hasil pengembangan. Untuk memperkuat aspek representatif, penelitian ini menggunakan kerangka UNESCO yang mengelompokkan warisan budaya ke dalam *monuments*, *groups of buildings*, dan *sites* (termasuk situs arkeologi) sebagai acuan kategorisasi (UNESCO, 1972).

Berdasarkan kriteria dan kerangka tersebut, dipilih tiga situs budaya di Yogyakarta sebagai fokus penelitian, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Panggung Krapyak diposisikan sebagai *monument* karena merupakan struktur/bangunan bersejarah yang berfungsi sebagai penanda penting dalam narasi ruang Yogyakarta. Benteng Vredeburg diposisikan terutama sebagai *group of buildings* sekaligus *monument* karena berupa kompleks benteng bersejarah yang kini bertransformasi menjadi museum, sehingga merepresentasikan warisan budaya berupa bangunan dan kumpulan bangunan dengan fungsi edukasi. Adapun Candi Sambisari diposisikan sebagai *site* karena merupakan situs arkeologi candi Hindu yang memiliki konteks pelestarian berbeda, termasuk riwayat penemuannya dalam kondisi tertimbun dan proses pelestarian berbasis ekskavasi.

Selanjutnya, peneliti menganalisis masalah dan kebutuhan yang melatarbelakangi pengembangan media. Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah bahwa informasi mengenai situs budaya sering tersaji dalam bentuk teks pada papan informasi atau media cetak sehingga cenderung bersifat pasif dan berpotensi kurang menarik bagi generasi yang terbiasa dengan media interaktif berbasis digital. Di sisi lain, berbagai kajian tentang *serious game* menunjukkan bahwa permainan interaktif dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keterlibatan dan membantu pemain menjelajahi konten budaya secara lebih bermakna.

Berdasarkan analisis tersebut, diperlukan media pembelajaran alternatif berbasis *game*, yaitu media yang secara eksplisit menghadirkan konteks ancaman dan pelestarian situs budaya, menuntut strategi dan pengambilan keputusan, serta menyisipkan informasi budaya dalam format yang tersegmentasi dan mudah dicerna.

Selain mempertimbangkan kebutuhan media yang lebih interaktif, tahap *Analysis* juga meninjau kebutuhan format penyajian informasi agar realistis dibaca dan diproses. Panduan penulisan teks interpretasi dari Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa melaporkan bahwa pengunjung pameran rata-rata membaca sekitar 20% teks yang tersedia dan hanya mengalokasikan waktu sangat singkat untuk membaca satu teks; semakin banyak teks yang disajikan, semakin kecil bagian yang cenderung dibaca (Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa, 2005). Temuan ini mengindikasikan bahwa penyajian informasi situs dalam bentuk teks panjang berisiko hanya terbaca sekilas. Karena itu, kebutuhan desain konten pada penelitian ini diarahkan pada penyajian informasi yang ringkas dan tersegmentasi, sehingga lebih selaras dengan durasi perhatian yang terbatas dan tidak membebani pemain saat menjalankan aktivitas permainan. Kebutuhan ini kemudian menjadi dasar pemilihan pendekatan *microlearning* melalui *micro-card* serta penguatan pemahaman melalui *micro-task* pada tahap perancangan.

Tahap berikutnya adalah analisis karakteristik pengguna untuk menjawab siapa yang menjadi sasaran utama *game*. Pemilihan sasaran pengguna berupa mahasiswa berusia 19–23 tahun didasarkan pada indikasi bahwa pada jenjang pendidikan tinggi, pengetahuan dan awareness terkait warisan budaya tidak selalu tinggi dan masih menyisakan ruang penguatan edukasi berbasis situs. Secara internasional, Karaca et al. (2016) melaporkan bahwa *cultural heritage* suatu kota “tidak cukup dikenal” oleh *university students*, sehingga menunjukkan adanya *gap awareness* pada level mahasiswa (Karaca et al., 2016). Studi Karadeniz (2020) pada mahasiswa geografi juga menemukan bahwa meskipun hasil agregat berada pada kategori moderat, pada sejumlah indikator terdapat proporsi mahasiswa yang baru pertama kali mendengar, memiliki pengetahuan sedikit, atau tidak mengetahui status *heritage* pada daftar, bahkan pada *cultural value* tertentu *awareness* dinyatakan rendah; hal ini menegaskan bahwa pengetahuan/awareness pada mahasiswa dapat tidak merata (Karadeniz, 2020). Dalam lingkup Indonesia, Wilaela & Widiarto (2022) secara eksplisit memilih mahasiswa nonsejarah sebagai sasaran edukasi karena literasi mereka masih rendah terkait pelestarian peninggalan bersejarah dan cagar budaya (Wilaela & Widiarto, 2022). Selain itu, kajian pemanfaatan situs bersejarah sebagai sumber belajar di pendidikan tinggi menunjukkan bahwa pengetahuan mahasiswa

dapat bersifat dangkal dan situs lebih sering dipandang sebagai tujuan wisata; temuan ini digunakan sebagai indikasi perlunya penguatan edukasi berbasis situs (Nurasiah & Azis, 2025). Dengan landasan ini, fokus pada mahasiswa diposisikan sebagai segmen yang relevan (siapa menerima intervensi edukasi berbasis game di konteks perguruan tinggi) sekaligus masih memiliki kesenjangan literasi/awareness yang logis untuk diperkuat melalui materi faktual dan spesifik situs di dalam game.

Untuk menjaga konsistensi karakteristik responden dan homogenitas sampel, rentang 19–23 tahun dipilih karena juga lazim digunakan pada studi yang melibatkan mahasiswa. Pada studi *serious game* oleh Host'ovecký et al. (2024) yang melibatkan mahasiswa program sarjana, salah satu kelompok partisipan berada pada rentang usia 19–23 tahun, sehingga menunjukkan bahwa rentang tersebut relevan digunakan dalam penelitian pembelajaran berbasis *game* (Host'ovecký et al., 2024). Dari konteks Indonesia, penelitian Chandrasari & Nugraha (2023) pada penerapan platform berbasis *gamification* melaporkan seluruh responden berada pada rentang usia 19–23 tahun. Temuan ini menguatkan bahwa rentang usia tersebut umum digunakan dan representatif dalam penelitian yang melibatkan mahasiswa sebagai pengguna sistem atau media pembelajaran berbasis game dan gamifikasi (Chandrasari & Nugraha, 2023). Berdasarkan rujukan tersebut, rentang 19–23 dipilih karena relevan dengan populasi mahasiswa yang menjadi target pengguna game serta membantu memastikan hasil evaluasi lebih merefleksikan pengalaman pengguna pada kelompok sasaran yang ditetapkan.

Peneliti kemudian melakukan analisis materi untuk tiap situs budaya yang dipilih guna menjawab apa saja konten yang akan diajarkan. Informasi yang dikumpulkan meliputi sejarah singkat dan konteks pendirian, fungsi asli dan fungsi terkini, karakteristik arsitektur dan tata ruang. Hasil analisis materi ini selanjutnya dipecah menjadi unit-unit informasi kecil yang dapat dikemas sebagai *micro-card* dan dipetakan menjadi butir *micro-task* sesuai dengan kategori tema, seperti sejarah, fungsi, arsitektur, dan status pelestarian. Dengan demikian, materi yang semula berupa narasi panjang diubah menjadi potongan informasi yang lebih singkat dan terfokus untuk ditampilkan di sela permainan.

Berdasarkan hasil analisis konteks, karakteristik pengguna, dan materi, peneliti merumuskan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai melalui *game*. Secara umum, setelah bermain diharapkan pemain mampu mengenali fakta dasar tiap situs budaya (sejarah, fungsi, dan ciri utama), serta menyadari pentingnya peran masyarakat dalam pelestarian situs budaya. Rumusan tujuan ini menjawab untuk apa *game* dikembangkan dari sisi pembelajaran. Tujuan pembelajaran ini kemudian dijadikan acuan bagaimana *game* dirancang, yaitu dalam

perancangan struktur stage, pemetaan konten *micro-card* dan *micro-task*, serta penyusunan butir evaluasi yang mengukur persepsi pemahaman konten budaya. Hasil dari tahap *Analysis* ini menjadi landasan utama bagi tahap *Design*, khususnya dalam penentuan struktur *gameplay*, tingkat kompleksitas tiap stage, dan strategi penyisipan konten edukasi di dalam *game*.

Untuk menjaga validitas materi, penggalan konten dilakukan dengan memprioritaskan sumber yang kredibel dan dapat dipertanggungjawabkan, yaitu laman resmi pengelola situs atau instansi terkait, publikasi kelembagaan, basis data pemerintah, serta literatur ilmiah yang relevan. Informasi yang terkumpul kemudian diekstrak dan diringkas menjadi butir-butir fakta yang berpotensi menjadi *micro-card* (materi ringkas) dan *micro-task* (pertanyaan cek pemahaman).

Agar setiap butir materi tidak bersandar pada satu rujukan saja, peneliti menerapkan pemeriksaan silang antarsumber atau triangulasi sumber, yaitu memverifikasi satu fakta menggunakan minimal dua sumber independen yang kredibel. Apabila ditemukan perbedaan rincian antarsumber, peneliti mengutamakan sumber yang lebih otoritatif (misalnya basis data pemerintah, publikasi instansi resmi, atau literatur ilmiah) dan menyesuaikan redaksi agar tetap akurat dan tidak mengunci klaim yang belum didukung secara konsisten.

Sejalan dengan kebutuhan media pembelajaran yang interaktif, tahap analisis juga mencakup penetapan platform implementasi *game* agar pengalaman belajar-bermain sesuai dengan karakter permainan dan materi. Dari hasil analisis, peneliti menetapkan bahwa *game* akan dikembangkan untuk platform PC atau *portable computer*. Pemilihan platform PC pada penelitian ini didasarkan pada kesesuaian kebutuhan interaksi dan penyajian materi pada *game tower defense* yang memuat elemen *microlearning* (*micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia) sehingga menuntut keterbacaan antarmuka dan kontrol yang relatif presisi. Literatur pada konteks pembelajaran di pendidikan tinggi menunjukkan bahwa pembelajaran melalui perangkat *mobile* kerap dianggap kurang nyaman dan lebih “*frustrating*” dibanding penggunaan *portable computer* atau PC, antara lain karena keterbatasan ukuran layar serta isu desain antarmuka yang dapat menghambat transfer informasi (Kasenides et al., 2023). Selain itu, penelitian terkait pemilihan perangkat untuk educational videogames juga menekankan bahwa perangkat yang digunakan dapat memengaruhi efektivitas penggunaan *videogame* edukasi, sehingga keputusan platform perlu mempertimbangkan karakteristik tugas belajar dan kebutuhan interaksi (Romero Hernandez et al., 2016). Dengan demikian, platform PC dipilih untuk menstabilkan pengalaman belajar-bermain dan mendukung keterbacaan serta pengelolaan antarmuka strategi. Di sisi lain, penggunaan *game* berbasis komputer sebagai

media pembelajaran juga merupakan pendekatan yang telah diteliti pada mahasiswa dan dievaluasi melalui learning gains serta retensi pengetahuan, sehingga layak digunakan sebagai basis implementasi dan evaluasi dalam penelitian ini (Rondon et al., 2013).

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan mengumpulkan berbagai literatur yang berkaitan dengan game serius sebagai media edukasi situs budaya. Pencarian literatur dilakukan melalui Google Scholar dengan kata kunci *cultural heritage*, *serious game*, dan *heritage education* dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Literatur disaring berdasarkan kriteria: (1) membahas pengembangan game edukasi digital, (2) relevan dengan edukasi budaya/warisan budaya, dan (3) berbahasa Indonesia atau Inggris. Ringkasan literatur terpilih disajikan pada Tabel 2.1 pada Bab II sebagai rujukan penelitian sejenis.

Berdasarkan sintesis temuan literatur, penelitian ini menerapkan penyajian materi secara tersegmentasi melalui *micro-card* yang ditampilkan pada momen jeda permainan agar tidak mengganggu beban kognitif saat pemain menghadapi *wave*. Pemahaman pemain kemudian diperiksa secara bertahap menggunakan *micro-task* berupa pertanyaan singkat sebagai bentuk *retrieval practice*. Selain itu, disediakan ensiklopedia sebagai kanal akses ulang materi di luar tekanan permainan. Dari sisi evaluasi, literatur juga menunjukkan bahwa penilaian game edukasi umumnya menggabungkan pengukuran capaian belajar dan pengalaman pengguna, sehingga penelitian ini menggunakan instrumen *pre-test/post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman dan kuesioner *usability* untuk menilai kelayakan penggunaan *game*.

3.1.2 Gambaran Umum Game

Game yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan *game tower defense* bertema pelestarian situs budaya dengan latar tiga situs di Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeborg, dan Candi Sambisari. *Game* ini dirancang sebagai media edukasi yang menggabungkan mekanik pertahanan jalur (*tower defense*) dengan penyajian informasi singkat (*micro-card*) dan kuis cepat (*micro-task*) yang berkaitan dengan ketiga situs tersebut. Pengembangan *game* dilakukan oleh peneliti pada platform PC/laptop di lingkungan kampus dengan menggunakan game engine Unity, sebagaimana dijelaskan lebih lanjut pada subbab 3.1.3.

Secara ringkas, karakteristik utama *game* dirangkum pada Tabel 3.1. Tabel ini menggambarkan apa saja aspek pokok *game* (genre, platform, mode permainan, elemen inti

gameplay, edukasi, target pengguna dan fokus pembelajaran) yang menjadi acuan pada tahap perancangan.

Tabel 3.1 Gambaran umum *game*

Aspek	Keterangan
Genre	<i>Tower Defense</i>
Platform	PC (desktop/laptop)
Mode permainan	Single-player dengan progres linear
Jumlah stage	3 stage (Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, Candi Sambisari)
Sumber daya utama	Anggaran (uang) dan reputasi situs
Elemen inti <i>gameplay</i>	Penempatan tower, jalannya <i>wave</i> musuh, pengelolaan sumber daya
Elemen edukasi	<i>Micro-card</i> , <i>micro-task</i> , dan ensiklopedia <i>in-game</i>
Target pengguna	Mahasiswa usia sekitar 19–23 tahun
Fokus pembelajaran	Pengenalan informasi dasar, konteks sejarah tiga situs budaya di Yogyakarta

Selain gambaran umum tersebut, struktur level *game* dibagi menjadi tiga stage yang dirancang dengan peningkatan kompleksitas secara bertahap untuk menjawab bagaimana tantangan permainan akan berkembang seiring kemajuan pemain.

Tabel 3.2 Ringkasan struktur *stage*

Stage	Situs	Pola jalur serangan	Fokus materi utama	Peran <i>micro-card</i> dan <i>micro-task</i>
1	Panggung Krapyak	Satu jalur serangan	Pengantar sumbu kosmologis dan fungsi awal Panggung Krapyak	<i>Micro-card</i> memperkenalkan konteks dan fungsi; <i>micro-task</i> menilai pemahaman definisi situs budaya dan ancaman umum
2	Benteng Vredeburg	Dua jalur, aktif secara bergantian	Fungsi kini sebagai museum, sejarah awal, dan status pelestarian	<i>Micro-card</i> menjelaskan fungsi kini, sejarah, dan status; <i>micro-task</i> menguji pemahaman fungsi, peran masyarakat, dan dampak ekonomi
3	Candi Sambisari	Dua jalur, dapat aktif simultan dalam satu <i>wave</i>	Geologi situs, tata ruang candi, ikonografi, proses penemuan dan pelestarian	<i>Micro-card</i> menyajikan informasi geologi, tata ruang, ikonografi, dan pelestarian; <i>micro-task</i> menguji integrasi pemahaman sejarah, tata ruang, dan peran masyarakat

Ringkasan struktur stage disajikan pada Tabel 3.2. Rangkuman pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 menjadi dasar bagi perancangan elemen permainan dan level yang dijelaskan lebih rinci pada tahap *Development*.

3.1.3 Analisis Kebutuhan Software

Analisis kebutuhan software dilakukan untuk mengidentifikasi perangkat lunak yang diperlukan baik pada sisi pengembangan maupun pada sisi pengguna akhir. Pada sisi pengembangan, kebutuhan software berkaitan dengan peralatan yang digunakan peneliti untuk

membangun *game*, seperti game engine, lingkungan pemrograman, dan perangkat lunak pendukung pembuatan aset visual. Pada sisi pengguna akhir, kebutuhan software berkaitan dengan sistem operasi dan komponen pendukung yang harus tersedia agar *game* dapat dijalankan dengan baik pada komputer responden ketika uji coba dilakukan.

Selama proses pengembangan, peneliti menggunakan beberapa perangkat lunak antara lain:

- a. Windows OS 11 64-bit sebagai sistem operasi utama pada komputer pengembangan;
- b. Visual Studio 2022 sebagai IDE untuk menulis skrip C#;
- c. Unity 2022.3.22f1 sebagai game engine untuk menyusun scene, jalur musuh, logika *wave*, dan antarmuka pengguna;
- d. Krita 5.2.6 untuk menggambar layout stage dan aset visual;
- e. Adobe Photoshop CS6 untuk pengolahan gambar dan penyesuaian aset visual.

3.1.4 Penyusunan Silabus Materi Game

Berdasarkan hasil analisis konteks, karakteristik pengguna, serta kebutuhan materi terkait tiga situs budaya yang menjadi latar permainan, peneliti menyusun silabus materi yang akan disampaikan melalui game. Silabus ini berfungsi sebagai acuan ruang lingkup konten edukasi sekaligus sebagai penghubung antara tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan pada tahap *Analysis* dengan perancangan konten *micro-card* dan *micro-task* pada tahap *Design* dan *Development*. Dengan adanya silabus, penyampaian informasi dapat dilakukan secara terstruktur, bertahap, serta selaras dengan alur permainan pada tiap stage.

Pertama, silabus game ini memuat topik informasi dasar situs budaya karena *heritage education* secara eksplisit menempatkan pemahaman konsep dan nilai warisan budaya sebagai titik awal pembelajaran. Panduan *World Heritage in Young Hands* dari UNESCO menegaskan bahwa pendidikan warisan ditujukan untuk menumbuhkan kesadaran generasi muda akan pentingnya melestarikan warisan lokal, nasional, dan dunia (UNESCO World Heritage Centre, 2002). Selain itu, Unit “*Concepts in Cultural Heritage*” dalam manual UNESCO–ICCROM merumuskan tujuan awal pembelajaran warisan sebagai kemampuan mengenali nilai dan signifikansi *heritage* serta memahami bahwa *heritage* membawa pesan dari masa lalu ke masa depan (Aslan & Ardemagni, 2006). Temuan-temuan ini menjadi acuan penempatan materi pengertian situs budaya, contoh warisan budaya, dan alasan pelestarian sebagai topik pertama dalam silabus game, sebelum pemain diperkenalkan pada detail tiga situs spesifik.

Kedua, silabus game ini memasukkan informasi atau pengetahuan tentang situs budaya terkait (sejarah, fungsi, dan konteks Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari) karena pendekatan tersebut sejalan dengan praktik penyusunan modul edukasi berbasis situs lokal. Putri et al. (2025) menjelaskan pembelajaran berbasis situs sejarah lokal tidak hanya berfokus pada penyampaian informasi faktual, tetapi juga pada pemahaman nilai dan konteks budaya melalui unit-unit materi yang spesifik per situs (Putri et al., 2025). Dengan mengacu pada pola tersebut, game “*Guardians of Heritage*” memperlakukan Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari sebagai tiga unit materi tersendiri, di mana setiap situs disajikan melalui paket informasi sejarah, fungsi, dan konteksnya yang dituangkan ke dalam elemen dalam game.

Ketiga, silabus game ini secara khusus memuat topik informasi tentang peran generasi muda dalam pelestarian situs budaya. Zhang et al. (2024) memandang generasi muda sebagai *agents of cultural heritage* yang memikul tanggung jawab untuk menjaga dan meneruskan nilai warisan kepada generasi berikutnya, sehingga diperlukan penumbuhan *role consciousness* mereka sebagai *heritage guardians* melalui kegiatan pendidikan (Zhang et al., 2024). Sejalan dengan itu, Nuzzaci (2024) menekankan bahwa pendidikan warisan sebaiknya mendorong peserta didik untuk memiliki minat yang sadar terhadap wilayahnya dan berkomitmen secara bertanggung jawab terhadap pelestariannya (Nuzzaci, 2024). Berdasarkan pandangan tersebut, materi mengenai peran masyarakat dan generasi muda diposisikan sebagai salah satu topik tersendiri dalam silabus game, berdampingan dengan topik pengenalan konsep situs budaya dan informasi faktual tiga situs yang diangkat.

Berdasarkan landasan tersebut, materi dalam game ini dikelompokkan ke dalam lima topik utama, yaitu:

1. Informasi dasar situs budaya
2. Informasi tentang Panggung Krapyak
3. Informasi tentang Benteng Vredeburg
4. Informasi tentang Candi Sambisari
5. Informasi tentang peran generasi muda

Kelompok materi ini menunjukkan apa yang diprioritaskan untuk diajarkan kepada pemain dan mengapa setiap situs diperlakukan sebagai unit pembelajaran tersendiri. Implementasi rinci dari setiap topik silabus ke dalam elemen permainan dijelaskan pada tahap

Design melalui pemetaan silabus ke rancangan *stage*, *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia di dalam game.

3.2 Tahap *Design*

Pada tahap *Design*, peneliti menerjemahkan hasil *Analysis* menjadi rancangan *game* yang lebih konkret. Tahap ini dilakukan setelah tahap *Analysis* dan sebelum tahap *Development* sebagai jembatan antara kebutuhan pembelajaran dan implementasi teknis. Fokus utama tahap ini adalah merancang apa saja komponen permainan yang akan dibangun (struktur *stage*, loop permainan, konten edukasi, dan instrumen evaluasi), mengapa komponen tersebut dirancang dengan cara tertentu (misalnya untuk mengelola beban kognitif dan mendukung capaian belajar), siapa yang menjadi sasaran rancangan (pemain utama yaitu mahasiswa 19–23 tahun), serta bagaimana rancangan tersebut akan diimplementasikan pada platform PC menggunakan Unity. Seluruh kegiatan perancangan dilakukan oleh peneliti sebagai perancang *game* dengan mempertimbangkan karakteristik pengguna, konteks tiga situs budaya di Yogyakarta, serta hasil silabus materi yang telah disusun pada tahap *Analysis*.

Pemodelan *stage layout* pada *game* ini menerapkan abstraksi visual berbasis prinsip *cartographic generalization* untuk menjaga keterbacaan arena dan memperjelas elemen *gameplay* yang esensial. Dalam literatur kartografi, pembuat peta menggunakan teknik generalisasi seperti *distortion*, *simplification*, dan *abstraction* untuk meningkatkan kejelasan dan menonjolkan informasi yang paling penting pada representasi spasial (Agrawala & Stolte, 2001). Lingkungan sekitar situs budaya tidak direpresentasikan secara literal sesuai kondisi lanskap perkotaan masa kini, melainkan disederhanakan menjadi hamparan hijau dengan elemen alam seperti rumput, pohon, dan batu. Penyederhanaan ini merupakan keputusan desain untuk mempertahankan keterbacaan arena dan mengurangi distraksi visual yang tidak mendukung keputusan strategi pemain.

Penyederhanaan visual tersebut juga ditujukan untuk menekan extraneous *cognitive load*, yaitu beban kognitif yang tidak ditentukan oleh kompleksitas intrinsik materi, melainkan oleh cara informasi disajikan dan tuntutan yang muncul akibat prosedur atau desain (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019). Dalam kerangka *cognitive load theory*, pembelajaran dan transfer lebih efektif ketika pemrosesan kognitif yang tidak relevan diminimalkan dan pemrosesan yang relevan dioptimalkan dalam batas kapasitas kognitif yang tersedia.

Secara fungsional, tata letak *level tower defense* terutama ditentukan oleh struktur jalur musuh, ruang penempatan tower, dan rancangan *wave* musuh. Iskala menyatakan bahwa

sebuah level pada dasarnya terdiri atas jalur musuh, posisi tower, dan *wave* musuh, serta jalur dapat dievaluasi berdasarkan bentuknya untuk mencapai tingkat kesulitan yang tepat (Iskala, 2024). Pada pembahasan kesulitan jalur, jalur cenderung lebih mudah ketika lebih panjang dan memiliki lebih banyak belokan, sedangkan jalur yang pendek dan lurus atau *straight paths* cenderung lebih menantang. Oleh karena itu, arena yang lebih “bersih” (abstrak) dipilih agar struktur jalur, ruang penempatan tower, dan kontrol kesulitan antar-stage dapat dirancang secara jelas dan terbaca tanpa terikat pada detail lanskap urban masa kini.

Selain penyederhanaan visual untuk menjaga keterbacaan arena dan mengurangi distraksi yang tidak relevan, penelitian ini juga menetapkan batasan desain pada tingkat representasi tematik. Elemen permainan termasuk tower dan ancaman dirancang terutama sebagai *framing* melalui penamaan dan identitas visual agar tema “menjaga situs” tetap konsisten dalam format *tower defense*. Sistem permainan tidak ditujukan untuk mensimulasikan tindakan pelestarian maupun bentuk ancaman di dunia nyata secara rinci, melainkan menyediakan konteks yang dapat dimainkan sehingga pemain dapat memahami tema sambil menerima materi faktual melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia *in-game*. Batasan ini ditetapkan untuk menjaga keterbacaan sistem, menghindari klaim simulasi 1:1 yang berlebihan, serta mempertahankan keseimbangan antara tujuan edukasi dan pengalaman bermain. Selanjutnya, prinsip perancangan tersebut diterapkan pada penyusunan struktur stage, urutan kompleksitas, dan tujuan belajar pada tiap stage sebagai berikut.

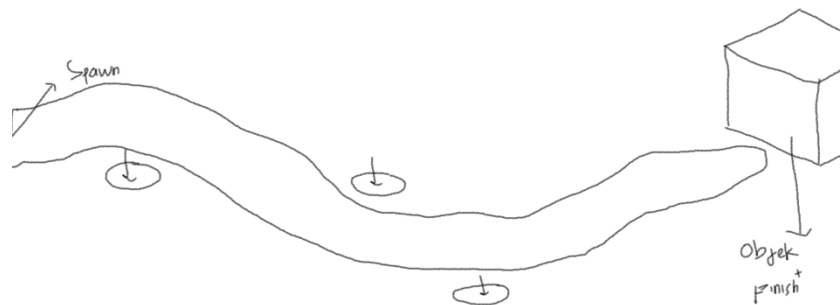
3.2.1 Perancangan Struktur Stage, Urutan Kompleksitas, dan Tujuan Belajar per *Stage*

Dalam merancang struktur stage, peneliti mempertimbangkan konsep *intrinsic cognitive load* yang telah dibahas pada Bab II. Untuk mencegah beban kognitif yang terlalu tinggi di awal, kompleksitas permainan disusun secara bertahap dari Stage 1 hingga Stage 3. Setiap stage dihubungkan dengan satu situs budaya tertentu dan diarahkan pada tujuan belajar spesifik, dengan sasaran pemain mahasiswa sebagai pengguna akhir.

a. Stage 1 – Panggung Krapyak

Stage pertama dirancang sebagai tahap orientasi sekaligus pengenalan mekanik dasar permainan. Peta hanya memiliki satu jalur pergerakan musuh dari titik masuk hingga titik akhir, sehingga pemain hanya perlu memantau satu alur serangan dan satu garis pandang. Pada *stage* ini pemain diperkenalkan pada cara menempatkan dan menjual tower, cara kerja sumber daya anggaran dan reputasi, ritme dasar antara *build phase* dan *wave phase*,

serta kemunculan *micro-card* dan *micro-task* dalam intensitas yang masih rendah. Dengan hanya satu jalur, jumlah elemen yang harus dipantau secara simultan relatif kecil, sehingga pemain dapat memfokuskan perhatian pada pemahaman aturan dasar permainan dan informasi awal mengenai Panggung Krapyak.



Gambar 3.2 Sketsa *layout stage 1*

Sketsa layout Stage 1 ditunjukkan pada Gambar 3.2. Jalur ancaman dirancang tunggal dari titik masuk menuju titik akhir, dengan beberapa titik penempatan tower di sekitar lintasan untuk memperkenalkan prinsip dasar *coverage* dan prioritas penempatan. Dengan konfigurasi ini, pemain hanya memantau satu alur serangan sehingga perhatian dapat difokuskan pada pemahaman mekanik dasar serta pengenalan informasi awal mengenai Panggung Krapyak.

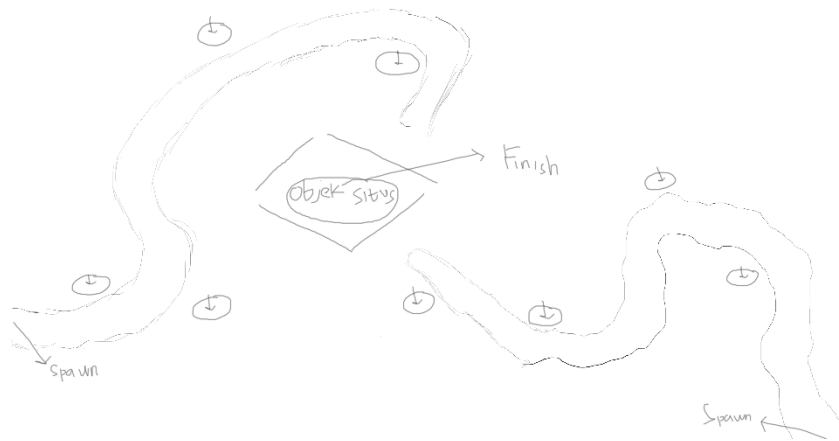
Secara khusus, setelah menyelesaikan Stage 1, pemain diharapkan:

1. Mengenali Panggung Krapyak sebagai salah satu elemen penting dalam sumbu kota Yogyakarta dan menyebutkan fungsi umumnya secara singkat;
2. Memahami secara garis besar hubungan Panggung Krapyak dengan konteks ruang di sekitarnya (keterkaitannya dengan jalur menuju kawasan keraton dan kota);
3. Mengidentifikasi contoh ancaman yang dapat menurunkan reputasi situs, sebagaimana direpresentasikan melalui penggambaran musuh dalam permainan.

b. Stage 2 – Benteng Vredenburg

Pada *stage* kedua, tingkat kompleksitas dinaikkan dengan menambahkan jalur serangan kedua, namun jalur tersebut diaktifkan secara bergantian, bukan bersamaan. Dalam satu *wave* hanya satu jalur yang aktif, tetapi jalur yang digunakan dapat berubah pada *wave* berikutnya. Dengan pola ini, pemain mulai dilatih untuk mengantisipasi perubahan arah

serangan, menempatkan tower pada posisi yang lebih fleksibel, dan memperhatikan indikator jalur aktif sambil tetap mengelola sumber daya. Secara beban kognitif, jumlah elemen dan interaksi yang perlu dipertimbangkan meningkat dibandingkan *stage* pertama, tetapi masih berada pada tingkat menengah karena pemain tidak harus memantau dua jalur sekaligus dalam satu waktu. *Stage* ini berfungsi sebagai jembatan antara permainan dasar di Panggung Krapyak dan tantangan yang lebih tinggi di Candi Sambisari.



Gambar 3.3 Sketsa *layout stage 2*

Sketsa layout Stage 2 pada Gambar 3.3 memperlihatkan dua jalur serangan yang dirancang untuk digunakan secara bergantian antar-*wave*. Pola ini meningkatkan kompleksitas keputusan penempatan tower karena pemain perlu mempertimbangkan posisi yang tetap efektif ketika jalur aktif berubah, namun masih menghindari beban memantau dua jalur secara simultan. Dengan demikian, stage ini menjadi transisi dari pola permainan dasar menuju kondisi multi-jalur yang lebih menuntut.

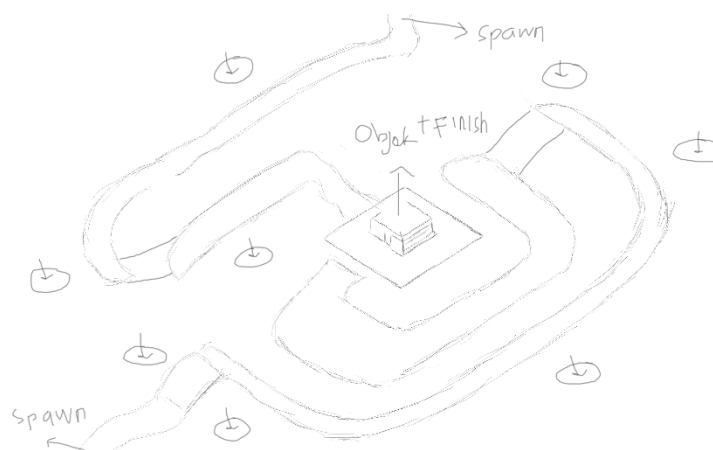
Setelah menyelesaikan Stage 2, pemain diharapkan:

1. Menjelaskan secara singkat fungsi awal Benteng Vredeburg sebagai benteng kolonial yang mengawasi pusat kota Yogyakarta;
2. Menyadari perubahan fungsi Benteng Vredeburg menjadi museum sejarah dan memahami bahwa bangunan kolonial juga dapat dimaknai ulang sebagai ruang edukasi.

c. Stage 3 – Candi Sambisari

Stage ketiga dirancang sebagai puncak kompleksitas. Pada peta ini terdapat dua jalur serangan yang dapat aktif secara simultan, sehingga dalam satu *wave* musuh dapat datang dari dua arah berbeda pada waktu yang bersamaan. Kondisi ini menuntut pemain untuk

membagi perhatian antara dua jalur, menyusun strategi penempatan tower yang mampu menjangkau lebih dari satu jalur, serta mengelola prioritas ketika sumber daya terbatas dan ancaman datang dari beberapa sisi. Dibandingkan dua *stage* sebelumnya, jumlah elemen yang harus dipantau dan tingkat interaksi antar-elemen (posisi tower, jenis musuh, jalur serangan, reputasi, anggaran) berada pada tingkat tertinggi. Dengan urutan seperti ini, beban kognitif pemain meningkat secara bertahap seiring dengan berkembangnya pemahaman mereka terhadap mekanik dasar permainan.



Gambar 3.4 Sketsa *layout stage 3*

Sketsa layout Stage 3 pada Gambar 3.4 menggambarkan dua jalur serangan yang dapat aktif secara simultan dalam satu *wave*. Konfigurasi ini memaksa pemain membagi perhatian, mengelola prioritas, dan merancang pertahanan yang mampu meng-*cover* lebih dari satu arah serangan pada saat bersamaan. Dibanding stage sebelumnya, interaksi antar elemen (jalur, posisi tower, jenis musuh, anggaran, reputasi) meningkat, sehingga stage ini ditempatkan sebagai puncak kompleksitas.

Setelah menyelesaikan *Stage 3*, pemain diharapkan:

1. Mengenali sejarah dan fakta tentang Candi dan menyebutkan ciri umumnya;
2. Memahami bahwa Candi Sambisari pernah tertimbun material dan tanah, kemudian ditemukan kembali dan dipugar melalui proses ekskavasi.

Secara keseluruhan, urutan Stage 1–3 tidak hanya mengikuti perbedaan konteks situs, tetapi juga dirancang agar pemain mengalami eskalasi tantangan yang terstruktur. *Stage* pertama berfungsi sebagai fase orientasi, *stage* kedua sebagai fase latihan dengan variasi jalur, dan *stage* ketiga sebagai fase aplikasi penuh di mana pemain menerapkan strategi yang telah dipelajari dalam situasi yang lebih kompleks. Pendekatan bertahap ini diharapkan membantu

pemain membangun skema mental secara berlapis tanpa mengalami lonjakan beban kognitif yang tiba-tiba.

3.2.2 Perancangan *Loop Permainan*

Struktur *stage* di atas diintegrasikan ke dalam loop permainan *tower defense* yang terdiri dari tiga fase utama: *build phase*, *wave phase*, dan fase evaluasi. Pada *build phase*, pemain dapat menempatkan, meng-*upgrade*, atau menjual tower dengan memanfaatkan anggaran yang tersedia. Setiap tower dirancang memiliki tiga tingkat pengembangan (T0–T2). Mekanisme pengembangan dilakukan bertahap dan bercabang: ketika pemain melakukan peningkatan dari T0 ke T1, maupun dari T1 ke T2, sistem menawarkan dua opsi peningkatan yang sudah ditentukan sejak perancangan. Dengan demikian, *upgrade* bukan sekadar peningkatan angka, tetapi menjadi bentuk pilihan strategi (misalnya fokus pada kontrol massa, pelemahan musuh, atau penguatan kerusakan) yang memengaruhi pengelolaan anggaran dan efektivitas pertahanan pada *wave* berikutnya. Pola pilihan bertahap ini dipakai untuk menjaga permainan tetap memberikan keputusan yang bermakna dan variatif, selaras dengan gagasan bahwa pengalaman bermain yang bermakna muncul dari pilihan yang berdampak pada jalannya permainan.

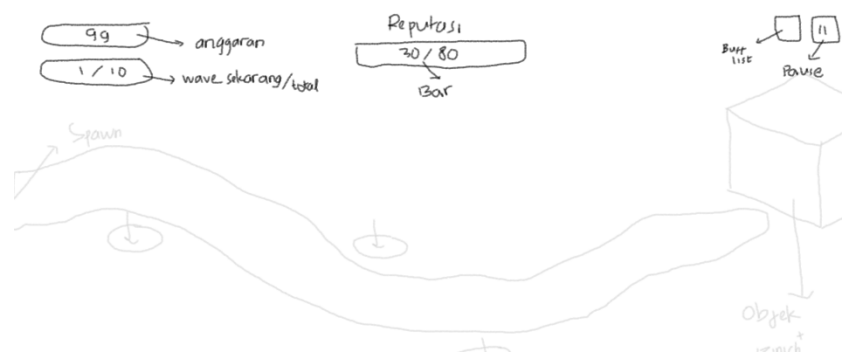
Pada *wave phase*, musuh bergerak mengikuti jalur yang telah ditentukan sesuai *stage*, dan reputasi situs akan berkurang jika musuh berhasil mencapai titik akhir. Setelah *wave* selesai, permainan memasuki jeda singkat yang dapat diisi dengan kemunculan *micro-card* dan *micro-task*, sebelum berlanjut ke *wave* berikutnya atau menampilkan hasil akhir *stage*. Loop yang konsisten ini diterapkan pada ketiga *stage*, sehingga yang membedakan tiap *stage* terutama adalah pola jalur, variasi musuh, dan kepadatan konten edukasi yang disisipkan.

Dalam desain *game* yang dikembangkan, peneliti tidak merancang tutorial *stage* terpisah. Pengenalan aturan dan mekanik inti dilakukan langsung pada Stage 1 melalui peningkatan kompleksitas secara bertahap serta panel *tutorial in-game* yang muncul secara kontekstual pada momen tertentu. Pendekatan ini sejalan dengan temuan bahwa instruksi tutorial yang diberikan sedekat mungkin dengan saat dibutuhkan lebih bermanfaat dibanding penjelasan panjang yang disajikan di awal secara terpisah, serta bahwa investasi tutorial tidak selalu diperlukan apabila sebagian mekanik dapat dipelajari melalui eksplorasi saat bermain (Andersen et al., 2012). Selain itu, praktik tutorial terintegrasi yang dibagi sepanjang level dan menampilkan penjelasan singkat ketika pemain pertama kali menemui elemen baru juga dilaporkan pada literatur tutorial interaktif (Green et al., 2018).

Untuk mendukung loop tersebut, peneliti menyusun *wireframe* antarmuka sebagai acuan penempatan elemen UI utama pada tiap fase permainan. Perancangan UI berfokus pada keterbacaan status permainan (reputasi, anggaran, dan progres *wave*), kemudahan akses aksi inti (membangun, *upgrade*, dan menjual tower), serta penyajian informasi yang tidak menutupi area bermain. Dengan demikian, pemain dapat mengambil keputusan secara cepat pada *build phase* dan memantau kondisi permainan pada *wave phase* tanpa distraksi yang berlebihan.

Selain merancang *core loop* permainan, pada tahap ini peneliti juga merancang mekanisme panduan awal berupa panel *tutorial in-game* berbentuk *pop-up* kontekstual yang muncul bertahap mengikuti progres pemain. Panel ini digunakan untuk menjelaskan tujuan utama permainan, aturan dasar (reputasi dan anggaran), serta cara melakukan aksi inti seperti membangun, mengatur, dan meningkatkan tower. Penyajian tutorial dibuat sedekat mungkin dengan momen ketika informasi diperlukan agar pemain dapat langsung mempraktikkan instruksi tersebut dalam alur bermain. Rincian implementasi panel tutorial beserta pemicu kemunculannya dijelaskan pada Bab IV.

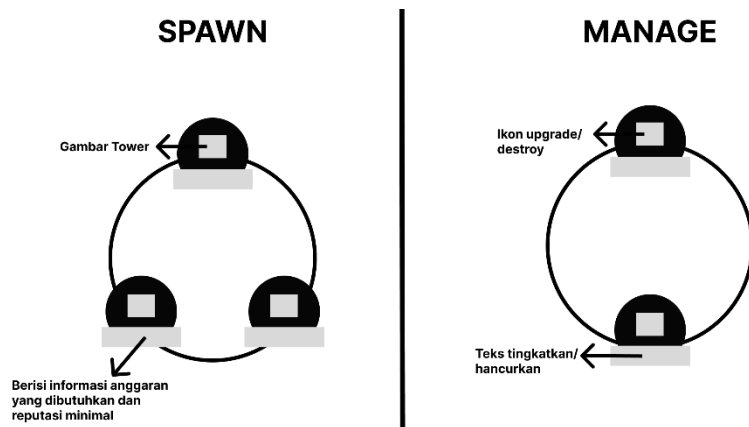
a. Wireframe UI gameplay (HUD)



Gambar 3.5 Sketsa antarmuka *HUD* utama

Pada Gambar 3.5 ditunjukkan *wireframe HUD* utama yang tampil selama pemain berada di dalam *stage*. *HUD* ini memuat bar reputasi situs sebagai indikator kondisi “objek yang dijaga”, indikator anggaran sebagai sumber daya untuk membangun dan meng-*upgrade* tower, indikator *wave* untuk memantau progres, tombol *pause* untuk mengakses menu jeda, serta tombol/daftar *buff* untuk melihat efek yang sedang aktif. Penempatan elemen-elemen tersebut dibuat persisten agar pemain dapat memantau status permainan secara cepat baik pada *build phase* maupun *wave phase* tanpa harus berpindah layar.

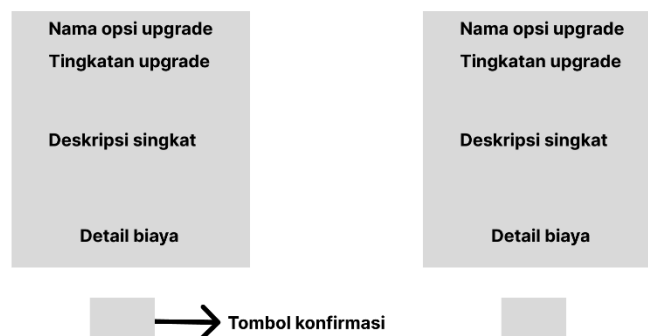
b. Wireframe UI interaksi tower (*build/upgrade/destroy*)



Gambar 3.6 Sketsa antarmuka *spawn* tower dan *manage* tower

Pada Gambar 3.6 ditunjukkan *wireframe* panel interaksi tower yang akan muncul ketika pemain menekan titik bangun tower. Panel ini mencakup menu pemanggilan tower (Tower Pos Dokumentasi – Sanggar Seni) ketika pemain memilih titik penempatan, serta menu perintah tower untuk melakukan *upgrade* atau menghancurkan (*destroy*) tower yang sudah dibangun. Rancangan ini dibuat konsisten, pemain memilih titik, memilih tower, lalu mengelola tower melalui panel yang sama sehingga keputusan penempatan dan pengelolaan pertahanan dapat dilakukan lebih efisien.

Pilih upgrade



Gambar 3.7 Sketsa antarmuka opsi *upgrade* tower

Selanjutnya, pada Gambar 3.7 ditunjukkan *wireframe* panel opsi *upgrade* yang muncul ketika pemain memilih tindakan *upgrade*. Panel ini menampilkan pilihan peningkatan yang tersedia beserta informasi ringkas yang dibutuhkan pemain untuk membandingkan opsi (peningkatan atribut/efek) sebelum mengonfirmasi *upgrade*.

c. Wireframe panel tutorial

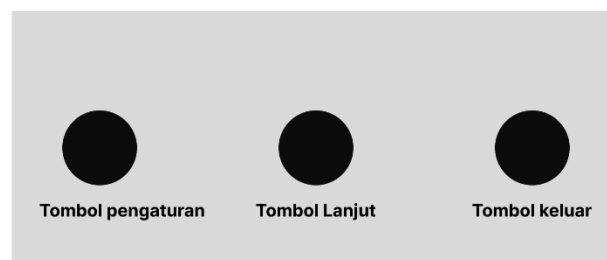


Gambar 3.8 Sketsa antarmuka *panel tutorial*

Pada Gambar 3.8 ditunjukkan *wireframe* panel tutorial yang muncul ketika syarat kemunculannya terpenuhi. Panel *tutorial in-game* dirancang sebagai jendela *pop-up* yang muncul secara kontekstual pada momen tertentu, seperti awal stage atau saat fitur baru diperkenalkan. Secara tampilan, panel memuat teks instruksi singkat yang dibagi menjadi beberapa halaman, tombol *Next* untuk menelusuri halaman, serta tombol tutup yang aktif setelah mencapai halaman terakhir. Saat panel tampil, permainan berada pada kondisi jeda (*pause*) agar pemain dapat membaca tanpa tekanan waktu. Rincian panel tutorial dan pemicu kemunculannya pada *game* dijelaskan pada Bab IV.

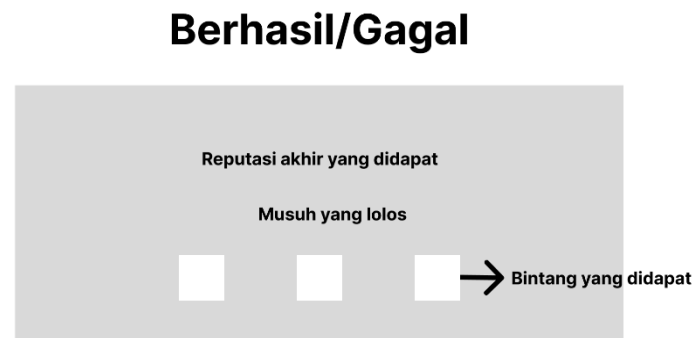
d. Wireframe UI transisi state permainan (*pause* dan *endgame*)

Dijeda



Gambar 3.9 Sketsa antarmuka *panel pause*

Pada Gambar 3.9 ditunjukkan *wireframe* panel menu jeda yang muncul ketika pemain menekan tombol *pause* pada *HUD*. Panel ini menampilkan judul “Dijeda” dan menyediakan tiga kontrol utama, yaitu *Resume* untuk melanjutkan permainan, *Settings* untuk mengubah pengaturan, serta *Exit* untuk kembali ke menu sebelumnya.

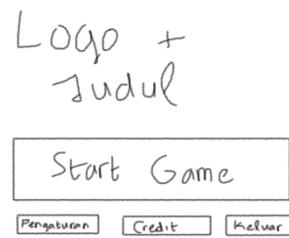


Gambar 3.10 Sketsa antarmuka *endgame result*

Setelah kondisi akhir terpenuhi, pada Gambar 3.10 ditunjukkan *wireframe panel* hasil akhir (*endgame result*) yang menampilkan status Berhasil/Gagal. Panel ini juga merangkum performa pemain melalui informasi reputasi akhir, jumlah musuh yang lolos, serta perolehan bintang sebagai umpan balik atas kinerja pertahanan pada stage tersebut.

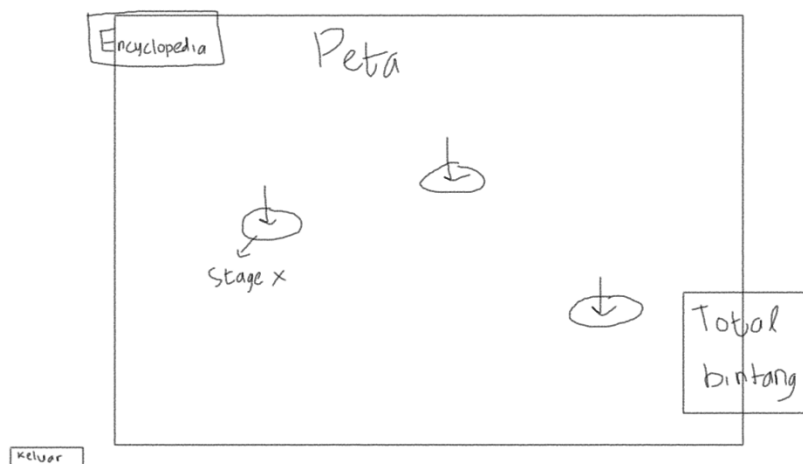
e. Wireframe UI navigasi (Main Menu dan Stage Selection)

Untuk melengkapi alur permainan dari awal hingga pemain memasuki stage, peneliti merancang *wireframe* antarmuka navigasi yang mencakup menu utama dan layar pemilihan stage. Rancangan ini bertujuan memastikan pemain dapat memulai permainan, mengakses pengaturan, serta memilih stage dan melihat progres secara sederhana sebelum memasuki *gameplay*. *Wireframe* menu utama dan layar pemilihan stage ditunjukkan pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12.



Gambar 3.11 Sketsa antarmuka menu utama

Pada Gambar 3.11 ditunjukkan *wireframe* menu utama yang berisi logo dan judul game, tombol *Start Game*, tombol *Settings*, tombol *Credits*, dan tombol *Exit*. Menu utama dirancang minimalis agar pemain dapat langsung memulai permainan atau mengakses pengaturan tanpa langkah yang berlapis.



Gambar 3.12 Sketsa antarmuka pemilihan stage

Pada Gambar 3.12 ditunjukkan *wireframe* layar pemilihan stage yang menggunakan peta sebagai latar, menampilkan tiga titik stage yang mewakili Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Layar ini juga memuat tombol ensiklopedia di kiri atas, tombol keluar di kiri bawah, serta panel ringkasan total perolehan bintang. Rancangan ini memungkinkan pemain memilih stage sekaligus memantau progres penyelesaian dan mengakses materi ensiklopedia di luar sesi bermain.

Wireframe navigasi ini kemudian diimplementasikan pada antarmuka di tahap *Development*, dan tampilan hasil implementasinya disajikan pada Bab IV.

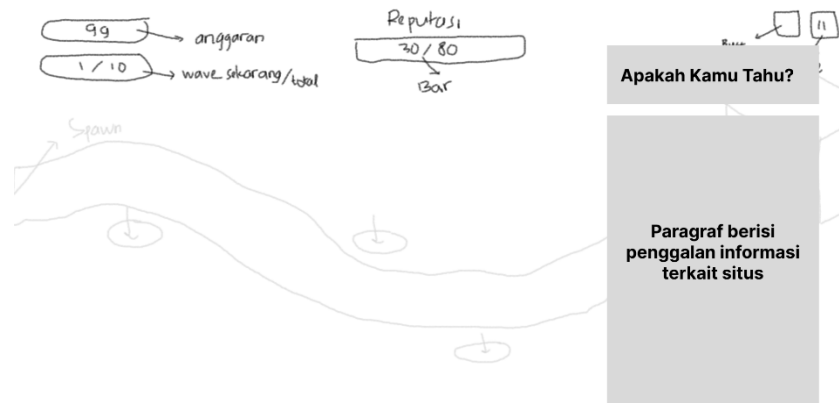
3.2.3 Perancangan Konten Edukasi

Konten edukasi yang telah dianalisis pada tahap *Analysis* disisipkan ke dalam permainan melalui tiga komponen utama, yaitu *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia di dalam game. Penyajian konten menggunakan format *microlearning* dipilih untuk menyesuaikan cara pengguna memproses teks interpretasi dalam situasi membaca cepat. Panduan penulisan teks interpretasi dari Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa melaporkan bahwa pengunjung pameran rata-rata membaca sekitar 20% teks yang tersedia dan hanya mengalokasikan waktu yang sangat singkat untuk membaca satu teks; semakin banyak teks yang disajikan, semakin kecil bagian yang cenderung dibaca. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penyajian informasi dalam bentuk teks panjang berisiko hanya terbaca sekilas. Oleh karena itu, informasi situs pada penelitian ini dipecah menjadi unit kecil yang ringkas dan terfokus sebagai *micro-card*, lalu diperkuat dengan *micro-task* berupa pertanyaan singkat agar pemain tidak hanya membaca, tetapi juga memproses dan mengingat kembali informasi yang baru diterima.

Pada tahap *Design*, peneliti memetakan kembali informasi per situs ke dalam urutan kemunculan yang mengikuti alur permainan. Untuk memastikan penyajiannya konsisten dan mudah dipahami pemain, peneliti juga merancang *wireframe* panel *micro-card* dan *micro-task* sebagai acuan tampilan saat konten muncul pada jeda antar-*wave*.

Di *stage* pertama, *micro-card* dan *micro-task* disajikan dengan frekuensi yang lebih rendah dan berfokus pada fakta dasar situs. Di *stage* kedua, frekuensi penyajian ditingkatkan sehingga lebih banyak topik terkait situs budaya yang bisa dimunculkan. Ensiklopedia di dalam game dirancang sebagai tempat penyimpanan semua *micro-card* dan *micro-task* yang telah ditemui, sehingga pemain dapat meninjau ulang informasi kapan saja di luar jalannya *wave*.

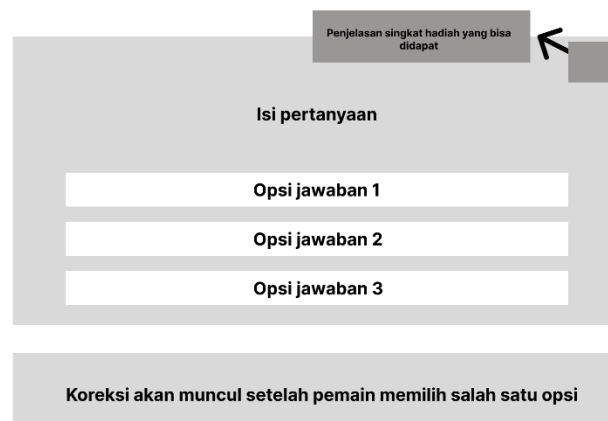
a. Wireframe UI *micro-card*



Gambar 3.13 Sketsa antarmuka *panel micro-card*

Pada Gambar 3.13 ditunjukkan *wireframe panel micro-card* yang ditampilkan pada jeda antar-*wave*. Panel ini menggunakan header “Apakah kamu tahu?” diikuti paragraf singkat berisi fakta kunci mengenai situs budaya pada stage yang sedang dimainkan. *Micro-card* dirancang ringkas agar informasi dapat dibaca cepat dan tidak membebani pemain, serta ditempatkan pada jeda untuk menghindari gangguan perhatian ketika *wave* berlangsung.

b. Wireframe UI *micro-task*

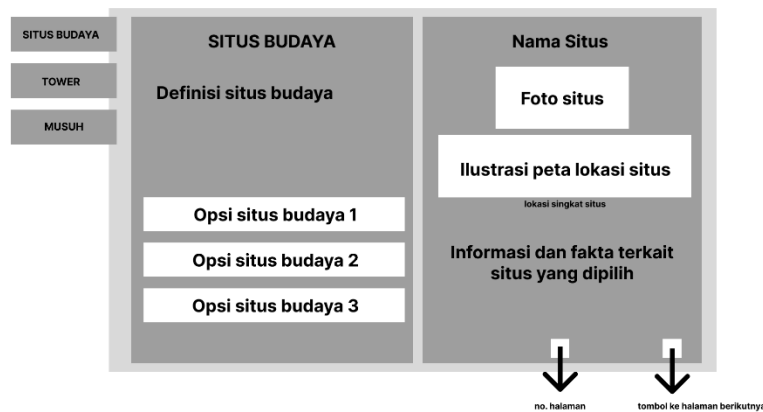


Gambar 3.14 Sketsa antarmuka *panel micro-task*

Pada Gambar 3.14 ditunjukkan *wireframe panel micro-task* yang ditampilkan pada jeda antar-*wave* sebagai penguatan pemahaman. Panel ini memuat header “Pertanyaan”, teks pertanyaan, dan tiga opsi jawaban. Setelah pemain memilih jawaban, sistem menampilkan umpan balik koreksi pada panel kecil di bagian bawah, serta panel informasi hadiah di sisi

lain untuk memperjelas konsekuensi dan mendorong motivasi. *Micro-task* dirancang untuk menstimulasi *retrieval practice* terhadap informasi yang telah dipelajari melalui *micro-card* maupun ensiklopedia.

c. Wireframe akses ensiklopedia



Gambar 3.15 Sketsa antarmuka ensiklopedia

Ensiklopedia di dalam game dirancang sebagai akses ulang konten edukasi di luar fase *wave*. Melalui menu ensiklopedia, pemain dapat membuka kembali *micro-card* dan *micro-task* yang telah ditemui, sehingga proses belajar tidak hanya bergantung pada kemunculan konten saat jeda.

Perancangan struktur *stage*, loop permainan, dan penyisipan konten edukasi pada tahap *Design* ini menjadi dasar bagi tahap *Development*, di mana rancangan tersebut diwujudkan menjadi *game* yang dapat dimainkan dan diuji coba terhadap pengguna.

3.2.4 Perancangan Instrumen Evaluasi

Pada tahap ini, peneliti juga merancang instrumen yang akan digunakan pada tahap *Implementation* dan *Evaluation*. Instrumen utama terdiri dari dua bagian, yaitu tes pemahaman konten budaya yang diberikan dalam bentuk *pre-test* dan *post-test* dengan butir soal yang sama, serta kuesioner *usability* berbasis kerangka USE yang menilai aspek *Usefulness*, *Ease of Use*, dan *Satisfaction*. Rincian indikator, penskoran, serta prosedur analisis untuk *pre-test/post-test* dan kuesioner USE dijelaskan pada bagian Tahap *Evaluation*, sedangkan butir soal lengkap dan pernyataan kuesioner disajikan pada Lampiran A dan Lampiran B.

3.2.5 Pemetaan Silabus ke Rancangan Game

Sebagaimana telah dijelaskan pada tahap *Analysis*, silabus materi dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi lima topik utama yang mencakup pengenalan situs budaya secara umum, informasi spesifik mengenai tiga situs yang menjadi latar *stage*, serta peran generasi muda. Pada tahap *Design*, setiap topik tersebut dipetakan ke dalam elemen konkret di dalam *game*, terutama melalui pemilihan latar *stage*, perancangan *micro-card* dan *micro-task*, halaman ensiklopedia di dalam *game*, serta mekanik musuh dan reputasi situs.

a. Informasi dasar situs budaya

Topik pengantar mengenai situs budaya diimplementasikan melalui ensiklopedia dan beberapa *micro-card* lintas *stage* yang muncul terutama pada awal permainan di Stage 1. *Micro-card* tersebut berisi definisi singkat situs budaya, serta alasan pentingnya pelestarian situs seperti Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Konsep kerentanan situs juga dimetaforakan melalui bar reputasi: setiap ancaman yang berhasil “lolos” akan menurunkan reputasi, sehingga pemain tidak hanya membaca tentang pelestarian, tetapi juga merasakannya melalui konsekuensi mekanik permainan.

b. Informasi tentang Panggung Krapyak

Informasi terkait Panggung Krapyak dipusatkan pada Stage 1. Latar visual dan layout tahap ini menampilkan Panggung Krapyak beserta lingkungan sekitarnya, dengan jalur pergerakan musuh yang mengikuti area di sekitar bangunan. *Micro-card* bertagar Panggung Krapyak digunakan untuk memperkenalkan sejarah singkat, fungsi awal, dan kaitannya dengan Sumbu Filosofi Yogyakarta. *Micro-card* lanjutan mengangkat nilai simbolik posisinya dalam lanskap kota tradisional. *Micro-task* pada Stage 1 berisi pertanyaan singkat mengenai fungsi awal Panggung Krapyak, posisinya dalam sumbu Merapi–Keraton–Laut Selatan, serta kategorinya sebagai bagian dari lanskap budaya kota. Seluruh informasi tersebut dirangkum kembali dalam halaman ensiklopedia Panggung Krapyak yang dapat diakses pemain di luar jalannya *wave*.

c. Informasi tentang Benteng Vredeburg

Informasi tentang Benteng Vredeburg diimplementasikan terutama pada Stage 2. Latar belakang visual menggambarkan kawasan benteng dan lingkungan sekitarnya, sementara pola dua jalur serangan yang bercabang merepresentasikan posisi Vredeburg di kawasan pusat kota yang strategis. *Micro-card* khusus Benteng Vredeburg menyajikan kronologi perubahan nama dari Rustenburg menjadi Vredeburg, peran benteng dalam mengawasi

Keraton, serta transformasinya menjadi museum perjuangan nasional. *Micro-task* di Stage 2 menguji pemahaman pemain mengenai nama lama benteng, peristiwa-peristiwa penting yang terkait dengannya, dan fungsi edukatif museum saat ini. Ringkasan sejarah, peran, dan status Benteng Vredeburg sebagai cagar budaya dapat ditinjau kembali melalui halaman ensiklopedia di dalam game.

d. Informasi tentang Candi Sambisari

Topik mengenai Candi Sambisari diwujudkan pada Stage 3 yang mengusung tema “situs terpendam”. Visual *stage* memperlihatkan posisi candi yang berada lebih rendah dari permukaan tanah sekitar untuk menegaskan konteks geologinya. *Micro-card* Candi Sambisari menjelaskan latar geologi, proses tertimbunnya candi oleh material vulkanik, kronologi penemuan kembali, serta tata ruang dan arsitekturnya. *Micro-task* di Stage 3 memuat pertanyaan mengenai alasan Candi Sambisari berada di bawah permukaan tanah, susunan kompleks candi (jumlah bangunan, orientasi, dan elemen penting), serta peran ekskavasi dan konservasi. Informasi ini kemudian dihimpun dalam ensiklopedia Candi Sambisari sehingga pemain dapat meninjau ulang detail sejarah dan tata ruang situs tersebut di luar jalannya permainan.

e. Informasi tentang peran generasi muda

Topik mengenai peran dan sikap pengunjung diwujudkan melalui *micro-card* nilai dan *micro-task* berbasis skenario, serta dimetaforakan melalui peran pemain sebagai pelindung situs budaya. Sejumlah *micro-task* tidak hanya menanyakan fakta sejarah, tetapi juga menghadirkan skenario singkat tentang situasi di situs budaya dan meminta pemain memilih tindakan yang tepat. Secara keseluruhan, peran pemain yang membangun tower, menjaga reputasi, dan menahan *wave* musuh merepresentasikan kontribusi sederhana generasi muda dalam mendukung pelestarian situs budaya di dunia nyata.

3.2.6 Perancangan Representasi Tematik Tower, Ancaman, dan Indikator Reputasi

Pada tahap *Design*, peneliti menetapkan pendekatan representasi tematik untuk menjaga konsistensi tema “menjaga situs” pada format *tower defense*. Tahap ini dilakukan dengan memetakan isu pelestarian ke elemen permainan sebagai framing, yaitu: (1) varian tower diposisikan sebagai representasi pendekatan pelestarian (dokumentasi, edukasi/interpretasi, dan keterlibatan budaya/komunitas), (2) varian ancaman diposisikan sebagai representasi payung tekanan terhadap keberlanjutan situs (pembangunan/perubahan ruang, penjarahan,

serta tekanan sosial-informasi), dan (3) indikator reputasi dipakai sebagai representasi dukungan/kepercayaan publik terhadap situs.

Representasi ini dirancang sebagai metafora visual dan penamaan, bukan simulasi literal tindakan di lapangan; perilaku musuh tetap mengikuti pola dasar *tower defense* (bergerak pada jalur dan memberi penalti ketika lolos), sedangkan penyampaian pengetahuan faktual dilakukan melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia *in-game*. Dengan cara ini, tema pelestarian hadir sebagai konteks yang menyatukan pengalaman bermain dan materi faktual.

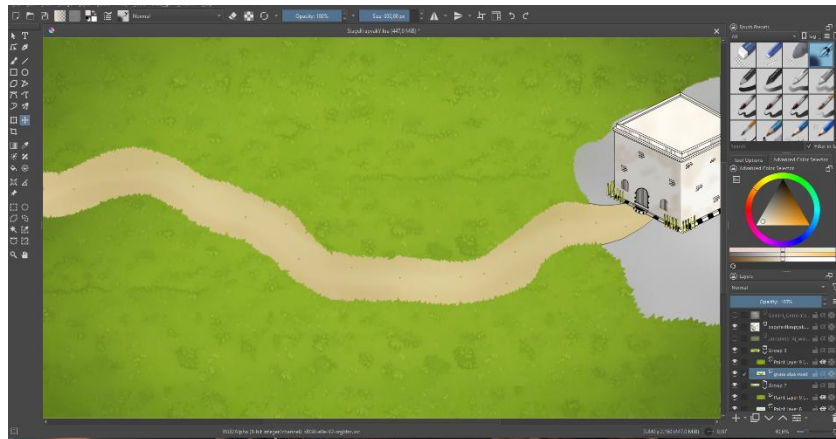
3.3 Tahap *Development*

Pada tahap *Development*, rancangan yang telah disusun pada tahap *Design* direalisasikan menjadi *game* yang dapat dimainkan. Tahap ini dilakukan setelah desain selesai dan sebelum gim diuji pada responden, dengan tujuan untuk mewujudkan struktur *stage*, mekanik *tower defense*, antarmuka, dan konten edukasi ke dalam bentuk implementasi nyata yang dapat dijalankan di komputer. Implementasi dilakukan oleh peneliti menggunakan Unity dengan bahasa pemrograman C#, serta memanfaatkan perangkat lunak pendukung untuk pembuatan aset visual dan antarmuka pada lingkungan pengembangan PC/laptop. Kegiatan utama pada tahap ini mencakup pengembangan aset visual, pengembangan elemen inti permainan (tower dan musuh), pengembangan level atau *stage*, pengembangan antarmuka pengguna, serta integrasi konten edukasi ke dalam mekanik *micro-card* dan *micro-task*.

3.3.1 Pengembangan Aset Visual

Pada tahap awal pengembangan, peneliti menyusun dan menggambar aset visual yang dibutuhkan untuk merepresentasikan tiga situs budaya, lingkungan permainan, serta elemen antarmuka. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak desain grafis Krita dan Adobe Photoshop pada komputer pengembangan oleh peneliti sebagai pengembang gim.

Layout dasar setiap *stage* digambar terlebih dahulu sebagai ilustrasi dua dimensi yang menunjukkan bentuk jalur pergerakan musuh, posisi objek utama situs, serta area potensial penempatan tower. Objek utama, seperti bangunan Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari, juga dibuat sebagai aset terpisah agar dapat ditempatkan secara fleksibel di dalam scene Unity. Dengan cara ini, aset visual yang dihasilkan diharapkan dapat mendukung keterbacaan jalur dan menonjolkan karakter masing-masing situs.



Gambar 3.16 Pembuatan layout stage 1 menggunakan Krita

Sebagai dokumentasi proses, Gambar 3.16 menampilkan tampilan layar Krita pada saat perancangan layout Stage 1 (Panggung Krapyak). Aset-aset yang telah selesai digambar kemudian diekspor dalam format PNG dan diimpor ke dalam Unity untuk digunakan pada tahap penyusunan level dan antarmuka gim.

3.3.2 Pengembangan Elemen Inti Permainan (Tower dan Musuh)

Elemen inti permainan pada gim ini terdiri atas menara pertahanan (tower) yang dikendalikan pemain dan *wave* musuh yang merepresentasikan ancaman terhadap situs budaya. Pada tahap *Development*, peneliti mengimplementasikan beberapa jenis tower dengan karakteristik yang berbeda, misalnya tower serangan tunggal jarak dekat, tower serangan area, dan tower pendukung yang memberikan efek tambahan terhadap tower lain. Setiap jenis tower diimplementasikan dengan parameter tertentu seperti jangkauan serangan, kecepatan tembak, dan biaya pembangunan, sehingga pemain perlu mempertimbangkan trade-off antara biaya dan efektivitas pertahanan.

Musuh diimplementasikan sebagai entitas nonpemain yang bergerak mengikuti jalur yang telah ditentukan pada masing-masing *stage*. Variasi musuh meliputi perbedaan kecepatan gerak, ketahanan terhadap serangan, dan jumlah reputasi yang dikurangi jika berhasil mencapai titik akhir. Dengan cara ini, *wave* musuh berfungsi sebagai simulasi tekanan terhadap situs budaya yang perlu direspons melalui strategi penempatan tower oleh pemain, sekaligus menjadi representasi visual dari ancaman pelestarian yang telah dibahas pada tahap *Analysis*.

Penetapan parameter tiap varian ancaman (ketahanan, kecepatan gerak, dan dampak terhadap reputasi) dilakukan sebagai keputusan desain untuk kebutuhan game balancing dan

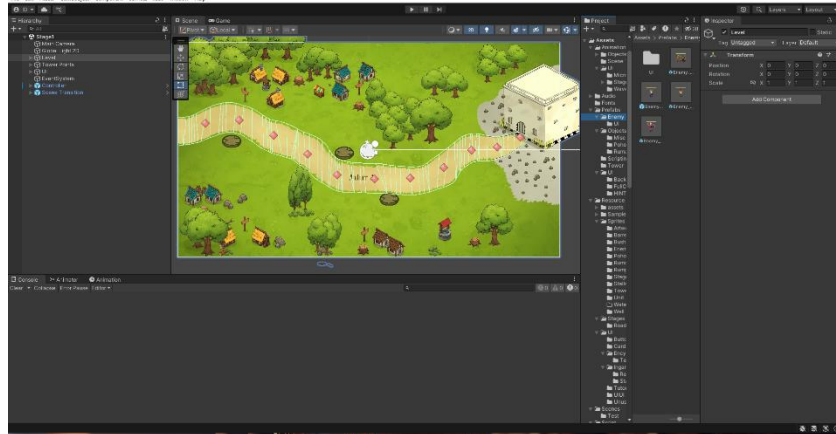
variasi tantangan. Parameter awal ditentukan berdasarkan peran yang diinginkan dalam strategi *tower defense* (misalnya ancaman cepat untuk menguji respons perlambatan, ancaman berketahanan tinggi untuk menguji *output* kerusakan), kemudian disesuaikan melalui iterasi uji coba internal (*playtesting*) agar tingkat kesulitan antar-*wave* tetap progresif dan dapat dimainkan. Hasil akhir penetapan parameter dirangkum dalam tabel ringkasan parameter varian ancaman pada Bab IV sebagai bagian dari deskripsi implementasi sistem permainan.

3.3.3 Pengembangan Level dan Struktur Stage

Struktur tiga *stage* yang telah dirancang kemudian diwujudkan dalam bentuk level permainan di Unity. Peta untuk setiap *stage* disusun dengan mempertimbangkan jalur pergerakan musuh, posisi potensial untuk penempatan tower, serta titik-titik yang relevan dengan narasi situs budaya.

Pada Stage 1 (Panggung Krapyak), peta diimplementasikan dengan satu jalur serangan yang relatif lurus sehingga pemain hanya perlu memantau satu alur pergerakan musuh. Hal ini memungkinkan pemain mempelajari mekanik dasar tanpa terbebani oleh banyaknya variabel yang harus dipantau. Pada Stage 2 (Benteng Vredeburg), peta dikembangkan dengan dua jalur serangan yang aktif secara bergantian antar-*wave*. Perubahan jalur aktif diatur melalui skenario *wave* sehingga pemain perlu menyesuaikan penempatan tower dan memperhatikan indikator jalur yang sedang digunakan musuh.

Stage 3 (Candi Sambisari) dikembangkan sebagai puncak kompleksitas, dengan dua jalur serangan yang dapat aktif secara simultan dalam satu *wave*. Penempatan titik masuk dan keluar musuh, serta posisi strategis untuk tower, didesain sedemikian rupa sehingga pemain perlu membagi perhatian dan merencanakan pertahanan yang mampu menjangkau lebih dari satu jalur. Implementasi level ini mengikuti prinsip peningkatan kompleksitas bertahap yang telah dirumuskan pada tahap *Design*, sehingga urutan tantangan yang dialami pemain konsisten dengan perencanaan sebelumnya. Sebagai dokumentasi proses, Gambar 3.17 menampilkan tampilan Unity pada saat perancangan layout di scene untuk Stage 1 (Panggung Krapyak).



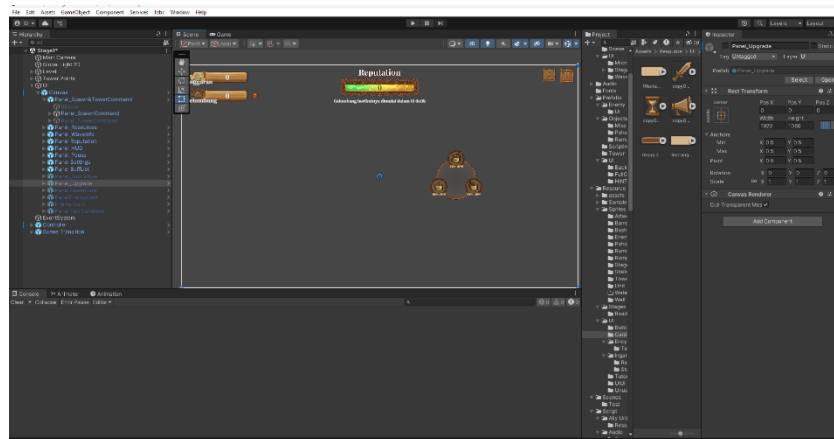
Gambar 3.17 Penyusunan layout stage 1 di Unity

3.3.4 Pengembangan Antarmuka Pengguna (UI) dan Interaksi

Antarmuka pengguna dikembangkan untuk mendukung kemudahan pemain dalam memahami informasi penting selama permainan. Komponen UI utama yang diimplementasikan meliputi:

- a. Tampilan menu utama dan menu pemilihan *stage*;
- b. Panel informasi *in-game* yang menampilkan nilai anggaran, reputasi situs, dan informasi singkat mengenai *stage*;
- c. Panel pemilihan tower yang menampilkan ikon, biaya, dan deskripsi singkat setiap jenis tower;
- d. Indikator jalur serangan yang aktif pada Stage 2 dan Stage 3;
- e. Panel hasil permainan yang menampilkan status kemenangan atau kekalahan serta ringkasan performa pemain;
- f. Panel *tutorial in-game* berbentuk *pop-up* yang muncul secara kontekstual untuk memperkenalkan aturan inti dan fitur baru.

Selama tahap *Development*, peneliti menyesuaikan tata letak, ukuran teks, dan elemen visual lainnya agar tetap terbaca dengan jelas pada resolusi layar yang menjadi target, sekaligus menjaga agar tampilan tidak terlalu penuh sehingga informasi edukasi tetap dapat diperhatikan dengan nyaman. Pengembangan UI ini dilakukan di dalam Unity sebagai bagian dari penyusunan scene menu dan scene permainan. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.18 untuk pengembangan dan penyesuaian antarmuka UI informasi *in-game*.



Gambar 3.18 Penyusunan dan penyesuaian UI *in-game*

3.3.5 Integrasi Konten Edukasi ke Dalam *Micro-card*, *Micro-task*, dan Ensiklopedia

Integrasi konten edukasi pada game ini dilakukan melalui tiga komponen utama, yaitu:

- Panel *micro-card* yang muncul pada jeda antar-*wave*, berisi potongan informasi singkat tentang sejarah, fungsi, tata ruang, atau status pelestarian situs yang sedang dimainkan;
- Panel *micro-task* yang muncul di sela permainan dalam bentuk kuis singkat, yang meminta pemain menjawab pertanyaan terkait informasi yang telah disajikan sebelumnya;
- Halaman ensiklopedia *in-game* yang otomatis menyimpan *micro-card* dan *micro-task* yang sudah pernah muncul, sehingga pemain dapat meninjau ulang informasi kapan saja di luar jalannya *wave*.

Integrasi ketiga komponen ini memastikan bahwa proses pembelajaran tidak hanya terjadi secara pasif, tetapi juga melalui aktivitas pengambilan keputusan dan pengingat kembali (*retrieval practice*) yang terikat dengan konteks permainan. Setelah seluruh elemen permainan dan konten edukasi terimplementasi, peneliti melakukan serangkaian pengujian internal untuk memastikan bahwa gim dapat berjalan tanpa kendala teknis yang mengganggu sebelum digunakan dalam uji coba dengan responden.

3.4 Tahap *Implementation*

Tahap *Implementation* merupakan tahap uji coba gim kepada pengguna sasaran untuk melihat bagaimana gim digunakan dalam kondisi yang mendekati penggunaan nyata dan untuk mengumpulkan data *pre-test*, *post-test*, serta *usability*. Tahap ini dilakukan setelah gim selesai dikembangkan pada tahap *Development* dan sebelum data dianalisis pada tahap *Evaluation*. Uji coba dilaksanakan oleh peneliti di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia, dengan

melibatkan responden yang sesuai dengan karakteristik target pengguna (mahasiswa yang terbiasa menggunakan PC/laptop dan memiliki pengalaman bermain gim digital). Pelaksanaan tahap ini mengikuti prosedur terstruktur yang mencakup persiapan uji coba, pelaksanaan sesi bermain, skenario penggunaan gim, serta pengisian instrumen evaluasi.

3.4.1 Subjek Penelitian dan Teknik Sampling

Penelitian ini melibatkan responden mahasiswa berusia 19–23 tahun di lingkungan Universitas Islam Indonesia. Pemilihan subjek didasarkan pada pertimbangan bahwa kelompok tersebut terbiasa menggunakan PC/laptop, memiliki pengalaman bermain gim digital, dan sesuai dengan sasaran pengguna game. Responden direkrut menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan subjek secara sengaja berdasarkan kriteria yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria inklusi meliputi: (1) mahasiswa berusia sekitar 19–23 tahun, (2) bisa memainkan gim digital, dan (3) bersedia mengikuti rangkaian uji coba (*pre-test*, sesi bermain, *post-test*, dan kuesioner). Kriteria eksklusi meliputi: (1) usia di bawah 19 tahun atau di atas 23 tahun, dan (2) responden yang tidak bisa memainkan gim digital. Responden yang tidak menyelesaikan rangkaian uji coba secara lengkap dikeluarkan dari analisis. Pada pelaksanaannya, jumlah responden yang dianalisis adalah 11 orang.

3.4.2 Persiapan Uji Coba

Pada tahap persiapan, peneliti memastikan seluruh komponen yang dibutuhkan untuk uji coba siap digunakan. Kegiatan persiapan meliputi: (1) menyiapkan *build game* yang stabil dan siap dimainkan, (2) menyiapkan perangkat PC/laptop yang akan digunakan responden, dan (3) menyiapkan instrumen evaluasi, yaitu lembar *pre-test*, lembar *post-test*, dan kuesioner *usability*.

3.4.3 Prosedur Uji Coba

Uji coba dilaksanakan pada tanggal 6 Desember 2025 di lingkungan kampus peneliti. Sebelum mulai bermain, setiap responden diberikan penjelasan singkat mengenai tujuan uji coba, cara kontrol dasar, dan alur umum permainan. Setelah itu, responden diminta mengerjakan *pre-test* berupa tes pemahaman konten budaya yang berisi sejumlah butir soal terkait informasi dasar mengenai tiga situs yang diangkat dalam game. *Pre-test* dikerjakan sebelum responden memainkan game untuk mengetahui tingkat pemahaman awal.

Setelah menyelesaikan *pre-test*, responden diminta memainkan *game* selama kurang lebih 20 menit atau hingga menyelesaikan seluruh *stage*, atau sampai waktu yang telah ditentukan peneliti. Selama sesi bermain, responden didorong untuk mencoba fitur-fitur utama gim, seperti membangun dan meng-*upgrade* tower, membaca *micro-card*, menjawab *micro-task*, serta membuka ensiklopedia di dalam *game*. Dengan demikian, uji coba mencerminkan skenario penggunaan gim yang diharapkan terjadi ketika gim digunakan sebagai media edukasi oleh pengguna sasaran.

3.4.4 Skenario Penggunaan Game

Selama sesi bermain, responden diarahkan untuk berinteraksi dengan fitur utama gim agar pengalaman uji coba merepresentasikan penggunaan yang diharapkan. Skenario penggunaan meliputi: (1) memulai permainan dan memilih *stage*, (2) membangun dan meng-*upgrade* tower serta menggunakan fitur *destroy/refund* tower, (3) membaca *micro-card* yang muncul di sela *wave*, (4) menjawab *micro-task* yang diberikan, dan (5) membuka serta menjelajah ensiklopedia di dalam *game*. Selain kelima skenario tersebut, responden juga diarahkan untuk memperhatikan panel *tutorial in-game* yang muncul secara kontekstual pada momen tertentu (di awal *stage* dan ketika fitur baru diperkenalkan), agar pengalaman uji coba merepresentasikan alur penggunaan gim sebagaimana dirancang.

Pada pelaksanaannya, responden mengerjakan *pre-test* sebelum bermain untuk mengukur pemahaman awal. Selanjutnya, responden memainkan *game* selama kurang lebih 20 menit atau hingga menyelesaikan seluruh *stage*, sesuai batas waktu yang ditetapkan peneliti. Selama sesi bermain, responden didorong untuk mencoba fitur-fitur utama *game*, seperti membangun dan meningkatkan (*upgrade*) tower, membaca *micro-card*, menjawab *micro-task*, serta membuka ensiklopedia di dalam *game*. Dengan demikian, uji coba mencerminkan skenario penggunaan *game* yang diharapkan ketika *game* digunakan sebagai media edukasi oleh pengguna sasaran.

3.4.5 Konteks Penggunaan dan Lingkungan Penggunaan

Usability merupakan luaran (*outcome*) dari penggunaan yang dinilai pada konteks tertentu, yaitu kombinasi pengguna, tujuan, dan lingkungan penggunaan (International Organization for Standardization, 2018). Oleh karena itu, selain mendeskripsikan alur penggunaan *game*, penelitian ini juga menetapkan konteks lingkungan penggunaan yang relevan dengan tujuan pembelajaran.

“*Guardians of Heritage*” direkomendasikan dimainkan pada lingkungan yang relatif tenang atau minim distraksi. Hal ini disebabkan permainan memuat segmen pemrosesan informasi (membaca *micro-card*) dan latihan pengambilan kembali informasi melalui pertanyaan (*micro-task*) yang membutuhkan perhatian pemain. Dalam literatur, *background noise* dilaporkan dapat mengganggu perhatian selektif auditori dan menurunkan performa pada tugas kognitif, serta diteliti sebagai faktor yang dapat memberi efek disruptif pada pemahaman bacaan (Hao & Conway, 2022). Selain itu, temuan tentang *irrelevant sound effect* menunjukkan bahwa suara latar yang tidak relevan dapat mengganggu memori jangka pendek untuk informasi verbal, sehingga berpotensi menurunkan akurasi saat pengguna perlu mengingat kembali informasi yang baru dipelajari (Leist et al., 2025). Berdasarkan temuan tersebut, game ini direkomendasikan dimainkan pada lingkungan yang relatif tenang atau minim distraksi suara agar pemain dapat memahami informasi pada *micro-card* dan menjawab *micro-task* secara lebih optimal.

3.5 Tahap *Evaluation*

Tahap *Evaluation* berfokus pada pengolahan dan analisis data yang telah dikumpulkan dari uji coba gim. Tahap ini dilakukan setelah pelaksanaan uji coba pada tahap *Implementation* selesai dan seluruh responden mengisi *pre-test*, *post-test*, dan kuesioner *usability*. Tujuannya adalah untuk memastikan (1) gim berjalan sesuai fungsi yang dirancang, (2) terdapat perubahan pemahaman responden terhadap konten situs budaya setelah bermain, serta (3) gim memiliki tingkat *usability* yang memadai sebagai media edukasi. Mengacu pada pola evaluasi pada penelitian berbasis ADDIE, proses evaluasi pada penelitian ini dibagi menjadi pengujian alfa dan pengujian beta.

Pengujian alfa merupakan pengujian internal yang dilakukan oleh peneliti sebagai pengembang untuk memastikan fitur dan alur permainan bekerja dengan benar sebelum diuji ke pengguna. Pengujian beta merupakan pengujian yang melibatkan responden sasaran untuk memperoleh data capaian pembelajaran (*pre-test* dan *post-test*) dan data *usability* melalui kuesioner, serta masukan kualitatif selama sesi bermain.

3.5.1 Pengujian Alfa: Blackbox Testing

Pengujian alfa pada penelitian ini menggunakan *blackbox testing*, yaitu pengujian fungsional yang memeriksa kesesuaian keluaran sistem terhadap masukan/aksi pengguna tanpa

meninjau struktur kode. Pengujian dilakukan sebelum uji coba kepada responden (tahap *Implementation*), untuk memastikan *game* berada pada kondisi stabil dan layak diuji.

- a. Memulai permainan dan memilih *stage*.
- b. Membangun tower, melakukan *upgrade*, serta menggunakan fitur *destroy/refund* tower.
- c. Jalannya fase *wave* (musuh/*spawn*, reputasi/nyawa situs, dan anggaran).
- d. Pemunculan dan keterbacaan *micro-card* pada jeda antar-*wave*.
- e. Pemunculan *micro-task* dan penerimaan input jawaban.
- f. Pemunculan panel *tutorial* sesuai kondisi (awal *stage*/fitur baru), navigasi next per halaman, delay tombol tutup, serta perilaku *pause-resume*.
- g. Progres pembukaan dan akses ensiklopedia di dalam *game*.
- h. Kesesuaian navigasi UI (menu, tombol kembali, transisi antar layar).

Hasil pengujian alfa dirangkum dalam Tabel 4.5, yang memuat kolom fitur yang diuji, skenario uji, keluaran yang diharapkan, hasil aktual, dan status (sesuai/belum sesuai).

3.5.2 Pengujian Beta: *Pre-test* dan *Post-test* Pemahaman Konten Budaya

Pengujian beta untuk capaian pembelajaran dilakukan menggunakan tes pemahaman konten budaya dalam bentuk *pre-test* dan *post-test*. *Pre-test* diberikan sebelum responden memainkan gim untuk memotret pemahaman awal, sedangkan *post-test* diberikan setelah sesi bermain selesai untuk mengukur perubahan pemahaman setelah memperoleh paparan materi dari gim.

Butir tes disusun dalam bentuk pilihan ganda dan menggunakan butir soal yang sama pada *pre-test* dan *post-test* agar perubahan skor lebih merefleksikan dampak paparan materi selama bermain. Secara garis besar, indikator tes mencakup:

- a. Definisi dan karakteristik umum situs budaya/cagar budaya.
- b. Alasan pentingnya pelestarian serta contoh ancaman terhadap situs budaya.
- c. Informasi spesifik tiga situs yang menjadi latar gim (Panggung Krpyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari), seperti fungsi, ciri, dan status/keunikan.

Setiap butir memiliki satu jawaban benar dengan penskoran 1 (benar) dan 0 (salah), sehingga skor total berada pada rentang 0–22. Daftar lengkap butir soal, opsi jawaban, dan kunci jawaban disajikan pada **Error! Reference source not found.**

Pada tahap evaluasi, data *pre-test* dan *post-test* dianalisis secara deskriptif melalui:

- a. Perhitungan rata-rata skor *pre-test* dan *post-test*.
- b. Perhitungan selisih skor (*gain*) tiap responden dan rata-rata *gain*.

- c. Uji signifikansi menggunakan uji t berpasangan (*paired t-test*) karena pengukuran dilakukan pada responden yang sama sebelum dan sesudah bermain.

3.5.3 Pengujian Beta: *Usability Testing (USE Questionnaire)*

Selain tes pemahaman, evaluasi juga mencakup pengujian *usability* menggunakan *USE Questionnaire* yang dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama: *Usefulness*, *Ease of Use*, dan *Satisfaction*. Kuesioner terdiri dari 12 butir pernyataan dengan skala Likert 1–5 (1 = sangat tidak setuju, 5 = sangat setuju). Pemetaan butir terhadap aspek diringkas pada Tabel 3.3, sedangkan teks lengkap pertanyaan disajikan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 3.3 Ringkasan aspek kuesioner *usability*

Aspek	Nomor butir	Keterangan singkat
<i>Usefulness</i>	1–4	Menilai manfaat game dan dukungan terhadap pemahaman konten budaya
<i>Ease of Use</i>	5–8	Menilai kemudahan mempelajari kontrol dan memahami alur/tugas permainan
<i>Satisfaction</i>	9–12	Menilai kepuasan dan kenyamanan menggunakan game

Untuk memastikan butir pernyataan relevan dengan konteks game, beberapa pernyataan USE dikontekstualkan pada fitur penyajian materi di dalam game, misalnya keterbacaan informasi pada *micro-card*, kemudahan menjawab *micro-task*, serta kejelasan ensiklopedia sebagai rujukan materi. Pengontekstualan ini dilakukan tanpa mengubah konstruk utama USE, sehingga tetap merepresentasikan aspek *Usefulness*, *Ease of Use*, dan *Satisfaction*.

Analisis data kuesioner dilakukan dengan:

- Menghitung skor rata-rata tiap butir pernyataan.
- Menghitung skor rata-rata per aspek (*Usefulness*, *Ease of Use*, *Satisfaction*).
- Menafsirkan kecenderungan penilaian responden berdasarkan nilai rata-rata (semakin mendekati 5 menunjukkan persepsi semakin positif).

Selain perhitungan skor, dilakukan uji reliabilitas internal untuk memastikan konsistensi antarbutir pada kuesioner *usability* yang disusun berdasarkan konstruk USE. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha* berdasarkan respons responden yang mengisi seluruh butir kuesioner. Nilai *Cronbach's Alpha* digunakan untuk menilai konsistensi internal instrumen; nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan konsistensi yang semakin baik. Hasil uji reliabilitas dilaporkan pada Bab IV.

BAB IV

HASIL, IMPLEMENTASI, DAN EVALUASI

4.1 Hasil Pengembangan Game

Penelitian ini menghasilkan sebuah game edukasi bergenre *tower defense* bertema pelestarian situs budaya di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan sasaran utama mahasiswa (19–23 tahun). Pemain berperan sebagai tim penjaga tiga situs budaya, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Tugas utama pemain adalah mempertahankan reputasi setiap situs sambil mengelola sumber daya anggaran untuk menahan *wave* ancaman yang datang secara bertahap.

Game dijalankan pada platform PC dan mengadaptasi *core loop tower defense* dengan dua fase utama yang berulang: (1) *build phase*, ketika pemain menempatkan dan meng-*upgrade* tower dengan memanfaatkan anggaran yang tersedia; dan (2) *wave phase*, ketika *wave* ancaman bergerak mengikuti jalur tertentu menuju titik akhir di situs budaya. Reputasi situs berperan sebagai metafora dari nyawa dimana setiap ancaman yang berhasil lolos akan mengurangi nilai reputasi hingga batas kegagalan jika mencapai nol.

Selain *build* game yang dapat dimainkan, pengembangan juga menghasilkan struktur kurikulum mini yang memetakan topik-topik edukasi budaya ke dalam tiga level (*stage*), beberapa *wave* per *stage*, serta kanal penyampaian materi berupa *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia dalam game.

4.2 Hasil Implementasi Desain Game

4.2.1 Struktur *Stage* dan Kenaikan Kompleksitas

Dalam implementasi game, tiga *stage* utama merepresentasikan masing-masing situs budaya dan menunjukkan kenaikan kompleksitas permainan.

a. Stage 1 – Panggung Krapyak

1. Jalur ancaman: 1 jalur serangan.
2. Jumlah *wave*: 3.
3. Tipe ancaman: oknum pengembang dan penjarah situs.
4. Fungsi utama: pengenalan mekanik dasar *tower defense*, pengenalan konsep reputasi situs, serta pengenalan naratif singkat tentang sejarah dan fungsi Panggung Krapyak.

b. Stage 2 – Benteng Vredeburg

1. Jalur ancaman: 2 jalur yang aktif secara bergantian.

2. Jumlah *wave*: 5.
3. Tipe ancaman: penjarah situs dan provokator sosial.
4. Fungsi utama: memperkenalkan kebutuhan *multi-lane defense*, mendorong pemain mulai mengatur prioritas penempatan *tower*, serta memberi konteks sejarah fungsi Vredenburg sebagai benteng dan museum.

c. Stage 3 – Candi Sambisari

1. Jalur ancaman: 2 jalur simultan.
2. Jumlah *wave*: 7, dengan pola serangan yang lebih padat (*swarm*).
3. Tipe ancaman: penjarah situs, provokator sosial, dan ekskavator ilegal.
4. Fungsi utama: menutup pengalaman dengan tantangan strategi tertinggi, mengharuskan pemain mengoptimalkan penempatan tower dan manajemen anggaran di bawah tekanan, sekaligus menyajikan informasi mengenai sejarah, tata ruang, dan status pelestarian Candi Sambisari.

Penyusunan kompleksitas yang meningkat selaras dengan temuan bahwa desain level bertahap dapat membantu menjaga *flow* dan memberikan peluang aktivitas kognitif seperti perencanaan dan pemecahan masalah tanpa membebani pemain sejak awal (Hernández-Sabaté et al., 2015; Wouters et al., 2013).

4.2.2 Alur Permainan Tiap *Stage*

Dalam implementasi, game tidak menyediakan tutorial stage terpisah. Sebagai gantinya, Stage 1 berperan sebagai tahap pengenalan yang memperjelas tujuan dan aturan dasar, sementara mekanik lanjutan diperkenalkan bertahap mengikuti progres pemain. Kejelasan tujuan dan umpan balik melalui elemen UI (misalnya reputasi situs, anggaran, dan indikator *wave*) membantu menjaga keterarahan pemain (Sweetser et al., 2013). Ketika pemain pertama kali menemui elemen baru, game menampilkan penjelasan singkat melalui panel *tutorial pop-up* dan permainan dijeda sementara, sejalan dengan praktik tutorial interaktif yang menampilkan penjelasan pada momen first encounter (Green et al., 2018). Rincian panel tutorial dijelaskan pada Subbab 4.2.3 dan ringkasannya disajikan pada Tabel 4.1. Uraian berikut menjelaskan alur permainan pada masing-masing stage beserta contoh penerapan peningkatan kompleksitas dan penyampaian konten budaya.

a. Alur Permainan Stage 1

Pada Stage 1, pemain pertama kali diperkenalkan dengan mekanik dasar permainan dan konteks situs Panggung Krapyak. Setelah memilih *stage* dari menu pemilihan level,

pemain masuk ke tampilan *in-game* yang menampilkan jalur pergerakan ancaman, posisi gerbang Panggung Krapyak, serta beberapa slot penempatan tower di sepanjang jalur. Sebelum *wave* pertama dimulai, pemain mendapatkan tutorial singkat mengenai fungsi reputasi situs, penggunaan anggaran untuk membangun tower, serta cara mengaktifkan tombol untuk memulai *wave*.

Wave awal pada Stage 1 dirancang dengan jumlah ancaman yang terbatas dan kecepatan gerak yang relatif lambat, sehingga pemain memiliki kesempatan untuk mencoba menempatkan satu atau dua jenis tower serangan dasar tanpa tekanan yang berlebihan. Ketika *wave* selesai, permainan memasuki jeda singkat yang memicu kemunculan *micro-card* berisi pengantar mengenai sejarah dan fungsi Panggung Krapyak. Pada *wave-wave* berikutnya, variasi ancaman dan jalur pergerakan mulai meningkat, namun tetap dijaga pada tingkat kesulitan yang sesuai untuk tahap pengenalan. Stage 1 ditutup dengan kondisi kemenangan ketika seluruh *wave* berhasil diatasi tanpa reputasi situs habis, atau kondisi kalah jika reputasi berkurang sampai nol.

Pada implementasinya, Stage 1 berperan sebagai tahap orientasi baik terhadap mekanik *tower defense* maupun konten budaya. *Micro-card* muncul pada jeda antar-*wave*, saat tidak ada ancaman yang bergerak di layar, sehingga pemain dapat membaca informasi tanpa tekanan waktu. Informasi yang disajikan pada Stage 1 masih bersifat umum, seperti pengenalan fungsi Panggung Krapyak dalam konteks sejarah Yogyakarta, sebelum pemain menerima detail situs lain pada *stage* berikutnya.

b. Alur Permainan Stage 2

Pada Stage 2, latar permainan berpindah ke kawasan Benteng Vredeburg dengan jalur ancaman yang bercabang, berbeda dengan Stage 1. Pemain dihadapkan pada *wave* musuh dengan jumlah lebih banyak dan variasi ancaman yang lebih beragam, sehingga memerlukan kombinasi tower serangan tunggal dan tower area untuk mempertahankan reputasi situs. Di awal *stage*, pemain masih mendapatkan pengingat singkat mengenai kontrol dasar, tetapi fokus tutorial mulai bergeser pada pengenalan variasi tower dan pentingnya mengatur posisi tower secara strategis.

Micro-card yang muncul di sela *wave* menampilkan informasi mengenai sejarah pendirian Benteng Vredeburg, peran benteng dalam masa kolonial, dan peralihan fungsi menjadi museum. Pada *wave* tertentu, *micro-task* dikaitkan dengan materi tersebut, sehingga pemain diminta mengingat kembali informasi yang baru saja dibaca. Pada Stage 2, intensitas ancaman lebih tinggi dan variasinya lebih beragam, sehingga pemain mulai

menerapkan pemahaman mekanik dasar yang sudah diperoleh pada Stage 1. Tingkat kesulitan meningkat secara bertahap sehingga pemain perlu mengelola ancaman yang lebih kompleks sambil tetap memperhatikan *micro-card* dan *micro-task* yang menyajikan informasi sejarah Benteng Vredeburg.

Penyesuaian tingkat kesulitan pada Stage 2 dimaksudkan sebagai bentuk *scaffolding* terhadap kemampuan pemain. Setelah mengenal mekanik dasar di Panggung Krapyak, pemain diajak untuk mengelola ancaman yang lebih kompleks di Benteng Vredeburg sambil tetap menerima potongan informasi sejarah melalui *micro-card* dan *micro-task*. Dengan cara ini, game tidak hanya meningkatkan tuntutan taktis, tetapi juga memperluas cakupan materi budaya yang dipelajari tanpa menghilangkan pola *microlearning* yang sudah diperkenalkan pada *stage* sebelumnya.

c. Alur Permainan Stage 3

Pada Stage 3, latar berpindah ke Candi Sambisari dengan tata letak jalur ancaman yang lebih menantang dan variasi musuh yang lebih rapat. Pemain sudah diharapkan familiar dengan seluruh jenis tower yang tersedia, sehingga *stage* ini menekankan pada pengambilan keputusan cepat terkait penempatan tower, pengelolaan anggaran, dan prioritas sasaran ancaman. Pada Stage 3, *wave* awal masih memberikan ruang adaptasi singkat, tetapi *wave* berikutnya memiliki kepadatan ancaman yang lebih tinggi sehingga kesalahan penempatan tower lebih cepat berdampak pada penurunan reputasi situs. Stage 3 menjadi tahap di mana pemain memanfaatkan seluruh jenis tower dan pengetahuan yang telah diperoleh, sehingga kemampuan strategi *tower defense* dan pemahaman konten budaya yang tersaji sepanjang permainan terlihat terkonsolidasi.

Micro-card dan *micro-task* pada *stage* ini berfokus pada informasi spesifik mengenai Candi Sambisari, seperti proses penemuan kembali candi yang sempat tertimbun tanah, struktur bangunan, serta upaya pelestarian di tengah perkembangan wilayah sekitar. Dengan demikian, materi pada Stage 3 melengkapi rangkaian informasi dari dua situs sebelumnya dan menutup alur narasi game dengan menegaskan pentingnya pelestarian situs budaya di berbagai konteks yang berbeda.

Sebagai *stage* terakhir, Stage 3 berfungsi sebagai bentuk konsolidasi kemampuan pemain, baik dari sisi strategi *tower defense* maupun pemahaman konten budaya. Tingkat kesulitan yang lebih tinggi diharapkan dapat menjaga motivasi dan rasa pencapaian ketika pemain berhasil menyelesaikan seluruh *wave*, sambil tetap mempertahankan pola *microlearning* melalui penyisipan *micro-card* dan *micro-task*. Pola ini konsisten dengan pendekatan

bertahap yang lazim digunakan dalam desain game edukasi, di mana level akhir sering kali dimanfaatkan untuk menguatkan kembali materi yang telah diperkenalkan pada level sebelumnya.

4.2.3 Panel *Tutorial In-Game*

Untuk meningkatkan kemudahan memahami cara bermain dan mengurangi kebingungan pada fase awal bermain, gim ini menggunakan panel *tutorial in-game* berbentuk *pop-up* singkat yang muncul secara kontekstual (*context-sensitive*) dan bertahap mengikuti progres pemain. Pendekatan ini dipilih karena efektivitas tutorial sangat dipengaruhi oleh kompleksitas permainan, dan instruksi yang disajikan sedekat mungkin dengan momen ketika pemain membutuhkannya (*just-in-time*) lebih bermanfaat dibanding penjelasan panjang yang diberikan di awal dalam bentuk manual. Selain itu, pesan tutorial yang singkat dan dapat ditutup membantu menekan gangguan terhadap alur bermain (Andersen et al., 2012). Ringkasan panel tutorial yang diimplementasikan, meliputi momen kemunculan dan pokok instruksinya ditampilkan pada Tabel 4.1.

Ketika *pop-up* tutorial muncul, permainan dijeda (*pause*) untuk memastikan pemain memiliki kesempatan membaca instruksi tanpa tekanan waktu. Pola ini selaras dengan praktik tutorial interaktif yang menjelaskan bahwa ketika pemain pertama kali menemui elemen baru, permainan dapat dijeda dan menampilkan teks penjelasan singkat (Green et al., 2018). Setiap sesi tutorial dapat terdiri dari beberapa halaman (*page*) yang ditelusuri melalui tombol *next*, dan *pop-up* dapat ditutup setelah mencapai halaman terakhir. Tutorial hanya muncul satu kali agar tidak mengulang instruksi yang sama dan menjaga ritme permainan. Selain itu, pada halaman terakhir diterapkan jeda 3 detik sebelum tombol tutup aktif untuk mengurangi kecenderungan pemain menutup panel secara refleks tanpa membaca; kebijakan ini merupakan keputusan desain untuk meningkatkan keterpaparan terhadap informasi inti, dengan konsekuensi bahwa sebagian pemain berpengalaman dapat merasa sedikit terhambat.

Panel tutorial juga digunakan untuk memastikan pemain memahami fitur *microlearning* (*micro-card* dan *micro-task*) sebagai kanal utama penyampaian materi budaya. Dari perspektif *Cognitive Load Theory*, informasi baru perlu disajikan dengan mempertimbangkan keterbatasan *working memory* agar tidak menambah beban kognitif yang tidak perlu ketika pemain masih beradaptasi dengan mekanik permainan (Sweller et al., 2019). Dalam konteks *game for learning*, desain ini relevan karena perancangan gim edukasi perlu mengintegrasikan

pengajaran “cara bermain” dengan pengajaran materi/ranah instruksional di dalam aktivitas bermain itu sendiri (Wainess et al., 2011).

Tabel 4.1 Ringkasan panel tutorial

No.	Kelompok Panel	Trigger (kapan muncul)	Tujuan UX/Belajar
1	Tujuan utama & aturan reputasi/anggaran/wave	Awal Stage 1 sebelum wave	Menetapkan clear goals & mengurangi kebingungan awal
2	Tutorial <i>micro-task</i>	Awal Stage 1 sebelum wave	Memastikan pemain sadar fitur evaluasi retrieval & reward
3	Tutorial <i>micro-card</i>	Awal Stage 1 sebelum wave	Memastikan pemain membaca sumber info budaya
4	Tower baru (mis. Pos Dokumentasi)	Saat tower baru terbuka (antar-wave)	Memperkenalkan fungsi/efek status agar strategi masuk akal
5	Musuh baru (mis. Penjahar tersembunyi)	Sebelum musuh baru muncul	Menghindari frustrasi karena aturan khusus (hidden/untargetable)
6	<i>Multi-lane</i>	Awal Stage 2	Mencegah miskonsepsi “cuma 1 jalur”
7	Bangun/kelola/ <i>upgrade</i> tower	Build awal Stage 1; <i>manage</i> di wave 2/3; <i>upgrade</i> mulai Stage 2	Mengurangi trial-and-error yang tidak perlu; transisi bertahap fitur

4.2.4 Sistem Tower dan Ancaman

Pada perancangan ini, variasi tower dan ancaman diberi penamaan serta representasi visual yang merujuk pada isu pelestarian situs budaya sebagai perangkat makna (metafora visual), bukan sebagai simulasi literal tindakan di dunia nyata. Pendekatan ini sejalan dengan karakter *serious game* yang mengintegrasikan tujuan instruksional ke dalam pengalaman bermain, sementara elemen naratif dan estetika dapat memperkuat keterlibatan (*engagement*) dan membantu membentuk persepsi belajar melalui kondisi *flow* (Alexiou et al., 2022; DaCosta & Kinsell, 2023). Secara semiotik, elemen visual dalam gim dapat dipahami sebagai tanda yang membantu pemain mengaitkan objek gim dengan konsep tertentu; artinya, makna dapat dibangun melalui ikon atau representasi visual meskipun perilaku musuh tidak memodelkan

aksi secara eksplisit (Xu & Yu, 2022). Dalam game, tiga jenis tower utama memiliki peran yang berbeda untuk merepresentasikan strategi pelestarian:

- a. Pos Dokumentasi
 1. Peran utama: penghambat dan penyerang target tunggal.
 2. Efek dasar: menyorot satu unit ancaman dalam jangkauan dan memberikan efek perlambatan disertai kerusakan
 3. Analogi edukatif: aktivitas pendokumentasian dan pencatatan resmi yang memperkuat posisi situs sebagai cagar budaya sehingga memperlambat laju ancaman.
- b. Pusat Informasi
 1. Peran utama: serangan area yang melemahkan ancaman.
 2. Efek dasar: memberikan kerusakan area dan/atau *debuff* pada sekelompok ancaman.
 3. Analogi edukatif: penyebaran informasi dan edukasi publik yang mengurangi dampak perilaku merusak karena meningkatnya pemahaman masyarakat.
- c. Sanggar Seni
 1. Peran utama: *crowd control* yang menghambat kelompok ancaman.
 2. Efek dasar: memperlambat pergerakan sekelompok ancaman dalam radius tertentu, memberi waktu lebih bagi tower lain untuk menahan serangan.
 3. Analogi edukatif: aktivitas seni dan budaya yang menghidupkan situs dan memperkuat keterikatan komunitas sehingga menahan laju ancaman sosial dan ekonomi.

Ketiga jenis tower pada permainan ini diposisikan sebagai representasi tematik (metafora visual) dari pendekatan pelestarian yang umum dijumpai dalam praktik pengelolaan warisan budaya, yaitu dokumentasi, interpretasi/edukasi publik, dan penguatan keterikatan sosial melalui aktivitas budaya. Untuk Pos Dokumentasi, landasan metaforanya merujuk pada pandangan bahwa *recording*/pendokumentasian merupakan bagian esensial dari proses konservasi monumen, kelompok bangunan, dan situs; ICOMOS menegaskan bahwa *recording* adalah “an essential part of the conservation process” (ICOMOS, 1996). Selanjutnya, Pusat Informasi merepresentasikan peran interpretasi sebagai aktivitas edukatif di situs/objek warisan, di mana interpretasi dipahami sebagai kegiatan yang memberikan informasi kepada pengunjung dan bertujuan membentuk sikap yang kondusif bagi perlindungan serta konservasi sumber daya warisan (Nowacki, 2021). Temuan empiris juga menunjukkan bahwa interpretasi dapat berkontribusi pada peningkatan hasil belajar dan awareness terhadap konservasi warisan

(Moreno-Melgarejo et al., 2019). Adapun Sanggar Seni digunakan sebagai metafora penguatan keterlibatan budaya yang memperkuat identitas dan keterikatan terhadap tempat; dalam konteks kota/situs bersejarah, sense of place yang produktif dapat memperkuat identitas, menumbuhkan keterikatan emosional, dan mendorong rasa tanggung jawab bersama terhadap konservasi warisan (Tan et al., 2025), serta pengalaman terkait bangunan warisan juga dikaitkan dengan dukungan terhadap identitas budaya dan place attachment (Chan et al., 2024). Dalam penelitian ini, gagasan-gagasan tersebut tidak dimodelkan sebagai simulasi operasional, melainkan diterjemahkan ke peran mekanik tower (perlambatan/penahanan, pelemahan area, dan crowd control) agar konsisten dengan format *tower defense* sekaligus menjaga tema melindungi situs.

Penamaan dan perwujudan visual pada varian tower dan musuh digunakan sebagai isyarat (*sign*) untuk membantu pemain mengaitkan konteks permainan dengan isu pelestarian situs budaya, tanpa harus mensimulasikan tindakan nyata dari setiap ancaman. Pendekatan ini konsisten dengan pandangan bahwa kajian semiotika memandang gim sebagai “teks simbolik”, sehingga elemen gim (termasuk ikon/representasi visual) dapat dipakai untuk memandu pemaknaan pemain terhadap tema yang diangkat (Xu & Yu, 2022). Dalam konteks *serious game* warisan budaya, desain yang memasukkan unsur tematik (misalnya ancaman dan upaya perlindungan) ke dalam pengalaman bermain lazim dipakai untuk mendorong keterlibatan sekaligus membangun pemahaman/awareness, walaupun efektivitasnya tetap bergantung pada kualitas desain dan integrasinya dengan tujuan belajar (DaCosta & Kinsell, 2023).

Berdasarkan *framing* tersebut, ancaman yang dihadapi pemain (oknum developer, penjarah situs, provokator sosial, ekskavator ilegal) diposisikan sebagai metafora berbagai bentuk tekanan terhadap keberlanjutan situs budaya, seperti alih fungsi lahan, perusakan fisik, hingga konflik sosial. Keempat ancaman tersebut dibedakan melalui karakteristik mekanik (kecepatan gerak, ketahanan, dampak terhadap reputasi jika lolos dan pendapatan anggaran ketika berhasil dihalau), sehingga pemain perlu menyesuaikan strategi penempatan dan peningkatan tower untuk merespons tipe tekanan yang berbeda. Ringkasan perbedaan parameter tiap varian ancaman disajikan pada Tabel 4.2. Pendekatan ini sejalan dengan praktik perancangan gim *cultural heritage* yang menekankan integrasi konten budaya melalui keputusan dan aktivitas pemain, bukan hanya penyajian informasi pasif (DaCosta & Kinsell, 2023; Mortara et al., 2014).

Tabel 4.2 Ringkasan parameter varian ancaman

Varian ancaman	Ketahanan	Kecepatan	Dampak reputasi	Pendapatan anggaran
Oknum developer	Sedang	Sedang	Kecil	Kecil
Penjarah situs	Kecil	Cepat	Sedang	Sedang
Provokator sosial	Sedang	Lambat	Besar	Besar
Ekskavator ilegal	Besar	Sangat lambat	Besar	Besar

Secara konseptual, empat varian ancaman dipakai sebagai payung representasi tekanan yang umum dibahas dalam isu pelestarian: (1) oknum pengembang dan (2) ekskavator ilegal merepresentasikan tekanan pembangunan/perubahan ruang serta intervensi yang dapat mengubah atau merusak konteks situs; UNESCO menyoroti ancaman transformasi kawasan akibat “*rapid and uncontrolled development*” dan dampak proyek pembangunan besar pada warisan budaya di konteks perkotaan (UNESCO World Heritage Centre, 2019). (3) penjarah situs merepresentasikan risiko perusakan fisik dan pengambilan ilegal; pedoman UNESCO terkait Konvensi 1970 menekankan bahwa “*theft from museums and religious institutions, clandestine excavations, and illicit trade*” dapat mengakibatkan “*impoverishment of the cultural heritage*” (UNESCO, 2015). (4) provokator sosial dimasukkan sebagai representasi ancaman non-fisik berbasis informasi, yaitu penyebaran narasi menyesatkan/hoaks yang dapat memengaruhi persepsi dan dukungan publik terhadap pelestarian.

Penekanan desain pada penelitian ini bukan pada simulasi tindakan provokasi secara representasional, melainkan pada fungsi framing tematik melalui identitas visual dan penamaan, agar pemain memahami bahwa tekanan terhadap situs dapat muncul melalui dinamika sosial dan informasi. Literatur menunjukkan bahwa di ranah arkeologi, misinformasi dan pseudoarkeologi dapat memengaruhi cara publik memaknai masa lalu dan membentuk persepsi terhadap bidang arkeologi (Fender, 2022). Selain itu, analisis wacana di media sosial memperlihatkan bahwa informasi yang salah atau tidak didukung bukti dalam topik arkeologi dapat menyebar dan membawa muatan retorika tertentu yang berdampak pada pemaknaan publik (Nugroho, 2022). Dalam konteks pelaporan kerusakan warisan budaya di era digital, penggunaan media sosial memang dapat membantu penyebaran informasi dan peningkatan kesadaran, namun pada saat yang sama berpotensi mengamplifikasi propaganda, misinformasi, dan berita palsu yang memicu polarisasi dan memperdalam perpecahan sosial (Rouhani et al., 2025). Temuan mengenai pola difusi konten bertema arkeologi di media sosial juga menegaskan bahwa konten semacam ini dapat menyebar luas melalui mekanisme

berbagi/retweet sehingga dinamika informasi menjadi aspek yang relevan untuk dipertimbangkan (Bonacchi et al., 2025).

Dengan demikian, Provokator Sosial diposisikan sebagai metafora ancaman berbasis informasi yang selaras dengan indikator reputasi situs dalam permainan, yakni reputasi dipahami sebagai dukungan atau kepercayaan publik yang dapat melemah ketika arus informasi menyesatkan atau memecah persepsi terhadap nilai situs. Penting dicatat bahwa pada gim ini, metafora terutama diwujudkan melalui identitas visual dan penamaan, sedangkan perilaku musuh di level mekanik tetap mengikuti pola *tower defense* (bergerak di jalur, memberi penalti reputasi saat lolos). Dengan batasan tersebut, representasi ancaman berfungsi sebagai framing tematik agar pemain memahami bahwa tindakan mempertahankan situs di dalam *game* merujuk pada isu pelestarian di dunia nyata, tanpa mengklaim simulasi 1:1 atas bentuk ancaman yang kompleks.

Selain variasi jenis tower dan ancaman, permainan juga menyediakan mekanisme peningkatan level (*upgrade*) untuk memperkuat strategi pertahanan seiring meningkatnya tantangan gelombang (*wave*). Setiap tower memiliki tiga tingkat, yaitu T0, T1, dan T2, dengan peningkatan dilakukan secara bertahap (T0 → T1, kemudian T1 → T2) menggunakan anggaran yang sama seperti saat membangun tower. Pada setiap proses peningkatan, pemain diberikan dua opsi *upgrade* yang telah ditentukan pada tahap perancangan; pemain memilih salah satu opsi sehingga jalur peningkatan tower bersifat bercabang (*branching upgrade*) dan memengaruhi performa tower pada level berikutnya. Sistem *upgrade* dibatasi hingga maksimal T2 agar kompleksitas peningkatan tetap terkendali, sekaligus memberi variasi strategi melalui keputusan pemilihan opsi peningkatan tanpa menambah jumlah tower secara berlebihan. Akses *upgrade* dilakukan melalui panel interaksi tower saat tower dipilih, sehingga pemain dapat membandingkan dua opsi peningkatan sebelum melakukan konfirmasi.

Pada *gameplay* inti, pemain tidak hanya menempatkan tower, tetapi juga melakukan pengambilan keputusan strategis selama tiap *wave*. Keputusan muncul ketika pemain harus menentukan tower mana yang dibangun, di titik mana ditempatkan, serta kapan melakukan *upgrade* atau mengganti tower dengan memanfaatkan fitur *destroy/refund*. Keputusan ini dipengaruhi oleh keterbatasan anggaran dan target menjaga reputasi, sehingga pemain perlu menyeimbangkan antara kebutuhan pertahanan saat ini dan kesiapan menghadapi *wave* musuh berikutnya.

Selain itu, keputusan strategis juga terjadi ketika pemain menyesuaikan pilihan tower terhadap karakteristik musuh yang muncul. Misalnya, pemain dapat memilih kombinasi tower

yang berbeda untuk menangani variasi ancaman pada tiap *wave*, kemudian mengevaluasi efektivitasnya berdasarkan kondisi lapangan (musuh yang lolos, reputasi yang berkurang, atau anggaran yang tersisa). Dengan demikian, pengalaman bermain mendorong pemain melakukan siklus “amati situasi → pilih strategi → evaluasi → sesuaikan”, yang menjadi ciri utama permainan *tower defense* berbasis strategi.

4.2.5 Integrasi Konten Edukasi Situs Budaya

Konten edukasi mengenai tiga situs budaya tidak disajikan dalam bentuk teks panjang, melainkan dipadatkan dan disegmentasi ke dalam beberapa kanal utama:

a. *Micro-card*

1. Potongan informasi singkat yang muncul di sela *wave*, ketika permainan berada pada momen jeda dan pemain tidak sedang berada di bawah tekanan serangan.
2. Setiap *micro-card* memuat satu ide kunci, misalnya: fungsi awal Panggung Krapyak, sejarah penetapan Benteng Vredeburg sebagai cagar budaya, atau tata ruang kompleks Candi Sambisari.
3. Pola ini selaras dengan prinsip *microlearning* yang menekankan penyampaian materi dalam unit kecil, kontekstual, dan mudah dicerna (Monib et al., 2025).

b. *Micro-task*

1. Pertanyaan singkat berbentuk pilihan ganda yang muncul pada momen permainan yang relatif stabil (misalnya setelah *wave* ancaman selesai).
2. Setiap *micro-task* mengacu langsung ke informasi yang baru saja disajikan melalui *micro-card* atau pengamatan visual terhadap lingkungan situs.
3. *Micro-task* berfungsi sebagai bentuk *retrieval practice* yang mendorong pemain memanggil kembali informasi dari memori jangka pendek, yang secara empiris diketahui dapat memperkuat retensi jangka panjang.

c. Ensiklopedia dalam Game




1. Menu khusus yang dapat diakses kapan saja di luar *wave* untuk membaca ulang *micro-card* yang telah dibuka.
2. Mengakomodasi pemain yang ingin memperdalam materi tanpa tekanan waktu sehingga berfungsi sebagai repositori pengetahuan yang terorganisir.

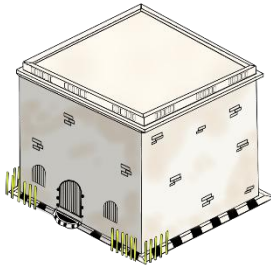






Secara keseluruhan, kombinasi *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia membentuk alur belajar: paparan singkat → penguatan melalui pertanyaan → konsolidasi melalui akses ulang, yang konsisten dengan kerangka *microlearning* dan *testing effect*.






4.3 Dokumentasi Aset Visual





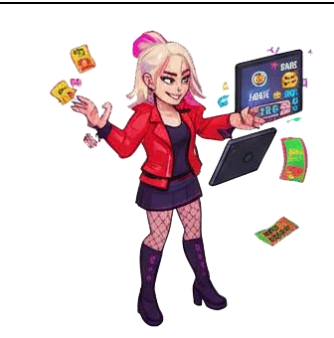
Aset visual yang digunakan dalam game dirancang untuk merepresentasikan identitas masing-masing situs budaya sekaligus mendukung kejelasan informasi selama permainan. Secara garis besar, aset visual terbagi ke dalam beberapa kategori, yaitu: lingkungan (*environment*), tower, ancaman, antarmuka pengguna (*user interface*), dan elemen pendukung lainnya. Semua aset yang digunakan dalam game dapat dilihat pada Tabel 4.3, dilengkapi dengan keterangan dan sumber.












Tabel 4.3 Aset visual yang digunakan dalam game











No	Nama Aset	Gambar Aset	Kategori	Keterangan	Sumber
1	<i>Stage layout</i> Panggung Krapyak		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk <i>stage layout</i> Stage 1	Digambar sendiri (Krita)
2	<i>Stage layout</i> Benteng Vredeburg		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk <i>stage layout</i> Stage 2	Digambar sendiri (Krita)
3	<i>Stage layout</i> Candi Sambisari		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk <i>stage layout</i> Stage 3	Digambar sendiri (Krita)







4	Objek utama Panggung Krapyak		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk situs budaya Panggung Krapyak di Stage 1	Digambar sendiri (Krita)
5	Objek utama Benteng Vredeburg		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk situs budaya Benteng Vredeburg di Stage 2	Digambar sendiri (Krita)
6	Objek utama Candi Sambisari		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk situs budaya Candi Sambisari di Stage 3	Digambar sendiri (Krita)
7	Objek pohon		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk objek pepohonan	nanobanan a
8	Objek rumah		<i>Environment</i>	Aset gambar untuk objek rumah	nanobanan a
9	Tower Pos Dokumentasi T0		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pos Dokumentasi versi Tier 0	nanobanan a
10	Tower Pos Dokumentasi T1		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pos Dokumentasi versi Tier 1	nanobanan a

11	Tower Pos Dokumentasi T2		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pos Dokumentasi versi Tier 2	nanobanana
12	Tower Pusat Informasi T0		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pusat Informasi versi Tier 0	nanobanana
13	Tower Pusat Informasi T1		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pusat Informasi versi Tier 1	nanobanana
14	Tower Pusat Informasi T2		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Pusat Informasi versi Tier 2	nanobanana
15	Tower Sanggar Seni T0		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Sanggar Seni versi Tier 0	nanobanana

16	Tower Sanggar Seni T1		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Sanggar Seni versi Tier 1	nanobanan a
17	Tower Sanggar Seni T2		Unit	Aset gambar unit untuk Tower Sanggar Seni versi Tier 2	nanobanan a
18	Ancaman Oknum Developer		Unit	Aset gambar unit musuh Oknum Developer	nanobanan a
19	Ancaman Penjarah Situs		Unit	Aset gambar unit musuh Penjarah Situs	nanobanan a
20	Ancaman Provokator Sosial		Unit	Aset gambar unit musuh Provokator Sosial	nanobanan a

21	Ancaman Ekskavator Illegal		Unit	Aset gambar unit musuh Ekskavator Illegal	nanobanan a
22	Gembok stage		UI	Gambar untuk UI layout ketika stage kondisi terkunci	nanobanan a
23	Button 1		UI	Gambar untuk UI Button	nanobanan a
24	Button 2		UI	Gambar untuk UI Button alternatif	nanobanan a
25	Button Pause		UI	Gambar untuk UI Button <i>pause/jeda</i>	nanobanan a
26	Bar dan slider volume		UI	Gambar untuk UI slider dan bar volume	nanobanan a
27	Ikon anggaran		UI	Ikon untuk sumber daya anggaran	nanobanan a
28	Ikon reputasi		UI	Ikon untuk reputasi situs	nanobanan a
29	Ikon wave		UI	Ikon untuk <i>wave</i> /gelomb ang musuh	nanobanan a
30	Indikator wave		UI	Ikon untuk indikator arah datangnya <i>wave</i>	nanobanan a
31	Button resume		UI	Ikon untuk tombol resume	Digambar sendiri (Krita)

32	Button pengaturan		UI	Ikon untuk tombol pengaturan	Digambar sendiri (Krita)
33	Button keluar		UI	Ikon untuk tombol keluar	Digambar sendiri (Krita)
34	Button ensiklopedia		UI	Ikon untuk tombol Ensiklopedia	nanobanana
35	Button panah kiri-kanan		UI	Ikon untuk tombol navigasi kiri dan kanan	nanobanana
36	Bar HP ancaman		UI	UI untuk tampilan bar HP musuh	nanobanana
37	Bar reputasi		UI	UI tampilan bar reputasi situs	nanobanana
38	Bintang on dan off		UI	UI tampilan bintang dalam kondisi on dan off	Digambar sendiri (Krita)
39	Panel Kertas 1		UI	Gambar kertas untuk panel UI	nanobanana
40	Panel Kertas 2		UI	Gambar kertas untuk panel UI alternatif 1	nanobanana
41	Panel Kertas 3		UI	Gambar kertas untuk panel UI alternatif 2	nanobanana

42	Placeholder titik bangun		UI	Gambar untuk penanda tempat membangun tower	nanobanana
43	Ikon tingkatkan		UI	Gambar UI untuk tombol tingkatkan tower	nanobanana
44	Ikon hancurkan		UI	Gambar UI untuk tombol hancurkan tower	nanobanana
45	Bookmark ensiklopedia		UI	Gambar untuk UI tombol bookmark di ensiklopedia (Tower/Museum/Situs)	Digambar sendiri (Krita)
46	Bubble alert <i>micro-task</i>		UI	Gambar untuk UI bubble alert ketika ada micro-task di dalam game	Digambar sendiri (Krita)
47	Parameter tower card		UI	Gambar untuk UI parameter tower card	nanobanana

4.3.1 Dokumentasi Aset Audio

Aset audio digunakan untuk memperkaya suasana permainan dan mendukung keterlibatan pemain tanpa mengganggu fokus pada konten edukasi. Aset audio yang digunakan dalam game meliputi musik latar (*background music*) dan efek suara (*sound effect*). Aset audio yang digunakan dalam game dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Aset audio yang digunakan dalam *game*

No	Nama Aset	Keterangan	Sumber
1	BGM Main Menu	Musik latar untuk menu utama	sonatina.itch.io
2	BGM Stage Selection	Musik latar untuk menu pemilihan stage	sonatina.itch.io
3	BGM Gameplay	Musik latar ketika di dalam stage	youtube.com/watch?v=J-D_2Deho4I
4	BGM Menang	Musik latar ketika berhasil melindungi situs	opengameart.org/content/lively-meadow-victory-fanfare-and-song
5	BGM Gagal	Musik latar ketika gagal melindungi situs	opengameart.org/content/game-over-theme
6	SFX Button Hover	Sound effect ketika button dihover	opengameart.org/content/10-retro-rpg-menu-sounds
7	SFX Button Pressed	Sound effect ketika button ditekan	opengameart.org/content/10-retro-rpg-menu-sounds
8	SFX Tower Dibangun	Sound effect ketika tower dibangun	opengameart.org/content/metal-impact-sounds
9	SFX Tower PD Sorot	Sound effect ketika Tower PD sedang menyorot musuh	opengameart.org/content/laser-beam
10	SFX Tower PI Pulse	Sound effect ketika Tower PI mengeluarkan Pulse	opengameart.org/content/ambient-pulse-noise
11	SFX Tower SS Beat	Sound effect ketika Tower SS mengeluarkan Beat	opengameart.org/content/ambient-melody-vollen

4.4 Tampilan Game

Bagian ini mendeskripsikan tampilan utama game untuk memberikan gambaran visual mengenai alur interaksi pemain disertai dengan tangkapan layar.

4.4.1 Menu Utama



Gambar 4.1 Tampilan menu utama

Menu Utama merupakan layar pertama yang ditampilkan saat game dijalankan. Pada tampilan ini terdapat judul game, tombol Start Game untuk memulai permainan, tombol Settings untuk mengakses pengaturan, serta tombol Quit untuk keluar dari game. Susunan elemen pada menu utama dibuat sederhana agar pemain dapat langsung memahami opsi yang tersedia tanpa perlu membaca instruksi tambahan. Tampilan Menu Utama dapat dilihat pada Gambar 4.1.

4.4.2 Layar Pemilihan *Stage*



Gambar 4.2 Tampilan layar pemilihan stage

Setelah menekan Start Game, pemain diarahkan ke layar pemilihan *stage*. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 4.2, layar ini menampilkan tiga pilihan *stage* berdasarkan situs budaya yang diangkat dalam game, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredenburg, dan Candi Sambisari. Setiap *stage* direpresentasikan melalui gambar mini situs disertai informasi singkat sebagai pengantar konteks. Pada layar ini juga ditampilkan total perolehan bintang yang telah dikumpulkan pemain dari penyelesaian *stage* sebelumnya sebagai indikator progres. Selain memilih *stage*, pemain dapat mengakses tombol menuju menu Ensiklopedia untuk membaca kembali materi yang sudah terbuka.

4.4.3 Tampilan Dalam Stage



Gambar 4.3 Tampilan di dalam stage

Ketika pemain memilih salah satu *stage* dan menekan tombol mulai, pemain memasuki tampilan permainan (*in-game*) sesuai *stage* yang dipilih. Tampilan *in-game* dapat dilihat pada Gambar 4.3, yang terdiri dari area permainan utama di bagian tengah yang memperlihatkan jalur pergerakan ancaman, area gerbang/target, serta slot atau area penempatan tower. Di sisi antarmuka, terdapat elemen UI yang menampilkan reputasi situs, anggaran, serta indikator *wave* sebagai informasi inti yang dibutuhkan pemain selama bermain. Selain itu, tersedia panel *pop-up* pemilihan tower yang memuat daftar tower yang dapat dibangun berikut biaya pembangunannya. Secara visual, tata letak antarmuka dirancang agar informasi penting (reputasi, anggaran, *wave*) mudah dipantau, sementara perhatian pemain tetap terfokus pada jalur ancaman dan kondisi pertempuran.

4.4.4 Tampilan Panel Tutorial



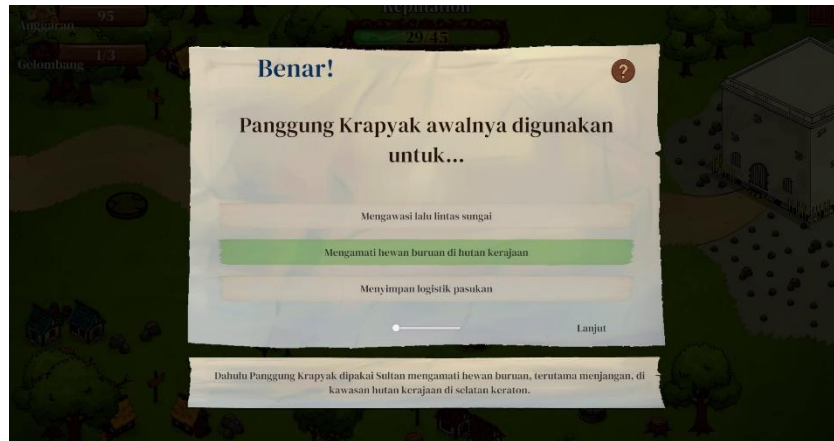
Gambar 4.4 Tampilan panel *tutorial*

Panel *tutorial* ditampilkan dalam bentuk jendela *pop-up* yang muncul pada momen tertentu di dalam permainan, khususnya pada awal stage atau ketika elemen baru diperkenalkan. Saat panel muncul, permainan berada pada kondisi jeda (*pause*) sehingga pemain dapat membaca instruksi tanpa tekanan waktu. Panel dapat terdiri dari beberapa halaman yang ditelusuri menggunakan tombol next hingga halaman terakhir sebelum dapat ditutup. Contoh tampilan panel tutorial ditunjukkan pada Gambar 4.4.

4.4.5 Tampilan *Micro-card* dan *Micro-task*



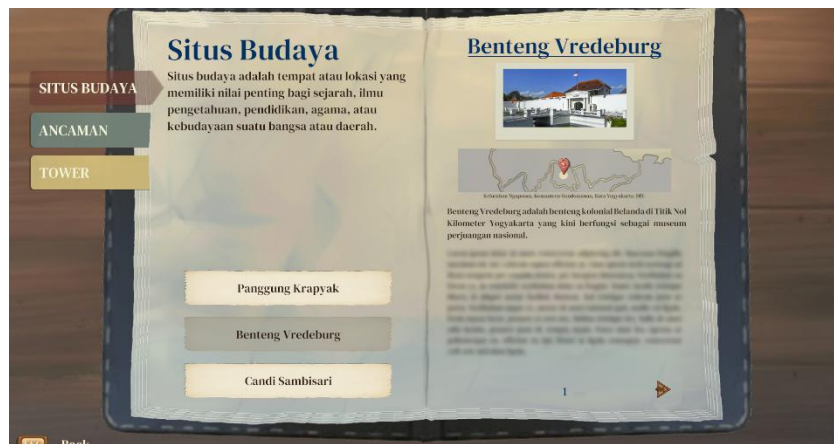
Gambar 4.5 Tampilan *micro-card*



Gambar 4.6 Tampilan *micro-task*

Micro-card muncul dalam bentuk panel *pop-up* pada saat jeda antar-wave. Panel ini berisi teks singkat berupa potongan informasi kunci tentang situs pada *stage* tersebut, sehingga pemain dapat membaca materi tanpa tekanan permainan. Pemain dapat menutup panel setelah selesai membaca untuk melanjutkan permainan. Tampilan *micro-card* disajikan pada Gambar 4.5. Sementara itu, *micro-task* ditampilkan melalui bubble alert yang muncul di atas tower yang telah dibangun. Ketika pemain menekan bubble tersebut, sistem menampilkan panel *micro-task* yang berisi pertanyaan singkat untuk menguji pemahaman terhadap materi yang telah dibaca sebelumnya. Mekanisme ini dimaksudkan untuk memicu proses mengingat kembali (*retrieval practice*) tanpa mengganggu alur permainan secara berlebihan. Tampilan *micro-task* dapat dilihat pada Gambar 4.6.

4.4.6 Tampilan Ensiklopedia



Gambar 4.7 Tampilan menu ensiklopedia

Ensiklopedia dapat diakses dari tombol khusus berbentuk buku di menu pemilihan *stage*. Fitur ini berfungsi sebagai ruang belajar ulang yang memungkinkan pemain membaca kembali materi yang telah diperoleh selama permainan. Sebagaimana bisa dilihat pada Gambar 4.7, tampilan ensiklopedia menyajikan daftar entri yang telah terbuka, dikelompokkan per situs. Pemain dapat memilih entri tertentu untuk membaca ulang informasi yang sebelumnya disajikan melalui *micro-card*.

4.4.7 Layar *Game Over* dan Kemenangan



Gambar 4.8 Tampilan menu *victory*

Ketika reputasi situs habis atau semua *wave* berhasil ditahan, pemain akan diarahkan ke layar *Game Over* atau *Victory* yang menampilkan ringkasan singkat. Layar *Game Over* dan *Victory* berisikan rangkuman tentang berapa ancaman yang lolos, dan reputasi yang dicapai. Rangkuman tersebut akan berpengaruh pada bintang yang didapatkan. Sebagai contoh, pada Gambar 4.8 ditunjukkan kondisi ketika pemain berhasil menyelesaikan *stage* namun memperoleh 1 bintang berdasarkan reputasi akhir dan jumlah ancaman yang lolos.

4.5 Hasil Pengujian

Tahap evaluasi dalam pengembangan game ini dilakukan melalui dua jenis pengujian utama, yaitu pengukuran pengetahuan menggunakan *pre-test* dan *post-test*, serta pengujian *usability* menggunakan *USE Questionnaire*. *Pre-test* dan *post-test* digunakan untuk melihat sejauh mana permainan berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman responden terkait informasi dasar mengenai situs budaya yang diangkat dalam game. Sementara itu, *USE Questionnaire* digunakan untuk menilai tingkat kegunaan (*usefulness*), kemudahan penggunaan (*ease of use*), dan kepuasan (*satisfaction*) terhadap game sebagai media edukasi.

Responden yang terlibat dalam pengujian berjumlah 11 orang mahasiswa dengan rentang usia 19–23 tahun yang sesuai dengan karakteristik target pengguna. Setiap responden mengikuti rangkaian kegiatan yang terdiri atas pengisian *pre-test*, sesi bermain game, pengisian *post-test*, serta pengisian kuesioner *usability* dan beberapa butir pertanyaan tambahan terkait konten budaya.

4.5.1 Pengujian Fungsionalitas Game

Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur utama pada “*Guardians of Heritage*” telah berjalan sesuai dengan rancangan sebelum digunakan dalam uji coba oleh responden. Pengujian dilakukan dengan pendekatan *blackbox testing*, yaitu memeriksa keluaran (*output*) sistem berdasarkan masukan (*input*) yang diberikan tanpa melihat kode program secara langsung. Fokus pengujian mencakup alur navigasi antarmuka, mekanik permainan *tower defense*, sistem reputasi situs, pemicu tampilan *micro-card* dan *micro-task*, akses ke ensiklopedia, serta kondisi *Game Over* dan kemenangan.

Pengujian dilakukan oleh peneliti dengan menjalankan berbagai skenario penggunaan yang merepresentasikan tindakan pemain selama permainan, seperti memulai permainan dari menu utama, memilih *stage*, menempatkan tower, menjalankan *wave* ancaman, hingga menyelesaikan seluruh *stage*. Pada setiap skenario, hasil aktual yang muncul diobservasi dan

dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Ringkasan beberapa skenario pengujian fungsionalitas game ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian fungsionalitas

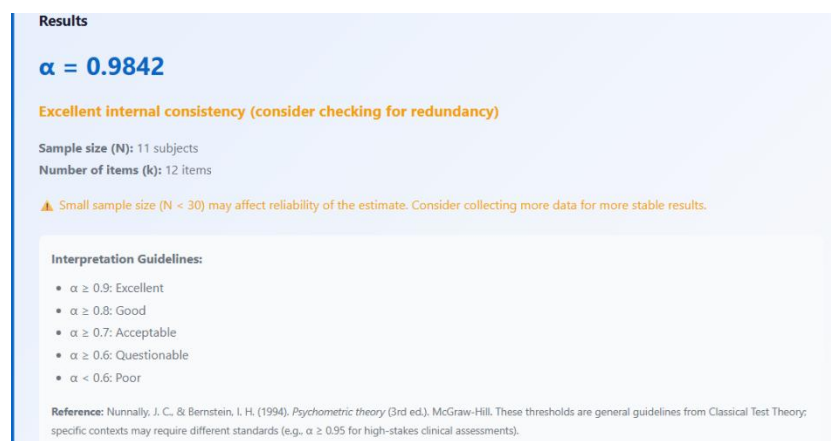
No	Skenario	Hasil yang diharapkan	Hasil aktual
1	Menekan tombol Start pada menu utama	Game berpindah ke layar pemilihan stage	Sesuai
2	Memilih salah satu stage (Panggung Krapyak/Vredeburg/Sambisari)	Game menampilkan tampilan <i>in-game</i> untuk stage yang dipilih, lengkap dengan jalur ancaman dan slot tower	Sesuai
3	Menempatkan tower pada posisi yang diperbolehkan	Tower muncul di posisi yang dipilih, anggaran berkurang sesuai biaya, dan tower siap menyerang ancaman	Sesuai
4	Menyesuaikan tower yang sudah dibangun (ditingkatkan dan dihancurkan)	Tower yang dipilih berhasil disesuaikan (ditingkatkan atau dihancurkan)	Sesuai
4	Menjalankan <i>wave</i> ancaman hingga selesai	Reputasi situs tetap utuh, <i>wave</i> berikutnya dapat dimulai	Sesuai
5	Membiarkan sebagian ancaman mencapai titik akhir jalur	Reputasi situs berkurang sesuai jumlah ancaman yang lolos	Sesuai
6	Menyelesaikan seluruh <i>wave</i> pada suatu stage	Muncul tampilan akhir stage (kemenangan) dan opsi untuk kembali ke menu atau melanjutkan ke stage lain	Sesuai
7	Panel tutorial terbuka sesuai syarat kemunculan, navigasi halaman dari tutorial, delay tombol tutup, serta perilaku <i>pause-resume</i> .	Panel tutorial muncul sesuai syarat, navigasi untuk berpindah halaman tutorial juga berfungsi, serta tombol tutup juga berfungsi.	Sesuai
8	Mengakses <i>micro-card</i> pada jeda <i>wave</i>	Panel <i>micro-card</i> tampil dengan informasi yang benar, dapat ditutup, dan permainan dapat dilanjutkan	Sesuai
9	Menjawab <i>micro-task</i> (kuis) dengan memilih salah satu opsi jawaban	Sistem menerima input jawaban, menampilkan umpan balik sesuai, dan permainan kembali ke alur normal	Sesuai

10	Membuka menu ensiklopedia dari antarmuka <i>in-game</i>	Ensiklopedia terbuka dan menampilkan entri yang telah terbuka sesuai progres pemain	Sesuai
11	Membiarkan reputasi situs habis (nol)	Game menampilkan layar <i>Game Over</i> dan memberikan opsi untuk mengulang stage atau kembali ke menu utama	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian yang dirangkum pada Tabel 4.5, seluruh skenario uji fungsional utama menunjukkan bahwa game telah berjalan sesuai dengan perilaku yang diharapkan. Beberapa bug minor yang sempat ditemukan pada tahap pengembangan awal, seperti posisi panel yang tidak sesuai atau teks yang terpotong, telah diperbaiki sebelum dilakukan pengujian ini. Dengan demikian, secara fungsional game dinilai sudah cukup stabil untuk digunakan dalam uji coba *pre-test* dan *post-test* pengetahuan serta pengukuran *usability* dengan responden.

4.5.2 Pengujian Reliabilitas Soal *Usability* dengan *Cronbach's Alpha*

Kuesioner *usability* yang digunakan dalam penelitian ini disusun secara mandiri dengan mengacu pada konstruk USE (*Usefulness*, *Satisfaction*, dan *Ease of Use*), sehingga diperlukan proses validasi untuk memastikan kelayakan butir-butir soal tersebut sebagai instrumen pengukuran *usability* game. Proses validasi dilakukan dengan menguji reliabilitas internal menggunakan metode Cronbach's Alpha melalui situs cogn-iq.org.



Gambar 4.9 Hasil pengujian cronbach's alpha

Data yang digunakan berasal dari uji coba awal terhadap 11 responden yang mengisi seluruh butir kuesioner *usability*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha mencapai 0,9842, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.9. Nilai tersebut berada dalam rentang $\geq 0,90$ yang menurut kriteria interpretasi reliabilitas termasuk kategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa setiap item dalam kuesioner *usability* memiliki konsistensi internal yang sangat baik dan saling mendukung dalam mengukur konstruk yang sama, yaitu persepsi pengguna terhadap *usability* game "*Guardians of Heritage*".

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kuesioner *usability* yang dikembangkan memiliki reliabilitas yang sangat baik dan layak digunakan sebagai instrumen dalam pengujian *usability* pada penelitian ini.

4.5.3 Hasil Uji *Usability* dengan *USE Questionnaire*

Pengolahan data kuesioner menunjukkan bahwa rata-rata skor pada ketiga aspek USE berada di atas titik tengah skala (3) dan cenderung mendekati kategori sangat setuju. Secara rinci, hasil rata-rata per aspek adalah sebagai berikut:

- a. *Usefulness* (Q1–Q4): 4,48 (klasifikasi: sangat setuju)
- b. *Satisfaction* (Q5–Q8): 4,36 (klasifikasi: sangat setuju)
- c. *Ease of Use* (Q9–Q12): 4,25 (klasifikasi: sangat setuju)

Nilai ini mengindikasikan bahwa:

a. Aspek *Usefulness*

Responden menilai game bermanfaat sebagai sarana pengenalan situs budaya dan isu pelestariannya serta memberikan pemahaman baru atau penguatan terhadap pengetahuan yang telah dimiliki mengenai situs yang diangkat.

b. Aspek *Satisfaction*

Rata-rata 4,36 menggambarkan bahwa pengalaman bermain dirasakan menyenangkan. Responden cenderung bersedia bermain kembali atau merekomendasikan game kepada orang lain, menunjukkan bahwa integrasi elemen edukasi tidak menurunkan keseruan permainan.

c. Aspek *Ease of Use*

Nilai rata-rata 4,25 menunjukkan bahwa antarmuka, skema kontrol, dan alur permainan dinilai cukup jelas dan mudah dipelajari. Pemain dapat memahami cara bermain dalam waktu relatif singkat tanpa merasa kebingungan berlebihan, yang mengindikasikan keberhasilan perancangan antarmuka dan tata letak informasi.

Secara keseluruhan, nilai rata-rata USE menempatkan *game* pada kategori *usability* yang baik sehingga *game* dapat dianggap layak digunakan sebagai media edukasi interaktif dalam konteks uji coba awal. Temuan ini konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa *serious game* yang usable cenderung lebih efektif memfasilitasi keterlibatan dan potensi pencapaian tujuan pembelajaran (Gao et al., 2018; Wouters et al., 2013).

Berdasarkan rekapitulasi skor *USE Questionnaire*, rata-rata penilaian responden pada aspek *Usefulness*, *Satisfaction*, dan *Ease of Use* menunjukkan kecenderungan positif terhadap *game* yang diuji. Namun, pemaknaan hasil evaluasi tidak hanya dilihat dari nilai rata-rata, melainkan juga dari pola respons pada tiap aspek dan butir pernyataan untuk mengidentifikasi kekuatan serta area yang masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, pembahasan lebih lanjut mengenai interpretasi hasil *usability*, termasuk butir yang memperoleh skor relatif rendah maupun respons netral yang cukup dominan, disajikan pada Subbab Analisis *Usability* dan Pengalaman Pengguna.

4.5.4 Masukan Kualitatif Pemangku Kepentingan

Setelah penyajian hasil uji *usability* menggunakan *USE Questionnaire*, peneliti juga mencatat masukan kualitatif sebagai data pendukung untuk mengevaluasi aspek konten dan penyajian *game*. Masukan ini diperoleh dari pihak pemangku kepentingan di bidang kebudayaan (Kepala Seksi Adat dan Tradisi, Dinas Kebudayaan Kota Yogyakarta) setelah meninjau video demo permainan. Masukan kualitatif digunakan untuk melengkapi interpretasi hasil kuantitatif, terutama untuk mengidentifikasi aspek pengembangan yang dapat ditingkatkan pada iterasi berikutnya.

Masukan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Alamat dari masing-masing situs budaya.
- b. Lebih baik jika *games* bisa terstruktur, petanya (sumbu filosofi), krapyak, alun-alun, kraton.
- c. Story telling lebih menjadi satu, tidak parsial.
- d. Kotagede menarik untuk dimasukkan, labirin di kotagede.
- e. Ikon lebih baik disesuaikan dengan tema *games*, *heritage* dan situs budaya.

Ringkasan masukan pemangku kepentingan yang diperoleh setelah peninjauan video demo permainan adalah: (1) penambahan alamat dari masing-masing situs budaya, (2) penyajian permainan lebih terstruktur dalam bentuk peta/keterhubungan lokasi (misalnya

sumbu filosofis Krapyak–Alun-alun–Kraton), (3) storytelling dibuat lebih utuh agar tidak terasa parsial, (4) usulan menambah konten situs budaya lain seperti Kotagede serta konsep labirin di Kotagede, dan (5) penyesuaian ikon karakter/manusia agar lebih selaras dengan tema *heritage* dan situs budaya.

Interpretasi berikut merupakan pemetaan peneliti terhadap implikasi masukan terhadap rancangan game. Berdasarkan masukan tersebut, peneliti menindaklanjuti poin a dengan mengimplementasikan penambahan alamat masing-masing situs budaya pada entri ensiklopedia di dalam game untuk meningkatkan kelengkapan informasi tanpa mengubah struktur stage maupun mekanik permainan. Sementara itu, poin b sampai e dicatat sebagai rekomendasi pengembangan lanjutan karena berpotensi memperluas cakupan lokasi serta mengubah struktur narasi, rancangan stage/peta, dan elemen visual maupun representasi elemen permainan (misalnya aset karakter dan komponen pendukung lainnya). Oleh karena itu, poin b sampai e tidak diimplementasikan pada versi yang digunakan dalam pengujian dan dirangkum kembali pada Bab V bagian saran.

4.5.5 Instrumen dan Pelaksanaan *Pre-test* dan *Post-test*

Instrumen pengetahuan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tes tertulis yang berisi 22 butir pertanyaan pilihan ganda mengenai tiga situs budaya yang menjadi latar game, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari. Setiap butir memiliki satu jawaban benar dan difokuskan pada informasi faktual yang juga disajikan di dalam game, seperti fungsi utama situs, latar sejarah singkat, ciri arsitektur, serta isu pelestarian yang relevan. Materi pada butir-butir tersebut diturunkan dari konten *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia sehingga *pre-test* dan *post-test* mengukur pengetahuan yang sejalan dengan tujuan pembelajaran dalam game.

Pelaksanaan *pre-test* dan *post-test* dilakukan pada 11 responden yang sama. Sebelum sesi bermain, responden diminta mengisi *pre-test* secara individu dalam suasana terkontrol di ruangan yang sama. Setelah itu, responden memainkan “*Guardians of Heritage*” hingga menyelesaikan rangkaian *stage* yang ditentukan. Sesaat setelah sesi bermain berakhir, responden diminta mengerjakan *post-test* dengan butir soal yang sama. Skor *pre-test* dan *post-test* dihitung dengan menjumlahkan jawaban benar (1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah), sehingga setiap responden memiliki rentang skor 0–22. Data skor tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif untuk melihat perubahan rata-rata, dan dianalisis secara

inferensial menggunakan uji t berpasangan sebagaimana dipaparkan pada subbab berikutnya. Dokumentasi singkat pelaksanaan uji coba disajikan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pelaksanaan uji coba di lingkungan kampus

4.5.6 Hasil *Pre-test* dan *Post-test* Pengetahuan

Hasil pengukuran pengetahuan menunjukkan adanya perbedaan skor antara sebelum dan sesudah responden memainkan game. Seperti telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, tes terdiri atas 22 butir pertanyaan pilihan ganda yang mencakup informasi dasar mengenai pengertian situs budaya, fungsi dan sejarah Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi Sambisari, serta isu pelestarian yang relevan. Setiap jawaban benar diberi skor 1 dan jawaban salah diberi skor 0, sehingga skor maksimum yang dapat dicapai adalah 22.

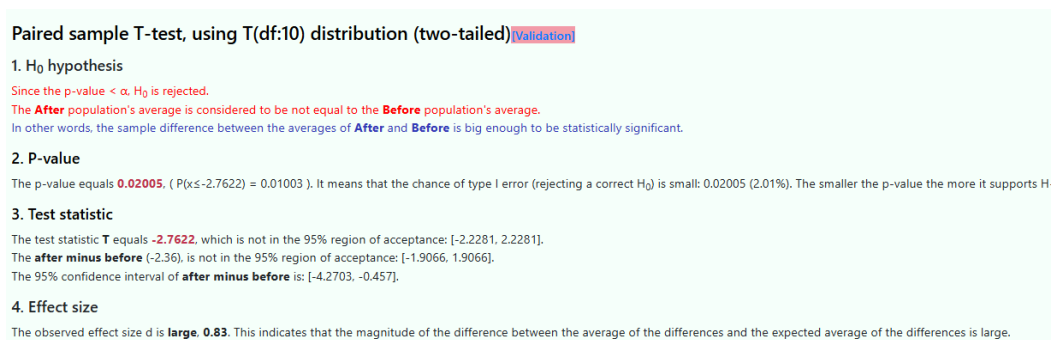
Ringkasan skor *pre-test* dan *post-test* tiap responden disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Ringkasan skor *pre-test* dan *post-test*

No	Kode Responden	Skor Pre-test	Skor Post-test	Gain (Post-pre)
1	R1	14/22	16/22	2
2	R2	12/22	13/22	1
3	R3	8/22	17/22	9
4	R4	17/22	19/22	2
5	R5	11/22	10/22	-1
6	R6	21/22	21/22	0
7	R7	19/22	20/22	1
8	R8	18/22	21/22	3
9	R9	18/22	22/22	4
10	R10	17/22	22/22	5
11	R11	22/22	22/22	0

Secara deskriptif, rata-rata skor *pre-test* responden adalah 16,09 dari 22 butir, sedangkan rata-rata skor *post-test* meningkat menjadi 18,45 dari 22 butir. Dengan demikian, terjadi kenaikan rata-rata sebesar 2,36 butir benar setelah responden memainkan game. Meskipun terdapat satu responden yang mengalami penurunan skor dan beberapa yang cenderung stabil, secara umum sebagian besar responden menunjukkan peningkatan skor pengetahuan.

Selain dianalisis secara deskriptif, perbedaan skor *pre-test* dan *post-test* pengetahuan juga diuji secara inferensial untuk melihat apakah peningkatan skor yang terjadi bersifat signifikan. Data yang digunakan berupa skor *pre-test* dan *post-test* dari 11 responden, masing-masing dihitung sebagai jumlah jawaban benar dari 22 butir soal (rentang skor 0–22). Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan uji t berpasangan (*paired-sample t-test*), karena pengukuran dilakukan pada kelompok responden yang sama sebelum dan sesudah bermain game. Perhitungan dilakukan melalui situs StatsKingdom dengan memasukkan dua set data berpasangan (skor *pre-test* dan skor *post-test* untuk masing-masing responden) yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil uji-t berpasangan menggunakan Stats Kingdom

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai selisih rata-rata skor (*post-test* minus *pre-test*) adalah 2,36 butir benar dengan nilai *t* sebesar 2,76 dan *p* sebesar 0,020 ($p < 0,05$). Nilai $p < 0,05$ mengindikasikan perbedaan skor *pre-test* dan *post-test* bermakna secara statistik, namun hasil ini tetap perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan potensi pengaruh efek pengulangan soal (butir sama) dan menebak pada format pilihan ganda. Dengan kata lain, peningkatan skor setelah bermain “*Guardians of Heritage*” berkaitan dengan paparan materi yang disajikan melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia di dalam game, sejalan dengan temuan penelitian *serious game* dan media pembelajaran interaktif yang menunjukkan bahwa integrasi elemen kuis dan aktivitas *retrieval practice* di sela alur permainan dapat membantu mempertajam ingatan dan pemahaman konsep yang disajikan.

Walaupun skor rata-rata *post-test* meningkat dibanding *pre-test*, interpretasi peningkatan ini tetap memiliki keterbatasan. Pertama, instrumen menggunakan 22 butir soal pilihan ganda dengan butir yang sama pada *pre-test* dan *post-test*. Desain butir pertanyaan yang sama membantu menjaga kesetaraan tingkat kesulitan, namun sekaligus membuka kemungkinan *practice effect*/efek pengulangan, yaitu responden dapat mengingat kembali pertanyaan atau opsi jawaban yang sebelumnya dikerjakan sehingga skor *post-test* bisa meningkat sebagian karena familiaritas terhadap soal, bukan semata karena pemahaman materi. Kedua, karena bentuknya pilihan ganda, selalu ada peluang responden memperoleh skor lebih baik akibat menebak (*guessing*) atau faktor “beruntung”, khususnya pada butir-butir yang belum benar-benar dipahami. Ketiga, *post-test* diberikan sesaat setelah sesi bermain berakhir, sehingga hasil ini lebih merefleksikan pemahaman jangka pendek segera setelah paparan, dan belum dapat menyimpulkan retensi pengetahuan dalam jangka waktu yang lebih lama.

4.6 Pembahasan

4.6.1 Ketercapaian Tujuan Pengembangan

Penelitian ini memiliki tiga tujuan utama, yaitu: (1) mengembangkan game *tower defense* bertema pelestarian situs budaya yang dapat dimainkan pada platform PC, (2) mengetahui sejauh mana game berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman pemain mengenai tiga situs budaya di Yogyakarta, serta (3) menilai tingkat *usability* game sebagai media edukasi bagi mahasiswa.

Tujuan pertama, yaitu pengembangan game edukasi *tower defense*, tercermin dari hasil implementasi yang dipaparkan pada bagian awal Bab IV. Game berhasil diimplementasikan dengan tiga *stage* yang merepresentasikan Panggung Krapyak, Benteng Vredeburg, dan Candi

Sambisari, masing-masing dengan karakteristik jalur ancaman dan pola *wave* yang berbeda. Sistem anggaran dan reputasi memungkinkan pemain merasakan konsekuensi langsung dari setiap keputusan strategi, sementara integrasi *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia memastikan bahwa pengalaman “menjaga” situs budaya tidak hanya bersifat mekanis tetapi juga sarat muatan informasi. Konsistensi antara tujuan pada tahap analisis, rancangan instruksional ADDIE, dan realisasi fitur di dalam game menunjukkan bahwa proses pengembangan berjalan sistematis sebagaimana disarankan dalam literatur desain pembelajaran.

Tujuan kedua, yakni peningkatan pemahaman pemain terhadap konten budaya, tercermin dari hasil *pre-test* dan *post-test*. Rata-rata skor *pre-test* berada pada 16,09 dari 22 butir ($\approx 73\%$), sedangkan rata-rata skor *post-test* meningkat menjadi 18,45 dari 22 butir ($\approx 83,9\%$), sehingga terjadi kenaikan rata-rata sekitar 2,36 butir benar atau 10,7 poin persentase setelah bermain. Uji *t* berpasangan menunjukkan nilai $t = 2,76$ dengan $p \approx 0,02005$ ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa perbedaan skor tersebut signifikan secara statistik. Dengan kata lain, paparan materi melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia di dalam konteks permainan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan pengetahuan dasar responden mengenai sejarah, fungsi, dan isu pelestarian ketiga situs budaya.

Tujuan ketiga, yaitu menilai *usability* game, didukung oleh hasil *USE Questionnaire*. Nilai rata-rata aspek *Usefulness* berada pada kisaran sangat setuju, serta aspek *Satisfaction* dan *Ease of Use* berada pada kisaran sangat setuju, sehingga secara keseluruhan game dapat dikategorikan memiliki *usability* yang baik pada konteks uji coba awal. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara mekanik *tower defense* dan konten edukasi dapat diterima dengan baik oleh pengguna sasaran, tanpa menimbulkan beban interaksi berlebih yang berpotensi mengganggu proses belajar.

4.6.2 Analisis *Usability* dan Pengalaman Pengguna

Hasil uji *usability* menggunakan *USE Questionnaire* menunjukkan bahwa game memperoleh penilaian positif dari responden ($N=11$). Secara keseluruhan, rata-rata dari 12 butir pernyataan adalah 4,36 yang mengindikasikan tingkat penerimaan yang baik dari sisi kegunaan, kemudahan penggunaan, dan kepuasan. Namun demikian, untuk menjawab tujuan evaluasi secara lebih bermakna, hasil tidak hanya dibaca sebagai angka rata-rata, melainkan diinterpretasikan per aspek untuk melihat kekuatan dan area perbaikan pada desain game.

a. *Usefulness*

Tabel 4.7 Skor aspek *Usefulness*

No	Pernyataan	Rata-rata	Kategori	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1	Game ini membantu saya memahami informasi tentang situs budaya yang menjadi latar stage.	4,64	Setuju	0%	0%	0%	36,36%	63,64%
2	Informasi yang ada di sela permainan membantu saya mendapatkan informasi situs budaya yang relevan.	4,36	Setuju	0%	0%	0%	63,64%	36,36%
3	Kuis cepat dalam permainan membantu saya menguji/mengingat pemahaman dari informasi yang diberikan.	4,27	Setuju	0%	9,09%	9,09%	27,27%	54,54%
4	Ensiklopedia dalam game membantu saya meninjau kembali informasi situs budaya yang telah saya temui.	4,64	Setuju	0%	0%	0%	36,36%	63,64%

Aspek *Usefulness* memperoleh rata-rata 4,48, yang menunjukkan bahwa game dinilai bermanfaat sebagai media pengenalan situs budaya. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.7, skor tinggi pada pernyataan “game membantu memahami informasi situs budaya” (mean 4,64) dan “ensiklopedia membantu meninjau kembali informasi” (mean 4,64) mengindikasikan bahwa penyajian materi tidak berhenti pada momen bermain saja, tetapi juga didukung mekanisme pengulangan melalui ensiklopedia. Temuan ini memperkuat peran *micro-card* dan ensiklopedia sebagai kanal utama penyampaian fakta, serta mendukung tujuan penelitian untuk menjadikan game sebagai media edukasi.

Di sisi lain, pernyataan terkait “kuis cepat membantu menguji/mengingat pemahaman” memiliki mean 4,27 dengan variasi jawaban yang lebih besar dibanding butir lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa manfaat *micro-task*/kuis tidak selalu dirasakan seragam oleh semua pemain, misalnya karena perbedaan fokus saat bermain, tingkat pengetahuan awal,

atau perbedaan kondisi ketika kuis muncul. Implikasinya, kuis dapat diperkuat dengan memastikan keterkaitan yang lebih jelas antara *micro-card* dan *micro-task* (misalnya menonjolkan kata kunci pada *micro-card* yang akan diuji, atau menyusun kuis dari tingkat fakta sederhana menuju detail).

b. Satisfaction

Tabel 4.8 Skor aspek *Satisfaction*

No	Pernyataan	Rata-rata	Kategori	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1	Saya puas dengan pengalaman bermain secara keseluruhan.	4,36	Setuju	0%	0%	18,18%	27,27%	54,54%
2	Tampilan visual dalam game mendukung suasana situs budaya.	4,73	Setuju	0%	0%	0%	27,27%	72,73%
3	Kuis dan penggalan informasi muncul pada waktu yang tepat dan tidak mengganggu permainan.	3,90	Netral	0%	9,09%	9,09%	63,64%	18,18%
4	Saya tertarik untuk memainkan game ini lagi	4,45	Setuju	0%	0%	9,09%	36,36%	54,54%

Pertanyaan dengan aspek *Satisfaction* memperoleh rata-rata 4,36, yang menunjukkan pengalaman bermain secara umum dinilai memuaskan. Bisa dilihat pada Tabel 4.8, butir “tampilan visual mendukung suasana situs budaya” menjadi skor tertinggi (mean 4,73), sehingga dapat disimpulkan bahwa pendekatan visual telah berhasil membangun atmosfer situs dan mendukung konteks pelestarian budaya dalam permainan. Selain itu, minat untuk memainkan game kembali juga relatif tinggi (mean 4,45), yang mengindikasikan adanya daya tarik bermain dan potensi keterlibatan berulang. Meskipun demikian, butir “kuis dan penggalan informasi muncul pada waktu yang tepat dan tidak mengganggu permainan” memiliki skor terendah (mean 3,91), bahkan terdapat respons rendah pada sebagian responden. Temuan ini penting karena berkaitan langsung dengan integrasi konten edukasi ke dalam alur *tower defense*. Interpretasinya, sebagian

pemain masih merasakan bahwa kemunculan *micro-card/micro-task* pada momen tertentu dapat mengganggu ritme permainan atau proses pengambilan keputusan strategis. Implikasi perbaikannya adalah penyesuaian timing dan kontrol interaksi, misalnya memastikan konten muncul hanya pada jeda yang benar-benar aman, menambahkan tombol lanjut/baca nanti, atau memberikan indikator bahwa kuis dapat dikerjakan ketika pemain siap agar pengalaman belajar tetap nyaman tanpa mengurangi keseruan.

c. *Ease of Use*

Tabel 4.9 Skor aspek *Ease of Use*

No	Pernyataan	Rata-rata	Kategori	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1	Game ini mudah dipahami cara memulainya (memilih stage dan masuk permainan).	4,36	Setuju	0%	0%	18,18%	27,27%	54,54%
2	Saya mudah menemukan cara membangun tower pada titik yang tersedia dan memahami fungsinya.	4	Setuju	0%	0%	27,27%	45,45%	27,27%
3	Saya mudah memahami dan menggunakan fitur yang ada.	4,36	Setuju	0%	0%	27,27%	9,09%	63,64%
4	Saya mudah memahami tujuan stage dan apa yang harus dilakukan agar menang.	4,27	Setuju	0%	0%	18,18%	36,36%	45,45%

Aspek *Ease of Use* memperoleh rata-rata 4,25. Nilai ini tetap tergolong baik, tetapi dibanding

dua aspek lain, sebaran jawaban cenderung lebih beragam. Berdasarkan

Tabel 4.9, secara umum, responden menilai game cukup mudah dipahami untuk memulai permainan (mean 4,36) dan memahami tujuan *stage* (mean 4,27). Hal ini menunjukkan bahwa alur dasar permainan dan tujuan kemenangan sudah cukup jelas bagi mayoritas responden.

Namun, dua butir terkait mekanik inti dan penggunaan fitur menunjukkan indikasi friksi yang perlu dibahas lebih spesifik. Pada item (10) “mudah menemukan cara membangun

tower pada titik yang tersedia dan memahami fungsinya” (mean 4,00) serta item (11) “mudah memahami dan menggunakan fitur yang ada” (mean 4,36), banyak responden memberikan skor 3. Pola ini mengindikasikan bahwa sebagian pemain menilai interaksi pembangunan tower dan pemahaman fitur cukup mudah tetapi belum sepenuhnya intuitif, sehingga pengalaman kemudahan penggunaan belum merata. Karena penempatan tower dan pemahaman fungsi tower merupakan inti *tower defense*, keraguan pada area ini berpotensi menurunkan efektivitas strategi pemain dan pada akhirnya memengaruhi kepuasan bermain.

Berdasarkan temuan tersebut, prioritas perbaikan *Ease of Use* dapat diarahkan pada penguatan onboarding dan kejelasan interaksi, misalnya: (1) penonjolan titik *build* (*highlight/outline* ketika mode bangun aktif), (2) tooltip ringkas fungsi tower (ikon dan kata kunci seperti *damage/slow/area*), (3) akses ulang tutorial melalui menu bantuan/*pause*, serta (4) penyederhanaan label/ikon fitur agar konsisten dan lebih mudah dikenali. Dengan perbaikan ini, diharapkan respons pada item 10 dan 11 dapat bergeser dari “cukup/netral” menuju “setuju” pada iterasi berikutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan dan evaluasi, penelitian ini menghasilkan *game tower defense* bertema pelestarian situs budaya pada platform PC yang memuat tiga *stage* utama, yaitu Panggung Krapyak, Benteng Vredeborg, dan Candi Sambisari dengan kompleksitas tantangan yang meningkat bertahap. Perancangan *stage* dan *wave* dirancang sebagai sarana pengenalan mekanik permainan sekaligus kanal penyampaian materi budaya secara terstruktur melalui integrasi *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia di dalam game.

Dari sisi capaian pembelajaran, hasil *pre-test* dan *post-test* menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan responden setelah bermain. Rata-rata skor *pre-test* adalah 16,09/22 dan meningkat menjadi 18,45/22 pada *post-test*, dengan kenaikan rata-rata 2,36 butir benar. Uji t berpasangan menghasilkan t sebesar 2,76 diikuti dengan nilai p sebesar 0,020 ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa peningkatan skor tersebut signifikan secara statistik, sehingga paparan materi melalui *micro-card*, *micro-task*, dan ensiklopedia berkaitan dengan peningkatan pemahaman responden terhadap konten situs budaya yang diuji.

Dari sisi *usability*, hasil *USE Questionnaire* menunjukkan penerimaan yang baik pada konteks uji coba awal (N=11). Rata-rata keseluruhan 12 butir adalah 4,36, dengan rata-rata per aspek: *Usefulness* 4,48, *Satisfaction* 4,36, dan *Ease of Use* 4,25. Temuan ini menunjukkan bahwa game dinilai bermanfaat sebagai media pengenalan situs budaya, cukup mudah dipelajari, serta memberikan pengalaman bermain yang memuaskan.

Secara lebih rinci, butir yang berkaitan dengan dukungan pemahaman konten memperoleh skor tinggi, misalnya “game membantu memahami informasi situs budaya” dan “ensiklopedia membantu meninjau kembali informasi” (keduanya mean 4,64). Sementara itu, butir terkait *micro-task*/kuis cepat memiliki mean 4,27 dengan variasi jawaban yang lebih besar, yang mengindikasikan bahwa fungsi kuis sebagai penguat ingatan belum dirasakan seragam oleh semua pemain dan masih dapat diperkuat melalui keterkaitan yang lebih eksplisit antara *micro-card* dan pertanyaan *micro-task*.

Dengan demikian, game yang dikembangkan dapat dikategorikan layak sebagai media edukasi interaktif pada konteks uji coba awal: game berhasil diwujudkan sesuai rancangan,

menunjukkan peningkatan pengetahuan yang signifikan, dan memperoleh penilaian *usability* yang baik dari responden sasaran.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan pengujian dan masukan evaluasi, beberapa saran yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk dan kekuatan temuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Memperluas cakupan konten dan variasi aktivitas belajar, misalnya menambah situs budaya lain, memperkaya ensiklopedia dengan media pendukung (gambar/ilustrasi/denah ringkas), atau menambah variasi bentuk pertanyaan (misalnya pencocokan istilah, urutan kronologi, atau identifikasi visual) agar penguatan pemahaman tidak hanya bergantung pada pilihan ganda.
- b. Menyusun penyajian permainan yang lebih terstruktur melalui pemetaan lokasi dan keterhubungan antar stage. Berdasarkan masukan pemangku kepentingan, pengembangan lanjutan dapat mengarah pada penyajian peta atau alur lokasi yang menggambarkan keterkaitan antarlokasi, misalnya keterhubungan Krapyak, Alun-alun, dan Keraton dalam konteks sumbu filosofis. Pengembangan ini berpotensi membantu pemain memahami konteks spasial dan keterkaitan materi secara lebih menyatu.
- c. Menyempurnakan storytelling agar lebih utuh dan memiliki benang merah yang jelas dari awal hingga akhir permainan. Penguatan alur narasi dapat dilakukan dengan merancang transisi antarsesi atau antar stage yang lebih konsisten, sehingga informasi yang muncul tidak terasa parsial dan tujuan permainan terasa lebih terarah.
- d. Menjaga konsistensi tema visual dan elemen permainan. Pengembangan dapat dilakukan dengan menyelaraskan ikon karakter, aset visual, dan elemen pendukung lainnya agar lebih sesuai dengan tema *heritage* dan situs budaya. Penyesuaian ini juga dapat mempertimbangkan konsistensi representasi ancaman atau musuh agar selaras dengan konteks pelestarian dan identitas visual game.
- e. Meningkatkan kekuatan evaluasi penelitian melalui pengujian yang lebih luas. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan jumlah responden yang lebih besar agar hasil evaluasi lebih stabil dan representatif. Selain itu, evaluasi lanjutan dapat ditambahkan untuk menilai retensi, misalnya *delayed post-test*, dan atau membandingkan dengan metode belajar lain melalui kelompok kontrol, sehingga dapat

diketahui apakah peningkatan pengetahuan bertahan dan sejauh mana kontribusi game dibanding alternatif pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, I. K. N., Sastrawangsa, G., & Setiawan, G. H. (2023). Game Tower Defense sebagai Media Pengenalan Mitologi Bali Berbasis Android. *Jurnal Eksplora Informatika*, 12(1), 1–13. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v12i1.978>
- Agrawala, M., & Stolte, C. (2001). *Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization*.
- Agung Saputra, A., Nonggala Putra, F., & Darma Rusdian Yusron, R. (2022). Pembuatan Game Edukasi Pengenalan Kebudayaan Indonesia Menggunakan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) Berbasis Android Design an Educational Game Introducing Indonesian Culture Using the Android-Based Game Development Life Cycle (GDLC) Method. In *JACIS: Journal Automation Computer Information System* (Vol. 2, Number 1).
- Alexiou, A., Schippers, M. C., Oshri, I., & Angelopoulos, S. (2022). Narrative and aesthetics as antecedents of perceived learning in serious games. *Information Technology & People*, 35(8), 142–161. <https://doi.org/10.1108/ITP-08-2019-0435>
- Andersen, E., O'Rourke, E., Liu, Y. E., Snider, R., Lowdermilk, J., Truong, D., Cooper, S., & Popović, Z. (2012). The impact of tutorials on games of varying complexity. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 59–68. <https://doi.org/10.1145/2207676.2207687>
- Angkoso, C. V., Kusumaningsih, A., & Hidayat, N. (2020). Optimising the tower-defense games with advanced local cultural content and a greedy algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022067>
- Ariyo Mandang, L., Dynes Jutan, D., Nathania Agussalim, R., Rachell Jocom, C., Yusupa, A., Vanli Akay, Y., Yosua Palilingan, K., & Angkasa Sugiarto, B. (2025). *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek EXPLORESULUT: GAME EDUKASI 2D INOVASI MEDIA PEMBELAJARAN DIGITAL DALAM MENGENALKAN WISATA DAN BUDAYA SULAWESI UTARA*. <https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365>
- Arnab, S., & Walaszczyk, L. (2022). The Potential of Game-based Micro-learning Resources for Engaging Learners with Intercultural Competence Development. *Journal of Cognitive Sciences and Human Development*, 8(2), 1–22. <https://doi.org/10.33736/jcshd.4741.2022>
- Arnab, S., Walaszczyk, L., Lewis, M., Kernaghan-Andrews, S., Loizou, M., Masters, A., Calderwood, J., & Clarke, S. (2021). Designing Mini-Games as Micro-Learning

- Resources for Professional Development in Multi-Cultural Organisations. *The Electronic Journal of E-Learning*, 19(2), 44–58. www.ejel.org
- Aslan, Z., & Ardemagni, M. (2006). *Introducing Young People to the Protection of Heritage Sites and Historic Cities A PRACTICAL GUIDE FOR SCHOOL TEACHERS IN THE ARAB REGION*.
- Azizah, S. N., Dhikananda, I., Sendiko, M. R., & Rosmiati, M. (2025). GAME EDUKASI 2D RPG "KULON PROGO: "THE LOST ARTIFACT" UNTUK PELESTARIAN BUDAYA LOKAL. In *Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT) E-ISSN* (Vol. 4, Number 2).
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Pendidikan dan Budaya Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2018 | i*.
- Bonacchi, C., Krzyzanska, M., & Acerbi, A. (2025). Positive sentiment and expertise predict the diffusion of archaeological content on social media. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85167-z>
- Chan, S. H. G., Lee, W. H. H., Tang, B. M., & Chen, Z. (2024). Legacy of culture heritage building revitalization: place attachment and culture identity. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1314223>
- Chandrasari, A. M. D., & Nugraha, J. (2023). A Study on Student Satisfaction and Continuance Intention Application Platform Based on Gamification. *Journal of Office Administration : Education and Practice*, 3(2), 95–108. <https://doi.org/10.26740/joaep.v3n2.p95-108>
- DaCosta, B., & Kinsell, C. (2023). Serious Games in Cultural Heritage: A Review of Practices and Considerations in the Design of Location-Based Games. *Education Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/educsci13010047>
- Eko Yulianto, A. (2025). *RANCANG BANGUN GAME EDUKASI PENGENALAN TOKOH PEWAYANGAN SEBAGAI MEDIA PELESTARIAN BUDAYA* (Vol. 6, Number 1).
- Endres, T., & Renkl, A. (2015). Mechanisms behind the testing effect: an empirical investigation of retrieval practice in meaningful learning. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01054>
- Farida Achmad, N., Bayu Segara, N., Perdana Prasetya, S., & Ilyas Marzuqi, M. (2025). *Pengetahuan Peserta Didik Tentang Situs-Situs Bersejarah Kerajaan Majapahit (Survei Pada Siswa SMP di Kecamatan Trowulan Mojokerto)* (Vol. 5, Number 2).
- Fender, C. (2022). Addressing the Alien in the Room: Why Public Perception is Imperative to the Field of Archaeology. *Pathways*, 3(1), 29–42.

- Fitriyani Asiqin, G. R., Sumaryana, Y., & Hidayat, C. R. (2025). GAME EDUKASI PEMBELAJARAN BUDAYA FLORES BERBASIS ANDROID DENGAN MENGGUNAKAN METODE GAME DEVELOPMENT LIFE CYLCE (GDLC). *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5917>
- Gao, M., Kortum, P., & Oswald, F. (2018). Psychometric evaluation of the USE (usefulness, satisfaction, and ease of use) questionnaire for reliability and validity. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 3, 1414–1418. <https://doi.org/10.1177/1541931218621322>
- Green, M. C., Khalifa, A., Barros, G. A. B., Machado, T., Nealen, A., & Togelius, J. (2018, August 7). AtDELFI: Automatically designing legible, full instructions for games. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3235765.3235790>
- Hao, H., & Conway, A. R. A. (2022). The impact of auditory distraction on reading comprehension: An individual differences investigation. *Memory & Cognition*, 50(4), 852–863. <https://doi.org/10.3758/s13421-021-01242-6>
- Hernández-Sabaté, A., Joanpere, M., Gorgorió, N., & Albarracín, L. (2015). Mathematics learning opportunities when playing a Tower Defense Game. *International Journal of Serious Games*, 2(4). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v0%vi%i.82>
- Hind, D., & Harvey, C. (2022). *A NEAT Approach to Wave Generation in Tower Defense Games*.
- Host'ovecký, M., Korečko, Š., & Sobota, B. (2024). Petri nets for Adaptive learning scenarios in Serious games. *Journal of Applied Mathematics, Statistics and Informatics*, 20(1), 67–84. <https://doi.org/10.2478/jamsi-2024-0005>
- ICOMOS. (1996). *PRINCIPLES FOR THE RECORDING OF MONUMENTS, GROUPS OF BUILDINGS AND SITES (1996) THE REASONS FOR RECORDING*.
- Iskala, I. (2024). *Procedural generation of levels for a tower defense game*.
- Javier, P. J. C., Martinez, R. B., Agustin, V. A., Mercado, M. A. S., Centeno, C. J., & Mahusay, L. M. (2025). *Bastion: A Unity-Based 2D Tower Defense Game for Cybersecurity Learning*.
- Kamnardsiri, T., Kumfu, S., Munkhetvit, P., Boripuntakul, S., & Sungkarat, S. (2024). Home-Based, Low-Intensity, Gamification-Based, Interactive Physical-Cognitive Training for Older Adults Using the ADDIE Model: Design, Development, and Evaluation of User Experience. *JMIR Serious Games*, 12. <https://doi.org/10.2196/59141>

- Karaca, P. D., Akkuş, P. D., Şahbudak, P. D., & Işkin, A. M. (2016). *A Study of Awareness of Cultural Heritage: Sivas Sample*. www.ijhssi.org
- Karadeniz, C. B. (2020). Assessment for Awareness and Perception of the Cultural Heritage of Geography Students*. *Eskişehir-Turkey. 1 Assoc. Prof.: Ordu Üniversitesi*, 3–5. <https://doi.org/10.33403/rigeo.640722>
- Kasenides, N., Piki, A., & Paspallis, N. (2023). *Exploring the User Experience and Effectiveness of Mobile Game-Based Learning in Higher Education* (pp. 72–91). https://doi.org/10.1007/978-3-031-35927-9_6
- Kementerian Pendidikan, K. R. dan T. R. Indonesia. (2020). *POTRET CAGAR BUDAYA DI INDONESIA*.
- Kementerian Pendidikan, K. R. dan T. R. Indonesia. (2023). *Statistik Kebudayaan 2023*.
- Kim, T. K. (2015). T test as a parametric statistic. *Korean Journal of Anesthesiology*, 68(6), 540. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540>
- Leist, L., Lachmann, T., & Klatte, M. (2025). Impact of irrelevant speech and non-speech sounds on serial recall of verbal and spatial items in children and adults. *Scientific Reports*, 15(1), 1951. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85855-w>
- Lund, A. M. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire 12. *Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG*. www.stcsig.org/usability/newsletter/index.html
- Maji, S., Saha, A., & Pal, H. (2024). Exploring enjoyment while playing “Temple Lego”: A virtual reality cultural heritage serious game for architecture students. *Discover Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00366-6>
- Meftaqul Huda, D. (2020). *PENGENALAN RUMAH ADAT INDONESIA DENGAN MEDIA TOWER DEFENSE GAME*.
- Mitchell, G., Leonard, L., Carter, G., Santin, O., & Brown Wilson, C. (2021). Evaluation of a ‘serious game’ on nursing student knowledge and uptake of influenza vaccination. *PLoS ONE*, 16(1 January). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245389>
- Monib, W. K., Qazi, A., & Apong, R. A. (2025). Microlearning beyond boundaries: A systematic review and a novel framework for improving learning outcomes. *Heliyon*, 11(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41413>
- Moreno-Melgarejo, A., García-Valenzuela, L. J., Hilliard, I., & Pinto-Tortosa, A. J. (2019). Exploring Relations between Heritage Interpretation, Visitors Learning Experience and

- Tourist Satisfaction. *Czech Journal of Tourism*, 8(2), 103–118.
<https://doi.org/10.2478/cjot-2019-0007>
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. In *Journal of Cultural Heritage* (Vol. 15, Number 3, pp. 318–325). Elsevier Masson SAS.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa. (2005). *Writing effective interpretive text*.
- Nowacki, M. (2021). Heritage interpretation and sustainable development: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/su13084383>
- Nugroho, A. (2022). Twitter Analysis of Pseudoarchaeology and Conspiracy Theories in Archaeology. *Cornell Undergraduate Research Journal*, 1(2).
<https://doi.org/10.37513/curj.v1i2.680>
- Nurasiah, N., & Azis, A. (2025). Problems of Student Competency in the Department of History Education and Students' Historical Awareness of the Utilization of Historical Sites. *Scaffolding: Jurnal Pendidikan Islam Dan Multikulturalisme*, 7(3), 643–660.
<https://doi.org/10.37680/scaffolding.v7i3.8010>
- Nuzzaci, A. (2024). CULTURAL HERITAGE EDUCATION AS A TOOL FOR RESILIENCE: THE CITY AND ITS ALPHABETS / L'EDUCAZIONE AL PATRIMONIO CULTURALE COME STRUMENTO DI RESILIENZA: LA CITTÀ E I SUOI ALFABETI. *European Journal of Alternative Education Studies*, 9(1).
<https://doi.org/10.46827/ejae.v9i1.5277>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.
https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Pastötter, B., & Bäuml, K. H. T. (2014). Retrieval practice enhances new learning: The forward effect of testing. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 5, Number APR). Frontiers Media SA.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00286>
- Patricia Lakzmi, P., Primaswara Prasetya, R., & Santi Wahyuni, F. (2025). Rancang Bangun Game Edukasi Berbasis Android 2D “Nawa Sanga” dengan Penerapan Multimedia Development Life Cycle (MDLC). In *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi (JIMIK)* (Vol. 6, Number 1). <https://journal.stmiki.ac.id>
- Petrovic-Dziedz, M. (2019). Gamifying Online Tests to Promote Retrieval-Based Learning. In *International Review of Research in Open and Distributed Learning* (Vol. 20, Number 2).

- Pratama, Y., Sariyatun, , & Gunarhadi, . (2025). Cultural Awareness and Megalithic Heritage: Exploring Gen Z Students' Perspectives. *KnE Social Sciences*, 10(31), 363–379. <https://doi.org/10.18502/kss.v10i31.20396>
- Putra, R. R., Dewi, N. K., Jayanti, A., Agung, G., & Purnama, V. (2024). Pembuatan Game Tower Defense The War Of Puputan Margarana Sebagai Pengenalan Sejarah Bali. *SPINTER*, 1(3), 2024.
- Putri, A. M., Kumalasari, D., & Aditia, D. (2025). Leveraging Local Historical Heritage to Strengthen Students' National Insight and Nationalism. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 17(2). <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i2.6599>
- Rahmawati, M., Subroto, W., & Mardiani, F. (2025). Strategi Edukasi Cagar Budaya Kota Banjarmasin Melalui Digitalisasi Berbasis Flipbook. *Jurnal Artefak*, 12(1), 17. <https://doi.org/10.25157/ja.v12i1.17825>
- Reuss, P., & Althoff, K.-D. (2021). *Using Gaming Environments to Teach the Idea and Application of CBR*. <http://ceur-ws.org>
- Ritchie, S. J., Della Sala, S., & McIntosh, R. D. (2013). Retrieval practice, with or without mind mapping, boosts fact learning in primary school children. *PLoS ONE*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078976>
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning. *Psychological Science*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>
- Romero Hernandez, A., Diaz-Faes Perez, C., Gonzalez Riojo, M., Calvo Morata, A., & Manero, B. (2016). Computers or Tablets? Choosing Devices for Educational Videogames. *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590342>
- Rondon, S., Sassi, F. C., & Furquim De Andrade, C. R. (2013). Computer game-based and traditional learning method: A comparison regarding students' knowledge retention. *BMC Medical Education*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6920-13-30>
- Rouhani, B., Finlayson, B., & Clack, T. (2025). *REPORTING HERITAGE DESTRUCTION*.
- Sweetser, P., Johnson, D., & Wyeth, P. (2013). *Revisiting the GameFlow Model with Detailed Heuristics The Journal of Creative Technologies* (Vol. 3).
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. In *Educational Psychology Review* (Vol. 31,

- Number 2, pp. 261–292). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Syahrul Anwar, D., Mufizar, T., Hisyam Shafarulloh, M., Maulana, A., Perjuangan Tasikmalaya, U., Peta No, J., & Jurusan, T. (2025). Rancang Bangun Game Edukasi Eksplorasi Wisata dan Budaya Tasikmalaya Design and Development of an Educational Game for Tourism and Cultural Exploration of Tasikmalaya. *CSRID Journal*, 17(1), 127–135. <https://doi.org/10.22303/csrid>
- Tan, S. K., Chong, P. K., Tan, S. H., & Tan, B. C. (2025). Cultivating a productive sense of place: Heritage experience, wellbeing, and urban preservation in historic cities. *Wellbeing, Space and Society*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2025.100318>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach’s alpha. In *International journal of medical education* (Vol. 2, pp. 53–55). <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Tresnawati, D., & Setyawan, I. (2021). *Rancang Bangun Game Bergenre Role Playing Game Cerita Rakyat Sangkuriang*. <http://jurnal.sttgarut.ac.id/>
- Tri Rahma Dewi, A., Nurul Aini, A., Sania, I., Zhilal Azizah, ma, Nurpadilah, Y., & Studi Manajemen, P. (2024). Rendahnya Minat pada Budaya Lokal di Kalangan Remaja. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 23642–23649.
- UNESCO. (1972). *Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*.
- UNESCO. (2015). *Operational Guidelines for the Implementation of the Convention on the Means of Prohibiting and Preventing the Illicit Import, Export and Transfer of Ownership of Cultural Property (UNESCO, Paris, 1970)*.
- UNESCO World Heritage Centre. (2002). *World heritage in young hands: To know, cherish and act – An educational resource kit for teachers*. UNESCO.
- UNESCO World Heritage Centre. (2019). *Final Outcomes. Heritage in Urban Contexts: Impacts of Development Projects on World Heritage properties in Cities*.
- Wainess, R., Kerr, D., & Koenig, A. (2011). *CRESST REPORT 798 The National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing*.
- Wilaela, & Widiarto. (2022). Edukasi Masyarakat tentang Pelestarian Peninggalan Sejarah dan Cagar Budaya. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Pengembangan Masyarakat Islam*, 16, 99–111. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24014/menara.v16i2.19682>
- Willis, T. (2019). *The Art of Writing for Exhibitions “Since the beginning of museums, exhibit labels have been used as instruments of torture on helpless visitors.”*

- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology, 105*(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Xu, M., Fralick, D., Zheng, J. Z., Wang, B., Tu, X. M., & Feng, C. (2017). The differences and similarities between two-sample t-test and paired t-test. *Shanghai Archives of Psychiatry, 29*(3), 184–188. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.217070>
- Xu, Y., & Yu, Q. (2022). *Iconicity: A Basic Characteristic of Signs in Game Text Research on a Foundational Question of Game Semiotics*.
- Zhang, Y., Ikiz Kaya, D., van Wesemael, P., & Colenbrander, B. J. (2024). Youth participation in cultural heritage management: a conceptual framework. *International Journal of Heritage Studies, 30*(1), 56–80. <https://doi.org/10.1080/13527258.2023.2275261>

LAMPIRAN

Lampiran A. Daftar pernyataan *usability testing*

No	Pernyataan	Kategori USE Questionnaire
1	Game ini membantu saya memahami informasi tentang situs budaya yang menjadi latar stage.	Usefulness
2	Informasi yang ada di sela permainan membantu saya mendapatkan informasi situs budaya yang relevan.	Usefulness
3	Kuis cepat dalam permainan membantu saya menguji/mengingat pemahaman dari informasi yang diberikan.	Usefulness
4	Ensiklopedia dalam game membantu saya meninjau kembali informasi situs budaya yang telah saya temui.	Usefulness
5	Saya puas dengan pengalaman bermain secara keseluruhan.	Satisfaction
6	Tampilan visual dalam game mendukung suasana situs budaya.	Satisfaction
7	Kuis dan penggalan informasi muncul pada waktu yang tepat dan tidak mengganggu permainan.	Satisfaction
8	Saya tertarik untuk memainkan game ini lagi	Satisfaction
9	Game ini mudah dipahami cara memulainya (memilih stage dan masuk permainan).	Ease of Use
10	Saya mudah menemukan cara membangun tower pada titik yang tersedia dan memahami fungsinya.	Ease of Use
11	Saya mudah memahami dan menggunakan fitur yang ada.	Ease of Use
12	Saya mudah memahami tujuan stage dan apa yang harus dilakukan agar menang.	Ease of Use

Lampiran B. Daftar pertanyaan *pre-test* dan *post-test*

No	Pernyataan	Opsi Jawaban	Jawaban
1	Apa yang dimaksud dengan situs budaya?	<ul style="list-style-type: none"> a. Tempat wisata modern buatan manusia b. Tempat yang memiliki nilai sejarah dan kebudayaan tinggi c. Gedung pemerintahan dan kantor penting d. Area industri dan perdagangan 	Tempat yang memiliki nilai sejarah dan kebudayaan tinggi
2	Mengapa situs budaya perlu dilestarikan?	<ul style="list-style-type: none"> a. Agar bisa dijadikan tempat tinggal baru b. Supaya menjadi lokasi Pembangunan c. Karena memiliki nilai sejarah dan identitas bangsa d. Untuk dijual kepada investor asing 	Karena memiliki nilai sejarah dan identitas bangsa
3	Contoh situs budaya yang diakui UNESCO adalah...	<ul style="list-style-type: none"> a. Monumen Nasional b. Candi Borobudur c. Istana Negara d. Gedung DPR 	Candi Borobudur
4	Apa peran masyarakat dalam menjaga situs budaya?	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengabaikannya agar tetap alami b. Melakukan kerusakan untuk pembangunan c. Menjaga kebersihan dan menghormati nilai-nilai situs d. Menutup akses untuk umum 	Menjaga kebersihan dan menghormati nilai-nilai situs
5	Tantangan terbesar dalam pelestarian situs budaya adalah...	<ul style="list-style-type: none"> a. Kurangnya minat wisatawan b. Kurangnya dana dan kesadaran Masyarakat c. Terlalu banyak relawan d. Adanya regulasi yang berlebihan 	Kurangnya dana dan kesadaran masyarakat
6	Panggung Krapyak awalnya digunakan untuk...	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengawasi lalu lintas Sungai b. Mengamati hewan buruan di hutan Kerajaan c. Menyimpan logistik pasukan d. Tempat pertemuan perdagangan 	Mengamati hewan buruan di hutan kerajaan

7	Pada masa siapa Panggung Krapyak diperkirakan dibangun?	<ul style="list-style-type: none"> a. Sri Sultan Hamengkubuwana I b. Sri Sultan Hamengkubuwana VII c. Sri Sultan Hamengkubuwana X d. Tidak diketahui 	Sri Sultan Hamengkubuwana I
8	Panggung Krapyak adalah simpul selatan dari sumbu filosofis yang menghubungkan...	<ul style="list-style-type: none"> a. Merapi ↔ Samudra Hindia b. Merapi–Tugu–Keraton–Panggung Krapyak–Laut Selatan c. Merapi–Prambanan–Kotagede–Laut Selatan d. Merapi ↔ Sungai Opak 	Merapi–Tugu–Keraton–Panggung Krapyak–Laut Selatan
9	Bentuk arsitektur utama Panggung Krapyak adalah...	<ul style="list-style-type: none"> a. Menara tinggi bersusun lima b. Bangunan dua lantai berbentuk piramida terpancung c. Pendopo terbuka dengan banyak tiang kayu d. Rumah sederhana bergaya joglo 	Bangunan dua lantai berbentuk piramida terpancung
10	Benteng Vredeburg awalnya dibangun oleh pihak...	<ul style="list-style-type: none"> a. Keraton Yogyakarta b. VOC/Belanda sebagai pos militer c. Inggris d. Pemerintah Indonesia 	VOC/Belanda sebagai pos militer
11	Nama awal Benteng Vredeburg adalah...	<ul style="list-style-type: none"> a. Fort Rustenburg b. Fort Oranje c. Fort Merdeka d. Fort Vrede 	Fort Rustenburg
12	Fungsi utama Benteng Vredeburg saat ini adalah	<ul style="list-style-type: none"> a. Museum perjuangan dengan diorama Sejarah b. Gudang senjata aktif TNI c. Kantor pemerintahan provinsi d. Hotel 	Museum perjuangan dengan diorama sejarah
13	Benteng Vredeburg berada di kawasan	<ul style="list-style-type: none"> a. Kotagede b. Titik Nol Kilometer Yogyakarta c. Utara Tugu Pal Putih d. Sleman 	Titik Nol Kilometer Yogyakarta
14	Candi Sambisari unik karena	<ul style="list-style-type: none"> a. Berada di puncak bukit b. Berada sekitar 6,5 m di bawah permukaan tanah sekitar c. Terdiri dari 5 candi induk d. Dibangun pada abad ke-16 	Berada sekitar 6,5 m di bawah permukaan tanah sekitar

15	Mengapa Candi Sambisari berada di bawah permukaan?	<ul style="list-style-type: none"> a. Tanah di sekitarnya sengaja dikeruk b. Tertimbun endapan lahar Merapi selama berabad-abad c. Karena gempa membuatnya amblas d. Karena pergeseran sungai 	Tertimbun endapan lahar Merapi selama berabad-abad
16	Komposisi kompleks Sambisari adalah	<ul style="list-style-type: none"> a. 1 induk + 3 perwara b. 2 induk + 1 perwara c. 3 induk saja d. 1 induk saja 	1 induk + 3 perwara
17	Di bilik utama Candi Sambisari terdapat	<ul style="list-style-type: none"> a. Stupa kecil b. Lingga–yoni berukuran besar c. Arca Buddha tidur d. Altar kristiani 	Lingga–yoni berukuran besar
18	Tiga arca di relung luar Sambisari adalah	<ul style="list-style-type: none"> a. Brahma, Wisnu, Indra b. Durga, Ganesha, Agastya c. Rama, Sinta, Hanoman d. Siwa, Buddha, Vishnu 	Durga, Ganesha, Agastya
19	Kapan Candi Sambisari ditemukan kembali?	<ul style="list-style-type: none"> a. 1867 b. 1966 c. 2006 d. 1987 	1966
20	Panggung Krapyak secara administratif berada di	<ul style="list-style-type: none"> a. Kota Yogyakarta, Kecamatan Gondomanan b. Panggungharjo, Sewon, Bantul c. Caturtunggal, Depok, Sleman d. Prambanan 	Panggungharjo, Sewon, Bantul
21	Status pelestarian Panggung Krapyak menurut <i>micro-card</i> adalah	<ul style="list-style-type: none"> a. Benda biasa non-cagar budaya b. Cagar Budaya peringkat kabupaten c. Cagar Budaya peringkat nasional dan termasuk inskripsi UNESCO d. Baru didaftarkan 	Cagar Budaya peringkat nasional dan termasuk inskripsi UNESCO
22	Mengapa pariwisata yang tidak terkontrol berbahaya bagi situs budaya?	<ul style="list-style-type: none"> a. Meningkatkan kesadaran budaya tanpa risiko b. Merusak fisik dan nilai spiritual situs c. Menambah dana pelestarian selalu d. Mengurangi pengunjung 	Merusak fisik dan nilai spiritual situs