

Implementasi *Game Development Life Cycle* pada Gim Edukasi Teori Warna berbasis *Android*

Implementation of the Game Development Life Cycle for an Android-based Color Theory Educational Game

¹Raditya Wardhana*, ²Muhammad Tofa Nurcholis, ³Buyut Khoirul Umri

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

³Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

^{1,2,3}Jl. Padjajaran, Condongcatut, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta
55283, Indonesia

*e-mail: radit@amikom.ac.id

(received: 25 May 2026, revised: 6 July 2026, accepted: 7 July 2026)

Abstrak

Mahasiswa sering kesulitan memahami teori warna, terutama ketika diajarkan secara teoretis tanpa bantuan interaktif atau visual. Meskipun mereka memperhatikan deskripsi konten, 65% mahasiswa masih tidak memahami cara menggunakan konsep warna dalam desain grafis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat permainan Android yang akan membantu mahasiswa memahami teori warna secara praktis dan visual. Game development life cycle (GDLC) memiliki enam langkah: inisiasi, pra-produksi, produksi, pengujian, beta, dan rilis. Gim dibuat dengan Construct 2. Media yang dibuat mencakup animasi dua dimensi yang mencakup topik-topik penting seperti teori warna, makna warna, suhu, dimensi, dan skema warna. Informasi disajikan dalam cerita visual yang menarik agar lebih mudah dipahami. Uji alpha dan beta digunakan untuk menilai permainan tersebut. Skor penilaian skala Likert menunjukkan bahwa permainan ini dapat digunakan, menarik, menyenangkan, dan menyampaikan pesan edukatif. Permainan ini dapat digunakan untuk mengajarkan mahasiswa tentang teori warna dengan cara yang berbeda.

Kata kunci: teori warna, permainan edukasi, GDLC, desain grafis

Abstract

Students often experience difficulties in understanding color theory, particularly when it is taught through conventional theoretical instruction without interactive or visual learning support. Although they pay attention to the instructional content, approximately 65% of students still struggle to apply color theory concepts in graphic design. This study aims to develop an Android-based educational game to facilitate students' understanding of color theory through an interactive and visual learning experience. The game was developed using the Game Development Life Cycle (GDLC), which consists of six phases: initiation, pre-production, production, testing, beta, and release. Construct 2 was used as the game development platform. The game incorporates two-dimensional animations covering key topics, including color theory, color meanings, color temperature, color dimensions, and color schemes. The learning materials are presented through engaging visual storytelling to enhance comprehension. The game was evaluated through alpha and beta testing, while user responses were assessed using a Likert-scale questionnaire. The evaluation results indicate that the game is functional, engaging, enjoyable, and effective in delivering educational content. Therefore, the proposed educational game provides an alternative and interactive approach to teaching color theory to students.

Keywords: color theory, educational game, GDLC, graphic design

1 Pendahuluan

Teori warna memberi tahu bagaimana komunikasi visual diterima, dipahami, dan dialami oleh audiens. Sangat penting untuk memiliki pemahaman dasar tentang teori warna dan merupakan fondasi dasar dalam pendidikan desain grafis. Elemen warna bukan hanya dekorasi; mereka adalah alat

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

komunikasi non-verbal yang dapat menyampaikan pesan kompleks dalam hitungan detik. Teori ini memberdayakan desainer untuk membangun identitas visual yang kuat, menciptakan hierarki visual, dan mengarahkan fokus audiens [1].

Warna memiliki dampak psikologis dan fisiologis pada persepsi dan emosi manusia. Pemilihan skema warna yang tepat dapat meningkatkan pengenalan merek hingga 80% dan dapat secara signifikan mempengaruhi keputusan pengguna. Dengan demikian, mahasiswa desain grafis harus menghafal roda warna dan memiliki kepekaan analitis terhadap suhu warna, dimensi, dan makna psikologis yang melekat pada setiap nuansa [2].

Sayangnya, kenyataannya di lapangan adalah Mahasiswa sering kali kesulitan untuk memahami konsep-konsep ini secara mendalam. Masalahnya disebabkan oleh kurikulum dan cara pengajaran yang masih menerapkan metode tradisional dan teoretis. Dalam studinya (Serón Torrecilla et al. 2024) tentang pedagogi seni dan desain, menyatakan bahwa menyoroti bagaimana pedagogi tradisional yang mengandalkan kuliah teoretis menghambat pemahaman konseptual dan eksperimen visual mahasiswa desain grafis. Belajar desain grafis juga memerlukan memori otot dan eksperimen visual yang tidak bisa dipelajari di buku teks [3].

Kondisi tersebut terkonfirmasi melalui studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di Universitas Amikom Yogyakarta pada Februari 2026. Berdasarkan hasil kuesioner dan tes pemahaman dasar yang disebarkan kepada 60 mahasiswa prodi informatika, ditemukan data empiris bahwa sebanyak 65% mahasiswa tidak memahami penerapan kombinasi teori warna dengan benar pada karya praktis. Subjek penelitian mengaku kesulitan dalam mentransformasikan teori lingkaran warna ke dalam eksekusi visual yang nyata akibat minimnya media eksperimen. Adanya angka kesenjangan yang signifikan antara pendidikan teoretis di kelas dan penerapan praktis ini menjadi landasan urgensi utama dari penelitian ini. Jika kegagalan pemahaman warna pada mayoritas mahasiswa ini tidak segera diintervensi, kualitas portofolio produksi lulusan akan menurun dan berdampak buruk pada daya saing mereka di industri kreatif kontemporer [4].

Teori Beban Kognitif menjelaskan kegagalan implementasi ini, mencatat bahwa pemrosesan informasi visual yang kompleks memakan kapasitas memori kerja yang besar. Misalnya, memanipulasi *hue*, *saturasi*, dan nilai secara bersamaan. Menurut, jika konten disampaikan tanpa bantuan interaktif yang cukup, beban kognitif Mahasiswa terlalu berat (*overload*) dan pemahaman mereka semakin buruk. Mereka terjebak dalam menghafal jangka pendek tanpa sintesis [5].

Ini menyiratkan bahwa untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, strategi pengajaran yang lebih menarik, berguna, dan secara visual merangsang yang memprovokasi keterlibatan aktif sangat dibutuhkan. Faktanya, sejumlah alat dan pendekatan instruksional telah dipelajari dan diterapkan untuk meningkatkan pendidikan desain. Multimedia statis telah menjadi fokus utama penelitian sebelumnya dalam menyampaikan prinsip-prinsip desain, seperti modul e-learning berbasis web atau infografis digital [6].

Sumber daya digital tradisional dapat menyediakan pengetahuan yang mudah diakses dan fleksibel tetapi mereka juga memiliki kelemahan. Namun, media statis sering kali tidak menyediakan pengalaman praktis yang interaktif dan langsung yang dibutuhkan Mahasiswa untuk sepenuhnya memahami dinamika warna secara real-time [7]. Untuk mengatasi stagnasi ini, tren yang muncul dalam teknologi pendidikan adalah beralih ke pembelajaran berbasis permainan.

Studi empiris telah menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *game mobile* (m-GBL) sangat meningkatkan motivasi intrinsik dan retensi memori Mahasiswa. Dalam pendidikan tinggi menyediakan lingkungan yang aman bagi Mahasiswa untuk bereksperimen, membuat kesalahan, dan menerima umpan balik langsung tanpa takut akan konsekuensi akademis yang fatal. Metode ini sangat relevan untuk melatih insting pemilihan warna [8].

Selain mekanika permainan, elemen naratif juga memiliki peran penting dalam retensi pengetahuan. Melalui prinsip-prinsip pembelajaran multimedia bahwa manusia belajar jauh lebih baik ketika informasi disajikan dalam bentuk cerita visual daripada hanya poin-poin fakta [9]. Namun, meskipun pembelajaran berbasis *game mobile* semakin populer, gim edukasi yang ada tidak secara langsung merespons elemen-elemen keseluruhan dari teori warna, seperti makna warna, suhu, dimensi, dan skema warna dalam konteks naratif yang terintegrasi.

Tuntutan industri kreatif kontemporer juga menambah urgensi nyata penelitian ini. Industri membutuhkan lulusan desain grafis siap pakai yang mampu membuat keputusan visual secara cepat, presisi, dan instingtif. Jika institusi pendidikan tidak segera mengintervensi angka kegagalan

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

pemahaman 65% tersebut dengan metode pembelajaran inovatif, kompetensi teknis lulusan akan berada di bawah standar industri, kualitas portofolio produksi mereka menurun, dan secara radikal membatasi prospek karier mereka di era kompetisi digital yang ketat [10]. Oleh sebab itu, intervensi pembelajaran media inovatif bukan lagi sekadar opsi tambahan, melainkan sebuah kebutuhan krusial yang mendesak.

Studi ini mengusulkan solusi kreatif dengan beralih dari materi pembelajaran statis ke permainan edukatif interaktif yang berjalan di ekosistem Android sebagai rasionalisasi masalah. Keberhasilan dan kontribusi ilmiah dari makalah ini adalah kombinasi metode *game development life cycle* (GDLC) yang terstruktur dengan penceritaan visual 2D yang menarik. Studi ini mengubah teori warna yang abstrak menjadi cara yang nyata dan interaktif dengan Construct 2 sebagai mesin pengembangannya. Strategi ini bertujuan untuk mengubah paradigma pendidikan, mengubah proses pembelajaran dari yang umumnya pasif menjadi proses yang menarik, aktif, dan imersif, yang akan secara signifikan meningkatkan pemahaman dan retensi mahasiswa.

Tujuan utama dari proyek penelitian ini adalah untuk merancang, mengembangkan, dan menguji kelayakan sebuah permainan edukasi berbasis Android, sehingga dapat membantu mahasiswa memahami teori warna secara holistik, secara praktis dan dengan demikian menyediakan metodologi pengajaran yang berbeda, efisien, dan akademis valid. Kami menyatakan bahwa manuskrip ini adalah hasil asli dari penelitian kami, dan merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya menggunakan ide-ide kami sendiri.

2 Tinjauan Literatur

Pendidikan desain grafis konvensional yang sebelumnya banyak didominasi oleh metode ceramah dan media statis kini tengah mengalami pergeseran paradigma ke arah pembelajaran berbasis permainan atau *game-based learning* (GBL). Penelitian terkini oleh Nadeem et al. [11] menunjukkan bahwa ekspansi masif dari perangkat *smartphone* memicu popularitas GBL di pendidikan tinggi, di mana instrumen ini secara efektif mampu mengubah pola konsumsi informasi yang pasif menjadi perilaku belajar aktif yang berorientasi pada tujuan. Meskipun demikian, penelitian tersebut memiliki kekurangan di mana mekanika game yang diuji masih terlalu sederhana, yaitu sebatas kuis penyortiran kata (*Vortex game*), sehingga kurang menantang bagi kebutuhan pendidikan tinggi. Selain itu, evaluasinya hanya terbatas pada persepsi kuesioner tanpa mengukur hasil belajar objektif atau performa kognitif riil mahasiswa setelah intervensi [11].

Transformasi menuju GBL tersebut rupanya sangat bergantung pada kemampuan sistem dalam mengelola beban kerja mental peserta didik, sebuah mekanisme yang dieksplorasi secara mendalam melalui lensa *cognitive load theory* (Teori Beban Kognitif) [12]. Integrasi elemen mekanik permainan yang adaptif terbukti ampuh dalam menyeimbangkan tingkat kesulitan dengan keterampilan pemain guna mencegah kelebihan beban kognitif (*cognitive overload*) ketika mahasiswa harus memproses informasi visual yang rumit [13]. Dalam studi eksperimen terkontrol acak (*randomized controlled trial*) oleh Faber et al. [12], penerapan bantuan petunjuk (*adaptive scaffolding*) diuji untuk mengoptimalkan beban kognitif mahasiswa kedokteran. Namun, kelemahan mendasar dari temuan Faber et al. [12] menunjukkan bahwa bantuan adaptif tersebut gagal menurunkan beban kognitif eksternal (*extraneous cognitive load*) secara signifikan karena algoritma petunjuk kadang muncul di waktu yang kurang tepat sehingga memecah konsentrasi visual pemain (*split-attention effect*). Di samping itu, domain prosedur klinis medis yang kaku dalam penelitian tersebut sulit digeneralisasikan pada pendidikan kreatif seperti desain grafis yang menuntut fleksibilitas visual dan intuisi estetika [12]. Kesenjangan kerangka integrasi ini dipertegas oleh Matthew et al. [13] yang merumuskan penyelarasan teoretis antara desain *game*, personalisasi umpan balik, dan teori beban kognitif untuk memfasilitasi retensi memori jangka panjang. Kendati demikian, kekurangan dari studi Matthew et al. [13] adalah sifat penelitiannya yang baru sebatas konseptual-teoretis murni melalui tinjauan pustaka sistematis. Riset tersebut tidak melakukan implementasi perangkat lunak nyata maupun pengujian langsung pada siswa untuk membuktikan efektivitas kerangka kerja tersebut, serta tidak menyediakan metodologi pengembangan perangkat lunak yang terstruktur untuk memandu proses pembuatannya secara teknis [13].

Di sisi lain, perancangan media pembelajaran visual yang sukses wajib menyisipkan faktor kognitif dan afektif yang mampu memancing minat intrinsik peserta melalui prinsip pembelajaran

multimedia [14]. Mayer [14] menyajikan 15 prinsip desain multimedia berbasis bukti (*evidence-based*) untuk mengoptimalkan saluran pemrosesan visual dan verbal manusia. Kekurangan dari sekumpulan prinsip yang diajukan oleh Mayer [14] adalah evaluasinya yang masih berbasis pada media tradisional yang cenderung bersifat linear atau semi-statis (seperti video penjelasan atau animasi sederhana), serta belum mengeksplorasi dinamika kognitif khusus ketika mahasiswa harus memproses visualisasi teori warna yang kompleks yang menuntut manipulasi spasial secara simultan (*hue*, *saturasi*, *nilai*). Untuk menstimulasi daya tarik visual secara lebih bermakna, mekanika permainan harus melampaui sekadar kuis biasa dan menuntut pemecahan masalah secara *real-time* guna meningkatkan keterampilan penalaran kreatif (*creative reasoning*) [15]. Sandaram et al. [15] membuktikan bahwa pembelajaran digital berbasis game adaptif mampu meningkatkan kemampuan penalaran kreatif mahasiswa secara signifikan melalui simulasi interaktif. Namun, keterbatasan riset dari Sandaram et al. [15] adalah aplikasinya belum dieksplorasi untuk ekosistem mobile Android yang memiliki karakteristik interaksi layar sentuh (*touchscreen*) yang khas, domainnya terbatas pada sains eksakta yang kaku (kimia organik), serta mengabaikan peranan penceritaan (*storytelling*). Padahal, peranan penceritaan sangat krusial untuk mempertahankan atensi mahasiswa selama menyelesaikan tugas akademik [16]. Jarrah et al. [16] membuktikan melalui pemodelan struktural (SEM) bahwa variabel narasi imersif bertindak sebagai jembatan kognitif yang berpengaruh langsung terhadap akuisisi keterampilan siswa. Walaupun demikian, studi Jarrah et al. [16] memiliki celah karena evaluasinya bersifat subjektif berdasarkan data persepsi survei pasca-pemakaian tanpa menguji peningkatan skor kemampuan siswa secara objektif (*pre-test* dan *post-test*), tidak membahas aspek teknis visualisasi penceritaan 2D, serta tidak menyajikan siklus pengembangan rekayasa perangkat lunak [16].

Guna menjembatani seluruh kesenjangan (*research gap*) dari pemrosesan kognitif dan narasi tersebut, diperlukan sebuah kerangka kerja pengembangan sistem yang sangat terstruktur, salah satunya adalah *game development life cycle* (GDLC) [17]. GDLC menyediakan tata laksana iteratif mulai dari inisiasi, pra-produksi, produksi, pengujian, hingga rilis untuk memastikan produk inovatif secara teknis dan selaras dengan kaidah pedagogis [17]. Kredibilitas kerangka GDLC dalam merancang aplikasi permainan Android edukatif dikonfirmasi oleh Amin et al. [17] dan Prasetyo et al. [18] yang menunjukkan stabilitas sistem melalui evaluasi fungsionalitas Black-box. Akan tetapi, kelemahan mendasar dari riset pengembangan sistem oleh Amin et al. [17] adalah pengujiannya hanya berhenti pada tahap uji fungsionalitas teknis tombol (Black-box) tanpa melakukan pengujian langsung kepada pengguna akhir untuk mengukur efektivitas akademik, serta absennya validasi pakar konten. Sementara itu, riset dari Prasetyo et al. [18] memiliki kekurangan pada skalabilitas sampel yang sangat terbatas (hanya 10 anak-anak), tidak melibatkan validasi pakar multidisiplin (ahli media dan materi) sebelum uji coba, serta mekanika permainannya masih sederhana untuk materi hafalan kaku yang tidak dapat mengakomodasi materi abstrak tingkat tinggi [18]. Dari perspektif eksekusi perangkat lunak, efisiensi pengembangan sistem sering kali bertumpu pada alat pembuatan yang ramah pengembang tanpa kendala pengodean yang rumit, seperti engine Construct 2 [19]. Kurnia et al. [19] memperlihatkan bahwa penggunaan Construct 2 sangat memadai untuk mengembangkan kreativitas visual secara iteratif karena memangkas hambatan penulisan kode sintaksis (*coding*). Namun, celah dari literatur Kurnia et al. [19] adalah sifat studinya baru sebatas laporan pelatihan/workshop pengabdian masyarakat, bukan artikel penelitian eksperimental murni, tidak mengadopsi kerangka kerja pengembangan perangkat lunak yang terstandar (GDLC), serta pemanfaatannya belum dieksplorasi untuk mensimulasikan teori warna yang kompleks pada jenjang pendidikan tinggi [19].

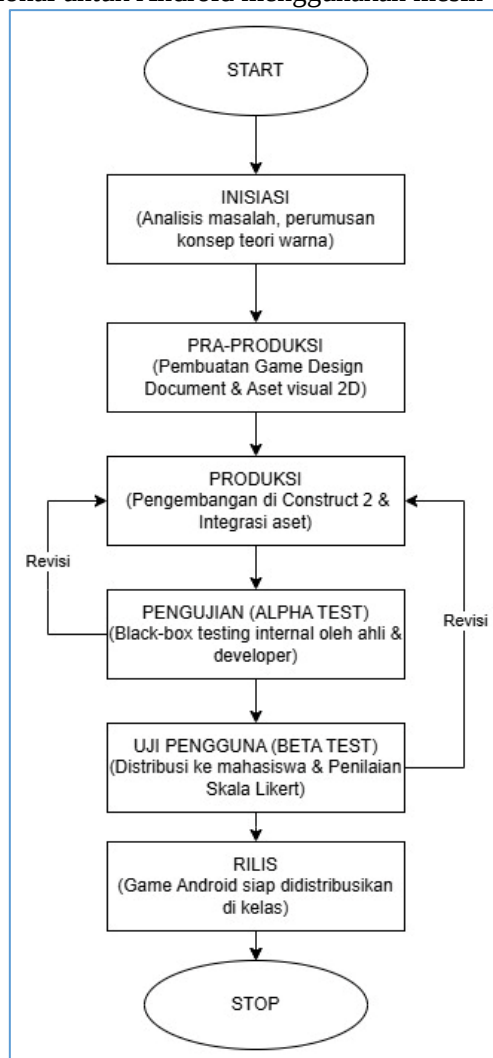
Berangkat dari seluruh kesenjangan (*research gap*) penelitian terdahulu yang belum dikerjakan tersebut, artikel ini hadir untuk mengisi celah tersebut secara runtut. Berbeda dengan riset-riset sebelumnya, artikel ini secara spesifik berfokus pada rancang bangun permainan edukasi teori warna berbasis *mobile* Android dengan mengimplementasikan seluruh tahapan prosedural metode GDLC secara ketat menggunakan engine Construct 2. Kebaruan (*novelty*) dari artikel ini terletak pada integrasi penceritaan visual 2D (*2D visual storytelling*), teori beban kognitif, dan mekanika manipulasi elemen warna (*hue*, *saturation*, *value*) secara interaktif dan *real-time* yang dirancang khusus untuk mahasiswa program studi rumpun desain di Universitas Amikom Yogyakarta. Melalui pendekatan interaktif yang imersif ini, artikel ini tidak hanya mengevaluasi fungsionalitas teknis perangkat lunak (*Black-box testing*), melainkan melangkah lebih jauh dengan melakukan validasi

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

multi-tahap yang melibatkan pengujian oleh ahli media, ahli materi/pedagogi, serta pengukuran objektif terhadap reduksi beban kognitif dan peningkatan insting praktis pemilihan warna mahasiswa untuk menjawab tantangan industri kreatif kontemporer.

3 Metode Penelitian

Studi ini menggunakan metodologi pengembangan sistem dengan memanfaatkan kerangka kerja *game development life cycle* (GDLC). Metode ini dipilih karena menawarkan kerangka kerja yang terorganisir dan sistematis yang disesuaikan untuk pengembangan perangkat lunak dalam bentuk permainan digital, menjamin bahwa setiap fase dilaksanakan secara ilmiah dan dapat direplikasi. Studi ini mengadaptasi dan menerapkan metode GDLC dengan diagram alir seperti pada Gambar 1, untuk membuat permainan instruksional untuk Android menggunakan mesin Construct 2.



Gambar 1 Diagram alir GDLC

Tahapan GDLC yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari enam fase utama, yaitu:

3.1 Inisiasi (*Initiation*)

Mulai dari titik ini, analisis kebutuhan dilakukan berdasarkan apa yang pertama kali dilihat dari mahasiswa desain grafis. Ide utama di balik permainan ini adalah untuk membantu orang-orang yang kesulitan memahami teori warna. Batasan materi ditentukan dengan jelas dan mencakup hal-hal seperti teori warna dasar, makna warna, suhu warna, pengukuran, dan skema warna.

3.2 Pra Produksi (*Pre-Production*)

Tahap pra-produksi dalam penelitian ini berfokus pada transformasi hasil analisis kebutuhan ke dalam rancangan arsitektur permainan yang terstruktur sebelum memasuki fase pengodean. Aktivitas

utama pada fase ini meliputi penyusunan *Game Design Document* (GDD) untuk mendefinisikan mekanika permainan secara non-linear, rancangan antarmuka pengguna (UI) yang intuitif, serta penulisan alur cerita visual 2D (*2D visual storytelling*) yang saling terintegrasi. Selain itu, dilakukan perancangan aset visual berupa grafis 2D dan animasi karakter yang merepresentasikan komponen-komponen abstrak dalam teori warna (seperti dimensi *hue*, *saturation*, dan *value*). Seluruh dokumentasi arsitektur dan aset visual yang dihasilkan pada tahap ini berfungsi sebagai cetak biru (*blueprint*) utama yang siap diimpor ke dalam *engine* Construct 2 pada tahap produksi selanjutnya.

3.3 Produksi (*Production*)

Tahap pengembangan teknis dilakukan di perangkat lunak Construct 2. Konstruksi gim tidak didasarkan pada bahasa pemrograman murni, tetapi pada sistem *visual scripting* (*event sheet*) yang disediakan oleh Construct 2. Pra-produksi melibatkan pembuatan dan integrasi aset 2D dengan logika permainan. Setelah permainan selesai, proyek diekspor (dibangun) ke format aplikasi Android (.apk atau .aab) menggunakan pembungkus pihak ketiga yang kompatibel dengan Construct 2 (Cordova).

3.4 Pengujian Alfa (*Alpha Testing*)

Uji alfa adalah pengujian internal oleh tim pengembang dan ahli materi pelajaran. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box* untuk memastikan bahwa tidak ada *bug*/kesalahan dalam sistem navigasi, animasi, dan fungsionalitas aplikasi secara keseluruhan ketika dijalankan di lingkungan Android. Fase ini melibatkan perubahan kode berulang dan perbaikan *bug* untuk mencapai aplikasi yang berjalan stabil.

3.5 Pengujian Beta

Setelah berhasil melewati uji alfa, permainan tersebut didistribusikan kepada responden target (mahasiswa desain grafis) untuk uji beta. Pengumpulan data dalam evaluasi dilakukan menggunakan instrumen kuesioner dengan skala *likert* dan pengujian *pre-test* dan *post-test*. Variabel yang diukur adalah tingkat praktis (dapat dicapai), Estetika (menarik), Tingkat kesenangan/hiburan, Menyampaikan pesan tentang pendidikan. Data kuantitatif yang diperoleh dari kuesioner kemudian dianalisis menggunakan persentase kelayakan untuk mengetahui apakah permainan tersebut layak dan efektif sebagai media pembelajaran alternatif.

3.6 Rilis (*Release*)

Tahap akhir di mana permainan edukasi teori warna berbasis Android, yang telah direvisi berdasarkan umpan balik dari fase pengujian beta, siap untuk distribusi luas dan implementasi sebagai alat bantu pengajaran di kelas desain grafis.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Inisiasi

Mulai dari titik ini, analisis kebutuhan dilakukan berdasarkan apa yang pertama kali dilihat dari mahasiswa desain grafis. Ide utama di balik permainan ini adalah untuk membantu orang-orang yang kesulitan memahami teori warna. Batasan materi ditentukan dengan jelas dan mencakup hal-hal seperti teori warna dasar, makna warna, suhu warna, pengukuran, dan skema warna.

4.2 Pra-Produksi

Fase ini berfokus pada merancang konsep visual dan narasi. Langkah-langkah yang dapat direplikasi pada tahap ini menggunakan *game design document* (GDD):

4.2.1 Gambaran Proyek (*Deskripsi Singkat*)

“Spectrum Master” adalah nama permainan edukasi 2D berbasis Android yang dirancang untuk membantu mahasiswa desain grafis memahami konsep teori warna secara visual dan praktis. Permainan ini menggabungkan elemen naratif (cerita visual) dengan teka-teki interaktif untuk mengubah materi teoretis yang abstrak menjadi pengalaman belajar yang imersif dan menyenangkan.

4.2.2 Mekanika Inti

Mekanika permainan dalam permainan edukatif ini dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang berkelanjutan melalui alur permainan utama yang interaktif. Siklus permainan dimulai dengan pemain membaca cerita visual, menghadapi tantangan desain berbasis warna, memecahkan teka-teki, menerima umpan balik edukatif, dan kemudian melanjutkan ke tahap (*level*) berikutnya.

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Untuk mendukung interaksi ini, sistem kontrol dan antarmuka pengguna mengandalkan mekanisme sentuh (ketuk) untuk menavigasi dialog, menu, dan pilihan jawaban, serta fitur seret dan lepas yang memungkinkan pemain menerapkan warna pada elemen desain untuk melihat kompatibilitasnya secara *real-time*. Secara teknis, karena pengembangan dilakukan menggunakan mesin Construct 2, seluruh logika permainan dibangun melalui sistem *visual scripting* pada *event sheet*. Sistem ini menerapkan variabel global untuk menyimpan skor pemahaman dan kemajuan level pemain, Plugin Sentuh untuk mengakomodasi interaksi fisik di layar, serta *Array* atau kamus untuk mengelola dan memvalidasi data jawaban untuk setiap tantangan skema warna.

4.2.3 Struktur Permainan

Struktur permainan dalam permainan edukatif ini dibagi secara sistematis menjadi empat tahap utama, masing-masing mewakili topik-topik penting dalam teori warna. Di Tahap 1: pengenalan dan makna warna, pemain mengambil peran sebagai magang desainer grafis yang ditugaskan untuk menentukan warna logo yang sesuai berdasarkan psikologi dan makna warna yang diinginkan oleh klien. Selanjutnya, di Tahap 2: Suhu warna, pemain disajikan dengan ilustrasi dari adegan-adegan tertentu dan ditugaskan untuk mengklasifikasikan warna ke dalam kategori warna hangat atau warna dingin menggunakan mekanik seret dan lepas. Tingkat interaktivitas meningkat di Tahap 3: Dimensi warna, di mana pemain dapat menggunakan penggeser untuk memanipulasi nilai *Hue*, *Saturation*, dan Nilai/Kecerahan pada objek desain secara *real-time* untuk mengamati dampaknya terhadap kontras visual. Sebagai evaluasi menyeluruh, Tahap 4: Skema Warna menghadirkan tantangan akhir yang mengharuskan pemain untuk membuat palet warna yang harmonis—menggunakan teori seperti monokromatik, analog, komplementer, atau triadik—untuk menyelesaikan tata letak desain poster atau halaman web dalam permainan.

4.2.4 Cerita dan Gaya Visual

Elemen naratif dan gaya visual dalam gim ini dirancang untuk berpadu dan menciptakan pengalaman imersif yang relevan dengan pengguna target. Dalam hal alur cerita, pemain akan berperan sebagai seorang mahasiswa desain yang terjebak di dunia monokromatik bernama "Blank Canvas." Untuk kembali ke dunia nyata dan menyelesaikan tugas kuliah mereka, pemain harus berkolaborasi dengan karakter pemandu bernama "Chroma" untuk mengembalikan warna ke dunia tersebut dengan memecahkan berbagai tantangan teori warna. Untuk mendukung penceritaan ini, permainan ini menggunakan pendekatan gaya seni visual 2D dalam bentuk *flat design*, yang ditandai dengan tampilan bersih dan modern yang sangat mewakili tren desain grafis saat ini. Selain itu, estetika visual ini dihidupkan melalui fitur animasi internal Construct 2, yang diterapkan secara dinamis pada perubahan transisi warna, gerakan karakter selama dialog (seperti *sprite* berkedip atau berbicara), dan efek visual pendukung yang muncul ketika pemain berhasil menyelesaikan teka-teki.

4.2.5 Pengalaman Audio dan Pembelajaran

Aspek audio dan kesan pembelajaran dalam permainan ini secara khusus dikelola untuk memaksimalkan penyerapan materi tanpa mengganggu fokus pemain. Untuk menjaga konsentrasi siswa selama proses pembelajaran, permainan ini menggunakan musik latar berupa melodi instrumental yang menenangkan. Pengalaman interaktif ini semakin ditingkatkan dengan penggunaan efek suara yang responsif dan psikologis; misalnya, penggunaan suara "ding" ketika pemain menjawab dengan benar sebagai bentuk penguatan positif, dan suara dengung lembut ketika jawaban salah untuk memotivasi pemain mencoba lagi tanpa merasa tertekan. Sebagai inti dari pengalaman belajar, setiap kali pemain berhasil menyelesaikan teka-teki, permainan akan secara otomatis menampilkan jendela *pop-up* yang berisi pesan edukatif. Jendela ini menyajikan ringkasan teoretis singkat yang secara rasional menjelaskan mengapa kombinasi warna tertentu dianggap berhasil atau tidak berhasil ketika diterapkan dalam konteks desain grafis yang sebenarnya.

4.2.6 Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis dari permainan edukasi ini dirancang khusus untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja optimal pada perangkat seluler. Layar permainan diatur dalam orientasi lanskap dengan resolusi 1280x720 piksel dan rasio aspek 16:9, yang sesuai dengan standar visual sebagian besar *smartphone* Android saat ini. Untuk proses distribusi, proyek berbasis HTML5 yang dikembangkan melalui mesin Construct 2 dibungkus menggunakan bantuan pembungkus pihak ketiga, yaitu Cordova. Melalui proses kompilasi ini, gim diekspor ke dalam format file aplikasi dengan ekstensi

.apk atau . ekstensi .aab, menjadikannya perangkat lunak mandiri yang siap diinstal dan dijalankan dengan stabil pada sistem operasi Android dengan persyaratan spesifikasi minimum versi 8.0 (Oreo).

4.3 Produksi

Semua desain program yang dijadwalkan sebelumnya dikembangkan selama tahap produksi. Pada titik ini, sebuah permainan teori warna berbasis Android dikembangkan sesuai dengan fitur-fitur yang ditentukan, *storyboard*, dan alokasi transisi yang telah ditetapkan.

4.3.1 Pembuatan Tampilan Menu Utama

Di layar Menu utama, terdapat tombol mulai untuk memulai permainan, tombol cara bermain yang berisi instruksi permainan, tombol keluar untuk pemain meninggalkan permainan, dan akhirnya, tombol bisukan untuk mematikan audio permainan. Berikut adalah layar menu utama seperti yang dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Menu utama

4.3.2 Pembuatan Tampilan Menu Cara Bermain

Tombol-tombol di halaman cara bermain terdiri dari tombol navigasi dan tombol informasi. Tombol utama diberi label cara bermain, menunjukkan bahwa halaman tersebut berisi panduan bermain. Selain itu, ada tombol panah yang berfungsi untuk berpindah ke halaman berikutnya, yaitu panduan untuk menyelesaikan misi dalam permainan. Berikut adalah tampilan visual dari menu cara bermain seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3 Menu cara bermain

4.3.3 Pembuatan Tampilan Gameplay:

Antarmuka Tahap 1: Pengenalan dan Makna Warna, seperti pada gambar 4, antarmuka pengguna dirancang menyerupai simulasi interaksi antara desainer dan klien. Layar dibagi menjadi dua area utama: area dialog (menampilkan *sprite* karakter klien dan kotak teks untuk kebutuhan klien) dan area palet pilihan (tombol palet warna). Interaksi dibangun menggunakan logika sistem sentuh (Ketuk/Sentuh), di mana pemain harus menekan tombol warna yang benar berdasarkan kata kunci

psikologis (misalnya, "kepercayaan" atau "energi") yang muncul di antarmuka teks. Jika pilihan benar, mesin akan memicu transisi ke animasi ekspresi positif pada karakter klien.



Gambar 4 Antarmuka tahap 1: pengenalan dan makna warna

Antarmuka Tahap 2: Suhu Warna. Untuk mewakili pemisahan suhu warna, layar permainan secara visual dibagi menjadi dua *dropzone* : zona warna hangat di sisi kiri dan zona warna dingin (Gambar 5) di sisi kanan. Di bagian bawah layar, elemen warna acak yang dapat dipindahkan ditampilkan. Pembuatan mekanik ini menggunakan *touch plugin* dari Construct 2, yang memungkinkan fitur *drag and drop*. Antarmuka ini memberikan umpan balik visual instan; jika warna dilepaskan di zona yang salah, objek akan secara otomatis kembali ke posisi semula.



Gambar 5 Antarmuka tahap 2 : pengenalan suhu warna

Antarmuka Tahap 3: Pada tingkat ini, seperti pada gambar 6 *user interface* menampilkan objek desain statis di tengah layar, disertai dengan tiga *slider bar* di bagian bawah atau samping layar. Setiap *slider* digunakan untuk menyesuaikan parameter *hue*, saturasi, dan nilai (HSV). Ketika pemain menggeser *slider*, properti warna objek di tengah layar akan berubah secara dinamis, memberikan demonstrasi visual langsung tentang bagaimana dimensi warna mempengaruhi kontras dan kecerahan sebuah desain.



Gambar 6 Antarmuka tahap 3: interaksi slider HSV

Antarmuka Tahap 4: Validasi Roda Warna & hex code. Sebagai tingkat evaluasi akhir, antarmuka dirancang menjadi lebih kompleks, menyerupai lembar kerja perangkat lunak desain grafis (Gambar 7). Antarmuka pengguna menampilkan template tata letak poster atau halaman web yang masih kosong (tidak berwarna). Pemain diberikan roda warna interaktif dan palet kosong yang harus diisi menggunakan warna-warna harmonis (seperti monokromatik atau komplementer). Mekanisme ini divalidasi menggunakan logika Array di Construct 2 untuk mencocokkan nilai hex code dari warna yang diatur oleh pemain dengan kunci jawaban skema warna yang benar.



Gambar 7 Tahap 4: validasi roda warna & hex code

4.4 Pengujian

Pengujian produk jadi adalah tahap berikutnya setelah fase desain atau pengembangan aplikasi game selesai. Pengujian alfa adalah tahap dari proses pengujian ini, perhitungan skala Likert digunakan untuk mengukur tingkat penggunaan.

4.4.1 Pengujian Alfa

Fase pengujian alfa dipilih sebagai langkah preventif untuk memastikan keselarasan antara rancangan sistem dengan implementasi fitur utama, mekanisme permainan, dan tata letak antarmuka, sekaligus mengidentifikasi anomali teknis sebelum uji coba beta diterapkan. Hasil pengujian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian alfa

N o	Fitur / Level Pengujian	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1.	Navigasi & resolusi layar (umum)	Menjalankan aplikasi pada perangkat Android dengan aspek rasio 16:9 (1280x720) dan menguji tombol navigasi antar tahap (level)	Tampilan antarmuka (<i>Flat Design</i>) proporsional tidak terpotong, perpindahan halaman memuat tanpa crash (<i>force close</i>).	Berhasil
2.	Tahap 1: Sistem tap &	Menekan (<i>tap</i>) tombol	Sistem membaca input sentuhan dengan akurat. Jika jawaban benar,	Berhasil

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

	interaksi dialog	palet warna yang sesuai dengan kata kunci psikologis (kebutuhan klien) pada kotak teks.	memicu event transisi animasi ekspresi positif pada <i>sprite</i> karakter klien.	
3.	Tahap 2: Mekanik <i>drag and drop</i>	Menyeret objek warna acak dan melepaskannya (<i>drop</i>) tepat pada zona yang salah (<i>Cool Colors</i> diletakkan di <i>Warm Colors</i> atau sebaliknya).	Sistem mendeteksi kesalahan peletakan dan memberikan umpan balik visual otomatis berupa objek warna memantul (<i>bounce back</i>) ke posisi semula.	Berhasil
4.	Tahap 2: Validasi <i>drop zone</i>	Menyeret objek warna acak dan melepaskannya pada <i>Drop Zone</i> suhu warna yang benar.	Objek warna berhasil masuk dan terkunci pada zona tersebut tanpa adanya bug tumpang tindih (<i>overlapping</i>) aset.	Berhasil
5.	Tahap 3: Interaksi <i>slider HSV</i>	Menggeser ketiga <i>Slider Bar (Hue, Saturation, Value)</i> secara bergantian maupun bersamaan ke kanan dan ke kiri.	Properti warna objek desain statis di tengah layar mengalami perubahan (<i>update</i>) secara dinamis dan <i>real-time</i> sesuai nilai pergeseran.	Berhasil
6.	Tahap 4: Validasi roda warna & <i>hex code</i>	Mengambil warna dari roda warna interaktif dan menyusunnya ke palet kosong sesuai instruksi skema warna	Logika <i>Array</i> berhasil memvalidasi nilai <i>hex code</i> . Jika kombinasi warna harmonis sesuai kunci jawaban, sistem menyatakan tantangan selesai (lulus).	Berhasil

Berdasarkan Tabel 1 di atas, pengujian *alpha* dilakukan dengan fokus pada interaksi spesifik antarmuka setiap tahap (*level*), mulai dari mekanik *tap* sederhana di Tahap 1, sistem pantulan otomatis (*bounce back*) *drag and drop* di Tahap 2, responsivitas manipulasi parameter HSV secara *real-time* di Tahap 3, hingga kompleksitas pembacaan *array hex code* pada Tahap 4. Seluruh skenario pengujian fungsional tercatat berstatus "Berhasil", mengindikasikan bahwa logika *Visual Scripting* dari Construct 2 telah diimplementasikan dengan sempurna tanpa ditemukan galat (*error*) kritis pada lingkungan operasi Android.

4.4.2 Pengujian Beta

Evaluasi aplikasi gim *Spectrum Master : Color Theory Game* melibatkan masyarakat umum yang diwakili oleh 30 mahasiswa sebagai sampel responden. Pengumpulan data dilakukan melalui distribusi kuesioner kepada mahasiswa desain grafis, dengan tujuan menilai efektivitas gim dalam memfasilitasi pemahaman konsep teori warna secara visual dan praktis.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah Skala Likert, sebuah metode psikometri yang memuat serangkaian butir pernyataan terkait topik yang diteliti. Melalui skala ini, responden mengekspresikan tingkat persetujuan atau ketidaksetujuan mereka terhadap setiap pernyataan berdasarkan opsi teoretis yang tersedia.

Pengumpulan data diimplementasikan secara digital memanfaatkan platform Google Forms. Adapun data primer yang diperoleh dari pengisian instrumen oleh 30 responden tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian kuisisioner

No	Pertanyaan	Jawaban				
		SS	S	N	TS	STS
1.	Saya merasa konsep dan tema dari Gim ini sangat menarik	11	12	3	2	2
2.	Saya merasa <i>gameplay</i> dalam Gim ini sangat menarik	11	13	4	1	1

3.	Saya merasa navigasi dan kontrol dalam gim mudah dipahami	10	10	5	4	1
4.	Saya merasa jelas dengan petunjuk yang ada pada gim ini, sehingga membantu dalam memahami cara bermain	11	13	3	1	2
5.	Saya merasa fitur-fitur dalam game ini mendukung pembelajaran tentang teori warna.	12	10	5	2	1
6.	Saya merasa gim ini mudah dimainkan oleh pengguna dari usia 18 sampai 30 tahun	10	10	7	1	2
7.	Saya merasa nyaman dengan musik latar yang digunakan dalam gim	12	10	4	3	1
8.	Saya tertarik untuk memainkan game ini kembali di lain waktu	10	13	5	1	1
9.	Saya akan merekomendasikan game ini kepada teman atau keluarga	12	10	4	2	2
10.	Saya puas dengan gim ini sehingga dapat memahami teori warna dengan bantuan interaktif atau visual	11	13	4	1	1
Jumlah		110	114	44	18	14

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan skala Likert, berikut perhitungan dengan rumus (1) skor Total (T) yang diperoleh dari masing-masing jawaban.

$$\text{Skor Total (T)} = (\text{Jumlah Responden} \times \text{Skor Pilihan}) \quad (1)$$

Sangat Setuju (SS) : 110 x 5 = 550
 Setuju (S) : 114 x 4 = 456
 Netral (N) : 44 x 3 = 132
 Tidak Setuju (TS) : 18 x 2 = 36
 Sangat Tidak Setuju (STS) : 14 x 1 = 14
 Maka Total Skor (T) : 550 + 456 + 132 + 36 + 14 = 1.188

Kemudian dilanjutkan dengan menentukan skor maksimum (Y) dan Minimum (X), yaitu skor ideal diperoleh jika seluruh responden memilih jawaban dengan nilai tertinggi atau terendah. Skor maksimum (Y) didapat dari jumlah responden dikali dengan jumlah pertanyaan lalu dikali skor tertinggi yaitu : $30 \times 10 \times 5 = 1500$ poin . Sedangkan skor minimum (X) didapat dari jumlah responden dikali dengan jumlah pertanyaan lalu dikali skor terendah yaitu $30 \times 10 \times 1 = 300$ poin. Berikutnya adalah menghitung Presentase indeks (Persen Nilai) dengan rumus (2) untuk melihat di mana posisi total skor berada dalam rentang persentase 0% hingga 100%.

$$\text{Rumus Indeks} = \left(\frac{\text{Total Skor (T)}}{\text{Skor Maksimum (Y)}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Indeks} = \left(\frac{1.290}{1500} \right) \times 100 = 79 \%$$

Dan berikutnya dilakukan penentuan interval kategori dengan membagi rentang presentase menjadi 5 kategori sama rata seperti pada Tabel 3

Tabel 3 Kriteria interpretasi skor

Rentang Presentase	Kategori Interpretasi
--------------------	-----------------------

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

0% - 19,99%	Sangat Tidak Setuju
20% - 39,99%	Tidak Setuju
40% - 59,99%	Netral
60% - 79,99%	Setuju
80% - 100%	Sangat Setuju

Hasil perhitungan indeks menunjukkan angka 79% yang berada di dalam rentang 60% – 79,99%. Dengan demikian, mayoritas responden masuk dalam kategori Setuju / Baik terhadap pernyataan kuesioner.

Selain mengevaluasi aspek fungsionalitas dan kelayakan media, tahap pengujian beta dalam penelitian ini juga diperluas untuk mengukur tingkat efektivitas gim "Spectrum Master" terhadap peningkatan pemahaman kognitif pengguna dengan menggunakan desain kuasi-eksperimen (*quasi-experimental design*) berupa One-Group Pre-test - Post-test. Pengujian melibatkan 30 orang responden mahasiswa desain grafis yang sebelumnya teridentifikasi mengalami kesulitan dalam memahami dan mengaplikasikan teori warna.

Instrumen pengukuran yang digunakan berupa 15 butir soal pilihan ganda, mencakup empat indikator utama dari materi yang disajikan di dalam gim, yaitu: (1) makna dan psikologi warna, (2) suhu warna, (3) dimensi warna (HSV), dan (4) harmoni/skema warna. *Pre-test* diberikan sebelum responden berinteraksi dengan aplikasi untuk mengetahui kemampuan awal (kemampuan dasar) mereka. Setelah responden memainkan seluruh tahapan di dalam gim, mereka kemudian diberikan *Post-test* dengan tingkat kesulitan soal yang setara guna mengukur peningkatan pemahaman pasca-perlakuan (*treatment*).

Hasil perbandingan nilai rata-rata dari kedua tes tersebut diringkas dan disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 4 Ringkasan hasil engujian *pre-test* dan *post-test*

Deskripsi Penilaian	Nilai <i>Pre-test</i>	Nilai <i>Post-test</i>
Nilai Rata-rata (<i>Mean</i>)	42,50	85,30
Nilai Terendah (<i>Min</i>)	25,00	70,00
Nilai Tertinggi (<i>Max</i>)	60,00	100,00
Ketuntasan Klasikal (Batas Nilai 75)	0%	86,6% (26 Siswa)

Berdasarkan data pada Tabel 4, terlihat adanya lonjakan yang signifikan terhadap perolehan nilai responden. Sebelum memainkan gim, nilai rata-rata pemahaman mahasiswa menyentuh angka 42,50, di mana tidak ada satu pun responden yang mencapai batas ketuntasan minimum (nilai 75). Namun, setelah mahasiswa belajar dan berlatih melalui simulasi interaktif di dalam gim, nilai rata-rata kelas melonjak menjadi 85,30 dengan tingkat ketuntasan klasikal mencapai 86,6%.

Untuk mempertegas signifikansi peningkatan pemahaman tersebut, dilakukan perhitungan menggunakan rumus Normalized Gain (N-Gain Score). Berdasarkan selisih antara nilai *post-test* dan *pre-test*, diperoleh rata-rata N-Gain Score sebesar 0,74. Mengacu pada kriteria indeks N-Gain, skor 0,74 berada pada kategori "Tinggi" ($g > 0,70$).

Hasil pengujian kognitif ini memberikan bukti empiris bahwa gim edukasi "Spectrum Master" tidak hanya menghibur dan berfungsi dengan baik sebagai sebuah perangkat lunak, tetapi juga efektif menjalankan peran pedagogisnya. Interaktivitas mekanik gim, umpan balik visual secara *real-time*, dan pengemasan materi ke dalam bentuk visual *storytelling* terbukti berhasil mereduksi keabstrakan materi. Hal ini memungkinkan mahasiswa yang awalnya tidak menguasai teori warna menjadi lebih

paham, serta lebih siap dalam mengaplikasikan konsep-konsep tersebut pada kasus desain grafis yang nyata.

5 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan gim edukasi Android "Spectrum Master" menggunakan metode *game development life cycle* (GDLC) dan mesin Construct 2 sebagai solusi atas kesulitan 65% mahasiswa desain grafis dalam mengaplikasikan teori warna. Hasil pengujian alfa membuktikan seluruh mekanik interaktif gim—seperti sistem *tap*, *drag and drop*, *slider* HSV, dan validasi *hex code*—berfungsi sempurna tanpa galat. Pengujian beta kepada 30 mahasiswa juga menghasilkan skor kelayakan 79% (kategori "Setuju"). Lebih lanjut, pengujian kognitif memberikan bukti empiris mengenai efektivitas pedagogis media ini, di mana terjadi lonjakan nilai rata-rata pemahaman mahasiswa dari 42,50 (*pre-test* dengan 0% ketuntasan) menjadi 85,30 (*post-test* dengan 86,6% ketuntasan). Peningkatan ini dipertegas oleh perolehan skor N-Gain sebesar 0,74 yang berada pada kategori "Tinggi". Secara keseluruhan, interaktivitas mekanik, umpan balik *real-time*, dan pendekatan visual *storytelling* di dalam gim ini terbukti berhasil mereduksi keabstrakan materi, mengubah pola pembelajaran pasif menjadi aktif, serta membuat mahasiswa lebih paham dan siap mengaplikasikan konsep warna pada kasus desain grafis yang nyata.

Referensi

- [1] L. Song, G. Zhang, L. Ma, J. Silvennoinen, and F. Cong, "Comparative Analysis of Color Emotional Perception in Art and Non-Art University Students: Hue, Saturation, and Brightness Effects in the Munsell Color System," *BMC Psychol.*, Vol. 13, No. 1, p. 650, Jul. 2025, DOI: 10.1186/s40359-025-03034-y.
- [2] M. Yu, Z. A. S. Binti, B. S. Nazlina, C. HE, and L. SHI, "Effects of Brand Visual Identity on Consumer Attitude : A Systematic Literature Review," May 2024. DOI: 10.37766/inplasy2024.5.0048.
- [3] F. J. Serón Torrecilla, A. de Echave Sanz, C. Rodríguez Casals, E. M. Terrado Sieso, J. Pozuelo Muñoz, and E. Cascarosa Salillas, "Light and Color: Art and Science using an Interdisciplinary Approach in Primary Education Teacher Training," *Educ. SCI. (Basel)*, Vol. 14, No. 11, p. 1213, Nov. 2024, DOI: 10.3390/educsci14111213.
- [4] Q. Zhang and M. F. Ramli, "A Review of Project-based Learning and Design Education," *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Vol. 15, No. 1, Jan. 2025, DOI: 10.6007/IJARBS/v15-i1/24502.
- [5] C. C. A. van Nooijen et al., "A Cognitive Load Theory Approach to Understanding Expert Scaffolding of Visual Problem-Solving Tasks: A Scoping Review," *Educ. Psychol. Rev.*, Vol. 36, No. 1, p. 12, Mar. 2024, DOI: 10.1007/s10648-024-09848-3.
- [6] M. Noetel et al., "Multimedia Design for Learning: An Overview of Reviews with Meta-Meta-Analysis," *Rev. Educ. Res.*, Vol. 92, No. 3, pp. 413–454, Jun. 2022, DOI: 10.3102/00346543211052329.
- [7] A. Cekmis and M. Karakaya, "Digital Game-based Learning in Architecture Education: Consolidating Visual Design Principles in Freshmen," *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*, Vol. 5, No. 2, pp. 202–228, Aug. 2024, DOI: 10.47818/DRArch.2024.v5i2128.
- [8] T.-I. Chen, S.-K. Lin, and H.-C. Chung, "Gamified Educational Robots Lead an Increase in Motivation and Creativity in Stem Education," *Journal of Baltic Science Education*, Vol. 22, No. 3, pp. 427–438, Jun. 2023, DOI: 10.33225/jbse/23.22.427.
- [9] R. Damaševičius and T. Sidekierskienė, "Virtual Worlds for Learning in Metaverse: A Narrative Review," *Sustainability*, Vol. 16, No. 5, p. 2032, Feb. 2024, DOI: 10.3390/su16052032.
- [10] J. Chen et al., "A Study of the Application of New Media and Technology to Innovative Design Education in the Science of Learning," *SHS Web of Conferences*, Vol. 178, p. 02007, Oct. 2023, DOI: 10.1051/shsconf/202317802007.

- [11] M. Nadeem, M. Oroszlanyova, and W. Farag, “Effect of Digital Game-based Learning on Student Engagement and Motivation,” *Computers*, Vol. 12, No. 9, p. 177, Sep. 2023, DOI: 10.3390/computers12090177.
- [12] T. J. E. Faber, M. E. W. Dankbaar, W. W. van den Broek, L. J. Bruinink, M. Hogeveen, and J. J. G. van Merriënboer, “Effects of Adaptive Scaffolding on Performance, Cognitive Load and Engagement in Game-based Learning: A Randomized Controlled Trial,” *BMC Med. Educ.*, Vol. 24, No. 1, p. 943, Aug. 2024, DOI: 10.1186/s12909-024-05698-3.
- [13] G. Matthew, V. Pelsier-Carstens, B. Bunt, and L. Bunt, “Enhancing Student Engagement and Knowledge Retention through Game-based Learning: A Comprehensive Framework Integrating Game Design and Learning Theories,” *European Conference on Games Based Learning*, Vol. 19, No. 2, pp. 591–599, Sep. 2025, DOI: 10.34190/ecgbl.19.2.3873.
- [14] R. E. Mayer, “The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning,” *Educ. Psychol. Rev.*, Vol. 36, No. 1, p. 8, Mar. 2024, DOI: 10.1007/s10648-023-09842-1.
- [15] M. Sandaram et al., “Promoting Problem Solving Ability in Enhancing Creative Reasoning through Adaptive Digital Game-based Learning among Chemistry Undergraduate Students,” *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, Vol. 55, No. 1, pp. 205–213, Oct. 2024, DOI: 10.37934/araset.55.1.205213.
- [16] H. Y. Jarrah et al., “The Impact of Storytelling and Narrative Variables on Skill Acquisition in Gamified Learning,” *International Journal of Data and Network Science*, Vol. 8, No. 2, pp. 1161–1168, 2024, DOI: 10.5267/j.ijdns.2023.11.018.
- [17] Fakhri Amin, Muhammad Fhadli, Assaf Arief, and Yasir Muin, “Dungeon Code: Educational Game for Algorithm and Data Structure Courses by Applying the Game Development Life Cycle Method,” *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, Vol. 17, pp. 138–144, Nov. 2023, DOI: 10.47577/technium.v17i.10060.
- [18] R. M. M. Prasetyo, H. Syaputra, W. Cholil, and S. Sauda, “Rancang dan Bangun Game Edukasi Anak-Anak berbasis *Android* dengan *Unity* menggunakan Metode *Game Development Life Cycle*,” *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, Vol. 2, No. 2, pp. 103–111, Nov. 2021, DOI: 10.47747/jurnalnrik.v2i2.526.
- [19] J. Kurnia, Betesda, Dimpo Sinaga, Alcianno Ghobadi, Tata Sumitra, and Muryan Awaludin, “Pelatihan Teknologi berbasis Multimedia untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK Muhammadiyah 15 Jakarta,” *Jurnal Bakti Dirgantara*, Vol. 2, No. 2, pp. 116–123, May 2025, DOI: 10.35968/j44qvn80.