



Game Action Adventure Pelestarian Alam Indonesia 3d Berbasis Mobile

Shendy Dwi Hardyanto^{1*}, Cindy Taurusta², Yulian Findawati³, Suhendro Busono⁴

^{1,3,4}Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²Program Studi Sains Data, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email: shendyshendok19@gmail.com¹, cindytaurusta@umsida.ac.id², yulianfindawati@umsida.ac.id³, hendrob@umsida.ac.id⁴

*Penulis Korespondensi : shendyshendok19@gmail.com

Abstract. Environmental conservation education for children requires media that combines learning objectives with interactive digital experiences. This study aims to design and implement a mobile-based 3D action-adventure game titled Pelestarian Alam Indonesia as an educational medium for children aged 8-12 years. The development method used Multimedia Development Life Cycle (MDLC), consisting of concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. The prototype was built with Unity 3D and C#, with gameplay divided into three missions: waste collection, wildlife rescue, and reforestation. The results show that the game has a start screen, level selection menu, playable environments, virtual joystick controls, mission interaction buttons, reward mechanisms, and finite state logic to manage level progress and failure conditions. Functional testing scenarios were prepared using blackbox testing to verify loading, interaction, mission completion, navigation, and game-over states. This game can serve as a technical prototype for environmental education, although further usability and learning-effectiveness testing with target users is still required.

Keywords: Action-Adventure Game; Android; Environmental Conservation; MDLC; Unity 3D.

Abstrak. Pendidikan pelestarian alam bagi anak memerlukan media yang mampu menggabungkan tujuan pembelajaran dengan pengalaman digital yang interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan *game action-adventure* 3D berbasis *mobile* berjudul Pelestarian Alam Indonesia sebagai media edukasi untuk anak usia 8-12 tahun. Metode pengembangan yang digunakan adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC), meliputi *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Prototipe dikembangkan menggunakan Unity 3D dan bahasa pemrograman C#, dengan *gameplay* yang terbagi ke dalam tiga misi, yaitu pembersihan sampah, penyelamatan satwa, dan reboisasi. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa *game* telah memiliki halaman pembuka, menu pemilihan *level*, lingkungan permainan, kontrol *virtual joystick*, tombol interaksi misi, mekanisme *reward*, serta logika *finite state* untuk mengatur progres dan kondisi kegagalan permainan. Skenario pengujian fungsional disusun menggunakan *blackbox testing* untuk memverifikasi proses *loading*, interaksi objek, penyelesaian misi, navigasi, dan *game over*. *Game* ini dapat menjadi prototipe teknis media edukasi lingkungan, tetapi masih memerlukan uji *usability* dan evaluasi efektivitas pembelajaran pada pengguna sasaran.

Kata kunci: Android; Gim aksi-petualangan; MDLC; Pelestarian Alam; Unity 3D.

1. LATAR BELAKANG

Pelestarian alam merupakan isu penting karena degradasi lingkungan berdampak pada kualitas ekosistem, keberlanjutan sumber daya, dan keberadaan satwa liar. Di Indonesia, persoalan lingkungan tidak hanya berkaitan dengan kerusakan hutan, tetapi juga pencemaran, pengelolaan sampah, dan rendahnya keterlibatan masyarakat dalam menjaga lingkungan. Data Global Forest Watch menunjukkan bahwa kehilangan tutupan pohon dan hutan primer lembap di Indonesia masih menjadi persoalan jangka panjang sehingga edukasi konservasi perlu diperkuat sejak usia dini (Anon n.d.-b). Anak usia sekolah dasar menjadi kelompok strategis dalam pendidikan lingkungan karena nilai kepedulian, empati, dan tanggung jawab dapat dibentuk melalui aktivitas belajar yang dekat dengan pengalaman mereka. Namun,

pembelajaran lingkungan di sekolah sering masih dominan teoritis sehingga kurang memberi pengalaman eksploratif dan partisipatif. Pada saat yang sama, penggunaan perangkat digital dan *mobile* terus meningkat sehingga media pembelajaran berbasis *game* menjadi alternatif yang relevan dengan pola interaksi anak masa kini (Anon n.d.-a; Khoirunnisa and Syaihul Huda 2023)

Game edukasi dapat menggabungkan unsur hiburan, tantangan, umpan balik, dan tujuan pembelajaran. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *game* berbasis Android dapat digunakan sebagai media pengenalan lingkungan, pengelolaan sampah, serta konservasi satwa (Atmodjo WP et al. 2025; Fernando et al. 2024; Muzdalifah, Hidayat, and Masrawati 2023). Di sisi lain, *game action-adventure* memberi peluang lebih luas karena pemain dapat melakukan eksplorasi, menyelesaikan misi, mengambil keputusan, dan mengalami konsekuensi dalam ruang virtual (Hatta, Fahmi, and Kridalaksana 2021; Mahaputra, Suarjaya, and Eka Pratama 2023).

Kesenjangan yang ditemukan dari penelitian terdahulu adalah masih terbatasnya *game* edukasi lingkungan yang memadukan visualisasi 3D, mekanik *action-adventure*, dan isu pelestarian alam Indonesia secara terpadu. Sebagian penelitian masih berfokus pada *game* 2D, kuis, *puzzle* sederhana, atau satu isu lingkungan tertentu seperti sampah, satwa endemik, maupun reboisasi (Bintang savana Akhiriyah 2024; Khasanah and Arifudin 2025; Lestari et al. 2025; Nur Aieni, Taurusta, and Sumarno 2024). Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk merancang *game action-adventure* 3D berbasis *mobile* yang mengintegrasikan tiga isu utama, yaitu kebersihan lingkungan, perlindungan satwa, dan pemulihan hutan..

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan prototipe *game action-adventure* 3D bertema pelestarian alam Indonesia berbasis *mobile* sebagai media edukasi interaktif bagi anak usia 8-12 tahun. Penelitian ini menekankan keterpaduan antara materi konservasi, visualisasi 3D, mekanisme permainan, dan alur misi yang dapat memperkuat pengalaman belajar melalui aktivitas bermain.

2. KAJIAN TEORITIS

Game Edukasi dan Action-Adventure

Game edukasi merupakan media pembelajaran yang dirancang untuk menyampaikan materi melalui aktivitas bermain. Karakteristik utamanya meliputi tujuan pembelajaran yang jelas, tantangan, umpan balik, dan keterlibatan aktif pemain. Dalam konteks pembelajaran anak, *game* dapat membantu meningkatkan motivasi, retensi informasi, dan keterlibatan kognitif karena pemain memperoleh pengalaman langsung melalui interaksi (Borman and

Purwanto 2019; Tiryana, Rusolono, and Muhdin 2022). Genre *action-adventure* memiliki ciri eksplorasi lingkungan, penyelesaian misi, rintangan, dan progres cerita. Pada *game* edukasi bertema pelestarian lingkungan, genre ini memungkinkan pesan pembelajaran ditanamkan melalui tindakan pemain, misalnya mengambil sampah, menyelamatkan satwa, menghindari pemburu, atau menanam bibit pohon. Pendekatan tersebut dapat membuat pesan konservasi lebih kontekstual daripada penyampaian teks satu arah (Hoesen 2022; Mahaputra et al. 2023).

Pelestarian Alam Indonesia dalam Media Digital

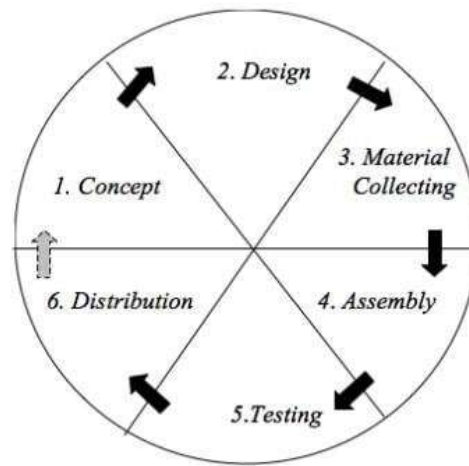
Pelestarian alam Indonesia mencakup perlindungan ekosistem, pengurangan pencemaran, perlindungan flora dan fauna, serta pemulihan lingkungan yang rusak. Beberapa penelitian terdahulu telah mengangkat edukasi lingkungan melalui permainan dan aplikasi, seperti edukasi konservasi penyu, pengenalan hewan endemik, pengelolaan sampah, dan SDGs *Life on Land* (Bintang savana Akhiriyah 2024; Khasanah and Arifudin 2025; Purwaningsih and Suriyana 2020). Meskipun demikian, pendekatan yang menggabungkan beberapa isu lingkungan dalam satu narasi game 3D masih perlu dikembangkan.

Multimedia Development Life Cycle

Multimedia Development Life Cycle atau MDLC adalah metode pengembangan multimedia yang umum digunakan pada pembuatan aplikasi interaktif dan *game* edukasi. Tahapan MDLC terdiri dari *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Metode ini sesuai untuk penelitian karena memberi urutan kerja yang sistematis mulai dari penetapan konsep sampai distribusi produk (Borman and Purwanto 2019; Nur Aieni et al. 2024).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan teknis dengan model *Multimedia Development Life Cycle*. Fokus penelitian bukan pada pengujian hipotesis statistik, melainkan pada perancangan, pembangunan dasar prototipe, dan penyusunan skenario pengujian fungsional *game*. Subjek sasaran pengguna adalah anak usia 8–12 tahun atau siswa kelas 3–6 sekolah dasar yang telah memiliki kemampuan membaca dan memahami instruksi digital dasar.



Gambar 1. Tahapan metode MDLC.

Tahap *concept* menetapkan tujuan *game*, sasaran pengguna, batasan platform, serta misi edukasi. *Game* dikembangkan untuk perangkat Android, dimainkan secara *offline*, dan mendukung satu pemain. Materi utama meliputi menjaga kebersihan lingkungan, melindungi satwa, dan melakukan reboisasi. Tahap *design* menghasilkan alur navigasi, rancangan *level*, *storyboard*, antarmuka, dan logika *finite state machine*. Alur umum permainan dimulai dari menu utama, pemilihan *level*, penyelesaian misi, pemberian *reward*, lalu opsi melanjutkan, mengulang, atau keluar dari permainan.

Tahap *material collecting* dilakukan dengan mengumpulkan aset 3D, karakter, objek lingkungan, *background*, efek suara alam, ikon tombol, dan narasi edukatif. Tahap *assembly* dilakukan menggunakan *Unity 3D* dan bahasa pemrograman C# untuk mengimplementasikan interaksi pemain, objek misi, sistem *reward*, rintangan, dan navigasi antarmenu. Tahap *testing* disusun dalam bentuk *alpha testing* untuk fungsi dasar dan *beta testing* untuk kenyamanan pengguna sasaran. Tahap *distribution* menghasilkan file APK dan panduan penggunaan.

Tabel 1. Spesifikasi perangkat dan perangkat lunak pengembangan.

Kategori	Komponen	Spesifikasi / Aplikasi
Perangkat keras	Laptop	ASUS VivoBook
Perangkat keras	Prosesor	Intel Core i5-11400H
Perangkat keras	RAM	16 GB DDR4
Perangkat keras	GPU	NVIDIA GTX 1650 4 GB
Perangkat keras	Penyimpanan	SSD 512 GB
Perangkat keras	Perangkat uji	Smartphone Android 12, RAM 4 GB
Perangkat lunak	Game engine	Unity 3D
Perangkat lunak	Bahasa pemrograman	C#
Perangkat lunak	Desain 3D	Blender
Perangkat lunak	Desain UI/UX	Figma
Perangkat lunak	Audio dan gambar	Audacity dan Adobe Photoshop
Perangkat lunak	Pengujian APK	Android Studio / Emulator

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Konsep dan Level Permainan

Hasil penelitian menghasilkan prototipe *game action-adventure* 3D dengan tokoh utama bernama REST sebagai penjaga hutan muda. Karakter ini merepresentasikan anak yang suka berpetualang, bertanggung jawab, dan peduli terhadap lingkungan. *Game* disusun dalam tiga *level* utama yang masing-masing membawa misi edukatif berbeda, yaitu membersihkan sampah, menyelamatkan burung merak dari pemburu, dan melakukan reboisasi pada area hutan yang rusak.

Implementasi antarmuka awal ditunjukkan pada Gambar 2. Halaman pembuka menampilkan identitas *game* dan tombol *Play*, sedangkan menu *level* menyediakan akses ke tiga misi utama. Desain antarmuka dibuat sederhana dengan nuansa hutan agar sesuai dengan tema pelestarian alam dan mudah dipahami oleh pengguna anak usia sekolah dasar.



Gambar 2. Tampilan halaman pembuka dan menu *level game*: (a) halaman pembuka; (b) menu pemilihan *level*.

Implementasi *gameplay* ditunjukkan pada Gambar 3. *Level 1* menampilkan misi pembersihan sampah, *Level 2* menampilkan area hutan untuk misi penyelamatan satwa, dan *Level 3* menampilkan area reboisasi. Setiap *level* menghubungkan aksi pemain dengan pesan edukatif .



Gambar 3. Tampilan *gameplay* prototipe *game*: (a) *Level 1* pembersihan sampah; (b) *Level 2* penyelamatan satwa; (c) *Level 3* reboisasi.

Tabel 2. Rancangan level, mekanik, dan pesan edukasi.

Level	Tema Misi	Mekanik Utama	Pesan Edukasi
Level 1	Pembersihan sampah	Pemain mengumpulkan sampah plastik, botol, dan objek lain, lalu menaruhnya pada tempat yang sesuai.	Pencemaran lingkungan dapat dikurangi melalui kebiasaan membuang dan memilah sampah.
Level 2	Penyelamatan burung merak	Pemain menyusuri hutan, menghindari penjaga, melewati rintangan, dan membuka kandang melalui quick-time event.	Perburuan satwa dilindungi merusak keseimbangan ekosistem dan harus dicegah.
Level 3	Reboisasi hutan rusak	Pemain mengumpulkan bibit dan air, mengidentifikasi tanah, lalu menanam bibit pada titik yang ditentukan.	Reboisasi menjadi langkah penting untuk memulihkan hutan yang rusak akibat aktivitas manusia.

Rancangan Alur dan Logika Permainan



Gambar 4. Tampilan *gameplay* prototipe *game* dari mekanik *game* sampai ending.

Alur navigasi dirancang secara linear bertahap agar anak dapat memahami progres permainan dengan jelas. Pemain memulai dari menu utama, memilih *level*, menyelesaikan misi, memperoleh *reward*, kemudian memilih untuk melanjutkan *level* berikutnya, mengulang *level*, kembali ke menu, atau keluar dari permainan. Rancangan ini membuat setiap misi memiliki tujuan yang eksplisit dan mengurangi kebingungan pada pengguna usia sekolah dasar.

Finite State Machine digunakan untuk mengatur perpindahan kondisi dalam permainan. Pada *Level 1*, state utama mencakup bermain, berinteraksi dengan sampah, mengambil sampah, menaruh sampah, complete, *reward*, dan *game over*. Pada *Level 2*, state mencakup bermain, menghadapi rintangan pohon, rintangan semak, *safe zone*, penyelamatan hewan, *reward*, dan *game over*. Pada *Level 3*, state mencakup bermain, mencari bibit, mengidentifikasi tanah, menanam bibit, complete, *reward*, dan *game over*. Penggunaan FSM membuat logika *level* lebih terstruktur karena setiap kondisi memiliki aturan transisi yang jelas.

Tabel 3. Komponen aset utama dan fungsinya.

Komponen	Fungsi dalam Game	Keterangan Desain
Karakter REST	Avatar pemain dan pelaksana misi konservasi.	Dirancang sebagai anak petualang yang bertanggung jawab dan dekat dengan lingkungan.
Karakter penjahat	Rintangan naratif pada <i>level</i> penyelamatan satwa.	Mewakili perilaku perusakan alam dan perburuan liar.
Burung merak	Objek penyelamatan pada <i>Level 2</i> .	Digunakan untuk mengenalkan kepedulian terhadap satwa dilindungi.
Objek sampah	Objek interaksi pada <i>Level 1</i> .	Mendukung edukasi kebersihan dan pengelolaan sampah.
Bibit pohon dan air	Objek interaksi pada <i>Level 3</i> .	Mendukung edukasi reboisasi dan pemulihan hutan.
Tombol dan joystick	Kontrol gerak dan interaksi pemain.	Dirancang sederhana agar sesuai dengan pengguna anak-anak.

Rancangan Pengujian Fungsional

Pengujian dirancang untuk memastikan fungsi dasar berjalan sesuai alur. Alpha testing berfokus pada fungsi internal, sedangkan beta testing dirancang untuk mengevaluasi kenyamanan tampilan, kemudahan kontrol, dan pemahaman misi oleh pengguna sasaran. Karena artikel ini disusun sebagai technical paper berbasis proposal pengembangan, tabel berikut menampilkan skenario uji fungsional yang menjadi dasar validasi implementasi.

Tabel 4. Pengujian blackbox.

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Menu Utama	Pemain menekan tombol <i>Start</i>	Sistem menampilkan menu pemilihan <i>level</i>	Valid
2	<i>Level 1</i> - Pembersihan Sampah	Pemain mengumpulkan dan membuang seluruh sampah	Misi selesai dan <i>reward</i> wadah air diberikan	Valid
3	<i>Level 2</i> - Penyelamatan Merak	Pemain menyelamatkan burung merak hingga mencapai zona aman	Misi selesai dan <i>reward</i> 5 botol air diberikan	Valid
4	<i>Level 3</i> – Reboisasi	Pemain menanam dan menyiram seluruh bibit pohon	Misi selesai dan <i>reward</i> bibit tanaman diberikan	Valid
5	Sistem <i>Reward</i>	Pemain menyelesaikan <i>level</i>	<i>Reward</i> diberikan sesuai level yang diselesaikan	Valid
6	Sistem Progress Misi	Pemain menyelesaikan tahapan misi	Progress bar bertambah sesuai progres permainan	Valid
7	Sistem Timer	Waktu permainan berjalan selama level berlangsung	Timer berjalan dan berkurang sesuai waktu	Valid
8	Perpindahan <i>Level</i>	Pemain menekan tombol Lanjut <i>Level</i>	Sistem berpindah ke <i>level</i> berikutnya	Valid
9	Menu Keluar	Pemain menekan tombol Menu Utama	Sistem kembali ke menu utama	Valid

Tabel 5. Hasil Pengujian Pengguna (User Acceptance Test).

No	Pertanyaan	Rata-rata Skor	Persentase (%)	Kategori
1	Tampilan antarmuka <i>game</i> menarik dan mudah dipahami	4,24	84,71%	Sangat Baik
2	Menu dan navigasi <i>game</i> mudah digunakan	4,24	84,71%	Sangat Baik
3	Kontrol karakter mudah dioperasikan	4,18	83,53%	Sangat Baik
4	Alur permainan pada setiap <i>level</i> mudah dipahami	4,18	83,53%	Sangat Baik
5	Misi yang diberikan pada setiap <i>level</i> menarik untuk dimainkan	4,18	83,53%	Sangat Baik
6	Game memberikan pengetahuan baru tentang pelestarian lingkungan	4,24	84,71%	Sangat Baik
7	Materi edukasi yang disampaikan mudah dipahami	3,94	78,82%	Baik
8	Game membantu meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga lingkungan	4,35	87,06%	Sangat Baik
9	Secara keseluruhan <i>game</i> layak digunakan sebagai media edukasi lingkungan	4,29	85,88%	Sangat Baik

Perhitungan Nilai Keseluruhan

Total responden : 17 orang. Rata-rata persentase seluruh aspek:

$$\frac{84.71+84.71+83.53+83.53+83.53+84.71+78.82+87.06+85.88}{9} = 84.05\%.$$
Hasil Pengujian Pengguna

Berdasarkan hasil pengujian pengguna yang melibatkan 17 responden, diperoleh nilai rata-rata sebesar 84,05% yang termasuk dalam kategori Sangat Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Game Action Adventure Pelestarian Alam Indonesia 3D Berbasis Mobile* memiliki tampilan yang menarik, mudah dimainkan, serta mampu memberikan edukasi mengenai pentingnya menjaga lingkungan. Selain itu, aspek dengan nilai tertinggi diperoleh pada pernyataan "*Game membantu meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga lingkungan*" dengan persentase sebesar 87,06%, sehingga dapat disimpulkan bahwa game berhasil menyampaikan tujuan edukatif yang diharapkan dan layak digunakan sebagai media pembelajaran pelestarian alam.

Tabel 6. Kategori Penilaian

Persentase	Kategori
81% – 100%	Sangat Baik
61% – 80%	Baik
41% – 60%	Cukup
21% – 40%	Kurang
0% – 20%	Sangat Kurang

Dibandingkan penelitian yang berfokus pada *game* 2D atau interaksi sederhana, rancangan ini menekankan pengalaman eksploratif melalui visualisasi 3D dan mekanik *action-adventure*. Penelitian Atmodjo WP et al. (2025), Fernando et al. (2024), dan Lestari et al.

(2025) berkontribusi pada edukasi pengelolaan sampah, tetapi masih terbatas pada cakupan isu dan kedalaman eksplorasi. Penelitian Khasanah dan Arifudin (2025) menekankan tema SDGs Life on Land, sedangkan rancangan ini menggabungkan kebersihan, perlindungan satwa, dan reboisasi dalam satu alur bertahap.

Integrasi tiga *level* membuat pesan edukasi tidak berdiri sebagai informasi tambahan, melainkan melekat pada aksi pemain. Ketika pemain mengambil sampah, menyelamatkan burung merak, dan menanam bibit pohon, proses bermain sekaligus menjadi representasi tindakan konservasi. Dengan demikian, rancangan ini mendukung prinsip *edutainment*, yaitu pembelajaran melalui pengalaman yang menyenangkan, aktif, dan kontekstual.

Keterbatasan rancangan ini adalah evaluasi efektivitas pembelajaran belum dijelaskan melalui data kuantitatif *pre-test* dan *post-test*. Pengujian yang tersedia masih berupa rancangan *alpha testing* dan *beta testing*. Oleh karena itu, tahap lanjutan perlu melakukan implementasi APK, uji kelayakan kepada pengguna sasaran, pengukuran pemahaman lingkungan, serta analisis *usability* untuk memastikan *game* benar-benar efektif sebagai media pembelajaran.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe *game action-adventure* 3D berbasis *mobile* bertema pelestarian alam Indonesia. *Game* terdiri dari halaman pembuka, menu pemilihan *level*, kontrol permainan berbasis *virtual joystick*, tombol interaksi, sistem misi, *reward*, dan tiga *level* utama yang membahas pembersihan sampah, penyelamatan satwa, serta reboisasi. Penerapan metode MDLC membantu proses pengembangan berjalan sistematis mulai dari penyusunan konsep, perancangan aset, pengumpulan materi, implementasi, pengujian, hingga distribusi APK. Berdasarkan rancangan pengujian blackbox, fungsi utama seperti *loading level*, navigasi menu, interaksi objek, penyelesaian misi, dan kondisi *game over* dapat dijadikan dasar validasi teknis produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua atas doa, dukungan, dan motivasi yang tidak pernah putus selama proses perkuliahan hingga penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Cindy Taurusta, S.ST., M.T, Ibu Yulian Findawati, ST., M.MT, dan Bapak Suhendro Busono, S.ST., M.Kom atas bimbingan, arahan, serta ilmu yang diberikan selama penelitian berlangsung. Tidak lupa,

penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah menemani perjalanan perkuliahan sejak semester awal, memberikan semangat, dukungan, dan bantuan dalam berbagai situasi. Melalui proses ini, penulis belajar bahwa tidak semua hal berada dalam kendali diri sendiri dan tidak setiap kesulitan menjadi tanggung jawab pribadi. Namun, setiap tantangan yang dihadapi merupakan bagian dari proses pembelajaran

DAFTAR REFERENSI

- Akhiriyah, B. S. (2024). Game edukasi pengenalan nama bahasa ilmiah 21 hewan endemik yang tersebar di Kepulauan Indonesia untuk siswa IPA fase E (kelas X) menggunakan metode GDLC (Game Development Life Cycle). *JAMASTIKA (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(1), 9–15.
- Anon. (n.d.-a). *Digital 2024: Indonesia — DataReportal – Global Digital Insights*. Retrieved June 21, 2026, from <https://datareportal.com/reports/digital-2024-indonesia>
- Anon. (n.d.-b). *Indonesia deforestation rates & statistics | GFW*. Retrieved June 21, 2026, from <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/IDN/>
- Atmodjo, W. P. D., Herdiansah, A., Herryansyah, H., & Nanda, I. (2025). Pengembangan game edukasi interaktif pengenalan dan pengelolaan sampah menggunakan pendekatan Multimedia Development Life Cycle. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 5(2), 150–159. <https://doi.org/10.31294/reputasi.v5i2.5624>
- Borman, R. I., & Purwanto, Y. (2019). Implementasi Multimedia Development Life Cycle pada pengembangan game edukasi. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, 5(2), 119–124.
- Fernando, R., Laila, S. N., Rosandi, T., & Hasibuan, M. S. (2024). Pengembangan game edukasi 2D berbasis Android untuk meningkatkan kesadaran lingkungan pada anak-anak. *Jurnal Teknika*, 18(2), 1–5.
- Hatta, H. R., Fahmi, M. N., & Kridalaksana, A. H. (2021). Pengembangan *Game Adventure of Utan* menggunakan challenge cadence skill-theme. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 16(1), 57. <https://doi.org/10.30872/jim.v16i1.5265>
- Hoesen, N. (2022). Rancang bangun game berbasis Android bertemakan cerita rakyat Betawi Si Pitung. *Jurnal Esensi Infokom: Jurnal Esensi Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, 5(2), 32–37. <https://doi.org/10.55886/infokom.v5i2.279>
- Khasanah, N., & Arifudin, D. (2025). *Game Forest Keeper* sebagai edukasi lingkungan SDGs Life on Land. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 2(4), 13. <https://doi.org/10.47134/jtp.v2i4.1734>
- Khoirunnisa, A., & Huda, W. S. (2023). Rancang bangun game edukasi bahasa Jawa (Dinggo) berbasis mobile menggunakan metode Waterfall untuk sekolah dasar. *MARAS: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 1(2), 234–245. <https://doi.org/10.60126/maras.v1i2.47>
- Lestari, T., Ishak, S. N., Langasa, S. A., Sahsun, D., Muhamad, F. T., Fataha, F. S. H., Bada, W., Aulia, R., Sumarto, S., Diman, T., Daud, R., Manteto, T., Salim, N., Minggu, M., Hasan, R. H., Laego, R., & Aldjokdja, R. K. (2025). Games edukasi: Sampahku tanggungjawabku. *BESIRU: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(9), 933–938.

- Mahaputra, P. A., Suarjaya, I. M. A. D., & Pratama, I. P. A. E. (2023). Rancang bangun game mobile action adventure dengan latar objek wisata di Bali berbasis Android. *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, 4(1), 1602. <https://doi.org/10.24843/jtrti.2023.v04.i01.p05>
- Muzdalifah, M., Hidayat, H., & Masrawati, M. (2023). Aplikasi game edukasi peduli lingkungan berbasis Android pada Taman Kanak-Kanak Guppi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Amsir*, 219–230.
- Nur Aieni, I., Taurusta, C., & Sumarno. (2024). Rancang bangun game adventure 3D edukasi sampah organik dan non-organik. *Technomedia Journal*, 9(1), 61–75. <https://doi.org/10.33050/tmj.v9i1.2222>
- Purwaningsih, D., & Suriyana, S. (2020). Edukasi konservasi penyu melalui permainan rakyat. *ARSY: Jurnal Aplikasi Riset Kepada Masyarakat*, 1(1), 51–57. <https://doi.org/10.55583/arsy.v1i1.30>
- Tiryana, T., Rusolono, T., & Muhdin, M. (2022). Mewujudkan kelestarian hasil tegakan merbau di hutan alam Indonesia. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*, 4(3), 268–271. <https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0403.268-271>