



Pengembangan Game Edukasi Kebersihan Lingkungan Pesisir Pantai Menggunakan Algoritma Fisher-Yates Shuffle

Khanaya Adjie Akbar ^{1*}, dan Iedam Fardian Anshori ²

¹ Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya, Bandung; Jawa Barat; e-mail : khanayaadjie@gmail.com

² Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya, Bandung; Jawa Barat; iedam@ars.ac.id

* Corresponding Author : Khanaya Adjie Akbar

Abstract: *The increasing volume of waste in coastal areas, particularly in the Anambas region, poses a serious threat to marine ecosystems and public health. This study aims to develop an educational game themed on coastal cleanliness for elementary school students, utilizing the Fisher-Yates Shuffle algorithm and the Game Development Life Cycle (GDLC) method. The research employs a descriptive-qualitative approach with software engineering, involving 20 participants (5 teachers and 15 students) from SDN 001 Payalaman as the sample. Data were collected through observation, interviews, and Likert-scale questionnaires, and analyzed using qualitative-descriptive techniques with triangulation. The results show that the game is well-received, increases student engagement, and enhances understanding of environmental issues. The findings indicate that the game effectively delivers interactive educational content and motivates students to care for the coastal environment. In conclusion, the game is suitable as a thematic learning medium in coastal schools, though future research should expand the sample and explore additional features for broader impact.*

Keywords: *Coastal Environment; Educational Game; Fisher-Yates Shuffle; Game Development Life Cycle; Primary Educatio*

Abstrak: Peningkatan volume sampah di wilayah pesisir, khususnya di kawasan Anambas, menjadi ancaman serius bagi ekosistem laut dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan game edukasi bertema kebersihan pesisir pantai untuk siswa sekolah dasar dengan menerapkan algoritma Fisher-Yates Shuffle dan metode Game Development Life Cycle (GDLC). Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif-kualitatif berbasis rekayasa perangkat lunak, dengan populasi dan sampel sebanyak 20 partisipan (5 guru dan 15 siswa) dari SDN 001 Payalaman. Instrumen penelitian berupa observasi, wawancara, dan kuesioner skala Likert, dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan triangulasi. Hasil penelitian menunjukkan game diterima dengan baik, meningkatkan keterlibatan siswa, serta memperkuat pemahaman tentang isu lingkungan. Temuan menegaskan game ini efektif sebagai media pembelajaran interaktif dan mampu memotivasi kepedulian siswa terhadap lingkungan pesisir. Kesimpulannya, game layak digunakan sebagai media ajar tematik di sekolah pesisir, meski penelitian lanjutan perlu memperluas sampel dan fitur untuk dampak yang lebih luas.

Kata kunci: Algoritma Fisher-Yates Shuffle; Game Development Life Cycle; Game Edukasi; Lingkungan Pesisir; Pendidikan Dasa

Naskah Masuk: 12 Oktober 2025

Revisi: 13 Desember 2025

Diterima: 30 Maret 2026

Terbit: 31 Maret 2026

Ver. Skrg.: 31 Maret 2026



Copyright: © 2026 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Pencemaran pesisir dan lautan akibat limbah padat, khususnya sampah plastik, telah menjadi salah satu krisis lingkungan paling mendesak di tingkat global. Data menunjukkan bahwa jutaan ton sampah plastik dari daratan terus masuk ke lautan setiap tahunnya, mengancam keseimbangan ekosistem laut, mengganggu rantai makanan biota laut, serta membahayakan kesehatan masyarakat yang bergantung pada sumber daya pesisir [1], [2]. Kondisi ini turut tercermin dalam agenda pembangunan berkelanjutan global, di mana Target

14.1 Sustainable Development Goals (SDGs) secara eksplisit menargetkan pengurangan signifikan polusi laut dari berbagai sumber, termasuk sampah pesisir, sebagai prioritas aksi internasional hingga tahun 2025 [3]. Permasalahan ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga menyentuh dimensi sosial dan ekonomi, terutama bagi komunitas pesisir yang penghidupannya sangat bergantung pada kelestarian laut.

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.504 pulau dan garis pantai sepanjang lebih dari 95.000 km, menghadapi tekanan yang sangat besar terhadap pengelolaan sampah pesisir [4], [5]. Kajian kebijakan terkini mengungkapkan bahwa Indonesia merupakan salah satu kontributor terbesar sampah plastik ke lautan dunia, dengan strategi penanggulangan yang masih terpusat pada sumber darat dan kurang menyentuh perubahan perilaku masyarakat secara menyeluruh [6]. Di tingkat lokal, wilayah pesisir seperti Kabupaten Kepulauan Anambas mengalami peningkatan volume sampah yang signifikan, yang mengancam kelestarian ekosistem laut, membahayakan biota, serta berdampak pada kesehatan masyarakat pesisir. Fenomena ini menegaskan bahwa penanganan masalah sampah pesisir tidak dapat hanya bertumpu pada intervensi fisik, melainkan harus didukung oleh upaya edukasi lingkungan yang berkelanjutan sejak usia dini.

Salah satu akar permasalahan dari meluasnya pencemaran pesisir adalah rendahnya kesadaran masyarakat terhadap dampak buruk sampah, yang diperparah oleh minimnya edukasi lingkungan sejak usia dini [7], [8]. Di jenjang pendidikan dasar, materi tentang lingkungan hidup umumnya masih disampaikan melalui pendekatan konvensional yang bersifat satu arah, sehingga kurang mampu menumbuhkan pemahaman mendalam maupun perilaku peduli lingkungan pada diri siswa [9], [10]. Kondisi ini semakin diperparah di sekolah-sekolah yang berlokasi di wilayah pesisir, di mana keterbatasan infrastruktur dan akses terhadap media pembelajaran inovatif turut memperlemah kualitas pendidikan lingkungan yang diterima oleh siswa [11]. Dengan demikian, dibutuhkan suatu media pembelajaran alternatif yang mampu menyampaikan isu lingkungan secara menarik, interaktif, dan kontekstual sesuai kondisi lokal.

Penelitian terkini menunjukkan bahwa game edukasi berbasis digital learning menawarkan pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dibandingkan metode konvensional, karena memungkinkan terjadinya proses belajar aktif melalui simulasi, tantangan, dan visualisasi yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa [12]. Studi yang dilakukan oleh [9] mengkonfirmasi bahwa penggunaan game edukatif berbasis digital terbukti meningkatkan motivasi belajar, partisipasi aktif, dan keterlibatan emosional siswa sekolah dasar secara signifikan. Lebih jauh, temuan dari penelitian [13] mengindikasikan bahwa intervensi Digital Game-Based Learning (DGBL) mampu meningkatkan pengetahuan lingkungan dan sikap siswa secara terukur, menjadikannya instrumen yang menjanjikan untuk pendidikan ekologis di tingkat pendidikan dasar [14]. Potensi ini mendorong para peneliti untuk mengeksplorasi pengembangan game edukasi yang secara spesifik mengangkat tema kebersihan lingkungan pesisir sebagai respons terhadap kebutuhan lokal yang mendesak.

Meskipun penelitian tentang game edukasi telah berkembang pesat, terdapat kesenjangan yang signifikan dalam hal adopsi algoritma pengacakan yang adil dan metode pengembangan yang sistematis dalam konteks pendidikan dasar di Indonesia. Penerapan algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam game edukasi telah terbukti efektif menciptakan variasi konten yang adil dan mencegah pola berulang yang dapat menurunkan motivasi belajar [15], [16]. Penelitian oleh [17] yang mengimplementasikan Fisher-Yates Shuffle bersama algoritma Fuzzy Tsukamoto dalam game edukasi budaya Nusantara menghasilkan skor penerimaan pengguna sebesar 84,9% dan peningkatan hasil belajar yang dikategorikan moderat, menegaskan relevansi algoritma ini dalam desain game edukatif yang dinamis. Selain itu, pendekatan pengembangan berbasis Game Development Life Cycle (GDLC) dinilai mampu mengintegrasikan aspek desain, teknis, dan edukatif secara menyeluruh, serta mendukung kontrol kualitas pada setiap tahapan pengembangan [18], [19]. Namun, kombinasi antara Fisher-Yates Shuffle dan GDLC untuk pengembangan media pembelajaran tematik lingkungan pesisir di sekolah dasar masih sangat jarang ditemukan dalam literatur yang ada, sehingga menciptakan celah penelitian yang perlu diisi.

Bertolak dari permasalahan dan celah penelitian yang teridentifikasi, penelitian ini bertujuan mengembangkan game edukasi bertema kebersihan pesisir pantai untuk siswa sekolah dasar dengan mengintegrasikan algoritma Fisher-Yates Shuffle dan metode Game Development Life Cycle (GDLC), guna menciptakan pengalaman belajar yang dinamis, interaktif, dan kontekstual [4], [16]. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak akan media pembelajaran inovatif yang mampu menumbuhkan kesadaran ekologis sejak dini, khususnya di wilayah pesisir yang rentan terhadap pencemaran dan masih kekurangan sumber daya pendidikan lingkungan berbasis digital. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi algoritma Fisher-Yates Shuffle yang menjamin keadilan pengacakan konten dengan kerangka pengembangan sistematis GDLC dalam konteks media pembelajaran tematik lingkungan pesisir di sekolah dasar Indonesia, sebuah pendekatan yang belum banyak diadopsi dalam literatur sebelumnya [19].

2. Kajian Pustaka atau Penelitian Terkait

Algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam Game Edukasi

Penggunaan algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam pengembangan game edukasi telah menjadi perhatian utama dalam beberapa tahun terakhir, terutama karena kemampuannya menghasilkan permutasi acak yang adil dan efisien. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh Fisher dan Yates, kemudian disempurnakan oleh Knuth, dan kini banyak diadopsi dalam aplikasi digital, termasuk game edukasi berbasis komputer maupun mobile [20]. Fisher-Yates Shuffle memungkinkan setiap elemen dalam kumpulan data memiliki peluang yang sama untuk muncul di posisi mana pun, sehingga sangat efektif untuk mengacak soal, objek, atau urutan permainan tanpa pola berulang yang dapat ditebak oleh pengguna [15], [21]. Implementasi algoritma ini dalam game edukasi terbukti meningkatkan variasi konten dan mencegah kebosanan, yang pada akhirnya berdampak positif pada motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran [22]. Selain itu, Fisher-Yates Shuffle juga dikenal hemat memori dan waktu eksekusi, sehingga cocok diterapkan pada perangkat dengan spesifikasi terbatas seperti komputer sekolah dasar atau perangkat mobile.

Penelitian oleh [15] menunjukkan bahwa penerapan Fisher-Yates Shuffle pada game edukasi aksara Jawa mampu mengacak soal secara efisien dan adil, sehingga setiap sesi permainan memberikan pengalaman yang berbeda bagi pengguna. Proses pengacakan dilakukan dengan menuliskan seluruh soal ke dalam array, kemudian secara bertahap memilih dan menukar posisi soal secara acak hingga seluruh soal teracak sempurna. Hasil implementasi ini tidak hanya meningkatkan variasi soal, tetapi juga memastikan bahwa tidak ada soal yang muncul berulang dalam satu sesi permainan, sehingga kualitas pembelajaran menjadi lebih baik. Penelitian lain oleh [20] pada game edukasi pengenalan hewan untuk anak SD berbasis Android juga membuktikan bahwa Fisher-Yates Shuffle dapat digunakan untuk mengacak urutan pertanyaan dan objek secara efisien, sehingga meningkatkan tantangan dan daya tarik permainan bagi anak-anak.

Selain pada game edukasi berbasis mobile, Fisher-Yates Shuffle juga diimplementasikan pada game edukasi berbasis web untuk mendukung pembelajaran interaktif. [22] mengembangkan game edukasi berbasis web dengan integrasi Fisher-Yates Shuffle untuk mengacak soal dan objek pembelajaran, serta melakukan pengujian usability yang melibatkan dosen dan mahasiswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengacakan yang dihasilkan oleh algoritma ini mampu meningkatkan aspek learnability, efficiency, dan satisfaction pengguna, dengan skor rata-rata usability di atas 4 pada skala Likert. Penelitian ini menegaskan bahwa Fisher-Yates Shuffle dapat diandalkan untuk menciptakan pengalaman belajar yang dinamis dan tidak monoton, baik pada level pendidikan dasar maupun tinggi.

Keunggulan Fisher-Yates Shuffle juga terlihat pada penelitian [23] yang mengembangkan game edukasi pengenalan permainan tradisional berbasis Android. Dengan menggunakan algoritma ini, setiap potongan puzzle dan urutan permainan dapat diacak secara optimal, sehingga setiap kali pengguna bermain, mereka mendapatkan tantangan baru yang berbeda dari sebelumnya. Penelitian ini juga menggunakan metode Game Development Life Cycle (GDLC) untuk memastikan proses pengembangan game berjalan sistematis dan terstruktur, mulai dari inisiasi hingga rilis. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aplikasi game puzzle yang

dikembangkan dengan Fisher-Yates Shuffle memperoleh skor kepuasan pengguna yang tinggi, terutama pada aspek fleksibilitas dan efektivitas pembelajaran.

Secara umum, kajian pustaka menunjukkan bahwa integrasi algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam pengembangan game edukasi memberikan kontribusi signifikan terhadap variasi konten, keadilan pengacakan, dan peningkatan motivasi belajar siswa. Implementasi algoritma ini tidak hanya terbatas pada pengacakan soal, tetapi juga dapat diterapkan pada pengacakan objek visual, urutan misi, dan elemen interaktif lainnya dalam game edukasi. Dengan demikian, Fisher-Yates Shuffle menjadi salah satu solusi inovatif dalam menciptakan media pembelajaran digital yang adaptif, dinamis, dan efektif untuk berbagai jenjang pendidikan.

3. Metode yang Diusulkan

3.1 Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif-kualitatif dengan basis rekayasa perangkat lunak, sejalan dengan framework Game Development Life Cycle (GDLC) sebagai tahapan utama pengembangan aplikasi edukasi. Model penelitian ini dirancang untuk mengeksplorasi fenomena, kebutuhan, dan implementasi fitur game edukasi agar relevan dengan konteks pendidikan dasar di wilayah pesisir, sesuai dengan paradigma penelitian yang menekankan analisis empiris, kevalidan proses, serta pengujian teknis aplikasi digital. Pendekatan deskriptif ini selaras dengan prinsip-prinsip analisis riset pendidikan yang dijelaskan oleh [24], [25], [26], di mana penelitian dikonstruksi secara sistematis untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang efektivitas dan kelayakan media pembelajaran.

3.2 Instrumen dan Teknik Analisis Data

Instrumen yang digunakan meliputi perangkat observasi, daftar wawancara, dan kuesioner evaluasi usability untuk mendukung data primer tentang respons pengguna dan efektivitas game edukasi. Observasi dilakukan terhadap lingkungan dan respon siswa-siswi serta guru SDN 001 Payalaman selama penggunaan aplikasi, sedangkan wawancara bertujuan menggali preferensi, kebutuhan, dan persepsi mengenai game edukatif bertema kebersihan pesisir. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert lima poin untuk mengukur aspek fungsionalitas, estetika, dan konstruk pembelajaran, selaras dengan standar instrumentasi penelitian pendidikan menurut Cresswell, yang menekankan validitas dan reliabilitas instrumen [27]. Analisis data dilakukan secara kualitatif-deskriptif dengan triangulasi sumber dan teknik, di mana hasil observasi, wawancara, dan kuesioner digabungkan untuk memperoleh simpulan empiris atas efektivitas aplikasi seperti yang dijelaskan oleh [25], [26].

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa dan guru SDN 001 Payalaman, dengan fokus pada kelas IV yang berlokasi di pesisir Kabupaten Kepulauan Anambas. Sampel penelitian terdiri dari 20 partisipan, yakni 5 guru dan 15 siswa yang dipilih berdasarkan kebutuhan relevansi media pembelajaran berbasis digital sesuai konteks lokal dan representasi pengalaman penggunaan aplikasi. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, di mana pemilihan responden mempertimbangkan keterlibatan aktif dalam proses belajar, pengalaman digital, serta ketertarikan terhadap isu kebersihan lingkungan pesisir [28].

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data awal melalui observasi lapangan dan wawancara, kemudian dilanjutkan perancangan game melalui tahapan pra-produksi yang meliputi desain, storyboard, dan flowchart relevan. Tahap produksi berisi integrasi aset digital, pemrograman mekanika permainan, serta pengujian alpha oleh tim pengembang untuk memastikan stabilitas aplikasi. Selanjutnya, dilakukan beta testing secara langsung di SDN 001 Payalaman melibatkan siswa dan guru dalam penilaian usability, efektivitas, dan daya tarik game. Data hasil evaluasi diuji secara sistematis dan diperoleh revisi aplikatif sebelum game dirilis untuk digunakan secara terbatas sebagai media pembelajaran di sekolah. Seluruh proses diintegrasikan dengan metode analisis berkelanjutan menurut Cresswell dan Sugiyono untuk menjamin validitas proses serta pelaporan akhir secara sistematis.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini menerjemahkan *game design* dan aspek lainnya yang menjadi unsur penyusun permainan edukasi Menjaga Laut, lalu dilakukan integrasi antara *asset* dan *engine building* yang hasilnya ditampilkan berikut ini:

4.1 Menu Awal

Tampilan hasil produksi *menu* awal permainan edukasi Menjaga Laut berisi *play*, materi, kuis, *about* dan keluar terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Menu Awal

4.2 Produksi Stage Permainan

Tampilan *stage* permainan ini menampilkan halaman dari beberapa *stage* permainan edukasi Menjaga laut yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Stage Permainan

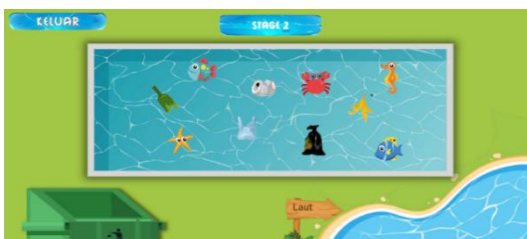
4.3 Bermain Game Edukasi

Tampilan *stage 1* bermain edukasi Menjaga Laut membersihkan sampah dengan cara click agar sampah menghilang dan menyelesaikan misi seperti yang terlihat pada Gambar III.3.



Gambar 3. Game Lingkungan Laut stage 1

Tampilan *stage 2* bermain edukasi Menjaga Laut memindahkan item sesuai tempatnya, ikan harus dipindahkan ke lautan dan sampah dimasukkan ke tempat sampah. Pemain akan menyelesaikan misi seperti yang terlihat pada Gambar III.4.



Gambar 4. Game Lingkungan Laut stage 2

Setelah menyelesaikan *stage* permainan maka akan muncul notifikasi bahwa pemain telah memenangkan permainan dengan menyelesaikan *quest* yang tersedia, seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Menang

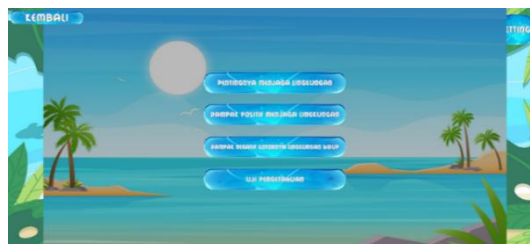
Setelah gagal menyelesaikan *stage* permainan maka akan muncul notifikasi bahwa pemain telah gagal memenangkan permainan dan akan diminta untuk mengulangi *stage* yang gagal diselesaikan seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kalah

4.4 Produksi Materi

Pada tampilan materi pada Gambar 7 pengguna bisa mengakses materi terkait menjaga lingkungan laut, pesisir pantai, lingkungan hidup, lingkungan sekolah, dan dampak baik maupun buruknya, serta uji pengetahuan.



Gambar 7. Materi

4.5 Produksi Kuis

Pada tampilan kuis, pengguna diminta untuk menjawab pertanyaan yang berupa pilihan ganda untuk menguji hasil pembelajaran yang didapatkan dari materi yang didapatkan seperti yang terlihat pada Gambar 8.



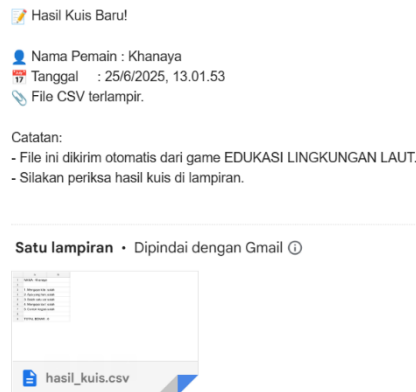
Gambar 8. Kuis

Setelah selesai menjawab soal yang diberikan pada bagian kuis, maka hasil dari user akan ditampilkan untuk menjadi *score* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Kuis

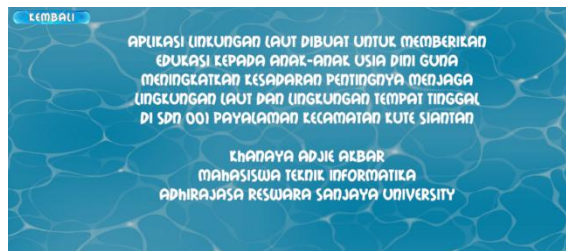
Setelah hasil terkalkulasikan maka nilai akan dikirim ke email guru untuk diolah datanya menjadi nilai bagi siswa-siswi SDN 001 Payalaman, seperti yang terlihat pada Gambar III.10.



Gambar 10. Hasil Yang Di Kirim Ke Email

4.6 Produksi About

Pada tampilan permainan edukasi Menjaga Laut menampilkan *menu about* dan profil pembuat *game* dan dimana penelitian dilakukan, seperti yang dilihat dari Gambar 11.



Gambar 11. About

4.7 Alpha Testing

Tabel 1. Alpha Testing

| No | Fitur | Test Case | Input | Output | Status |
|----|------------|------------------|------------------------|------------------------------------|--------|
| 1 | Login | Username Valid | Username di Isi | Masuk Ke Menu Utama | Pass |
| 2 | Login | Username Invalid | Tidak Mengisi Username | Pesan Error Ditampilkan | Pass |
| 3 | Menu Utama | Pilih Play | Klik Play | Muncul Opsi Pilih Stage | Pass |
| 4 | Menu Utama | Pilih Materi | Klik Materi | Muncul Sub-Menu Materi | Pass |
| 5 | Menu Utama | Pilih About | Klik About | Informasi Tentang Game Ditampilkan | Pass |

| No | Fitur | Test Case | Input | Output | Status |
|----|--------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------|
| 6 | Menu Utama | Pilih Keluar | Klik Keluar | Game Berhenti / Keluar Aplikasi | Pass |
| 7 | Menu Utama | Papan Skor | Poin Yang Didapatkan | Poin Ditampilkan Di Papan Skor | Pass |
| 7 | Play Stage 1 | Pilih Stage 1 | Klik Stage 1 | Aturan Bermain Stage 1 Ditampilkan | Pass |
| 8 | Play Stage 1 | Main Dan Menang | Bermain → Selesaikan Benar | Pesan “Menang” Ditampilkan | Pass |
| 9 | Play Stage 1 | Menang dan Point | Menang dan Mendapatkan point | Pesan “Menang dan Point” Ditampilkan | Pass |
| 10 | Play Stage 1 | Main Dan Kalah | Bermain → Selesaikan Salah | Pesan “Kalah” Ditampilkan | Pass |
| 11 | Play Stage 2 | Pilih Stage 2 | Klik Stage 2 | Aturan Bermain Stage 2 | Pass |
| 12 | Play Stage 2 | Main Dan Menang | Bermain → Selesaikan Benar | Pesan “Menang” Ditampilkan | Pass |
| 13 | Play Stage 2 | Main Dan Kalah | Bermain → Selesaikan Salah | Pesan “Kalah” Ditampilkan | Pass |
| 14 | Materi | Isi Materi | Klik Isi Materi | Konten Materi Edukasi Ditampilkan | Pass |
| 15 | Materi | Dampak Positif | Klik Dampak Positif | Konten Dampak Positif Ditampilkan | Pass |
| 16 | Materi | Dampak Negatif | Klik Dampak Negatif | Konten Dampak Negatif Ditampilkan | Pass |
| 17 | Materi | Kuis - Masuk Soal | Klik Kuis | Soal Ditampilkan | Pass |
| 18 | Materi | Kuis - Jawab Soal | Jawaban Benar/Salah | Hasil/Skor Ditampilkan | Pass |
| 19 | Navigasi | Kembali Ke Menu Utama | Tombol Back/Menu | Menu Utama Muncul Kembali | Pass |
| 20 | About | Masuk Ke About | Click About | Isi About Ditampilkan | Pass |

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode black box testing terhadap *game* edukasi lingkungan laut, dapat disimpulkan bahwa seluruh fitur utama dalam *game* telah berfungsi sesuai dengan yang dirancang. Setiap alur interaksi pengguna,

Fitur-fitur seperti deteksi input pada *username*, tampilan hasil menang atau kalah dalam permainan, dan evaluasi skor pada sesi kuis berjalan dengan baik tanpa ditemukan *bug*. Navigasi antar menu juga berfungsi secara responsif dan logis, memastikan pengalaman pengguna yang lancar dan intuitif.

Dengan demikian, game ini secara fungsional telah memenuhi kriteria kelayakan dasar untuk digunakan sebagai media edukasi, khususnya dalam memperkenalkan pentingnya menjaga lingkungan laut kepada pengguna, terutama anak-anak sekolah dasar. Namun, pengujian lebih lanjut seperti usability testing dan pengujian performa tetap disarankan guna menyempurnakan kualitas game secara keseluruhan.

4.8 Beta Testing

Kuesioner pada Tabel digunakan untuk mengukur kepuasan pengguna uji beta terhadap aplikasi Menjaga Laut, mencakup aspek fungsionalitas, estetika, dan efektivitas sebagai media pembelajaran digital. Penilaian menggunakan skala Likert lima poin: Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Cukup Setuju (CS), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS).

Tabel 2. Kuisisioner Uji Beta

| No | Pernyataan | Jawaban | | | | |
|----|--|---------|----|----|----|-----|
| | | SS | S | CS | TS | STS |
| 1 | Saat pertama kali mencoba aplikasi/game mudah digunakan | 5 | 9 | 3 | 0 | 0 |
| 2 | Teks dalam aplikasi mudah dibaca | 7 | 7 | 3 | 0 | 0 |
| 3 | Permainan edukasi Menjaga Laut cukup menghibur | 4 | 12 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | Pemilihan warna pada tampilan permainan cukup baik | 4 | 8 | 5 | 0 | 0 |
| 5 | Suara yang dihasilkan pada permainan sudah cukup jelas terdengar | 1 | 9 | 7 | 0 | 0 |
| 6 | Mudah mencari tombol yang ingin digunakan | 4 | 9 | 4 | 0 | 0 |
| 7 | Materi yang ditampilkan dapat dipahami dan menarik | 5 | 7 | 5 | 0 | 0 |
| 8 | Simbol-simbol dalam game mudah dipahami | 8 | 5 | 4 | 0 | 0 |
| 9 | Tertarik menggunakan aplikasi Menjaga Laut | 4 | 9 | 4 | 0 | 0 |

Uji *beta* dilakukan oleh 17 responden (2 guru dan 15 murid kelas 4 SDN 001 Payalaman). Mayoritas responden memberikan tanggapan positif, seperti pada aspek hiburan yang disetujui 94% responden. Navigasi dan keterbacaan juga mendapat skor tinggi, sementara kualitas suara mendapat respons lebih beragam, menjadi masukan untuk perbaikan. Secara keseluruhan, tidak ada responden yang memilih “Tidak Setuju” atau “Sangat Tidak Setuju”, menunjukkan aplikasi ini berhasil memenuhi harapan pengguna dari segi edukasi, hiburan, dan aksesibilitas.

4.9 Rilis

Permainan petualangan *Menjaga Laut* yang telah lolos uji beta dinyatakan siap dirilis sebagai media ajar di SDN 001 Payalaman. Rilis dilakukan secara langsung di sekolah melalui tiga langkah utama:

- Distribusi Aplikasi: *Game* diinstal secara *offline* ke perangkat sekolah menggunakan flashdisk, mengatasi keterbatasan akses internet dan memastikan semua perangkat dapat menjalankan aplikasi.
- Pendampingan dan Sosialisasi: Guru dan siswa diberi pendampingan melalui demonstrasi penggunaan, penjelasan fitur, serta nilai edukatif game terkait kebersihan laut.
- Evaluasi Awal: Respons siswa diamati dan guru diminta memberikan masukan terkait daya tarik, kemudahan penggunaan, dan relevansi materi dengan pembelajaran. Setelah itu siswa & guru diminta untuk mengisi kuisisioner.

Table 3. Hasil kuisioner di SDN 001 Payalaman

| No | Pernyataan | Jawaban | | | | |
|----|--|---------|----|----|----|-----|
| | | SS | S | CS | TS | STS |
| 1 | Saat pertama kali mencoba aplikasi/game mudah digunakan | 2 | 13 | 5 | 0 | 0 |
| 2 | Teks dalam aplikasi mudah dibaca | 8 | 6 | 6 | 0 | 0 |
| 3 | Permainan edukasi Menjaga Laut cukup menghibur | 5 | 11 | 4 | 0 | 0 |
| 4 | Pemilihan warna pada tampilan permainan cukup baik | 1 | 14 | 5 | 0 | 0 |
| 5 | Suara yang dihasilkan pada permainan sudah cukup jelas terdengar | 6 | 6 | 8 | 0 | 0 |
| 6 | Mudah mencari tombol yang ingin digunakan | 3 | 9 | 8 | 0 | 0 |
| 7 | Materi yang ditampilkan dapat dipahami dan menarik | 6 | 11 | 3 | 0 | 0 |
| 8 | Simbol-simbol dalam game mudah dipahami | 5 | 7 | 8 | 0 | 0 |
| 9 | Tertarik menggunakan aplikasi Menjaga Laut | 4 | 10 | 6 | 0 | 0 |

Kuisioner dari 20 responden (5 guru dan 15 siswa kelas 4 SDN 001 Payalaman) menunjukkan tanggapan positif terhadap aplikasi edukatif *Menjaga Laut*. Aplikasi ini dinilai efektif sebagai media pembelajaran tentang kebersihan lingkungan laut. Aspek kemudahan penggunaan, keterbacaan teks, dan penyampaian materi mendapat skor tinggi—75% responden menyatakan *Sangat Setuju* atau *Setuju* pada pernyataan pertama, dan 14 responden menyatakan hal serupa pada keterbacaan teks. Visualisasi warna dan kejernihan suara juga mendapat respons positif. Minat pengguna terlihat tinggi, dengan 14 dari 20 responden ingin terus menggunakan aplikasi, tanpa satupun yang menyatakan ketidaktertarikan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi memenuhi aspek *usability*, daya tarik, dan efektivitas materi, serta layak digunakan sebagai media pembelajaran tematik di sekolah dasar. Rilis ini diharapkan menjadi kontribusi nyata dalam menumbuhkan kesadaran lingkungan sejak dini melalui media digital lokal yang kontekstual.

4.10 Pembahasan

a. Efektivitas Game Edukasi Berbasis GDLC untuk Kesadaran Lingkungan Pesisir

Pengembangan game edukasi kebersihan lingkungan pesisir pantai dengan pendekatan Game Development Life Cycle (GDLC) terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman dan kesadaran siswa sekolah dasar mengenai pentingnya menjaga kebersihan lingkungan laut. Tahapan GDLC yang meliputi inisiasi, pra-produksi, produksi, pengujian, dan evaluasi, memastikan setiap aspek pengembangan game berjalan sistematis dan terukur, sehingga kualitas produk akhir dapat dipertanggungjawabkan secara akademik dan praktis. Hasil uji coba pada siswa SDN 001 Payalaman menunjukkan bahwa game ini tidak hanya diterima dengan baik, tetapi juga mampu meningkatkan minat belajar dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran tematik lingkungan pesisir. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa media digital interaktif, seperti game edukasi, lebih efektif dalam menanamkan nilai-nilai kepedulian lingkungan dibandingkan metode konvensional.

Selain aspek kognitif, game edukasi ini juga berkontribusi pada pengembangan sikap dan perilaku siswa terhadap lingkungan. Melalui simulasi misi membersihkan laut, siswa diajak untuk berperan aktif dalam menjaga kebersihan pesisir, sehingga pembelajaran tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif. Fitur interaktif seperti kuis acak dan misi berbasis tantangan membuat siswa lebih termotivasi untuk menyelesaikan setiap tahap permainan, yang pada akhirnya memperkuat pemahaman mereka tentang dampak sampah terhadap ekosistem laut. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan game edukasi berbasis GDLC dapat meningkatkan aspek afektif dan psikomotorik siswa, karena mereka terlibat langsung dalam proses pembelajaran yang menyenangkan dan menantang.

Keberhasilan implementasi GDLC dalam pengembangan game edukasi ini juga didukung oleh keterlibatan guru sebagai fasilitator dan evaluator. Guru berperan penting

dalam mendampingi siswa selama proses pembelajaran, memberikan umpan balik, serta memastikan materi yang disampaikan sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan lokal. Kolaborasi antara pengembang, guru, dan siswa menjadi kunci utama dalam menciptakan media pembelajaran yang relevan, kontekstual, dan berkelanjutan. Hal ini diperkuat oleh hasil kuesioner yang menunjukkan bahwa mayoritas guru dan siswa merasa puas dengan kemudahan penggunaan, tampilan visual, serta relevansi materi yang disajikan dalam game.

Dari sisi teknis, penggunaan perangkat lunak Unity 3D dan integrasi algoritma Fisher-Yates Shuffle memberikan fleksibilitas dalam pengembangan fitur game yang dinamis dan adaptif. Unity 3D memungkinkan pembuatan aset visual dan audio yang menarik, sementara Fisher-Yates Shuffle memastikan variasi konten yang adil dan tidak monoton. Kombinasi ini menghasilkan pengalaman bermain yang berbeda di setiap sesi, sehingga siswa tidak mudah bosan dan tetap termotivasi untuk belajar. Pengujian alpha dan beta yang dilakukan secara berulang juga memastikan bahwa setiap bug dan kekurangan teknis dapat diidentifikasi dan diperbaiki sebelum game dirilis secara luas.

Secara keseluruhan, penerapan GDLC dalam pengembangan game edukasi kebersihan lingkungan pesisir pantai telah terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan, sikap, dan perilaku siswa terhadap isu lingkungan. Model pengembangan ini dapat direplikasi untuk tema pembelajaran lain yang membutuhkan pendekatan interaktif dan kontekstual, serta dapat diadaptasi untuk berbagai jenjang pendidikan dengan penyesuaian konten dan fitur sesuai kebutuhan.

b. Peran Algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam Variasi dan Keadilan Permainan

Salah satu inovasi utama dalam pengembangan game edukasi ini adalah penerapan algoritma Fisher-Yates Shuffle untuk mengacak objek dan soal dalam permainan. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan permutasi acak yang adil, sehingga setiap elemen dalam game memiliki peluang yang sama untuk muncul di posisi mana pun. Implementasi Fisher-Yates Shuffle pada fitur kuis dan misi membersihkan laut terbukti mampu menciptakan pengalaman bermain yang dinamis, menantang, dan tidak mudah ditebak oleh siswa. Hal ini sangat penting untuk menjaga motivasi belajar, karena siswa akan selalu dihadapkan pada tantangan baru di setiap sesi permainan.

Penggunaan Fisher-Yates Shuffle juga berdampak positif pada aspek keadilan dan transparansi dalam proses pembelajaran. Dengan pengacakan yang adil, tidak ada siswa yang mendapatkan soal atau misi yang lebih mudah atau lebih sulit secara konsisten, sehingga setiap peserta memiliki kesempatan yang sama untuk meraih skor tertinggi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma ini sangat efektif dalam mengurangi bias dan pola berulang dalam game edukasi, sehingga kualitas pembelajaran dapat terjaga. Selain itu, Fisher-Yates Shuffle juga dikenal efisien dalam penggunaan memori dan waktu eksekusi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pendidikan berbasis komputer atau mobile dengan spesifikasi terbatas.

Dari sisi implementasi teknis, Fisher-Yates Shuffle diintegrasikan dalam fungsi `ShuffleItems()` pada skrip utama game, yang bertugas mengacak posisi objek setiap kali pemain berhasil atau gagal menyelesaikan misi. Proses pengacakan dilakukan secara in-place, di mana array posisi objek diacak dari indeks terakhir ke pertama, dengan setiap elemen ditukar secara acak. Setelah proses pengacakan selesai, objek visual akan dipindahkan ke posisi baru sesuai urutan array yang telah diacak, sehingga tampilan game selalu berubah di setiap sesi. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan variasi konten, tetapi juga memperkuat aspek replayability, di mana siswa terdorong untuk terus mencoba dan belajar dari setiap pengalaman bermain.

Keunggulan Fisher-Yates Shuffle juga terlihat pada hasil pengujian usability, di mana mayoritas siswa dan guru menyatakan bahwa variasi soal dan misi dalam game membuat pembelajaran lebih menarik dan tidak monoton. Fitur pengacakan ini juga membantu guru dalam mengevaluasi pemahaman siswa secara lebih objektif, karena setiap siswa menghadapi tantangan yang berbeda di setiap sesi. Penelitian lain mendukung temuan ini, dengan menyatakan bahwa algoritma pengacakan yang adil dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar siswa dalam konteks pembelajaran digital.

Secara keseluruhan, integrasi algoritma Fisher-Yates Shuffle dalam game edukasi kebersihan lingkungan pesisir pantai memberikan kontribusi signifikan terhadap variasi, keadilan, dan efektivitas pembelajaran. Inovasi ini dapat diadopsi dalam pengembangan media pembelajaran digital lain yang membutuhkan pengacakan konten secara adil dan efisien, serta dapat dikombinasikan dengan metode pengembangan sistematis seperti GDLC untuk menghasilkan produk edukasi yang berkualitas tinggi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan game edukasi kebersihan lingkungan pesisir pantai dengan integrasi algoritma Fisher-Yates Shuffle dan metode Game Development Life Cycle (GDLC) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman, minat, dan keterlibatan siswa sekolah dasar terhadap isu kebersihan lingkungan laut. Game ini tidak hanya menyajikan materi edukatif secara interaktif melalui misi, animasi, dan kuis acak, tetapi juga mampu membangun karakter peduli lingkungan sejak dini. Hasil uji coba dan kuesioner menunjukkan respons positif dari guru dan siswa, baik dari aspek kemudahan penggunaan, daya tarik visual, maupun relevansi materi. Temuan ini memperkuat bukti bahwa media pembelajaran digital berbasis game dapat menjadi solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional dalam pendidikan lingkungan, khususnya di wilayah pesisir yang rentan terhadap pencemaran.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya cakupan sampel yang masih terbatas pada satu sekolah dasar di wilayah pesisir dan belum dilakukannya pengujian jangka panjang terhadap perubahan perilaku siswa. Selain itu, fitur game yang dikembangkan masih dapat diperluas, misalnya dengan menambah level, misi, dan tema baru seperti daur ulang atau pelestarian biota laut. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan pengujian pada populasi yang lebih luas, mengintegrasikan metode pengembangan lain seperti ADDIE atau Agile, serta mengadopsi algoritma adaptif seperti Decision Tree untuk meningkatkan personalisasi pembelajaran. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah game edukasi dapat diadopsi sebagai media ajar tematik di sekolah-sekolah pesisir, mendukung program pendidikan lingkungan, dan menjadi referensi pengembangan media digital edukatif berbasis lokal yang kontekstual dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp. 768–771, 2015, doi: 10.1126/science.1260352.
- [2] N. N. Isfarin, D. Hermawan, E. B. Saputra, S. Astuty, A. Nurdiana, and M. Basri, "Microplastics in Indonesian land and aquatic environment: From research activities to regulation policies," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 206, p. 116813, 2024, doi: 10.1016/j.marpollbul.2024.116813.
- [3] N. Hadiyati, "Kontekstualisasi pencemaran ekosistem laut dalam mencapai SDGs: Suatu kajian hukum lingkungan di Indonesia," *Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, vol. 8, no. 3, pp. 300–313, 2021, doi: 10.31604/jips.v8i3.2021.300-313.
- [4] T. Sunaryo, "Indonesia sebagai negara kepulauan," *Jurnal Kajian Stratejik Ketahanan Nasional*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2019.
- [5] R. P. Heryani, A. Suryanti, and N. Nevrita, "Evaluasi pengelolaan sampah di wilayah pesisir Kabupaten Kepulauan Anambas," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 206–215, 2021, doi: 10.31258/jil.15.2.p.206-215.
- [6] T. H. Siregar, S. Harahap, and M. R. Syahputra, "Indonesian policy and researches toward 70% reduction of marine plastic pollution by 2025," *Marine Policy*, vol. 156, p. 105715, 2023, doi: 10.1016/j.marpol.2023.105715.
- [7] Kaharto, W. Sugianto, and Y. Hermansyah, "Analisis kesadaran masyarakat terhadap dampak pencemaran di Pantai Losari Kota Makassar," in *Prosiding Seminar Nasional*, 2023, pp. 3510–3517.
- [8] R. D. Ramadhani and A. Kindarto, *Pemrograman game: Konsep dan teknik pengembangan game 2D*. CV. Wawasan Ilmu, 2025.

- [9] V. Idayani and M. Danil, "Implementasi game edukatif berbasis digital terhadap motivasi belajar siswa pada materi perubahan wujud zat," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar (JIPDAS)*, vol. 5, no. 1, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.spada.ipts.ac.id/index.php/JIPDAS/article/view/2725>
- [10] Najuah, R. Sidiq, and R. S. Simarmata, *Game edukasi: Strategi dan evaluasi belajar sesuai abad 21*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [11] N. Marcheta and R. Abdul Kareem, "Efektifitas game edukasi sebagai media pembelajaran kebudayaan permainan tradisional siswa sekolah dasar di Indonesia," *Journal on Education*, vol. 6, no. 1, pp. 222–229, 2023.
- [12] B. P. Arzfi, M. Montessori, and Rusdinal, "Development of digital game based learning model teaching materials to improve learning outcomes in primary schools," *Education Practice and Innovation Journal*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.33790/edupij.v13i1.479.
- [13] C.-H. Chen, G. Rekik, Y. Belkhir, Y.-L. Huang, and Y.-S. Chen, "Gender Differences in Attention Adaptation after an 8-Week FIFA 11+ for Kids Training Program in Elementary School Children." 2021. doi: 10.3390/children8090822.
- [14] T.-Y. Chuang and S. Y. Chen, "Technology-enhanced digital game-based learning for environmental literacy: Catalyzing attitude change in learners," *Frontiers in Education*, vol. 10, p. 1629670, 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1629670.
- [15] C. Y. Wardhana, P. Harsadi, and W. L. Y. Saptomo, "Implementasi algoritma Fisher-Yates Shuffle pada game edukasi aksara Jawa menggunakan Godot Engine," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 10, no. 1, pp. 50–58, 2022.
- [16] B. Pramono, "Implementasi algoritma Fisher-Yates Shuffle pada aplikasi quiz online materi pemrograman dasar," *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 42–52, 2024, doi: 10.33480/jitk.v10i1.5256.
- [17] S. Lutfiana, R. P. Yudha, and R. B. Siahaan, "Implementation of Fisher-Yates Shuffle and Fuzzy Tsukamoto in educational game 'PINUS: Petualangan Ilmu Nusantara,'" *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, vol. 9, no. 1, 2025, doi: 10.30871/jaic.v9i1.9248.
- [18] N. A. Hamidah, *Mengenal game development life cycle dan board game mastermind*. Elementa Media Literasi, 2024.
- [19] B. Rahman, "Implementation of Fisher-Yates Shuffle algorithm in Android-based Javanese batik culture education game," *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 89–98, 2024, doi: 10.33480/jitk.v10i2.5412.
- [20] R. A. Krisdiawan, "Implementasi algoritma Fisher-Yates Shuffle pada game edukasi pengenalan hewan untuk anak SD berbasis Android," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 3, no. 1, pp. 15–23, 2022.
- [21] H. Hasan, "Implementasi algoritma Fisher-Yates untuk mengacak soal ujian pada aplikasi pembelajaran berbasis Android," *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [22] W. Mery, "Implementasi algoritma Fisher-Yates Shuffle pada game edukasi sebagai pendukung pembelajaran berbasis web," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4116.
- [23] F. Ramadhan, "Pengembangan game edukasi pengenalan permainan tradisional berbasis Android menggunakan algoritma Fisher-Yates Shuffle dan metode GDLC," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 31–40, 2025.
- [24] Sugiyono, *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*, 2nd ed. Alfabeta, 2022.
- [25] Sudaryono, *Metode penelitian pendidikan*. Rajawali Pers, 2021.
- [26] Emzir, *Metodologi penelitian kualitatif: Analisis data*. Rajawali Pers, 2022.
- [27] J. W. Cresswell, *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, 5th ed. SAGE Publications, 2021.
- [28] M. Rizky, I. N. A. Alfatonah, and M. A. P. Pratama, "ANALISIS KESENJANGAN SOSIAL DI SD N 06 KAYU AGUNG," *Jurnal Ilmiah Reserach Student*, vol. 1, no. 5, pp. 89–93, 2024, doi: <https://doi.org/10.61722/jirs.v1i5.1222>.