

Penerapan Game Edukasi Berbasis Machine Learning untuk Meningkatkan Kesadaran Pengelolaan Sampah di SMKS Bina Bangsa Pertiwi Cianjur

Diny Syarifah Sany^{*1}, Fauzan Zikri², Bramantyo Eko Putro³,
M Malwan Angkasa⁴, Raka Moch. Ramlan Assyidiq⁵

^{1,4} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Suryakancana

^{2,5} Program Studi Administrasi Bisnis Internasional, Fakultas Sains dan Terapan, Universitas Suryakancana

³ Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Suryakancana

*e-mail: dinysys@unsur.ac.id¹, fauzanzikri@unsur.ac.id², bramantiyo@unsur.ac.id³, malwanangkasa@gmail.com⁴,
rakaramlanassyidiq@gmail.com⁵

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
03.11.2025	21.11.2025	11.12.2025	05.01.2026

Abstract: Waste management remains a significant issue among high school students, particularly at SMKS Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin, Cianjur. The lack of awareness in separating organic and inorganic waste calls for a more adaptive educational approach. This community service program aimed to enhance students' understanding through the implementation of ReSIk, an Android-based educational game equipped with machine learning technology. The program included socialization, training, game application, and evaluation through pre-tests and post-tests. A total of 50 students participated in the assessment. Findings revealed an average improvement in understanding scores from 40.0 in the pre-test to 70.0 in the post-test, equivalent to an increase of 22.8%. Moreover, 85% of students stated that the game helped them understand the importance of the 3R principles (Reduce, Reuse, Recycle). These results highlight that integrating adaptive digital technology into learning can be an effective solution to enhance students' environmental literacy.

Keywords: community service, educational game, machine learning, waste management, 3R

Abstrak: Permasalahan pengelolaan sampah masih menjadi isu penting di kalangan siswa sekolah menengah, khususnya di SMKS Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin, Cianjur. Rendahnya kesadaran siswa dalam memilah sampah organik dan anorganik mendorong perlunya pendekatan edukasi yang lebih adaptif. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pemahaman siswa melalui penerapan game edukasi ReSIk, yaitu aplikasi berbasis Android yang dilengkapi dengan teknologi machine learning. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan, penggunaan game, serta evaluasi melalui pre-test dan post-test. Sebanyak 50 siswa dilibatkan dalam pengukuran hasil belajar. Data menunjukkan adanya peningkatan rata-rata skor pemahaman dari 40,0 pada pre-test menjadi 70,0 pada post-test, atau terjadi kenaikan sebesar 22,8%. Selain itu, 85% siswa menyatakan game membantu mereka memahami pentingnya prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle). Temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi teknologi digital adaptif dalam pembelajaran dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan literasi lingkungan siswa.

Kata kunci: pengabdian masyarakat, game edukasi, machine learning, pengelolaan sampah, 3R

1. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi isu besar di Indonesia hingga saat ini. Setiap tahunnya diperkirakan sekitar 64 juta ton sampah dihasilkan secara nasional (Waluyo, 2025), termasuk di Desa Babakancaringin, Kecamatan Karangtengah, Kabupaten Cianjur. Data nasional menunjukkan bahwa dari sekitar 31,9 juta ton timbunan sampah pada 2023, lebih dari 11 juta ton (sekitar 35,7%) tidak terkelola dengan baik (Sakinah, 2024). Kondisi ini diperburuk oleh perilaku masyarakat yang belum optimal dalam memilah sampah, kesadaran akan pentingnya pemilahan reduce-reuse-recycle (3R) masih rendah dan banyak yang mengabaikannya. Kurangnya pengetahuan dan perhatian terhadap dampak sampah mengakibatkan budaya buang sampah sembarangan masih berlangsung. Situasi ini berdampak langsung pada generasi muda, termasuk siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin, yang sehari-harinya hidup di tengah lingkungan dengan masalah persampahan. Siswa-siswa ini, yang berusia remaja dan tergolong digital natives merupakan sasaran strategis untuk intervensi pendidikan lingkungan karena mereka diharapkan menjadi agen perubahan di komunitasnya. Profil siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi umumnya mencerminkan pemuda desa yang melek teknologi dasar tetapi belum banyak terpapar konsep pengelolaan lingkungan modern. Kenyataan di lapangan menunjukkan pemahaman mereka mengenai prinsip 3R sangat minim, ditandai dengan kebiasaan

membuang sampah tanpa memilah dan ketidakpedulian terhadap daur ulang. Sebagai generasi yang tumbuh di era digital, para siswa ini terbiasa dengan gawai dan interaksi media sosial, namun isu lingkungan kerap dianggap jauh dari keseharian mereka. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan edukatif yang kontekstual dan menarik agar mereka dapat memahami urgensi permasalahan sampah di sekitar mereka.

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa di banyak sekolah, sampah tidak terkelola dengan baik dan kesadaran lingkungan peserta didik tergolong rendah (Iswandi et al., 2025). Bahkan, studi di SMK Negeri lain menunjukkan kesadaran siswa terhadap pengelolaan sampah sangat rendah akibat kurangnya edukasi dan motivasi di bidang tersebut (Sa'id, 2025). Hal ini disebabkan juga oleh kurangnya pendidikan formal mengenai pengolahan sampah. Padahal pendidikan tentang lingkungan dan sampah sejak usia dini terbukti krusial sebagai investasi jangka panjang mengendalikan masalah sampah (Sulistiyawati et al., 2020). Penelitian lain menekankan pentingnya menanamkan perilaku peduli sampah sejak kecil sebagai upaya membangun kebiasaan hingga dewasa (Anindita & Wulandari, 2023).

Minimnya pembelajaran kontekstual tentang lingkungan menyebabkan siswa tidak memahami dampak jangka panjang dari perilaku membuang sampah sembarangan. Dalam konteks Babakancaringin, tidak jarang terlihat lingkungan sekolah dan sekitarnya terdapat sampah plastik berserakan atau dibakar, mengindikasikan belum tumbuhnya karakter peduli lingkungan di kalangan remaja. Padahal, pembentukan karakter peduli lingkungan sejak usia sekolah sangat krusial. Pakar pendidikan lingkungan menegaskan perlunya memasukkan konsep 3R dalam pembelajaran sekolah untuk menumbuhkan karakter peduli lingkungan pada siswa (Arisona, 2018). Permasalahan inti yang dapat dirumuskan adalah bagaimana meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa SMK terhadap pengelolaan sampah yang berkelanjutan, serta mengubah perilaku mereka agar lebih peduli lingkungan. Formulasi masalah ini mencakup aspek pengetahuan (kognitif), sikap (afektif), dan keterampilan (psikomotor) siswa dalam menerapkan prinsip 3R di lingkungan sekolah dan rumah.

Upaya pengabdian kepada masyarakat ini diarahkan untuk menjawab permasalahan di atas melalui pendekatan edukatif yang inovatif dan berbasis hasil riset terkini. Tujuan utama program adalah meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin tentang konsep 3R serta mendorong perubahan sikap dan perilaku mereka dalam pengelolaan sampah. Selain itu, program bertujuan memperkenalkan model pembelajaran berbasis teknologi yang adaptif dan interaktif, sehingga siswa dapat belajar mengenai lingkungan dengan cara yang menyenangkan dan efektif. Kegiatan ini merupakan hilirisasi dari hasil penelitian sebelumnya, di mana telah dikembangkan sebuah game edukasi bertema pengelolaan sampah berbasis machine learning dengan fitur *Dynamic Difficulty Adaptation* (DDA) dan *Reinforcement Learning* (RL). Game edukatif tersebut dirancang untuk menyampaikan materi 3R secara interaktif dan adaptif sesuai tingkat kemampuan pengguna. Dengan memanfaatkan produk riset tersebut, diharapkan transfer pengetahuan tidak lagi bersifat satu arah dan konvensional, melainkan melalui experiential learning yang melibatkan siswa secara aktif. Program ini menyelenggarakan serangkaian kegiatan yaitu sosialisasi dan pelatihan penggunaan game kepada guru dan siswa, pendampingan integrasi game dalam kegiatan belajar, serta evaluasi perubahan pengetahuan dan sikap siswa sebelum dan sesudah intervensi. Tujuan akhirnya adalah terbentuknya lingkungan di kalangan siswa SMK yang mampu menerapkan prinsip 3R dan menularkannya ke komunitas sekitar.

Pendekatan melalui game edukatif dipilih berdasarkan kajian literatur yang menunjukkan efektivitas pembelajaran berbasis permainan (game-based learning) dan gamification dalam meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Gamifikasi dalam pendidikan merupakan strategi untuk meningkatkan keterlibatan siswa dengan memasukkan elemen permainan ke lingkungan belajar (Chen et al., 2025). Penelitian-penelitian empiris terkini banyak melaporkan dampak positif gamifikasi, antara lain meningkatnya keterlibatan, retensi pengetahuan, dan kerjasama antar siswa (Smiderle et al., 2020). Dalam konteks pengelolaan sampah, sudah ada studi pengembangan game edukasi yang berhasil meningkatkan pemahaman pengguna. Sebagai contoh, game "Eco Guardians" berbasis augmented reality terbukti efektif meningkatkan pemahaman dan kesadaran

pemain akan pentingnya pengolahan limbah (Tamam et al., 2024). Game tersebut mudah digunakan dan memiliki daya tarik tinggi, sehingga berhasil menjadi media edukasi interaktif yang disukai remaja. Demikian pula, Tresnawati & Budiman (2022) mengembangkan game edukatif pengelolaan sampah dengan pendekatan Digital Game Based Learning yang mampu mengingatkan masyarakat tentang pentingnya membuang sampah pada tempatnya dan memilah dengan benar (Tresnawati & Budiman, 2022). Temuan-temuan ini selaras dengan kondisi siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi yang membutuhkan media pembelajaran kreatif. Sebagai generasi digital native, para siswa sangat akrab dengan teknologi digital dan cenderung merespons positif pembelajaran yang interaktif dan menyenangkan (Komariah et al., 2024). *Game based learning* tumbuh sebagai digital natives yang kepribadiannya selaras dengan teknologi terkini, sehingga *game-based learning* menjadi pilihan tepat untuk menjembatani gap pemahaman mereka. Penerapan game edukasi diharapkan dapat memenuhi gaya belajar visual-kinestetik siswa dan merangsang rasa ingin tahu mereka melalui tantangan-tantangan di dalam *game*.

Keunikan game yang diimplementasikan dalam program ini terletak pada penggunaan fitur *Dynamic Difficulty Adaptation (DDA)* dan algoritma *Reinforcement Learning (RL)* untuk menciptakan pengalaman belajar yang adaptif. *Dynamic Difficulty Adaptation* adalah mekanisme yang membuat tingkat kesulitan game menyesuaikan secara otomatis sesuai kemampuan pemain secara real-time. Sistem DDA terbukti efektif mencegah kebosanan dan frustrasi pemain dengan cara menjaga keseimbangan tantangan dalam permainan edukatif (Nugroho et al., 2023). Dengan DDA, siswa yang cepat menguasai materi akan dihadapkan pada soal atau skenario yang lebih menantang, sedangkan siswa yang lambat mendapat penyesuaian berupa bantuan atau tingkat kesulitan yang diturunkan. Pendekatan ini didukung konsep flow dalam pembelajaran, di mana tugas yang terlalu mudah akan menimbulkan bosan, sementara yang terlalu sulit akan menyebabkan frustrasi keduanya bisa diatasi dengan penyesuaian dinamis tersebut (Nugroho et al., 2023). Algoritma RL akan belajar dari tindakan dan kinerja pemain, lalu memberikan feedback berupa penyesuaian level atau penghargaan dalam game. Kajian literatur mutakhir menunjukkan bahwa reinforcement learning paling sering diterapkan dalam *serious games* pendidikan karena *game* secara inheren memiliki state (keadaan) dan aksi yang dapat dimanfaatkan untuk umpan balik kepada pemain (Memarian & Doleck, 2024).

Integrasi RL menjadikan game mampu belajar menyesuaikan diri dengan karakteristik unik tiap siswa. Hal ini sejalan dengan paradigma adaptive learning di mana teknologi digunakan untuk mempersonalisasi pengalaman belajar. Studi mengenai adaptive learning menemukan bahwa strategi pembelajaran adaptif dapat meningkatkan pencapaian akademik dan persentase kelulusan siswa secara signifikan, terlepas dari mode penyampaian materi (Contrino et al., 2024). Artinya, ketika materi disampaikan melalui platform adaptif, lebih banyak siswa yang mencapai kompetensi yang ditargetkan karena mereka belajar dalam tempo dan tingkat kesulitan yang sesuai kemampuan masing-masing. Dalam program ini, diharapkan fitur DDA dan RL pada game edukasi akan menciptakan pengalaman belajar personal bagi siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi dimana siswa lemah tidak tertinggal dan siswa unggul tetap tertantang. Selain peningkatan pengetahuan, aspek afektif seperti motivasi belajar dan kepuasan siswa juga diprediksi meningkat. Penelitian Hooshyar et al. (2021) misalnya, menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan *adaptive educational game* melaporkan kepuasan lebih tinggi daripada yang belajar tanpa sistem adaptif (Contrino et al., 2024).

Dengan demikian, latarbelakang ini menegaskan urgensi dan relevansi program pengabdian kepada masyarakat di SMK Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin. Latar belakang permasalahan menunjukkan bahwa isu sampah dan rendahnya pemahaman konsep 3R di kalangan siswa merupakan masalah nyata yang perlu segera diatasi. Rumusan masalah yang jelas telah diidentifikasi, yakni meningkatkan kesadaran dan kemampuan siswa dalam pengelolaan sampah melalui media pembelajaran yang efektif. Tujuan program dirumuskan untuk menjawab masalah tersebut, sejalan dengan upaya peningkatan kualitas pendidikan lingkungan di sekolah. Diharapkan, melalui pelaksanaan program ini, terjadi transfer pengetahuan dan teknologi yang efektif, siswa memperoleh peningkatan literasi lingkungan, sekolah memiliki model pembelajaran baru yang menarik, dan masyarakat sekitar mendapat manfaat jangka panjang berupa generasi muda yang lebih peduli

lingkungan. Pada akhirnya, keberhasilan program ini diukur tidak hanya dari perubahan pada diri siswa selama kegiatan, tetapi juga dari keberlanjutan dampaknya yaitu terbentuknya budaya baru di sekolah yang mendukung pengelolaan sampah berkelanjutan, serta kontribusi nyata siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi sebagai pelopor kebersihan dan kesehatan lingkungan di Desa Babakancaringin. Dengan semangat kolaboratif dan dukungan ilmu pengetahuan terkini, upaya pendidikan lingkungan ini diharapkan menjadi salah satu model pengabdian masyarakat yang mampu memberikan solusi atas permasalahan persampahan skala lokal, yang implikasinya turut mendukung target nasional dalam menciptakan lingkungan hidup lestari dan berkelanjutan.

2. METODE

2.1. Sosialisasi

Dilakukan melalui pertemuan tatap muka bersama kepala sekolah, guru, dan siswa. Tujuan utamanya yaitu memberi pemahaman tentang tujuan program, membangun komitmen, serta mengumpulkan data awal melalui observasi dan wawancara. Tim pengabdian melakukan survei dan pre-test untuk mengukur pemahaman awal siswa mengenai konsep 3R (Reduce, Reuse, Recycle) dan sikap mereka terhadap lingkungan. Selain itu, disebarkan kuesioner sederhana guna mengetahui perilaku sehari-hari terkait sampah serta tingkat kepedulian lingkungan siswa. Data awal ini menjadi baseline untuk evaluasi selanjutnya. Selanjutnya dilakukan wawancara dan diskusi partisipatif bersama guru-guru di sekolah mitra. Tujuannya untuk menyelaraskan konten edukasi game dengan kurikulum serta kondisi lokal sekolah. Dalam forum ini, guru memberikan masukan mengenai materi yang perlu ditekankan dan cara penerapan game di kelas. Tim juga mengidentifikasi alat dan bahan pendukung yang tersedia atau dibutuhkan di sekolah (misalnya ketersediaan laboratorium komputer, komposter sederhana, lahan untuk praktik, botol plastik bekas, dll.). Melalui pelibatan guru sejak awal, diharapkan implementasi game sebagai media pembelajaran dapat terintegrasi dengan baik ke dalam pelajaran terkait (misalnya IPA) dan berkelanjutan setelah program selesai.

2.2. Pelatihan

Sebelum diterapkan ke siswa secara luas, tim memberikan pelatihan singkat kepada guru dan perwakilan siswa mengenai game edukasi pengolahan sampah. Pelatihan mencakup penjelasan mekanisme permainan, cara memainkan, serta tujuan pembelajaran yang tersirat di dalamnya. Guru-guru dilatih agar mampu membimbing siswa saat menggunakan game dan memanfaatkan fitur-fiturnya sebagai media edukasi tambahan di kelas. Siswa yang ikut sesi pengenalan diajak berdiskusi mengenai pengalaman bermain mereka, sehingga mereka paham bahwa game ini bukan sekadar hiburan tetapi sarana belajar. Tahap ini penting untuk memastikan semua pengguna merasa nyaman dan paham sebelum implementasi penuh.

2.3. Penerapan Teknologi

Game Android dikembangkan dengan fitur adaptif *reinforcement learning* sehingga menyesuaikan tingkat kesulitan dengan kemampuan pengguna. Fitur utama meliputi:

- Simulasi pemilahan dan pengolahan sampah,
- Tantangan edukatif tentang 3R,
- Sistem poin dan level,
- Evaluasi pemahaman lingkungan.

Game akan diinstal di perangkat guru dan siswa, dengan file APK serta panduan penggunaan agar dapat digunakan mandiri. Game edukatif mulai diimplementasikan secara menyeluruh. Pelaksanaannya dilakukan melalui sesi khusus praktik di laboratorium komputer sekolah (atau menggunakan gawai siswa) di mana siswa memainkan game secara bergiliran.

2.4. Pendampingan dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif. Evaluasi Kuantitatif dilaksanakan dengan post-test (tes akhir) dan angket setelah program berjalan. Hasil post-test kemudian dibandingkan

dengan pre-test awal untuk melihat peningkatan pengetahuan siswa. Indikator keberhasilan utama adalah peningkatan skor pemahaman mengenai pengelolaan sampah. Evaluasi Kualitatif melalui praktik langsung untuk menilai apakah pengetahuan dari *game* benar-benar terserap dan diaplikasikan, program memasukkan sesi praktik lingkungan nyata. Siswa diajak melakukan serangkaian kegiatan 3R secara langsung dengan pendampingan guru dan tim yaitu:

- a. Memilah Sampah Langsung: Siswa mempraktikkan pemilahan sampah di lingkungan sekolah. Mereka dibagi dalam kelompok untuk mengumpulkan sampah dari kelas atau halaman, lalu memilahnya ke dalam kategori organik, dan anorganik. Kegiatan ini mengasah keterampilan siswa membedakan jenis sampah dan memperkuat kebiasaan peduli kebersihan. Hasil pemilahan kemudian didiskusikan misalnya apa yang dapat dilakukan terhadap sampah yang terkumpul, mana yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali.
- b. Pembuatan Pupuk Organik Cair: untuk sampah organik yang terkumpul (seperti sisa makanan, daun gugur, dll.), dalam game sudah ada bagaimana cara membuat pupuk cair. Pada evaluasi ini siswa harus mengolah sampah organik menjadi pupuk cair organik menggunakan komposter sederhana. Kegiatan membuat kompos cair ini memberikan pengalaman langsung tentang recycling limbah organik menjadi produk bermanfaat bagi tanaman serta mengetahui apakah game mampu memberikan pemahaman kepada siswa mengenai pembuatan pupuk.
- c. Menanam Sayur dan Buah di Botol Bekas: Sisa sampah anorganik, terutama botol plastik bekas, dimanfaatkan dalam proyek taman mini. Siswa membersihkan botol plastik lalu mengubahnya menjadi pot sederhana untuk menanam bibit sayuran atau buah (kakngkung, pakcou, melon, stroberi, dan blekberi).

2.5. Keberlanjutan Program

Keberlanjutan dijamin melalui penyerahan aplikasi dan materi pelatihan kepada sekolah, pembentukan agen perubahan di kalangan siswa, serta panduan bagi guru untuk menggunakan game sebagai inovasi pembelajaran jangka panjang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Pelaksanaan Pengabdian

Pengabdian kepada masyarakat merupakan bentuk nyata dari tridarma perguruan tinggi yang berupaya menyebarluaskan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni kepada masyarakat. Program yang dilaksanakan di SMKS Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin ini merupakan hilirisasi dari penelitian Penerapan Dynamic Difficulty Adaptation dengan Reinforcement Learning pada Game Edukasi Pengelolaan Sampah, yaitu sebuah penelitian yang mengembangkan permainan edukatif adaptif untuk membangun kesadaran siswa tentang pentingnya pemilahan sampah dan praktik 3R (Reduce, Reuse, Recycle). Desa Babakancaringin merupakan daerah pertanian yang masih menyatukan sampah dalam satu karung; siswa tidak mempunyai budaya memilah sampah organik dan anorganik, sehingga diperlukan inovasi edukasi untuk mengubah perilaku.

Program ini dilaksanakan secara kronologis yaitu,

- a. Tahap pertama adalah observasi dan pre-test untuk memotret kondisi awal, diikuti pembagian kuesioner kepada 50 siswa untuk memetakan perilaku dan pengetahuan mereka tentang sampah. Hasil pre-test menunjukkan rata-rata skor pengetahuan hanya 53.2 dari skala 100. Sebagian besar siswa tidak dapat membedakan sampah organik dan anorganik serta belum memahami prinsip 3R.
- b. Pada tahap kedua, tim pengabdian melakukan wawancara dan diskusi dengan guru-guru sekolah untuk menyesuaikan konten permainan dengan kebutuhan kurikulum, guru membantu menyusun materi yang harus ditekankan (misalnya jenis-jenis sampah, pembuatan kompos, dan prinsip 3R) dan menyiapkan sarana seperti laboratorium komputer serta komposter sederhana.
- c. Tahap ketiga adalah pelatihan dan pengenalan game kepada guru dan siswa. Game adaptif berjudul Pengelolaan Sampah Adaptif ini diperkenalkan melalui sesi pelatihan singkat, guru diajarkan cara memainkan dan memanfaatkan fitur adaptif, sedangkan siswa diberikan sesi

perkenalan agar mereka memahami bahwa game ini merupakan media belajar.

- d. Implementasi game dilakukan dalam dua pola: sesi praktik di laboratorium komputer (atau via gawai siswa). Selama sesi, guru dan tim pengabdian mengamati respons siswa dan mencatat kesulitan serta antusiasme mereka.
- e. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pre-test dan post-test dan juga mengamati perubahan sikap melalui praktik langsung: kegiatan pemilahan sampah di lingkungan sekolah, pembuatan pupuk cair organik menggunakan komposter, dan penanaman sayur serta buah dengan media botol plastik bekas. Siswa dibagi ke dalam kelompok untuk mempraktikkan teknik 3R secara riil. Praktik ini memberikan pengalaman kongkret bahwa sampah organik dapat diolah menjadi kompos dan sampah plastik dapat digunakan kembali, misalnya sebagai pot tanam. Kegiatan praktik ini turut melibatkan guru, sehingga terjadi transfer keterampilan tidak hanya kepada siswa tetapi juga kepada pendidik.

3.2 Perubahan Jangka Pendek dan Jangka Panjang

a. Perubahan pengetahuan.

Perbandingan skor pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa. Rata-rata skor meningkat dari 53.2 menjadi 76, atau naik 22,8 %. Sebelum intervensi, siswa rata-rata hanya menjawab benar 4 dari 10 soal setelah bermain game adaptif dan mengikuti kegiatan praktik, rata-rata jawaban benar meningkat menjadi 7 dari 10 soal. Persentase siswa yang menyatakan game membantu mereka memahami 3R. Data ini menunjukkan bahwa integrasi game adaptif dan praktik nyata berhasil meningkatkan literasi lingkungan siswa. Pada post-test, lebih dari 80 % siswa dapat menyebutkan perbedaan sampah organik dan anorganik dengan benar, memahami tujuan reduce, reuse, recycle, dan mampu menjelaskan langkah pembuatan kompos sederhana.

b. Perubahan sikap dan perilaku

Selain peningkatan pengetahuan, evaluasi menunjukkan perubahan sikap ke arah lebih peduli lingkungan. Kuesioner mengungkap bahwa 90 % siswa menjadi lebih termotivasi untuk membuang sampah di tempat yang benar setelah kegiatan, 78 % siswa mengaku mulai membawa sampah organik ke komposter sekolah, dan lebih dari 70 % siswa menyatakan ingin membuat kompos di rumah masing-masing. Dalam praktik pemilahan, siswa terlihat antusias dan teliti memisahkan sampah; mereka juga berinisiatif menjaga kebersihan kelas dan halaman sekolah. Kegiatan menanam sayuran di botol plastik menumbuhkan rasa tanggung jawab merawat tanaman, banyak siswa melaporkan memeriksa pertumbuhan tanaman setiap hari. Secara kasat mata, lingkungan sekolah terlihat lebih bersih dan teratur setelah program berjalan beberapa bulan.

c. Perubahan institusi

Program ini tidak hanya berdampak pada individu, tetapi juga mempengaruhi institusi. Guru-guru yang terlibat mengadopsi permainan edukatif sebagai media pembelajaran tambahan di mata pelajaran IPA. Kepala sekolah, setelah melihat antusiasme dan peningkatan skor siswa, memutuskan untuk mengintegrasikan materi 3R dan penggunaan komposter ke dalam program sekolah. Pihak sekolah merencanakan pembentukan bank sampah sekolah, sehingga sampah anorganik terpilah dapat dijual dan hasilnya digunakan untuk menunjang kegiatan OSIS. Dinas lingkungan hidup setempat menunjukkan ketertarikan untuk menjadikan program ini sebagai pilot project di sekolah lain di Kecamatan Karangtengah. Dengan demikian, pengabdian masyarakat ini memberikan dampak jangka panjang berupa perubahan kebijakan internal sekolah serta membuka peluang replikasi ke desa lain.

3.3 Indikator Keberhasilan dan Tolak Ukur

Berikut indikator yang digunakan untuk menilai keberhasilan program:

Tabel 1. Hasil Pre-test dan post-test

Indikator dan Tolak Ukur	Hasil Pre-test	Hasil Post-test	Perubahan/Analisis
Rata-rata skor pemahaman siswa (skala 0–100)	53,2	76,0	Peningkatan 22,8 menunjukkan materi lebih terserap setelah intervensi.
Persentase siswa yang mengidentifikasi sampah organik dengan benar	36 %	82 %	Mayoritas siswa memahami perbedaan sampah organik dan anorganik setelah program.
Jumlah kelompok siswa yang berhasil membuat kompos cair	–	15 dari 16 kelompok	Hampir semua kelompok berhasil membuat kompos cair, menunjukkan penerapan materi secara praktis.
Persentase siswa yang menyatakan game membantu pemahaman	–	85 %	Menunjukkan penerimaan yang tinggi terhadap media game edukatif.
Sikap peduli lingkungan (dilihat dari kuesioner)	28 % menunjukkan sikap positif	75 % menunjukkan sikap positif	Indikator sikap meningkat signifikan; siswa mulai mempraktikkan kebiasaan memilah sampah dan merawat lingkungan.

3.4 Keunggulan Program dan Analisis Kesesuaian

a. Media belajar adaptif dan interaktif

Keunggulan utama program ini adalah penerapan game edukatif berbasis machine learning dengan fitur dynamic difficulty adaptation (DDA). Sistem adaptif menyesuaikan tingkat kesulitan sesuai kemampuan pemain, mencegah kebosanan dan frustrasi; hal ini selaras dengan teori flow dalam gamifikasi yang menyatakan bahwa pembelajaran efektif terjadi ketika tantangan sesuai kemampuan siswa. Keunggulan ini terlihat dari antusiasme siswa yang terus tinggi sepanjang penggunaan game. Siswa dengan kemampuan awal rendah tidak merasa tertinggal karena game menyesuaikan level; sebaliknya siswa cepat belajar tetap tertantang. Konsep DDA didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa adaptasi dinamis meningkatkan motivasi dan hasil belajar.

b. Keterlibatan guru dan keberlanjutan

Program tidak hanya berfokus pada siswa tetapi juga memberdayakan guru. Melalui pelatihan, guru memperoleh keterampilan menggunakan game sebagai media pembelajaran serta mempelajari metode pengelolaan sampah sederhana (pembuatan komposter, penanaman di botol). Pemberdayaan guru memastikan keberlanjutan program setelah tim pengabdian selesai. Guru dilibatkan sejak perencanaan sehingga konten game sesuai dengan kurikulum, keterlibatan guru juga membantu memonitor siswa saat implementasi dan menilai perubahan perilaku secara kontinuitas. Keterlibatan ini sejalan dengan prinsip community empowerment dalam pengabdian: perubahan berkelanjutan tercapai jika masyarakat (dalam hal ini guru dan siswa) menjadi subjek yang aktif, bukan objek program.

c. Integrasi teori dan praktik

Kegiatan ini memadukan pembelajaran digital dengan praktik langsung. Siswa tidak hanya memainkan game, tetapi juga mempraktikkan pemilahan sampah, pembuatan kompos cair, dan penanaman di botol. Kombinasi ini memperkuat konsep 3R karena siswa mengalami proses secara nyata, pembelajaran berdasarkan pengalaman (experiential learning) terbukti lebih efektif dibanding hanya membaca atau mendengar. Praktik ini juga memanfaatkan potensi local yaitu sampah organik melimpah dari kantin sekolah dimanfaatkan sebagai bahan kompos, sedangkan botol plastik bekas dijadikan media tanam. Hal ini menunjukkan bahwa solusi lingkungan dapat berasal dari sumber daya yang ada dan sederhana.

d. Penguatan karakter dan kreativitas

Selain pengetahuan, program melatih karakter peduli lingkungan dan kreativitas. Kegiatan menanam sayuran dalam botol memberikan ruang bagi siswa untuk merawat tanaman dan merasakan hasilnya, mereka belajar disiplin menyiram dan memperhatikan pertumbuhan. Pembuatan kompos cair memperkenalkan konsep daur ulang organik, siswa melihat bahwa sampah bisa menjadi sumber daya berguna. Game edukatif, di sisi lain, melatih pengambilan keputusan cepat dan penalaran logis, tantangan memindahkan objek ke tempat sampah yang benar mengasah kemampuan berpikir kritis.

e. Kesesuaian dengan kondisi local

Program ini dirancang sesuai kondisi fisik, sosial, dan ekonomi Desa Babakancaringin. Daerah agraris membuat ketersediaan sampah organik melimpah; penggunaan komposter sederhana relevan untuk mengolahnya. Siswa merupakan generasi digital yang tertarik pada game, pemilihan media digital meningkatkan keterlibatan. Kegiatan penanaman sayur di botol plastik relevan karena banyak keluarga di desa ini memiliki pekarangan sempit; menanam di botol dapat menjadi solusi urban farming skala kecil.

3.5 Kelemahan dan Tantangan

Meskipun memiliki banyak keunggulan, program ini juga menghadapi beberapa kelemahan dan tantangan:

a. Akses perangkat dan infrastruktur.

Tidak semua siswa memiliki gawai pribadi, beberapa harus meminjam perangkat sekolah atau bergantian menggunakan komputer. Hal ini menyebabkan keterbatasan waktu bermain game bagi masing-masing siswa. Jaringan internet di desa juga belum stabil, meskipun game dapat dimainkan offline, pengunduhan awal membutuhkan akses stabil. Tantangan ini menunjukkan perlunya dukungan infrastruktur (misalnya fasilitas Wi-Fi sekolah) agar implementasi lebih lancar.

b. Ketersediaan sumber daya praktik. Pembuatan kompos cair memerlukan bahan baku seperti EM4 (mikroorganisme pengurai) dan komposter plastik, penanaman sayur memerlukan bibit, tanah, dan pupuk. Semua ini membutuhkan biaya, meski tidak terlalu besar. Pihak sekolah harus menjaga keberlanjutan pengadaan bahan agar kegiatan praktik berlanjut. Selain itu, lahan untuk penanaman terbatas, menanam di botol dapat mengatasi hal ini, tetapi tetap perlu ruang penyimpanan dan perawatan.

c. Variasi kemampuan siswa dan resistensi awal. Perbedaan latar belakang dan motivasi siswa menyebabkan tingkat penerimaan game bervariasi. Sebagian siswa yang belum terbiasa dengan teknologi memerlukan pendampingan lebih intensif, beberapa siswa memandang game sebagai hiburan semata dan tidak serius mempelajarinya. Perubahan mindset membutuhkan waktu, guru harus terus mengingatkan bahwa game adalah media belajar.

d. Keterbatasan konten game. Meskipun game adaptif sudah mencakup materi dasar 3R, kontennya masih dapat diperluas. Tantangan di beberapa level cukup sederhana sehingga siswa cepat menuntaskan, fitur minigame atau simulasi yang lebih kompleks dapat ditambahkan untuk memperkaya pengalaman. Selain itu, saat ini game hanya tersedia di platform Android, untuk jangkauan lebih luas, perlu pengembangan versi iOS atau web.

3.6 Tingkat Kesulitan Pelaksanaan dan Peluang Pengembangan

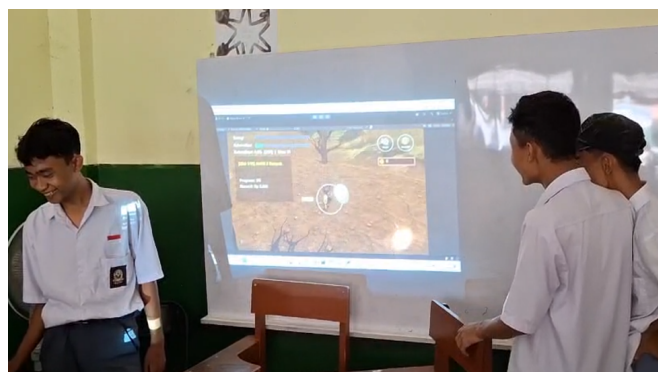
Tingkat kesulitan pelaksanaan program relatif moderat. Perencanaan memerlukan koordinasi antara tim dosen, mahasiswa, dan sekolah. Penyiapan infrastruktur seperti instalasi game di gawai siswa dan komposer pembuatan kompos memerlukan waktu. Pelatihan guru menuntut pendekatan persuasif agar guru mau mengadopsi metode baru. Pengawasan praktik lapangan membutuhkan keterlibatan dosen dan mahasiswa secara intensif, terutama memastikan siswa mengikuti petunjuk secara benar saat membuat kompos cair atau menanam. Kesulitan lain adalah menjaga disiplin siswa; beberapa siswa awalnya malas memilah sampah karena menganggapnya merepotkan. Tim

pengabdian mengatasi hal ini dengan memberi contoh, memberikan apresiasi (reward), dan menunjukkan manfaat nyata.

Meskipun demikian, program ini memiliki peluang pengembangan yang besar:

- Skalabilitas ke sekolah lain. Dengan menghasilkan modul pelatihan dan paket game yang siap pakai, program dapat diadopsi oleh sekolah lain di Kabupaten Cianjur. Dinas pendidikan setempat sudah menunjukkan minat; jika diterapkan secara massif, program dapat berkontribusi pada pencapaian target nasional pengurangan sampah.
- Integrasi dengan kurikulum nasional. Materi 3R dapat dimasukkan dalam kurikulum pendidikan lingkungan hidup atau IPA. Game adaptif dapat menjadi bagian dari kegiatan intrakurikuler maupun ekstrakurikuler. Kolaborasi dengan guru memungkinkan integrasi ini berjalan mulus; guru dapat memodifikasi tugas berdasarkan level game.
- Pengembangan fitur baru. Game adaptif dapat ditingkatkan dengan penambahan modul pembuatan kompos, mini simulasi daur ulang, atau skenario kehidupan nyata (misalnya mengelola sampah saat acara sekolah). Teknologi reinforcement learning yang sudah diterapkan dapat diperluas untuk memberikan rekomendasi personal bagi pemain, misalnya memberikan tips khusus bagi siswa yang salah menjawab materi tertentu.
- Peluang kewirausahaan sosial. Pembuatan kompos cair dan produk daur ulang membuka peluang ekonomi. Siswa dapat menjual pupuk organik cair atau tanaman hasil budidaya di pasar local, pendapatan dapat digunakan untuk membiayai kegiatan lingkungan di sekolah. Dengan dukungan desa dan BUMDes, aktivitas ini dapat dikembangkan menjadi unit usaha kecil berbasis lingkungan.
- Kolaborasi antar lembaga. Keberhasilan program ini dapat mendorong kerjasama antara universitas, sekolah, pemerintah, dan dunia usaha. Universitas dapat menyediakan bimbingan teknis; pemerintah desa menyediakan dukungan regulasi; perusahaan dapat mensponsori perangkat atau bahan. Sinergi tersebut dapat memperluas dampak sosial program pengabdian.

3.7 Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1 Siswa SMKS Bina Bangsa memainkan game Resik

Gambar di atas menggambarkan kelompok siswa SMK Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin yang sedang memainkan game Pengelolaan Sampah Adaptif. Game ini menampilkan ilustrasi tempat sampah organik, dan anorganik, siswa harus menempatkan berbagai jenis sampah ke dalam wadah yang benar, melakukan *circular economy* dengan menjual hasil olahan sampah. Tampak antusiasme mereka saat berdiskusi dan bekerja sama menyelesaikan tantangan.



Gambar 2 Pembuatan pupuk cair organik dan penanaman biji sayur dan buah dari botol bekas

Gambar ini menunjukkan siswa membuat kompos cair organik dari sampah dapur dan dedaunan serta menyiapkan botol plastik sebagai media tanam. Mereka memasukkan sisa sayuran ke dalam wadah bertuliskan “Kompos” dan memanfaatkan botol plastik bekas untuk menanam bibit tanaman. Kegiatan ini menggambarkan praktik recycling dan reuse secara nyata, siswa belajar bahwa sampah organik dapat menjadi sumber pupuk sedangkan botol plastik dapat digunakan kembali sebagai pot.



Gambar 3 Launching Game Resik

3.8 Diskusi dan Implikasi

Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa pengabdian masyarakat di Desa Babakancaringin telah berhasil memberikan nilai tambah bagi individu, sekolah, dan komunitas. Kenaikan rata-rata skor pre-test dan post-test sebesar 22.8 % membuktikan efektivitas metode pembelajaran adaptif berbasis game dalam meningkatkan pemahaman. Temuan ini memperkuat literatur yang menyatakan bahwa penggunaan game edukatif dapat meningkatkan motivasi dan retensi pengetahuan siswa. Tingginya respon positif (85 % siswa merasa game membantu) sejalan dengan studi lain yang menemukan bahwa game edukasi mampu menarik minat siswa yang sebelumnya kurang terlibat. Adopsi konsep DDA dengan reinforcement learning menempatkan program ini pada garda depan inovasi pendidikan, selaras dengan tren terkini dalam penggunaan AI untuk personalisasi belajar.

Keberhasilan ini juga terletak pada kombinasi pendekatan digital dan praktik lapangan. Pengalaman langsung memunculkan kesadaran bahwa sampah bukan sekadar limbah tetapi sumber daya. Pembuatan kompos cair dan penanaman sayur di botol plastik mendorong siswa menerapkan prinsip 3R di rumah. Ini menunjukkan bahwa perubahan perilaku membutuhkan penguatan melalui pengalaman nyata.

Tantangan yang dihadapi, seperti keterbatasan perangkat dan sumber daya, memerlukan solusi kolaboratif. Dukungan dari pemerintah desa atau sponsor swasta dapat membantu menyediakan sarana lebih lengkap. Selain itu, perluasan jangkauan game ke platform lain (misal web) akan meningkatkan aksesibilitas. Evaluasi jangka panjang harus dilakukan untuk mengetahui apakah perubahan sikap bertahan.

Program ini memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat. Dalam jangka pendek, siswa mendapatkan pengetahuan dan keterampilan baru, sedangkan sekolah memperoleh model pembelajaran inovatif. Dalam jangka panjang, program berpotensi mengubah budaya pengelolaan sampah di desa, menciptakan agen perubahan lingkungan, dan membuka peluang wirausaha berbasis daur ulang. Dampak terhadap kebijakan juga terlihat: sekolah merencanakan bank sampah dan integrasi materi 3R dalam kurikulum. Berbekal keberhasilan ini, program dapat direplikasi di sekolah lain dan menjadi contoh pengabdian masyarakat berbasis riset yang menyeimbangkan teknologi, budaya, dan kebutuhan lokal.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di SMKS Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin, Cianjur, menunjukkan bahwa penerapan game edukasi ReSIk berbasis Android yang dilengkapi dengan teknologi machine learning mampu meningkatkan pemahaman siswa terkait pengelolaan sampah. Hasil evaluasi melalui pre-test dan post-test memperlihatkan adanya peningkatan signifikan pada rata-rata pemahaman siswa dari skor 53,2 menjadi 76,0, dengan kenaikan sebesar 22.8%. Selain itu, sebanyak 87% siswa merasa terbantu dalam memahami konsep 3R (Reduce, Reuse, Recycle) melalui game yang interaktif dan adaptif.

Kelebihan dari kegiatan ini adalah penggunaan media digital yang dekat dengan keseharian siswa, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, praktis, dan sesuai dengan karakter generasi muda. Adapun kekurangannya adalah keterbatasan fasilitas perangkat pada sebagian siswa, serta keterbatasan waktu untuk pendalaman materi secara langsung di luar game.

Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan fitur simulasi daur ulang yang lebih nyata, integrasi dengan data lingkungan sekolah, serta perluasan distribusi aplikasi ke sekolah-sekolah lain agar manfaatnya dapat dirasakan lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi yang telah memberi dukungan finansial terhadap kegiatan pengabdian masyarakat ini sebagai Hibah PKM pendanaan 2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak sekolah SMKS Bina Bangsa Pertiwi Babakancaringin, para guru pendamping, serta Universitas Suryakencana yang telah berkontribusi aktif dalam pelaksanaan program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, N., & Wulandari, S. (2023). Educational Media for Early Childhood on Waste Management to Encourage Zero Waste Living Sustainably. *E3S Web of Conferences*, 426. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342602025>
- Arisona, R. D. (2018). *PENGELOLAAN SAMPAH 3R (REDUCE, REUSE, RECYCLE) PADA PEMBELAJARAN IPS UNTUK MENUMBUHKAN KARAKTER PEDULI LINGKUNGAN*. 3, 39–51.
- Chen, J., He, M., & She, S. (2025). The impact of environmental serious game on pro-environmental behavior through environmental psychological ownership and environmental self-efficacy. *Scientific Reports*, 15(1), 27616. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11297-z>
- Contrino, M. F., Reyes-Millán, M., Vázquez-Villegas, P., & Membrillo-Hernández, J. (2024). Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*, 11(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00292-y>
- Iswandi, S. M. S., Hakim, Z. R., & Rakhman, P. A. (2025). IMPLEMENTASI PROGRAM 3R DALAM PENGOLAHAN SAMPAH DI SDN SUKASARI 4. *LEARNING : Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(3), 167–186.
- Komariah, K., Arbarini, M., Widiarti, N., & Subali, B. (2024). Pengembangan Media Interaktif Perkembangbiakan Tumbuhan Alami dan Buatan “Bantu Albu” Untuk Meningkatkan Hasil

- Belajar Siswa Digital Native. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 2501–2511. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7942>
- Koneri, R., & Veralyn Maabuat, P. (2022). Pemberdayaan Siswa Melalui Pengelolaan Sampah Berbasis Reduce, Reuse, Recycledi Kecamatan Bunaken, Sulawesi Utara. *Pemberdayaan Masyarakat*, 3(3), 109–115.
- Memarian, B., & Doleck, T. (2024). A Scoping Review of Reinforcement Learning in Education. *Computers and Education Open*, 6, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100175>
- Nugroho, F., Basid, P. M. N. S. A., Bahtiar, F. S., & Buditjahjanto, I. G. P. A. (2023). Dynamic Difficulty Adjustment of Serious-Game Based on Synthetic Fog using Activity Theory Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(6), 564–573. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140660>
- Sa'id, M. (2025). Desain Antarmuka Aplikasi Pengelolaan Sampah Berbasis Gamifikasi Sebagai Upaya Untuk Meningkatkan Partisipasi Siswa Smk Negeri 1 Turen. *BARIK*, 6, 80–95. <https://doi.org/10.26740/jdkv.v6i3.65239>
- Sakinah, R. A. (2024). *Ancaman Lingkungan Indonesia: Jutaan Ton Sampah Tidak Terkelola di 2024*. Good Stats. <https://data.goodstats.id/statistic/ancaman-lingkungan-indonesia-jutaan-ton-sampah-tidak-terkelola-di-2024-YzBe5#:~:text=Menurut data Sistem Pengolahan Sampah,ton tidak terkelola dengan baik>
- Smiderle, R., Rigo, S. J., Marques, L. B., Peçanha de Miranda Coelho, J. A., & Jaques, P. A. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x>
- Sulistiyawati, S., Sukesni, T. W., Mulasari, S. A., Tentama, F., & Djannah, S. N. (2020). Knowledge, Attitude and Practice towards Waste Management among Primary School Children. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 8(4), 24–30. <https://doi.org/10.9734/ajess/2020/v8i430234>
- Tamam, A. K. I., Asyhary, F. Z., Utami, T. E. B., Hidayah, I., & Candra, D. A. (2024). Eco Guardians: Game Interaktif berbasis Augmented Reality sebagai Media Edukasi Pengelolaan Limbah. *Journal of Education Research*, 5(4), 6753–5765. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.2126>
- Tresnawati, D., & Budiman, A. (2022). Game Edukatif Pengelolaan Sampah Menggunakan Digital Game Based Learning-Instructional Design. *Jurnal Algoritma*, 18, 523–530. <https://doi.org/10.33364/algoritma/v.18-2.834>
- Waluyo, D. (2025). *Mengubah Sampah Jadi Berkah*. Portal Informasi Indonesia. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8884/mengubah-sampah-jadi-berkah#:~:text=Menutup 2024 ini%2C Indonesia dengan,dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan>