

Pengembangan Game Edukasi Pemilahan Sampah Berbasis Unity Menggunakan Metode MDLC

Achmad Lingga Praja, Walidini Syaihul Huda

¹²Universitas Yudharta Pasuruan

Email: *achmadlinggapraja@gmail.com, walidini@yudharta.ac.id*

Abstract

This research focuses on the development of a Unity-based waste sorting educational game aimed at elementary school students. The game was designed with the primary goal of improving students' understanding of waste types: organic, inorganic, and hazardous waste (B3), through a play-and-learn approach. By utilizing interactive elements in the game, students not only gain theoretical knowledge but also engage directly in a fun waste sorting simulation. The game development process employed the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method, which encompasses several key stages, from concept formulation and design to material collection and assembly, to testing and distribution. This method was chosen because it provides a systematic flow for producing an interactive multimedia product that meets user needs. Black box testing results indicated that all features designed in the game functioned effectively, without any significant technical errors. Furthermore, the game's effectiveness was tested on 20 elementary school students through pre- and post-tests. The results showed a significant increase in students' understanding after using the game compared to before. Thus, this study demonstrates that Unity-based educational games can be used as an effective interactive learning medium to support environmental education, particularly in fostering an understanding of waste sorting from an early age. These findings also demonstrate the significant potential of educational games in creating innovative, engaging, and meaningful learning experiences.

Keywords: *Game, education, Unity, waste, MDLC.*

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengembangan game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity yang ditujukan untuk siswa sekolah dasar. Game ini dirancang dengan tujuan utama meningkatkan pemahaman siswa mengenai jenis-jenis sampah, yaitu organik, anorganik, dan B3, melalui pendekatan bermain sambil belajar. Dengan memanfaatkan unsur interaktif dalam game, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis, tetapi juga terlibat langsung dalam proses simulasi pemilahan sampah yang menyenangkan. Proses pengembangan game ini menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang mencakup beberapa tahapan penting, mulai dari perumusan konsep, desain, pengumpulan materi, perakitan, hingga tahap pengujian dan distribusi. Metode ini dipilih karena mampu memberikan alur sistematis dalam menghasilkan produk multimedia interaktif yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil pengujian black box menunjukkan bahwa seluruh fitur yang dirancang dalam game dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya, tanpa adanya kesalahan teknis yang berarti. Selanjutnya, efektivitas game diuji coba pada 20 siswa sekolah dasar melalui pelaksanaan pre-test dan post-test. Hasil uji coba memperlihatkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman siswa setelah menggunakan media game ini dibandingkan sebelum bermain. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa game edukasi berbasis Unity dapat dijadikan sebagai media pembelajaran interaktif yang efektif untuk mendukung pendidikan lingkungan, khususnya dalam hal pemahaman pemilahan sampah sejak usia dini. Temuan ini juga memperlihatkan potensi besar game edukasi dalam menciptakan pengalaman belajar yang inovatif, menarik, dan bermakna.

Kata sandi: Game, edukasi, Unity, sampah, MDLC.

Pendahuluan

Salah satu permasalahan lingkungan yang masih menjadi tantangan di masyarakat adalah pengelolaan sampah, permasalahan pengelolaan sampah telah menjadi isu lingkungan yang mendesak di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan lebih dari 60 juta ton sampah setiap tahunnya, dengan sebagian besar di antaranya tidak terkelola dengan baik. Salah satu akar permasalahan adalah rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya memilah sampah berdasarkan jenisnya, seperti sampah organik, anorganik, dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Akibatnya, terjadi pencemaran lingkungan, peningkatan emisi gas rumah kaca dari TPA, serta risiko kesehatan masyarakat yang semakin meningkat.

Upaya edukasi mengenai pemilahan sampah sudah dilakukan oleh berbagai pihak, termasuk melalui kampanye sosial dan penyuluhan sekolah. Namun, pendekatan konvensional ini seringkali belum efektif, terutama bagi anak-anak usia sekolah dasar. Materi yang disampaikan secara verbal dan visual pasif (seperti poster atau ceramah) kurang menarik perhatian siswa, sehingga pesan yang disampaikan tidak terserap dengan maksimal. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual yang dapat merangsang minat belajar sekaligus menumbuhkan kebiasaan positif sejak dini. Dalam konteks ini, perkembangan teknologi informasi menjadi peluang besar untuk menghadirkan solusi edukatif yang lebih menarik dan efektif. Game edukasi merupakan salah satu bentuk media interaktif yang kini banyak dimanfaatkan dalam dunia pendidikan. Game tidak hanya menyajikan hiburan, tetapi juga mampu menyampaikan nilai-nilai edukatif melalui pengalaman bermain yang menyenangkan dan memotivasi. Dengan visualisasi yang menarik dan sistem umpan balik langsung, game dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta mempercepat pemahaman terhadap materi pembelajaran.

Teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah pemanfaatan teknologi game edukasi sebagai alat bantu pembelajaran. Game edukasi menawarkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan metode konvensional, sehingga dapat membantu siswa dalam memahami konsep secara lebih mudah dan menyenangkan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, tetapi juga mendorong pemahaman konsep melalui praktik langsung yang dikemas dalam bentuk permainan. Integrasi antara media digital dan materi pembelajaran memungkinkan terciptanya lingkungan belajar yang lebih kontekstual dan sesuai dengan perkembangan zaman. Pada era saat ini, anak-anak tumbuh dalam lingkungan yang akrab dengan teknologi digital. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran yang sesuai dengan karakter digital native menjadi suatu keharusan. Dengan demikian, pemanfaatan game edukasi berbasis komputer tidak hanya mengikuti tren, tetapi juga menjadi strategi pedagogis yang efektif, terutama dalam menyampaikan materi yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari seperti pemilahan sampah.

Game edukasi yang dirancang secara baik dapat menyampaikan pesan moral, pengetahuan, dan keterampilan kepada siswa. Melalui alur cerita yang menarik, tantangan permainan yang sesuai usia, serta tampilan visual yang mendukung, siswa akan lebih mudah mengingat dan memahami pesan yang disampaikan. Selain itu, adanya sistem umpan balik dalam game seperti suara benar/salah dan skor akan membantu siswa mengenali kesalahan dan memperbaiki pemahamannya secara mandiri. Oleh karena itu, pengembangan game edukasi bertema lingkungan hidup—khususnya tentang pemilahan sampah—dapat menjadi media strategis dalam meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan. Dalam pengembangan game edukasi, pemilihan game engine menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas dan fleksibilitas sistem yang dikembangkan. Unity merupakan

salah satu game engine yang populer dan banyak digunakan dalam pengembangan game berbasis 2D maupun 3D. Dengan dukungan bahasa pemrograman C#, Unity memungkinkan pengembangan game dengan berbagai fitur interaktif, seperti sistem drag and drop untuk memilah sampah sesuai dengan jenisnya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengangkat topik pengembangan game edukasi dengan berbagai pendekatan dan sasaran yang beragam. Penelitian oleh Purwanto & Windriyani (2022) mengembangkan gim PilahPilih untuk memperkenalkan konsep pemilahan sampah menggunakan Unity dan metode Game Development Life Cycle (GDLC). Namun, sasaran utamanya adalah masyarakat umum, bukan siswa sekolah secara khusus. Sementara itu, Oka Aryananda et al., (2022) merancang game edukasi kebersihan lingkungan untuk anak-anak TK menggunakan metode Waterfall. Wahyudinata & Dirgantara (2020) juga mengembangkan game edukatif pemilahan sampah berbasis Android menggunakan metode GDLC. Game tersebut ditujukan untuk masyarakat umum dan dapat dimainkan secara offline. Berbeda dengan itu, penelitian ini berfokus pada dukungan pembelajaran formal siswa sekolah. Ulfa et al., (2024) mengembangkan game bertema pencemaran lingkungan dalam format visual novel dan platformer, yang memiliki fokus berbeda dibandingkan penelitian ini yang secara spesifik menekankan pemilahan sampah.

Beberapa studi lain menggunakan metode MDLC, seperti Borman & Purwanto (2019) yang mengembangkan game edukasi bahaya sampah untuk anak-anak, Fortuna et al., (2023) yang merancang game menyusun kata untuk anak PAUD, Oka Aryananda et al., (2022) yang membuat game edukasi cerita rakyat Bali. Meskipun menggunakan metode yang sama, tema, segmentasi usia, dan tujuan pembelajaran dalam penelitian-penelitian tersebut berbeda dengan penelitian ini. Dari sini, muncul celah dari studi-studi sebelumnya yang menjadi pijakan penting dalam merumuskan arah dan fokus penelitian. Mayoritas penelitian terdahulu belum secara spesifik menargetkan siswa sekolah dasar (SD) sebagai sasaran utama, padahal kelompok usia ini merupakan fase krusial dalam pembentukan kesadaran lingkungan. Selain itu, fokus pembelajaran pada penelitian sebelumnya belum menempatkan konsep pemilahan sampah sebagai inti materi edukasi, melainkan masih bersifat umum dalam konteks lingkungan. Dari sisi pengembangan aplikasi, sebagian besar penelitian menggunakan metode GDLC atau Waterfall.

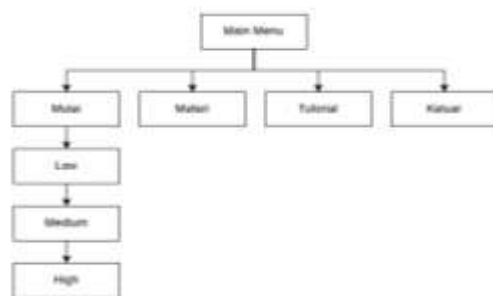
Melihat celah tersebut, penelitian ini memiliki keunikan karena menggabungkan metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle), pemanfaatan platform Unity, serta fokus pada edukasi pemilahan sampah bagi siswa SD sebagai bagian dari pembelajaran lingkungan hidup. Penelitian ini juga menambahkan elemen kuis dan tantangan tambahan untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan mengukur pemahaman mereka terhadap materi yang telah dipelajari, yang membedakannya dari penelitian sebelumnya yang lebih berorientasi pada hiburan semata. Selain berfokus pada aspek pengembangan media, penting pula untuk mengevaluasi sejauh mana game edukasi ini efektif dalam meningkatkan pengetahuan siswa mengenai pengelolaan dan pemilahan sampah. Evaluasi ini menjadi indikator keberhasilan media pembelajaran yang dikembangkan, sekaligus memberikan gambaran tentang potensi implementasi game dalam mendukung pembelajaran lingkungan hidup di tingkat pendidikan dasar dan menengah. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity menggunakan model MDLC, yang ditujukan untuk siswa siswi sekolah dasar. Game ini diharapkan menjadi media pembelajaran alternatif yang interaktif dan mampu meningkatkan pemahaman serta kesadaran siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah dan pelestarian lingkungan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan berbasis Multimedia Development Life Cycle (MDLC), yang merupakan model yang dirancang untuk pengembangan produk multimedia secara

sistematis dan terstruktur. Model MDLC terdiri dari enam tahap yang mencakup: concept (konsep), design (desain), material collecting (pengumpulan materi), assembly (pengembangan), testing (pengujian), dan distribution (distribusi). Metode ini dipilih karena menyediakan kerangka kerja yang jelas untuk mengembangkan game edukasi yang efektif dan dapat diterima oleh pengguna. Menurut Sutrisno (2017), MDLC adalah metode yang sistematis dan terstruktur dalam pengembangan media multimedia. MDLC mengintegrasikan berbagai tahapan mulai dari konsepsi hingga distribusi, memastikan bahwa setiap elemen dipertimbangkan secara rinci dan dapat menghasilkan produk yang berkualitas. Borman & Purwanto (2019) menambahkan bahwa MDLC membantu tim pengembang dalam melakukan perencanaan yang matang untuk memaksimalkan kualitas produk.

Tahapan pengkonsepan merupakan dasar dari keseluruhan proses pengembangan. Pada tahap ini, penulis merancang konsep awal dari game edukasi pemilahan sampah yang bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar interaktif dan menyenangkan bagi pengguna, khususnya anak-anak dan remaja. Menurut Prensky (2001), konsep dasar dari game edukasi harus memastikan bahwa tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan cara yang menarik, sehingga pembelajaran tidak hanya mengandalkan teori tetapi juga pengalaman interaktif yang menyenangkan. Gee (2003) menyatakan bahwa pengalaman pengguna yang efektif dalam game edukasi akan meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam materi yang diajarkan. Game ini dirancang dengan alur sederhana, di mana pemain diajak untuk memilah sampah berdasarkan jenisnya: organik, anorganik, dan B3 (bahan berbahaya dan beracun). Pemain akan mendapatkan poin jika berhasil melakukan pemilahaan dengan benar.



Gambar 3.1 Konsep Game Edukasi

Pada Gambar 3.1 merupakan konsep dasar dari game edukasi ini, dimana pada tampilan awal berupa main menu akan terdapat beberapa menu berupa Menu Mulai dengan tiga tahap Low, Medium, dan Hard, Menu Materi, Menu Tutorial, serta Menu Keluar. Setiap tahapan bertujuan untuk mengelompokkan tingkat kesulitan berdasarkan jumlah dan jenis sampah yang harus dipilah, agar proses pembelajaran menjadi lebih bertahap dan menantang sesuai kemampuan pengguna. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Data diperoleh melalui instrumen pre-test dan post-test yang diberikan kepada 20 siswa sebelum dan sesudah memainkan game edukasi Waste Sorting. Pre-test digunakan untuk mengukur pemahaman awal siswa mengenai jenis-jenis sampah dan pengalaman mereka terhadap game edukatif, sedangkan post-test digunakan untuk menilai tanggapan mereka setelah memainkan game serta perubahan pemahaman yang terjadi. Proses analisis dilakukan dengan menghitung jumlah dan persentase jawaban siswa pada setiap item pertanyaan. Selanjutnya, dilakukan perbandingan sederhana antara hasil pre-test dan post-test untuk melihat kecenderungan peningkatan pemahaman siswa. Pengukuran ini bersifat sederhana dan tidak menggunakan uji statistik lanjutan,

karena fokus penelitian terletak pada pengembangan dan respon awal terhadap media pembelajaran berbasis game.

Hasil dan Pembahasan

A. Game

Kata "Game" berasal dari bahasa Inggris dan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia diartikan 'permainan' atau bisa juga diartikan sebagai aktivitas intelektual yang dapat dimainkan serta melibatkan pengambilan keputusan dan tindakan pemain. Permainan memiliki tujuan tertentu yang ingin dicapai oleh pemainnya dan berfungsi sebagai bentuk hiburan untuk mengurangi kelelahan mental akibat rutinitas sehari-hari Saputro et al., (2022). Game sendiri merupakan permainan berbasis komputer yang dikembangkan menggunakan teknik dan proses animasi (Prabowo, 2016). Menurut Sadiman, A. S., (2010), permainan adalah suatu kompetisi di mana pemain berinteraksi mengikuti aturan tertentu untuk mencapai tujuan, dengan adanya unsur persaingan yang mendorong pemain menemukan strategi dalam menyelesaikan tantangan. Selain itu, permainan elektronik atau game dirancang sebagai hiburan multimedia yang bertujuan memberikan pengalaman yang memuaskan bagi pemainnya. Jika dahulu game lebih identik dengan anak-anak, kini orang dewasa juga ikut serta dalam perkembangannya. Berdasarkan grafis yang digunakan, game diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu game 2D (dua dimensi) dan game 3D (tiga dimensi) Permatasari & Puspasari (2020).



Gambar 2. 1 Game

B. Game Edukasi

Game edukasi merupakan permainan yang dikemas untuk merangsang daya pikir termasuk meningkatkan konsentrasi dan memecahkan masalah Kurniawan et al., (2021). Sehingga bisa dikatakan jika permainan game yang dirancang untuk tujuan pembelajaran dengan menggabungkan elemen hiburan dan edukasi secara interaktif. Menurut Widyastuti & Puspita (2020) Game edukasi merupakan permainan yang dibuat untuk merangsang daya pikir termasuk meningkatkan konsentrasi dan memecahkan masalah. Teknik pembelajaran interaktif yang efektif bagi anak usia dini adalah dengan menggunakan Game edukasi, hal ini dikarenakan sebagian besar anak di usia dini memiliki rasa ingin tahu yang tinggi terhadap semua yang berada di lingkungan sekitarnya. Menurut Prensky (2001), game edukasi mampu meningkatkan keterlibatan siswa karena memanfaatkan prinsip permainan seperti tantangan, hadiah, dan interaksi aktif untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi pembelajaran. Dalam konteks penelitian ini, game edukasi dikembangkan untuk meningkatkan kesadaran siswa mengenai pemilahan sampah dengan pendekatan berbasis gamifikasi. Menurut Garris et al., (2002), game edukasi memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu:

1. Interaktif; memungkinkan pemain untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran.
2. Memiliki tujuan pembelajaran; dirancang untuk menyampaikan materi edukatif tertentu.
3. Menyediakan umpan balik langsung; membantu pemain memahami hasil dari setiap tindakan yang dilakukan.
4. Dapat meningkatkan motivasi belajar; penggunaan elemen permainan membuat proses belajar lebih menyenangkan.



Gambar 2. 2 Game Edukasi

C. Pemilihan Sampah

Sampah merupakan sisa aktivitas manusia yang sudah tidak memiliki manfaat lagi Mandagi & Purukan (2023). Secara umum, sampah dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu sampah organik, anorganik, dan B3. Setiap jenis sampah memiliki wadah penampungan yang berbeda, seperti warna hijau untuk sampah organik, merah untuk sampah anorganik, dan biru untuk limbah B3. Dengan klasifikasi yang tepat, pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan lebih efektif. Penumpukan sampah dalam jumlah besar yang tidak terurai dalam waktu lama dapat menyebabkan pencemaran tanah. Sampah merujuk pada material yang sudah tidak terpakai dan kehilangan nilai ekonomisnya Purnomo, (2020). Berikut adalah klasifikasi sampah berdasarkan jenisnya:

a. Jenis Sampah

1. Sampah Organik

Sampah organik berasal dari makhluk hidup, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Sampah ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu sampah organik basah dan kering. Contohnya meliputi sisa makanan, sayuran, kulit buah, ranting, dan daun. Pasar tradisional juga merupakan sumber utama sampah organik, seperti sisa tanaman dan buah-buahan.

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik tidak berasal dari makhluk hidup dan umumnya bersifat tidak dapat diperbarui. Beberapa bahan anorganik, seperti plastik dan logam, dapat didaur ulang, tetapi sebagian besar sulit terurai secara alami. Contoh sampah anorganik yang umum di rumah tangga meliputi botol plastik, botol kaca, kantong plastik, dan kaleng.

3. Sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Limbah B3 mengandung zat berbahaya yang dapat berdampak negatif bagi manusia dan lingkungan. Beberapa contoh limbah B3 adalah produk yang mengandung merkuri, seperti penyemprot cat, pewangi, pembersih lantai, semir kayu, dan perekat.



Gambar 2. 3 Jenis Sampah

Dalam mengembangkan produk game digital, dibutuhkan aplikasi pem bangun (game engine) yang sesuai dengan tujuan serta memiliki performansi handal. Dalam penelitian ini, Unity adalah software yang terpilih. Unity merupakan aplikasi pembangun pertama yang ideal untuk mengembangkan kreasi game dengan berbagai fitur tinggi, serta memiliki kemampuan authoring beberapa platform yang berbeda

Rizki et al., (2024). Menurut Muthmainnah et al., (2024) Unity merupakan aplikasi pembangun game 3D yang memungkinkan pembuatan game bergaya 2D. Unity 3D sebagai salah satu software engine dapat mengolah beberapa data seperti objek tiga dimensi, suara, tekstur, dan lain sebagainya. Keunggulan dari Unity 3D dapat menangani grafik dua dimensi dan tiga dimensi. Namun software ini lebih terkonsentrasi pada pembuatan grafik tiga dimensi. Pengembangan perangkat lunak berbasis 3D atau 2D interaktif seperti simulasi training untuk kedokteran, visualisasi arsitektur, aplikasi berbasis mobile, desktop, web, console, dan berbagai macam platform lain. Area kerja pada Unity terdiri dari:

Toolbar Toolbar merupakan kumpulan beberapa tombol fungsi utama dalam program Unity 3D. Scene Bagian ini merupakan bagian untuk mendesain game. Bagian ini juga berfungsi untuk meletakkan objek, mengatur tata letak objek, dan mengatur sudut pandang kamera. Hierarchy Hierarchy merupakan sekumpulan objek-objek dan asset yang digunakan dalam suatu Scene. Bagian ini juga berfungsi untuk mengatur game level. Inspector Panel Inspector merupakan panel yang berfungsi untuk mengatur asset yang dipilih. Pada bagian ini, pengguna bisa mengatur letak, ukuran, dan pengaturan lainnya dalam sebuah asset yang dipilih.



Gambar 2. 4 Unity

b. Visual Studio Code

Visual Studio Code merupakan aplikasi editor kode yang dikembangkan oleh Microsoft dan tersedia secara gratis untuk berbagai perangkat desktop. Editor ini mendukung banyak fitur dan ekstensi, menjadikannya salah satu pilihan favorit bagi para pengembang. Visual Studio Code juga kompatibel dengan berbagai sistem operasi seperti Windows, Mac OS, dan Linux. Menurut survei yang dilakukan oleh Stack Overflow, Visual Studio Code menjadi editor paling populer di kalangan pengembang profesional. Dari 21 editor teks yang disurvei, sebanyak 71,07% responden memilih Visual Studio Code sebagai editor utama mereka. Popularitas ini tidak lepas dari desainnya yang ringan dan kemudahan penggunaan, sehingga tidak memerlukan spesifikasi perangkat yang tinggi. Selain itu, Visual Studio Code mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti Node.js, JavaScript, TypeScript, dan lainnya H. Saputro et al., (2021).



Gambar 2. 5 Visual Studio Code

c. Draw.io

Draw.io, yang kini dikenal dengan nama Diagrams.net, merupakan perangkat lunak lintas platform untuk membuat diagram, yang dibangun menggunakan teknologi HTML5 dan JavaScript Emny Harna Yossy (2023). Aplikasi ini memfasilitasi pengguna dalam merancang berbagai macam diagram, termasuk diagram alur, diagram organisasi, diagram UML, dan jenis diagram lainnya.



Gambar 2. 6 Draw io

d. BlackBox Testing

Pengujian BlackBox adalah salah satu metode dalam pengujian perangkat lunak yang menitikberatkan pada evaluasi fungsionalitas sistem tanpa melihat atau mengetahui struktur internal maupun kode sumber aplikasi. Fokus utama dari metode ini adalah untuk memastikan bahwa input yang diberikan menghasilkan output yang sesuai, sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Metode ini sangat penting dalam menjamin kualitas perangkat lunak dari perspektif pengguna akhir, karena pengujian dilakukan berdasarkan perilaku sistem yang tampak di luar. Meskipun tidak menyentuh bagian dalam dari perangkat lunak, pengujian blackbox mampu mengidentifikasi kesalahan pada fitur, kegunaan, serta aspek keamanan aplikasi. Dengan demikian, pendekatan ini efektif untuk menilai sejauh mana aplikasi bekerja sesuai dengan kebutuhan pengguna dan standar yang diharapkan (Setiawan, 2021).



Gambar 2. 7 Black Box Testing

e. Multimedia Development Life Cycle (MDLC)

Multimedia Development Life Cycle (MDLC) adalah model pengembangan sistem multimedia yang terdiri dari enam tahap utama, yaitu concept (konsep), design (desain), material collecting (pengumpulan materi), assembly (pengembangan), testing (pengujian), dan distribution (distribusi). Menurut Sutopo (2003), MDLC sangat cocok digunakan dalam pengembangan game edukasi karena memiliki struktur yang sistematis dan fokus pada produksi multimedia yang optimal.



Gambar 2. 8 Multimedia Development Life Cycle

D. Pengembangan Game Edukasi Pemilahan Sampah Berbasis Unity Menggunakan Metode MDLC

Pada bagian ini dijelaskan proses penerapan game edukasi pemilahan sampah berbasis 2D. Implementasi dilakukan untuk memastikan setiap komponen game seperti menu, level permainan, sistem poin, timer, dan audio berjalan sesuai dengan rancangan. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk melihat apakah game dapat berfungsi secara stabil dan interaktif saat dimainkan melalui platform pengembangan. Level 1 atau level mudah dalam game *Waste Sorting* dirancang sebagai tahap awal untuk mengenalkan konsep pemilahan sampah secara sederhana kepada pemain. Arena pada level ini memiliki tampilan yang dibuat sederhana namun berwarna, dengan tema lingkungan yang cerah dan edukatif untuk menarik perhatian dan memudahkan pemahaman pengguna.

Dalam permainan, sampah dijatuhkan secara acak dari atas layar, dan pemain bertugas untuk menggeser tong sampah organik ke posisi jatuhnya sampah. Fokus utama dari level ini adalah melatih pemain mengenali jenis sampah organik secara visual dan merespons dengan cepat serta tepat. Level ini hanya melibatkan satu jenis tong, yaitu tong sampah organik. Jika pemain berhasil menangkap sampah organik dengan benar, akan muncul umpan balik berupa suara "benar" dan poin akan bertambah. Sebaliknya, jika sampah yang ditangkap bukan termasuk kategori organik, maka akan terdengar suara "salah" sebagai bentuk peringatan. Tidak terdapat pergerakan karakter atau kontrol kompleks pada level ini. Pemain hanya perlu mengandalkan ketepatan dan kecepatan dalam menggeser tong ke posisi yang tepat sesuai dengan jenis sampah yang jatuh. Permainan dibatasi oleh waktu selama 60 detik, dan selama waktu tersebut, pemain berusaha mendapatkan skor setinggi mungkin. Level ini sekaligus menjadi dasar pengenalan sebelum pemain melanjutkan ke level dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi.

Pertama Membuat Objek didalam Game Dalam proses pembuatan objek pada game *Waste Sorting*, setiap elemen disusun secara terstruktur dengan memanfaatkan folder-folder terpisah untuk memudahkan pengelolaan aset. Proses dimulai dengan membuat scene baru, kemudian pada panel Hierarchy dilakukan pembuatan objek kosong melalui opsi Create Empty. Objek ini kemudian dimasukkan ke dalam folder khusus, seperti folder "Scene", untuk menjaga kerapian struktur proyek. Semua aset yang digunakan dalam game, seperti gambar, audio, dan script, ditempatkan dalam folder masing-masing, misalnya folder "Image" untuk gambar, "Script" untuk file kode program, "Sound" untuk suara, dan "Prefab" untuk menyimpan objek yang telah dirancang agar dapat digunakan kembali.

Objek visual yang akan digunakan dalam game, seperti tong sampah dan sampah organik, ditambahkan ke scene menggunakan gambar dari folder aset. Pada panel Inspector, objek tersebut diberikan komponen seperti Mesh Renderer untuk menampilkan tampilan visual, Box Collider untuk mendeteksi interaksi atau tumbukan, dan Rigidbody jika dibutuhkan efek fisika seperti gravitasi. Setelah itu, script ditambahkan ke dalam objek agar dapat merespons aksi dalam game, seperti digerakkan atau dikenali saat dimasukkan ke dalam tong. Setelah seluruh konfigurasi selesai, objek disimpan sebagai prefab untuk digunakan kembali di level atau scene lain dengan efisiensi dan konsistensi yang terjaga.

Kedua arena level 2 dan simulasi bermain, level 2 pada game *Waste Sorting* didesain dengan tingkat kesulitan yang lebih menantang dibandingkan level sebelumnya. Arena permainan menampilkan sampah yang mengalir dari kanan ke kiri menyerupai aliran sungai. Desain ini dimaksudkan untuk menguji kecepatan dan ketelitian pemain dalam mengenali dan memilah sampah secara tepat dalam waktu yang terbatas. Pada level ini, pemain tidak lagi menggeser tong, melainkan harus menyeret (drag) setiap sampah ke dalam tong yang sesuai. Terdapat dua jenis tong sampah yang tersedia, yaitu tong organik dan tong anorganik. Sampah akan muncul secara acak dan terus bergerak mengikuti aliran yang ditampilkan di arena. Jika pemain berhasil memasukkan sampah ke dalam tong yang tepat, maka akan terdengar suara "benar" dan skor akan bertambah. Namun jika sampah salah tempat, maka muncul

audio “salah” sebagai umpan balik kesalahan. Interaksi ini dirancang untuk membiasakan pemain dalam mengenali perbedaan mendasar antara sampah organik dan anorganik.

Selama permainan berlangsung, timer selama 60 detik akan terus berjalan, memberikan batas waktu kepada pemain untuk mengumpulkan poin sebanyak mungkin. Dengan visual bertema lingkungan dan gerakan dinamis dari sampah, level ini memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif serta memperkuat pemahaman pemain terhadap konsep pemilahan dua jenis sampah utama. Kedua arena Level 3 dan Simulasi Bermain, Level 3 merupakan tahap akhir dengan tingkat kesulitan tertinggi dalam game Waste Sorting. Arena pada level ini menampilkan lingkungan sekolah yang dipenuhi oleh sampah-sampah berserakan. Pemain ditugaskan untuk memilah dan memasukkan sampah ke dalam tiga jenis tong yang tersedia, yaitu organik, anorganik, dan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Berbeda dari level sebelumnya, sampah tidak bergerak otomatis, melainkan ditempatkan secara acak di area permainan. Pemain harus memilih sampah satu per satu, kemudian menyeretnya (drag) ke tong yang sesuai. Tingkat kesulitan meningkat karena jenis sampah lebih beragam dan pemain harus lebih teliti dalam membedakan ketiganya.

Jika sampah berhasil dimasukkan ke tong yang tepat, akan terdengar audio “benar” dan skor akan bertambah. Sebaliknya, jika pemain salah memilih tong, maka akan muncul audio “salah” sebagai peringatan. Umpan balik suara ini tetap digunakan untuk memperkuat pemahaman pemain secara langsung saat bermain. Permainan pada level ini juga dibatasi oleh waktu selama 60 detik. Pemain harus menyelesaikan tantangan dengan efisien dan tepat waktu. Desain arena tetap menggunakan tema lingkungan yang edukatif, dan suasana sekolah dipilih untuk membangun kedekatan konteks dengan kehidupan sehari-hari siswa, sehingga proses belajar terasa lebih nyata dan relevan.

Pengujian sistem dengan metode Black Box dilakukan dengan menilai tampilan dan alur fungsi pada game, untuk memastikan apakah semua fitur berjalan sesuai yang diharapkan, tanpa melihat atau memeriksa kode program secara langsung.

Tabel 4. 1 Pengujian Black Box Menu Utama

No	Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Tombol 'Mulai Game'	Klik tombol	Game berpindah ke scene level 1 (Level Mudah)	Berhasil	Sesuai
2	Tombol 'Materi'	Klik tombol	Muncul halaman berisi materi jenis sampah	Berhasil	Sesuai
3	Tombol 'Tutorial'	Klik tombol	Muncul halaman berisi petunjuk bermain	Berhasil	Sesuai
4	Tombol 'Keluar'	Klik tombol	Game keluar atau kembali ke desktop/menu OS	Berhasil	Sesuai

Tabel 4. 2 Pengujian Black Box Mulai Game

No	Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Perpindahan Level Otomatis	Menyelesaikan level 1	Game otomatis lanjut ke level 2	Berhasil	Sesuai
2	Audio Feedback 'Benar'	Sampah dimasukkan ke tong benar	Suara 'benar' terdengar	Berhasil	Sesuai
3	Audio Feedback 'Salah'	Sampah dimasukkan ke tong salah	Suara 'salah' terdengar	Berhasil	Sesuai
4	Sistem Waktu	Game dijalankan	Timer berjalan selama 60 detik	Berhasil	Sesuai

Tabel 4. 3 Pengujian BlackBox Dalam Game

No	Level	Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	1	Tong bisa digeser	Geser tong ke posisi jatuhnya sampah	Tong bergerak dan menangkap sampah	Berhasil	Sesuai
2	2	Sampah mengalir dari kanan ke kiri	Sampah muncul di layar dan ditarik ke tong	Sampah bisa di-drag ke tong yang sesuai (organik/anorganik)	Berhasil	Sesuai
3	3	Sampah tersebar di area sekolah	Sampah diklik dan ditarik ke tong	Sampah masuk ke tong, skor bertambah	Berhasil	Sesuai
4	All	Poin bertambah saat benar	Sampah masuk ke tong benar	Skor bertambah, muncul suara 'benar'	Berhasil	Sesuai
5	All	Poin tidak bertambah saat salah	Sampah masuk ke tong salah	Skor tetap, muncul suara 'salah', sampah kembali ke posisi awal (Level 3)	Berhasil	Sesuai
6	All	Menu 'Ulangi' & 'Lanjut' (Jika Menang/Kalah)	Selesaikan level menang atau gagal	Tampil menu 'Ulangi' saat gagal, 'Ulangi' dan 'Lanjut' saat menang	Berhasil	Sesuai

Dalam pengembangan media pembelajaran berupa game edukasi Waste Sorting yang bertujuan untuk mengenalkan jenis-jenis sampah, peneliti melakukan analisis terhadap tingkat pemahaman dan

ketertarikan pengguna terhadap permainan yang dikembangkan. Uji coba dilakukan pada siswa sekolah dasar kelas 4 hingga 6 di Desa Karangrejo, dengan melibatkan 20 anak sebagai responden. Evaluasi dilakukan melalui pengisian kuesioner sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) bermain game, guna mengetahui sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi pemilahan sampah serta minat mereka terhadap media pembelajaran berbasis game. Baik pre-test maupun post-test menggunakan pertanyaan yang sama, disusun dalam bentuk pertanyaan tertutup pilihan ganda yang sederhana, agar sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar. Pertanyaan difokuskan pada klasifikasi jenis sampah organik, anorganik, dan B3. Rekapitulasi hasil analisis dari pengujian pre-test dan post-test terhadap 20 siswa sebagai subjek penelitian. Tujuan rekapitulasi ini adalah untuk melihat secara kuantitatif efektivitas dari media game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity dalam meningkatkan pengetahuan siswa tentang jenis-jenis sampah. Berikut adalah hasil perhitungan nilai rata-rata untuk Pre-Test:

$$\begin{aligned} &\text{Rata-rata nilai jawaban "Benar"} \\ &= \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Jumlah Pertanyaan}} \\ &= \frac{13+11+7+9+10+8}{6} \\ &= \frac{58}{6} = 9,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Rata-rata nilai jawaban "Salah"} \\ &= \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Jumlah Pertanyaan}} \\ &= \frac{7+9+13+11+10+12}{6} \\ &= \frac{62}{6} = 10,3 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil perhitungan nilai rata-rata untuk Post-Test:

$$\begin{aligned} &\text{Rata-rata nilai jawaban "Benar"} \\ &= \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Jumlah Pertanyaan}} \\ &= \frac{19+16+15+13+17+14}{6} \\ &= \frac{94}{6} = 15,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Rata-rata nilai jawaban "Salah"} \\ &= \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Jumlah Pertanyaan}} \\ &= \frac{1+4+5+7+3+6}{6} \\ &= \frac{26}{6} = 4,3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil rekapitulasi di atas, terdapat peningkatan rata-rata jumlah jawaban benar dari 9,6 pada pre-test menjadi 15,7 pada post-test. Sebaliknya, jumlah jawaban salah menurun dari 10,3

menjadi 4,3. Pengembangan game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity menggunakan metode MDLC telah melalui proses yang sistematis dan terstruktur mulai dari tahap perancangan hingga evaluasi akhir. Seluruh alur pengembangan dilakukan berdasarkan enam tahapan utama dalam metode MDLC, yaitu model, design, construct, test, deploy, dan evaluate. Hasil akhir dari proyek ini menunjukkan bahwa game yang dikembangkan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga efektif sebagai media edukatif bagi siswa.

Dari sisi teknis, pengujian sistem dilakukan menggunakan metode blackbox untuk memastikan setiap fungsi dalam game berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama seperti menu utama, level permainan, mekanisme pemilahan sampah, serta sistem skor dan waktu telah berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan atau kesalahan. Fitur interaktif seperti suara yang muncul saat pemain memasukkan sampah ke dalam tempat yang benar maupun salah juga berfungsi secara optimal dan mendukung pengalaman belajar yang menyenangkan. Efektivitas game dalam meningkatkan pemahaman siswa juga terlihat dari hasil pre-test dan post-test yang dilakukan terhadap 20 siswa. Rata-rata nilai jawaban benar mengalami peningkatan signifikan dari 9,6 pada saat pre-test menjadi 15,7 setelah siswa memainkan game, sedangkan rata-rata nilai jawaban salah menurun dari 10,3 menjadi 4,3. Peningkatan ini menunjukkan bahwa game mampu memperkuat pemahaman siswa mengenai jenis-jenis sampah seperti organik, anorganik, dan B3, serta bagaimana memilahnya dengan benar.

Berdasarkan keseluruhan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa game edukasi ini telah memenuhi tujuan pengembangannya, yaitu sebagai sarana pembelajaran interaktif yang efektif dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman siswa terhadap pentingnya pemilahan sampah sejak dini. Hasil ini sejalan dengan temuan Ulfa et al. (2024) yang mengembangkan game *Trashpocalypse* bertema lingkungan berbasis visual novel dan *Metroidvania 2D platformer*. Game tersebut juga menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan kepedulian lingkungan, khususnya dalam konteks alur cerita dan eksplorasi. Selain itu, penelitian oleh Wahyudinata dan Dirgantara (2020) yang mengembangkan gim edukasi 2D pemilahan sampah berbasis Android, menekankan pentingnya elemen interaktif seperti suara dan level bertahap. Game mereka juga menghasilkan peningkatan pemahaman siswa, meskipun tidak secara eksplisit menggunakan metode MDLC. Dibandingkan dengan penelitian ini, pendekatan berbasis MDLC memberikan struktur yang lebih sistematis dalam pengembangan dan evaluasi game edukasi. Dengan demikian, hasil pengembangan dalam penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa game edukasi merupakan media yang efektif untuk menyampaikan pesan lingkungan kepada siswa sekolah dasar secara menyenangkan dan interaktif.

Kesimpulan

Game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity berhasil dikembangkan dengan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri dari enam tahapan sistematis, mulai dari konsep, desain, pengumpulan materi, perakitan, pengujian, hingga distribusi. Setiap tahapan dilaksanakan secara terstruktur sehingga menghasilkan sebuah produk game yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga memiliki fungsi edukatif yang kuat dalam menyampaikan materi tentang jenis-jenis sampah. Hasil pengujian Black Box menunjukkan bahwa seluruh fitur dalam game, seperti mekanisme pemilahan sampah, skor penilaian, tampilan grafis, hingga navigasi, dapat berfungsi dengan baik sesuai rancangan. Hal ini menandakan bahwa game telah memenuhi aspek teknis dan siap digunakan dalam pembelajaran. Efektivitas game sebagai media pembelajaran diuji melalui evaluasi pre-test dan post-test terhadap siswa sekolah dasar. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman siswa mengenai pemilahan sampah. Rata-rata jawaban benar siswa meningkat dari 9,6 pada pre-test menjadi 15,7 pada post-test. Sebaliknya, rata-rata jawaban salah menurun dari 10,3 menjadi 4,3. Data tersebut memperlihatkan bahwa siswa mampu memahami dan membedakan jenis sampah

dengan lebih baik setelah berinteraksi dengan game. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa game edukasi pemilahan sampah berbasis Unity tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga efektif sebagai media pembelajaran interaktif. Game ini mampu memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan sekaligus mendidik, sehingga berpotensi mendukung pendidikan lingkungan sejak usia dini.

Daftar Pustaka

- Borman, R. I., & Purwanto, Y. (2019). Implementasi Multimedia Development Life Cycle pada Pengembangan Game Edukasi. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, 5(2), 119–124.
- Emny Harna Yossy. (2023). *Membuat Diagram UML menggunakan Aplikasi Draw.io*. Binus Business Review.
- Fortuna, S., Purnamasari, A. I., & Dikananda, A. R. (2023). Game Edukasi Menyusun Kata Berbasis Android Dengan Metode MDLC Sebagai Media Pembelajaran Anak Usia Dini Pada Paud Wijaya Kusuma 1 Kota Cirebon. *Jurnal Teknologi Ilmu Komputer*, 1(2), 61–65. <https://doi.org/10.56854/jtik.v1i2.70>
- Garris, Ahlers, & J.E, D. (2002). *Games, motivation, and learning: A research and practice model Simulation & Gaming*. <https://doi.org/33> (4)
- Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy* (1(1)). Computers in Entertainment (CIE).
- Kurniawan, Y. I., Paramesvari, D. P., & Purnomo, W. H. (2021). Game Edukasi Pengenalan Hewan Berdasarkan Habitatnya Untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 1(1), 57–66. <https://doi.org/10.54082/jupin.6>
- Mandagi, A. T., & Purukan, Y. (2023). Peran Pemerintah Dan Masyarakat Dalam Mengelola Sampah Dengan Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Di Kelurahan Kairagi Dua Kecamatan Mapanget Kota Manado. *Tekno*, 21(86), 1951–1958.
- Muthmainnah, Saptari, M. A., Munandar, A., & Mukti Qamal. (2024). *Jurnal Teknologi Terapan & Sains 4.0*. 5(1).
- Oka Aryananda, I. G. A., Suardika, I. G., & Vony Purnama, I. G. A. (2022). Aplikasi Game Edukasi “Legenda Kebo Iwa” Menggunakan Unity Berbasis Android. *Informatik : Jurnal Ilmu Komputer*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.52958/iftk.v17i4.2800>
- Permatasari, E., & Puspasari, D. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Permainan Pakpikpok Pada Kompetensi Dasar Memahami Komunikasi Kantor Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di SMK Negeri 1 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 8(1), 68–81. <https://doi.org/10.26740/jpap.v8n1.p68-81>
- Prabowo, A. (2016). Pemanfaatan Web-Based Game Dalam Meningkatkan Ketepatan Notasi Subjek Bahan Pustaka Mahasiswa Jurusan Ilmu Perpustakaan. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, 5 No. 1, 191–200.
- Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- Purnomo, I. I. (2020). Aplikasi Game Edukasi Lingkungan Agen P Vs Sampah Berbasis Android Menggunakan Construct 2. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(2), 86. <https://doi.org/10.31602/tji.v11i2.2784>
- Purwanto, A. E. G., & Windriyani, P. (2022). Pembuatan Gim Edukasi “PilahPilih” untuk Pemilahan Sampah Organik, Anorganik, dan B3 Berbasis Android. *KALBISLANA Jurnal Sains Dan Bisnis*, 8(2), 1966–1977.
- Rizki, I., F., Khair, U., & Wulan, N. (2024). Perancangan Aplikasi Augmented Reality Wisata Dayung Sampan. *Journal Of Social Science Research*, 4(Volume 4 Nomor 2 Tahun 2024 Page 2619-2631), 2619–2631.
- Sadiman, A. S., D. (2010). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Rajawali Pers.
- Saputro, H., Baturaja, U., & Yani, J. A. (2021). Jurnal Informatika dan Komputer(JIK). *Jik*, 12(2), 83.
- Saputro, R. D., Kasih, P., & Rochana, S. (2022). Pengujian Black Box dan Kuesioner Pada Game Gems Adventure. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 47–52.
- Setiawan, R. (2021). *Black Box Testing Untuk Menguji Perangkat Lunak*.
- Sutrisno, A. (2017). *Pengembangan Media Pembelajaran Multimedia dengan Model MDLC*. Penerbit Universitas

Gadjah Mada.

- Ulfa, E. N., Metandi, F., & Nyura, Y. (2024). *PENGEMBANGAN GAME BERTEMAKAN LINGKUNGAN “ TRASHPOCALYPSE ” BERBENTUK VISUAL NOVEL DAN METROIDVANIA 2D PLATFORMER MENGGUNAKAN UNITY*. 8(5), 10452–10459.
- Wahyudinata, A., & Dirgantara, H. B. (2020). Pengembangan Gim Edukasi 2D Pemilahan Sampah Daur Ulang Berbasis Android. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 20(1), 129–138. <https://doi.org/10.30812/matrik.v20i1.860>
- Widyastuti, R., & Puspita, L. S. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Game Edukasi Pada MatPel IPA Tematik Kebersihan Lingkungan. *Paradigma - Jurnal Komputer Dan Informatika*, 22(1), 95–100. <https://doi.org/10.31294/p.v22i1.7084>