

Rancang Bangun Gim Simulasi Edukatif “Fuel Run: 1L Challenge!” Untuk Pengenalan Sistem Efisiensi Bahan Bakar

Fony Revindasari¹, Zulhaydar Fairozal Akbar¹, Muhammad Faiz Al Hakim¹

¹ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Game, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

* Korespondensi: fony@pens.ac.id

Sitasi: F. Revindasari, Z. F. Akbar, and F. Hakim, “Rancang Bangun Gim Simulasi Edukatif “Fuel Run: 1L Challenge!” Untuk Pengenalan Sistem Efisiensi Bahan Bakar”, *Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, vol. 8, no. 3, pp. 757-769, 2026. <https://doi.org/10.35746/jtim.v8i3.1109>

Diterima: 06-07-2026

Direvisi: 11-08-2026

Disetujui: 19-08-2026



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract: Increasing demand for energy efficiency in the transportation sector highlights the need for educational media that can introduce fuel efficiency concepts in an engaging and accessible manner. However, understanding of the factors affecting fuel efficiency remains limited, while most automotive games focus primarily on entertainment rather than education. This study developed Fuel Run: 1L Challenge as an educational simulation game based on game-based learning and serious game approaches to introduce vehicle fuel efficiency systems. The game integrates idle mechanics, a simplified physics-based simulation, and interactive feedback to illustrate the effects of four main factors engine, fuel, vehicle body, and supporting technology on vehicle efficiency. The development process employed the ADDIE model combined with the Game Development Life Cycle (GDLC), targeting an Android platform in portrait orientation. The novelty of this study lies in presenting fuel efficiency concepts through an interactive simulation designed for non-technical users. The evaluation involved 45 respondents using a pre-test and post-test design, with the results analyzed using the Wilcoxon Signed-Rank Test and effect size calculation. The results showed an increase in the mean understanding score from 72.57 to 82.34, representing an increase of 9.77 points (13.5% relatively) after using the game. The Wilcoxon test indicated a significant difference between the pre-test and post-test scores ($Z = -4.518$; $p < 0.001$), with an effect size of $r = 0.48$, categorized as moderate. These findings indicate that Fuel Run: 1L Challenge has the potential to serve as an alternative educational medium for supporting understanding of vehicle fuel efficiency.

Keywords: educational game, fuel efficiency, *game-based learning*, serious game, vehicle simulation.

Abstrak: Meningkatnya kebutuhan akan efisiensi energi di sektor transportasi mendorong perlunya media edukasi yang mampu memperkenalkan konsep efisiensi bahan bakar secara menarik dan mudah dipahami. Namun, pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi bahan bakar masih terbatas, sementara sebagian besar gim otomotif lebih berfokus pada hiburan dibandingkan edukasi. Penelitian ini mengembangkan gim simulasi edukatif *Fuel Run: 1L Challenge* sebagai media pembelajaran berbasis *game-based learning* dan *serious game* untuk memperkenalkan sistem efisiensi bahan bakar kendaraan. Gim ini mengintegrasikan mekanik idle, simulasi berbasis fisika sederhana, serta umpan balik interaktif untuk menggambarkan pengaruh empat faktor utama, yaitu mesin, bahan bakar, bodi kendaraan, dan teknologi penunjang terhadap efisiensi kendaraan. Pengembangan dilakukan menggunakan model ADDIE yang dipadukan dengan *Game Development Life Cycle* (GDLC), dengan target platform Android berorientasi potret. Keunikan penelitian ini terletak pada penyajian konsep efisiensi bahan bakar melalui simulasi interaktif yang ditujukan bagi pengguna nonteknis. Evaluasi dilakukan terhadap 45 responden menggunakan metode *pre-test* dan *post-test* yang dianalisis melalui uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* dan perhitungan *effect size*. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan rata-rata skor pemahaman dari 72.567 menjadi 82.344,

atau meningkat sebesar 9,777 poin (13,5% secara relatif) setelah menggunakan gim. Uji Wilcoxon menunjukkan perbedaan yang signifikan ($Z = -4,518$; $p < 0,001$) dengan *effect size* $r = 0,48$ yang termasuk kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Fuel Run: 1L Challenge* berpotensi menjadi media edukasi alternatif untuk mendukung pemahaman mengenai efisiensi bahan bakar kendaraan.

Kata kunci: gim edukatif; efisiensi bahan bakar; game-based learning; serious game; simulasi kendaraan

1. Pendahuluan

Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang terbesar konsumsi energi berbasis bahan bakar fosil sekaligus kontributor utama emisi karbon dioksida (CO_2), yang menjadi gas rumah kaca penyebab pemanasan global dan perubahan iklim. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor menyebabkan kebutuhan bahan bakar terus meningkat sehingga emisi CO_2 yang dihasilkan dari proses pembakaran juga semakin besar[1]. Kondisi tersebut mendorong berbagai negara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui pengembangan teknologi kendaraan yang lebih hemat bahan bakar serta peningkatan literasi masyarakat mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi kendaraan[2].

Efisiensi bahan bakar merupakan kemampuan kendaraan untuk menempuh jarak tertentu dengan konsumsi bahan bakar seminimal mungkin. Konsep ini menjadi salah satu perhatian utama dalam sektor transportasi modern karena meningkatnya konsumsi energi fosil dan dampaknya terhadap emisi karbon. Nilai efisiensi bahan bakar dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik mesin, massa kendaraan, aerodinamika bodi, jenis bahan bakar, serta teknologi penunjang yang digunakan pada sistem penggerak kendaraan. Perubahan pada salah satu faktor tersebut dapat memengaruhi kebutuhan energi kendaraan, misalnya peningkatan massa kendaraan sebesar 10% dilaporkan mampu meningkatkan konsumsi bahan bakar sekitar 5-7% pada kondisi perkotaan, sedangkan karakteristik aerodinamika memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi kendaraan pada kecepatan sedang hingga tinggi[3].

Selain itu, karakteristik bahan bakar, seperti *Lower Heating Value* (LHV), juga berperan dalam menentukan konsumsi bahan bakar dan jarak tempuh kendaraan. Meskipun demikian, pemahaman mengenai hubungan antar faktor tersebut masih terbatas karena konsep efisiensi bahan bakar bersifat teknis dan umumnya hanya disampaikan melalui buku, modul pembelajaran, atau media presentasi yang kurang interaktif sehingga sulit dipahami oleh masyarakat, khususnya generasi muda[4].

Perkembangan teknologi digital membuka peluang pemanfaatan media pembelajaran interaktif untuk menyederhanakan konsep-konsep teknis tersebut. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah *Game-Based Learning* (GBL), yaitu metode pembelajaran yang mengintegrasikan tujuan edukasi ke dalam mekanisme permainan sehingga pengguna dapat memperoleh pengalaman belajar melalui proses eksplorasi, simulasi, pengambilan keputusan, dan umpan balik secara langsung[5]. Studi terdahulu menunjukkan bahwa GBL dan *serious game* dapat memberikan dampak positif terhadap hasil kognitif dan pengalaman belajar, meskipun efektivitasnya bergantung pada desain permainan, karakteristik pengguna, dan aktivitas pembelajaran yang diterapkan[6]. Dalam konteks efisiensi kendaraan, kebutuhan terhadap media interaktif menjadi semakin relevan karena konsep konsumsi bahan bakar tidak hanya berkaitan dengan pengetahuan teoritis, tetapi juga melibatkan pemahaman mengenai hubungan antara karakteristik kendaraan, keputusan penggunaan, dan hasil konsumsi energi. Penelitian mengenai *reality-enhanced serious game* untuk *fuel-efficient driving* menunjukkan bahwa permainan dapat digunakan untuk memberikan evaluasi performa dan umpan balik terkait konsumsi bahan bakar secara langsung[7]. Namun, pendekatan tersebut masih berfokus pada perilaku

berkendara dan data kendaraan nyata, sedangkan media simulasi yang memungkinkan pengguna nonteknis mengeksplorasi pengaruh berbagai konfigurasi kendaraan terhadap efisiensi bahan bakar masih memiliki ruang untuk dikembangkan. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan konsep efisiensi bahan bakar, tetapi juga memungkinkan pengguna memahami hubungan sebab-akibat melalui proses konfigurasi, simulasi, dan evaluasi secara berulang[8].

Penelitian Degirmenci dan Breitner menunjukkan bahwa penerapan gamifikasi dengan stimulus visual dan auditorial pada konteks *eco-driving* mampu menghasilkan perbedaan konsumsi energi serta meningkatkan pengalaman pengguna[9]. Sementara itu, Hulme et al. menerapkan *game-based learning* yang dipadukan dengan *modeling* dan simulasi dinamika kendaraan untuk pembelajaran teknik otomotif, dengan hasil peningkatan pemahaman konsep teknis hingga 25% setelah pembelajaran[10]. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa umpan balik interaktif dan simulasi dapat digunakan untuk menghubungkan konsep teknis kendaraan dengan pengalaman belajar pengguna. Namun, Degirmenci dan Breitner berfokus pada perilaku *eco-driving* menggunakan kendaraan listrik nyata, sedangkan Hulme et al. menggunakan simulator *high-fidelity* untuk mahasiswa teknik otomotif. Hal tersebut membuka peluang pengembangan media yang lebih sederhana dan mudah diakses, tetapi tetap memungkinkan pengguna nonteknis mengeksplorasi hubungan antara konfigurasi kendaraan dan efisiensi bahan bakar melalui simulasi[11].

Beberapa gim komersial seperti *Hill Climb Racing*, *Earn to Die*, dan *Automation: The Car Company Tycoon Game* telah menerapkan simulasi fisika serta mekanisme peningkatan performa kendaraan yang memberikan pengalaman interaktif bagi pemain. Namun, gim-gim tersebut berorientasi pada hiburan dan belum secara khusus mengintegrasikan konsep efisiensi bahan bakar sebagai tujuan pembelajaran yang dapat diamati secara kuantitatif. Di sisi lain, penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi *game-based learning*, gamifikasi, dan simulasi kendaraan dalam mendukung pembelajaran serta perilaku berkendara hemat energi[12]. Akan tetapi, pendekatan tersebut belum secara spesifik menggabungkan eksplorasi konfigurasi mesin, bodi kendaraan, bahan bakar, dan teknologi penunjang ke dalam simulasi efisiensi bahan bakar berbasis km/L yang ditujukan bagi pengguna nonteknis. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan *Fuel Run: 1L Challenge* sebagai gim simulasi edukatif yang mengintegrasikan konfigurasi kendaraan, perhitungan efisiensi, simulasi jarak tempuh, serta umpan balik hasil dalam satu siklus pembelajaran interaktif.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mampu memvisualisasikan konsep efisiensi bahan bakar melalui simulasi yang mudah dipahami. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan *Fuel Run: 1L Challenge*, yaitu gim edukatif berbasis Android yang mengintegrasikan pendekatan *Game-Based Learning*, idle mechanics, dan physics-based simulation. Gim ini memungkinkan pengguna melakukan eksperimen terhadap empat faktor utama pembentuk efisiensi kendaraan, yaitu mesin, bodi kendaraan, jenis bahan bakar, dan teknologi penunjang, kemudian mengamati secara langsung perubahan nilai efisiensi kendaraan berdasarkan konfigurasi yang dipilih.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini mengintegrasikan keempat faktor utama pembentuk efisiensi kendaraan ke dalam satu simulasi fisika ringan yang dirancang khusus sebagai media pembelajaran berbasis perangkat bergerak. Selain mengembangkan gim edukatif, penelitian ini juga mengevaluasi peningkatan pemahaman pengguna melalui desain *pre-test* dan *post-test* menggunakan analisis statistik sehingga efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan dapat diukur secara kuantitatif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan *Fuel Run: 1L Challenge* sebagai gim simulasi edukatif yang memperkenalkan hubungan antara konfigurasi kendaraan dan efisiensi bahan bakar, serta mengevaluasi pengaruh penggunaannya terhadap peningkatan pemahaman konsep efisiensi bahan bakar. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran

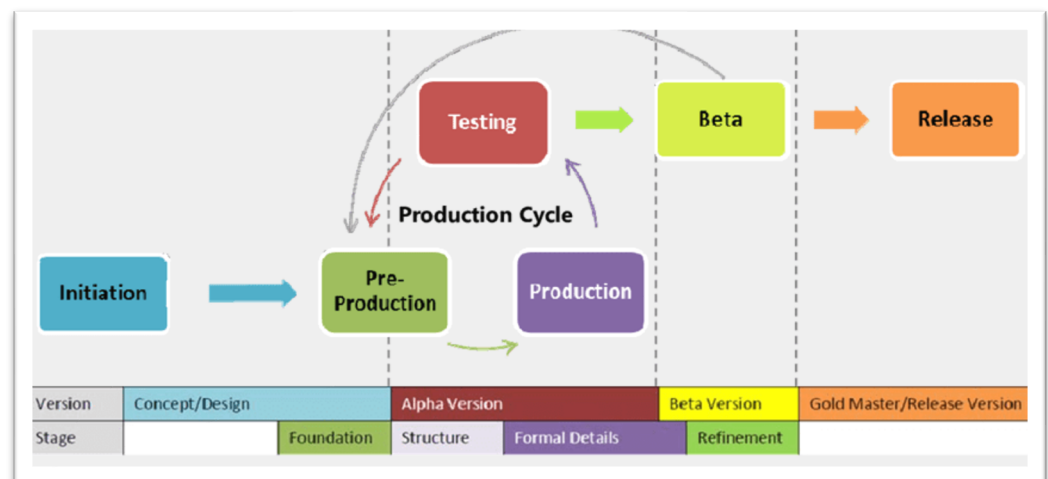
yang lebih interaktif dalam memperkenalkan konsep efisiensi bahan bakar kepada masyarakat.

2. Bahan dan Metode

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk merancang dan mengembangkan gim simulasi edukatif Fuel Run: 1L Challenge sebagai media pembelajaran mengenai efisiensi bahan bakar kendaraan. Pendekatan ini dipilih karena tidak hanya berfokus pada pengembangan produk, tetapi juga mengevaluasi efektivitas produk yang dihasilkan terhadap peningkatan pemahaman pengguna[13]. Proses pengembangan dilakukan dengan mengintegrasikan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) dan Game Development Life Cycle (GDLC) agar tahapan pengembangan gim berlangsung secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi hasil pembelajaran. Pengembangan Fuel Run: 1L Challenge menggunakan Unity sebagai game engine dengan bahasa pemrograman C# dan target platform Android berorientasi potret. Unity digunakan untuk mengimplementasikan sistem gim 2D, simulasi fisika sederhana, logika permainan, antarmuka pengguna, serta integrasi aset visual. Proses pengembangan juga didukung oleh perangkat lunak grafis untuk pengolahan aset 2D, spreadsheet untuk penyusunan parameter perhitungan efisiensi, diagram builder untuk perancangan alur interaksi dan struktur sistem, serta version control untuk pengelolaan revisi selama pengembangan.

Pada sisi pengguna, Fuel Run: 1L Challenge dirancang untuk dijalankan pada smartphone berbasis Android dan didistribusikan dalam format aplikasi .apk. Perangkat pengguna memerlukan ruang penyimpanan kosong minimal 150 MB, sedangkan koneksi internet digunakan pada tahap pengunduhan aplikasi. Setelah instalasi selesai, gim dapat dijalankan secara lokal tanpa koneksi internet tambahan.



Gambar 1. Gambar Game Development Life Cycle

Model ADDIE digunakan sebagai kerangka utama penelitian untuk memastikan setiap tahapan pengembangan tetap berorientasi pada tujuan pembelajaran, sedangkan kerangka GDLC pada Gambar 1 digunakan sebagai acuan teknis dalam proses produksi gim. Integrasi kedua metode memungkinkan tahap analisis dan perancangan pembelajaran pada ADDIE diterjemahkan menjadi aktivitas pengembangan gim yang lebih terstruktur melalui tahapan initiation, pre-production, production, testing, beta, dan release.

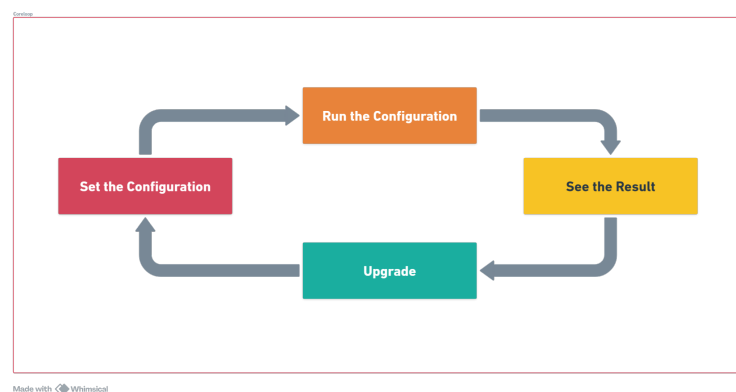
Alur penelitian yang diterapkan pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 1, yang menggambarkan keterkaitan antara tahapan ADDIE dan GDLC mulai dari proses analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan gim, implementasi kepada pengguna, hingga evaluasi efektivitas melalui pengujian *pre-test* dan *post-test*.

2.2. Perancangan Gim

Mekanik permainan dirancang untuk mengintegrasikan konsep efisiensi bahan bakar ke dalam pengalaman bermain yang interaktif. Melalui proses konfigurasi kendaraan, simulasi, dan umpan balik hasil, pemain dapat memahami pengaruh setiap keputusan terhadap efisiensi kendaraan. Mekanik inti gim terdiri atas empat komponen, yaitu konfigurasi kendaraan, simulasi (*run*), evaluasi hasil, serta sistem *reward* dan *upgrade*, yang dihubungkan dalam sebuah struktur *core loop* sebagai siklus utama permainan.

2.2.1. Perancangan Core Loop

Core loop merupakan siklus utama permainan yang menggambarkan alur interaksi pemain selama bermain berdasarkan Gambar 2 dibawah.



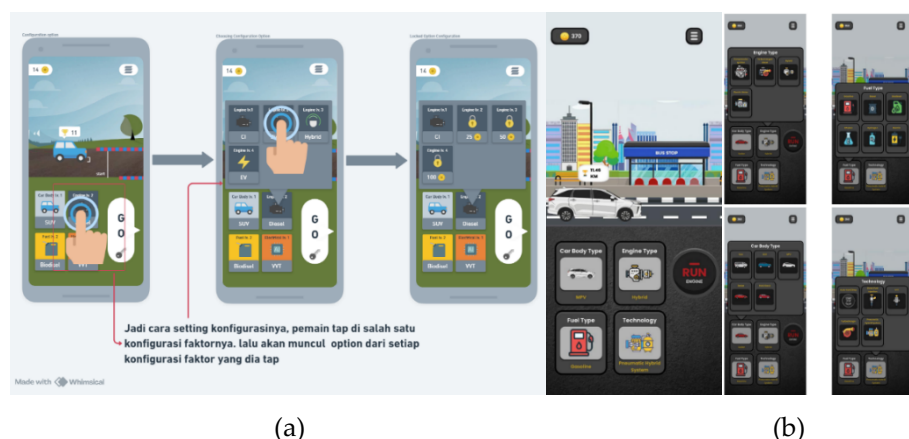
Gambar 2. Struktur Core Loop Fuel Run

Siklus yang tercantum pada Gambar 2 ini terdiri atas proses konfigurasi kendaraan, pelaksanaan simulasi, evaluasi hasil, dan peningkatan kendaraan (*upgrade*) yang dilakukan secara berulang. Pola tersebut mendorong pemain untuk melakukan eksperimen terhadap berbagai konfigurasi guna memperoleh efisiensi bahan bakar yang lebih optimal.

2.2.2. Deskripsi Mekanik Inti

Secara garis besar, mekanik inti mencakup empat komponen utama:

1. Konfigurasi Kendaraan

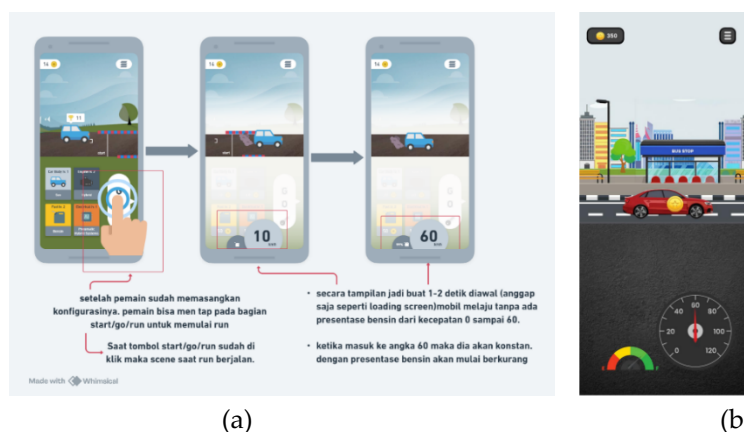


Gambar 3. (a) Rancangan UI pada mekanik konfigurasi; (b) Hasil Implementasi UI mekanik konfigurasi

Pada tahap konfigurasi, pemain memilih kombinasi jenis mesin, tipe bodi, bahan bakar, dan teknologi penunjang yang akan digunakan. Setiap komponen memiliki

parameter berbeda yang memengaruhi nilai efisiensi kendaraan dan hasil simulasi. Kombinasi konfigurasi yang dipilih kemudian menjadi masukan utama dalam proses perhitungan simulasi untuk menghasilkan estimasi jarak tempuh dan efisiensi bahan bakar kendaraan. Pendekatan ini memungkinkan setiap keputusan pemain memberikan dampak yang berbeda terhadap hasil simulasi, sehingga proses pembelajaran berlangsung melalui eksplorasi berbagai konfigurasi kendaraan. Dengan demikian, pemain didorong untuk membandingkan hasil dari setiap konfigurasi guna mengidentifikasi kombinasi kendaraan yang menghasilkan efisiensi bahan bakar paling optimal sesuai dengan design yang ditujukan pada Gambar 3. Melalui proses tersebut, pemain dapat memahami bahwa perubahan pada setiap komponen kendaraan memberikan kontribusi yang berbeda terhadap performa dan efisiensi kendaraan secara keseluruhan.

2. Simulasi (Run)



Gambar 4. (a) Rancangan UI pada mekanik simulasi (*run*); (b) Hasil implementasi UI mekanik simulasi (*run*)

Setelah konfigurasi selesai, terlihat pada Gambar 4 pemain memulai simulasi dengan menjalankan kendaraan menggunakan kapasitas bahan bakar sebesar satu liter. Selama simulasi berlangsung, sistem menghitung performa kendaraan berdasarkan model perhitungan efisiensi yang telah dirancang untuk menghasilkan estimasi jarak tempuh.

3. Evaluasi Hasil



Gambar 5. (a) Rancangan UI pada mekanik evaluasi hasil; (b) Hasil implementasi UI mekanik evaluasi hasil

Setelah simulasi berakhir karena bahan bakar hipotetis 1 liter telah habis, sistem menghitung jarak tempuh kendaraan berdasarkan konfigurasi dan parameter simulasi yang digunakan. Nilai efisiensi kemudian diperoleh dari perbandingan jarak tempuh terhadap jumlah bahan bakar yang digunakan dalam simulasi, sehingga dinyatakan dalam satuan km/L. Hasil tersebut ditampilkan bersama konfigurasi kendaraan, nilai *high score*, dan informasi efisiensi sebagai umpan balik bagi pemain untuk membandingkan performa antar konfigurasi.

4. Reward dan Upgrade

Pemain memperoleh koin berdasarkan hasil efisiensi yang dicapai pada setiap simulasi. Koin tersebut digunakan untuk membuka atau meningkatkan komponen kendaraan sehingga memungkinkan pemain mencoba konfigurasi yang lebih optimal pada simulasi berikutnya.

2.2.3. Ringkasan Komponen Konfigurasi Kendaraan terhadap Mekanik

Setiap komponen konfigurasi kendaraan pada Fuel Run: 1L Challenge memiliki parameter yang memengaruhi mekanik simulasi dan perhitungan efisiensi bahan bakar. Parameter tersebut diintegrasikan ke dalam model simulasi sehingga setiap kombinasi yang dipilih pemain menghasilkan karakteristik kendaraan yang berbeda. Ringkasan hubungan antara komponen konfigurasi, parameter teknis, serta pengaruhnya terhadap mekanik permainan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Komponen Kendaraan terhadap Mekanik

Komponen	Parameter Utama	Dampak Mekanik	Implementasi dalam Simulasi
Mesin	η_{engine}	Meningkatkan efisiensi total sistem	Faktor multiplikatif pada η_{total}
Bodi	Cd, A, m	Mengubah gaya hambat & rolling resistance	Memengaruhi F_d dan F_{rr}
Bahan Bakar	LHV	Menentukan energi per liter	Masuk dalam rumus Efisiensi (km/L)
Teknologi	η_{tech}	Menambah efisiensi sesuai fitur	Menjadi faktor pengali η_{total}

Berdasarkan Tabel 1, setiap komponen berkontribusi terhadap hasil simulasi melalui parameter fisika yang berbeda. Nilai efisiensi mesin (η_{engine}), karakteristik bodi kendaraan, nilai kalor bahan bakar (LHV), dan faktor efisiensi teknologi (η_{tech}) diproses secara bersamaan untuk menghasilkan nilai efisiensi kendaraan dan jarak tempuh pada setiap simulasi. Pendekatan ini memungkinkan pemain memahami bahwa perubahan konfigurasi kendaraan akan memberikan dampak yang berbeda terhadap performa efisiensi bahan bakar.

Parameter efisiensi dari komponen mesin dan teknologi selanjutnya digabungkan untuk memperoleh nilai efisiensi total sistem penggerak kendaraan (η_{total}). Nilai ini merepresentasikan efisiensi gabungan yang digunakan sebagai salah satu masukan utama dalam simulasi, dengan mempertimbangkan efisiensi mesin, *drivetrain*, dan teknologi penunjang yang dipilih pemain. Efisiensi total dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{total} = \eta_{engine} \times \eta_{drivetrain} \times \eta_{tech} \quad (1)$$

Dengan nilai $\eta_{drivetrain} = 0,88$, nilai η_{total} , LHV, serta karakteristik hambatan kendaraan kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi bahan bakar dalam satuan km/L.

$$Efisiensi (Km/L) = \frac{v \times \eta_{total} \times LHV}{F_d + F_{rr}} \quad (2)$$

Berdasarkan formulasi tersebut, nilai efisiensi km/L ditentukan dari kombinasi efisiensi sistem penggerak, karakteristik hambatan kendaraan, kecepatan, dan energi yang tersedia dari bahan bakar. Setiap variabel pada persamaan diperoleh dari parameter komponen kendaraan yang dipilih pemain, sehingga perubahan konfigurasi akan menghasilkan nilai masukan dan keluaran simulasi yang berbeda. Untuk memperjelas nilai yang digunakan dalam perhitungan, Tabel 2 menyajikan seluruh jenis komponen konfigurasi beserta parameter dan nilai yang menjadi masukan dalam model simulasi.

Tabel 2. Parameter Komponen Konfigurasi Kendaraan dalam Simulasi

Komponen	Jenis	Parameter yang digunakan	Nilai
Mesin	CI Diesel	η_{engine}	0,40
	Turbocharged Diesel	η_{engine}	0,42
	Hybrid (HEV/PHEV)	η_{engine}	0,38
	Motor Listrik (EV)	η_{engine}	0,90
Bodi	Hatchback	Cd, A, m	0,31; 2,0; 1.100
	Sedan	Cd, A, m	0,32; 2,2; 1.500
	SUV/Crossover	Cd, A, m	0,35; 2,4; 1.800
	MPV	Cd, A, m	0,33; 2,3; 1.700
	Light Truck/Van	Cd, A, m	0,40; 2,6; 2.000
Bahan Bakar	Bensin	LHV	34,2 MJ/L
	Diesel	LHV	36,0 MJ/L
	Biodiesel	LHV	32,0 MJ/L
	Etanol E85	LHV	24,0 MJ/L
	Hidrogen	LHV	≈8,0 MJ/L
	Listrik	LHV	≈60,0 MJ/L
Teknologi	Auto Start-Stop	η_{tech}	1,08
	VVT	η_{tech}	1,05
	Cylinder Deactivation	η_{tech}	1,03
	Direct Fuel Injection	η_{tech}	1,10
	Turbocharging	η_{tech}	1,03
	Pneumatic Hybrid Systems	η_{tech}	1,10

Parameter pada Tabel 2 digunakan sebagai masukan model simulasi untuk menghasilkan nilai efisiensi dan jarak tempuh berdasarkan konfigurasi kendaraan. Selanjutnya, data pengujian dianalisis secara kuantitatif melalui perbandingan skor *pre-test* dan *post-test*. Uji normalitas terhadap selisih skor (*difference*) digunakan untuk menentukan metode analisis, kemudian Wilcoxon Signed-Rank Test diterapkan apabila data tidak berdistribusi normal, yang dilanjutkan dengan perhitungan *effect size* untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan gim terhadap perubahan skor pemahaman[14]. Berikut persamaan (3) sebagai perhitungan *effect size*:

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}} \quad (3)$$

Keterangan:

R = nilai *effect size*

Z = nilai statistik Z hasil uji Wilcoxon;

N = jumlah sampel penelitian

3. Hasil

Hasil penelitian difokuskan pada evaluasi efektivitas gim *Fuel Run: 1L Challenge* sebagai media pembelajaran mengenai efisiensi bahan bakar kendaraan. Evaluasi dilakukan melalui pengujian kuantitatif menggunakan desain *pre-test* dan *post-test* yang dianalisis secara bertahap melalui statistik deskriptif, uji normalitas, *Wilcoxon Signed-Rank Test*, dan *effect size*. Rangkaian analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tingkat pemahaman responden setelah memainkan gim.

3.1. Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pre-test post-test* untuk mengukur perubahan pemahaman responden terhadap konsep efisiensi bahan bakar kendaraan. Instrumen berupa kuesioner *pre-test* dan *post-test* yang mencakup konsep km/L, pengaruh karakteristik kendaraan, teknologi, jenis bahan bakar, serta kombinasi spesifikasi kendaraan. *Pre-test* diberikan sebelum bermain, sedangkan *post-test* diberikan setelah responden menggunakan gim.

Berikut butir pertanyaan yang digunakan dalam instrumen pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Butir Pertanyaan Instrumen Pengujian

Indikator Pemahaman	Contoh Pertanyaan	Bentuk	Pilihan Jawaban / Skala
Pemahaman konsep efisiensi bahan bakar	Jika mobil A menempuh 20 km dengan 1 liter, dan mobil B menempuh 10 km dengan 1 liter, mana yang lebih efisien?	Pilihan ganda	a. Mobil A b. Mobil B c. Sama saja d. Tidak tahu
Pemahaman satuan efisiensi	Apa arti satuan km/L menurutmu?	Isian singkat	Jawaban bebas
Pemahaman pengaruh bentuk kendaraan	Menurutmu, body type manakah yang paling efisien untuk penggunaan 1 liter bahan bakar?	Pilihan ganda	a. SUV b. Van c. Hatchback d. Sedan
Pemahaman teknologi mesin	Mesin hybrid biasanya lebih efisien dibanding mesin konvensional.	Pilihan ganda (Benar/Salah)	a. Benar b. Salah
Pemahaman jenis bahan bakar	Dari pilihan berikut, mana bahan bakar yang paling ramah lingkungan sekaligus bisa mendukung efisiensi?	Pilihan ganda	a. Diesel b. Hidrogen c. Gasoline d. Biodiesel
Pemahaman fitur efisiensi kendaraan	Teknologi “Auto Start/Stop” pada mobil berfungsi untuk...	Pilihan ganda	a. Membuat mobil lebih cepat b. Menghemat bahan bakar saat berhenti c. Mengisi baterai d. Tidak tahu
Pemahaman kombinasi spesifikasi kendaraan	Jika ada dua mobil dengan spesifikasi tertentu, menurutmu mana yang dapat menempuh jarak lebih jauh dengan 1 liter bahan bakar?	Pilihan ganda	a. Mobil X b. Mobil Y c. Sama saja d. Tidak tahu
Pemahaman faktor penentu efisiensi	Faktor apa yang menurutmu paling berpengaruh dalam menentukan jarak tempuh 1 liter bahan bakar?	Isian singkat	Jawaban bebas
Persepsi tingkat pemahaman	Sebelum/Sesudah mencoba aplikasi ini, menurutmu pemahaman tentang efisiensi mobil hemat energi	Skala Likert	1 (Belum paham) – 5 (Pemahaman meningkat penuh)

Pengujian pengguna melibatkan 45 responden dengan desain *one-group pre-test post-test*. Pengujian dilaksanakan di Ruang Kelas D4 Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), Surabaya, pada 29 Januari 2025 pukul 19.00–21.00 WIB. Setiap responden

menjalankan *Fuel Run: 1L Challenge* menggunakan telepon pintar berbasis Android milik masing-masing, kemudian mengikuti pengukuran *pre-test* sebelum penggunaan gim dan *post-test* setelah menyelesaikan sesi permainan.

Skenario pengujian diawali dengan pengisian *pre-test* untuk mengukur pemahaman awal responden. Selanjutnya, responden memainkan gim *Fuel Run: 1L Challenge* sesuai alur permainan yang telah ditentukan, kemudian dilanjutkan dengan pengisian *post-test* menggunakan instrumen yang sama. Seluruh peserta memperoleh perlakuan yang seragam selama proses pengujian sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk menganalisis perubahan tingkat pemahaman setelah menggunakan gim.

3.2. Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif berdasarkan skor *pre-test* dan *post-test* dari 45 responden. Analisis diawali dengan statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi dan kecenderungan skor pada kedua pengukuran. Statistik yang digunakan meliputi rata-rata (mean) untuk mengetahui kecenderungan nilai pemahaman responden, median untuk menunjukkan nilai tengah data, rentang (range) untuk melihat perbedaan antara skor terendah dan tertinggi, serta standar deviasi untuk menggambarkan tingkat penyebaran skor terhadap nilai rata-rata. Jumlah responden (N) juga dicantumkan untuk menunjukkan banyaknya data yang dianalisis. Hasil statistik deskriptif menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari 72.567 pada *pre-test* menjadi 82.344 pada *post-test*, sedangkan median meningkat dari 72,5 menjadi 85. Rentang skor *pre-test* berada pada 42,5–97,5, sedangkan *post-test* berada pada 50–100. Standar deviasi juga mengalami perubahan dari **13,5486 pada *pre-test* menjadi 12,1505 pada *post-test***, yang menunjukkan penyebaran skor *post-test* lebih kecil dibandingkan *pre-test*. Ringkasan hasil statistik deskriptif disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Statistik Deskriptif

Statistik	Pre-test	Post-test
N	45	45
Mean	72.567	82.344
Median	72,50	85,00
Standar deviasi	13,5486	12,1505
Minimum	42,50	50,00
Maksimum	97,50	100,00
Range	55,00	50,00

Tabel 5. Uji Descriptive Statistic

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pre-Test	45	42.5	97.5	72.567	13.5489
Post-Test	45	50.00	100.0	82.344	12.1505
Valid N	45				

Untuk menentukan metode pengujian hipotesis yang sesuai, uji normalitas dilakukan terhadap selisih skor (*difference*) antara *post-test* dan *pre-test* menggunakan metode Shapiro-Wilk. Hasil pengujian memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,003 ($<0,05$), yang menunjukkan bahwa selisih skor tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test sebagai metode nonparametrik untuk menganalisis perbedaan dua data berpasangan.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas

	p-value	Result
Difference	0.003	Data Tidak Normal

Hasil uji Wilcoxon menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami peningkatan nilai setelah menggunakan gim. Sebanyak 34 responden mengalami peningkatan skor, 7 responden mengalami penurunan, dan 4 responden tidak mengalami perubahan. Hasil pengujian menunjukkan nilai $Z = -4,518$ dengan exact $p < 0,001$ (2-tailed), yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor *pre-test* dan

post-test. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *effect size* untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan gim terhadap peningkatan pemahaman responden.

Tabel 7. Hasil Uji Wilcoxon Signed-Rank Test

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
PostTest - PreTest	Negative Ranks	7a	11.79	82.50
	Positive Ranks	34b	22.90	778.50
	Ties	4c		
	Total	45		

Tabel 8. Hasil Uji Test Statistics

Statistik	Nilai
Z	-4,518
Asymp. Sig. (2-tailed)	<0,001
Exact Sig. (2-tailed)	<0,001

Meskipun uji *Wilcoxon* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, pengujian signifikansi saja tidak cukup untuk menggambarkan besaran dampak penggunaan gim terhadap peningkatan pemahaman responden. Hasil *ranks* menunjukkan bahwa 34 responden mengalami peningkatan skor, 7 responden mengalami penurunan, dan 4 responden tidak mengalami perubahan. Adanya penurunan pada sebagian responden menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman belum terjadi secara merata pada seluruh peserta, yang dapat menjadi bahan evaluasi terhadap penyampaian materi dan mekanik pembelajaran dalam gim. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan *effect size* untuk mengukur besarnya dampak penggunaan gim secara substantif, sehingga hasil penelitian tidak hanya menunjukkan ada atau tidaknya perbedaan, tetapi juga kekuatan pengaruh yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji *Wilcoxon*, diperoleh nilai = -4,518 dengan jumlah observasi $N = 90$, sehingga perhitungan *effect size* dilakukan menggunakan persamaan $r = Z/\sqrt{N}$. Hasil perhitungan menunjukkan $r = 4,518/\sqrt{90} = 4,518/9,487 \approx 0,48$. Nilai *effect size* sebesar termasuk dalam kategori sedang (*moderate*), yang menunjukkan bahwa penggunaan gim *Fuel Run: 1L Challenge* memberikan dampak yang cukup berarti terhadap perubahan pemahaman responden mengenai konsep efisiensi bahan bakar kendaraan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan gim tidak hanya menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki dampak substantif dalam konteks pembelajaran.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, gim *Fuel Run: 1L Challenge* terbukti efektif sebagai media pembelajaran alternatif untuk memperkenalkan konsep efisiensi bahan bakar kendaraan. Peningkatan hasil belajar yang ditunjukkan melalui analisis deskriptif, uji signifikansi, dan nilai *effect size* saling mendukung dalam menunjukkan bahwa pendekatan *game-based learning* mampu meningkatkan pemahaman responden secara signifikan. Temuan ini juga menunjukkan bahwa gim simulasi yang dikembangkan dapat menjadi media pembelajaran yang menarik untuk menyampaikan materi teknis secara lebih sederhana dan interaktif.

4. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman responden setelah menggunakan *Fuel Run: 1L Challenge*. Nilai rata-rata meningkat dari 72,567 pada *pre-test* menjadi 82,344 pada *post-test*, dengan 34 dari 45 responden (75,6%) mengalami peningkatan skor. Hasil uji *Wilcoxon* juga menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,001$), dengan *effect size* sebesar 0,48 yang termasuk kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan tidak hanya terlihat pada nilai rata-rata, tetapi juga terjadi pada sebagian besar responden. Instrumen pengujian mencakup pemahaman konsep efisiensi bahan bakar, satuan km/L, pengaruh bentuk kendaraan, teknologi mesin, jenis bahan bakar, fitur efisiensi, kombinasi spesifikasi kendaraan, serta faktor penentu

efisiensi. Dengan demikian, peningkatan skor merepresentasikan perubahan pemahaman terhadap materi yang secara langsung berkaitan dengan mekanik utama gim. Temuan tersebut sejalan dengan kajian game-based learning yang menunjukkan bahwa pendekatan berbasis permainan dapat mendukung hasil belajar dan pemahaman konsep, khususnya ketika aktivitas permainan dirancang sesuai tujuan pembelajaran[15].

Peningkatan tersebut dapat dikaitkan dengan cara *Fuel Run: 1L Challenge* menyajikan konsep melalui pengalaman konfigurasi dan simulasi. Pemain memilih mesin, bodi, bahan bakar, dan teknologi, kemudian memperoleh umpan balik berupa jarak tempuh dan efisiensi setelah simulasi. Siklus konfigurasi–simulasi–evaluasi memungkinkan pemain mengamati konsekuensi dari perubahan spesifikasi secara langsung dan melakukan percobaan kembali pada konfigurasi berikutnya. Mekanisme umpan balik semacam ini menjadi salah satu elemen penting dalam digital game-based learning karena informasi yang diberikan setelah tindakan pemain dapat membantu mengarahkan proses belajar dan pemahaman terhadap tugas[16]. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *game-based learning* yang menekankan pengalaman langsung, simulasi interaktif, dan umpan balik dalam membantu pemahaman konsep teknis. Dalam konteks penelitian terdahulu, penggunaan serious game juga dilaporkan mampu menyediakan lingkungan belajar yang lebih autentik melalui tugas, interaksi, dan umpan balik yang berkaitan dengan kompetensi yang ditargetkan[17]. Namun, karena penelitian ini tidak merekapitulasi perubahan skor pada masing-masing butir kuesioner, peningkatan pada indikator tertentu belum dapat dibandingkan secara spesifik. Analisis lebih rinci per butir dapat menjadi pengembangan penelitian selanjutnya untuk mengidentifikasi konsep yang paling mudah maupun paling sulit dipahami melalui gim.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan *Fuel Run: 1L Challenge* sebagai gim simulasi edukatif yang mengintegrasikan empat komponen konfigurasi kendaraan, yaitu mesin, bodi, bahan bakar, dan teknologi penunjang, ke dalam simulasi efisiensi bahan bakar berbasis jarak tempuh per liter. Hasil pengujian terhadap 45 responden menggunakan desain *one-group pre-test post-test* menunjukkan peningkatan rata-rata skor pemahaman dari **72.567 menjadi 82.344 poin**, dengan peningkatan sebesar **9,777 poin**. Sebanyak **34 responden (75,6%) mengalami peningkatan skor**, sedangkan uji Wilcoxon Signed-Rank menghasilkan **$p < 0,001$** , yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara skor sebelum dan sesudah penggunaan gim. Nilai *effect size* sebesar 0,48 termasuk dalam kategori sedang, sehingga penggunaan gim menunjukkan dampak yang kuat terhadap peningkatan pemahaman konsep efisiensi bahan bakar.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada penyederhanaan model simulasi dan cakupan pengujian. Simulasi belum mempertimbangkan kondisi kendaraan dan lingkungan yang lebih dinamis, seperti variasi kondisi jalan, kecepatan, serta faktor lingkungan, sementara pengujian dilakukan pada satu kelompok responden tanpa kelompok pembanding. Pengembangan selanjutnya dapat memperluas model simulasi dengan kondisi berkendara yang lebih beragam, melibatkan jumlah dan karakteristik responden yang lebih luas, serta membandingkan gim dengan media pembelajaran lain. Aspek edukatif juga dapat dikembangkan dengan menambahkan indikator seperti estimasi emisi karbon dan menguji penerapan gim dalam pembelajaran formal atau pelatihan komunitas.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rizky Yuniar Hakkun, S.Kom., M.Kom., selaku Kepala Departemen Teknologi Multimedia Kreatif Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Ibu Fony Revindasari, S.Pd., M.Kom., selaku dosen pembimbing pertama, serta Bapak Zulhaydar Fairozal Akbar, S.ST., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Game sekaligus dosen pembimbing kedua, atas bimbingan, arahan, motivasi, dan masukan yang diberikan selama proses penelitian hingga

penyusunan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden serta semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- [1] E. Waidyathilaka, K. Vidanagamachchi, and R. Wickramarachchi, "Minimizing Carbon Footprint from Road Freight Transportation: A Systematic Review of Literature," 2019. <https://www.researchgate.net/publication/334785432>
- [2] I. A. Aditya, T. Wijayanto, and D. F. Hakam, "Advancing Renewable Energy in Indonesia: A Comprehensive Analysis of Challenges, Opportunities, and Strategic Solutions," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 17, no. 5, Mar. 2025, <https://doi.org/10.3390/su17052216>.
- [3] G. S. Daehn, K. E. Daehn, and O. Kuttner, "Environmentally Responsible Lightweight Passenger Vehicle Design and Manufacturing," *Automotive Innovation*, vol. 6, no. 3, pp. 300–310, Aug. 2023, <https://doi.org/10.1007/s42154-023-00241-4>.
- [4] V. J. Reddy, N. P. Hariram, R. Maity, M. F. Ghazali, and S. Kumarasamy, "Sustainable Vehicles for Decarbonizing the Transport Sector: A Comparison of Biofuel, Electric, Fuel Cell and Solar-Powered Vehicles," Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. <https://doi.org/10.3390/wevj15030093>.
- [5] I. Agustina, W. Joshua, J. Julianos, and M. Niva, "The Impact of Implementing Game-Based Learning on Student Motivation and Engagement," *Journal Emerging Technologies in Education*, vol. 2, no. 3, pp. 241–253, Jun. 2024, <https://doi.org/10.70177/jete.v2i3.1069>.
- [6] O. Zawacki-Richter and I. Jung, "Handbook of Open, Distance and Digital Education."
- [7] R. Massoud, R. Berta, S. Poslad, A. De Gloria, and F. Bellotti, "IoT sensing for reality-enhanced serious games, a fuel-efficient drive use case," *Sensors*, vol. 21, no. 10, May 2021, <https://doi.org/10.3390/s21103559>.
- [8] T. H. Laine and R. S. N. Lindberg, "Designing Engaging Games for Education: A Systematic Literature Review on Game Motivators and Design Principles," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 4, pp. 804–821, Oct. 2020, <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3018503>.
- [9] K. Degirmenci and M. H. Breitner, "Gamification and sensory stimuli in eco-driving research: A field experiment to reduce energy consumption in electric vehicles," *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 92, pp. 266–282, Jan. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.10.014>.
- [10] K. F. Hulme, M. Schiferle, R. S. A. Lim, A. Estes, and M. Schmid, "Incorporation of modeling, simulation, and game-based learning in engineering dynamics education towards improving vehicle design and driver safety," *Safety*, vol. 7, no. 2, Jun. 2021, <https://doi.org/10.3390/safety7020030>.
- [11] T. Wibowo, "Studi Inisial Potensi Video Game Sebagai Media Belajar Untuk Moral," Oct. 2020.
- [12] E. Wallius and D. B. Köse, "Gamified eco-driving: A systematic literature review," 2023.
- [13] M. S. Abdusselam, "The effect of serious games on the awareness of energy sources consumption. International technology and education journal," *International Technology and Education Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 36–42, 2020.
- [14] Julie. Pallant, *SPSS survival manual : a step by step guide to data analysis using SPSS for Windows*. Open University Press, 2020.
- [15] Q. Zhang and Z. Yu, "Meta-Analysis on Investigating and Comparing the Effects on Learning Achievement and Motivation for Gamification and Game-Based Learning," 2022, *Hindawi Limited*. <https://doi.org/10.1155/2022/1519880>.
- [16] F. Jasmin, L. Salsabila, and W. Tjandra, "Simulation and Game-Based Learning sebagai Strategi Pembentukan Karakter dalam Pembelajaran Pendidikan Pancasila," *Jurnal Ilmiah Mimbar Demokrasi*, vol. 24, no. 2, pp. 507–513, Apr. 2025, <https://doi.org/10.21009/jimd.v24i2.54661>.
- [17] J. S. Giraldo, K. Kok, and N. G. Paterakis, "A structured review on game-based learning applied to electrical power and energy engineering," Jan. 01, 2024, *John Wiley and Sons Inc*. <https://doi.org/10.1002/cae.22686>.