

**RANCANG BANGUN APLIKASI GAME INTERAKTIF
PENGOPERASIAN ALAT UJI BERKALA KENDARAAN
BERMOTOR BERBASIS UNITY**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA

2201010

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNOLOGI OTOMOTIF
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
TABANAN
2025**

**RANCANG BANGUN APLIKASI GAME INTERAKTIF
PENGOPERASIAN ALAT UJI BERKALA KENDARAAN
BERMOTOR BERBASIS UNITY**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Teknik



DISUSUN OLEH:

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA

2201010

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNOLOGI OTOMOTIF
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI**

TABANAN

2025

**HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB**

**RANCANG BANGUN APLIKASI GAME INTERAKTIF
PENGOPERASIAN ALAT UJI BERKALA KENDARAAN BERMOTOR
BERBASIS UNITY**

disusun oleh:

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA
2201010

Disetujui untuk diajukan pada
Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib
Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING 1,



Surya Aji Ermanto, M.Si.

NIP. 19910207 201902 1 002

Tanggal : 25 Juni 2025

DOSEN PEMBIMBING 2,



Riz Rifai Oktavianus Sasue, S.T., M.Eng.

NIP. 19861014 201902 1 002

Tanggal: 25 Juni 2025

Ditetapkan : Tabanan

**HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB**

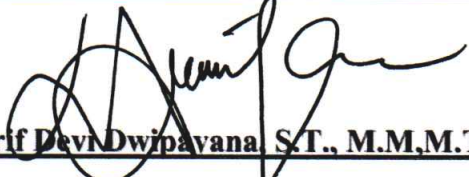


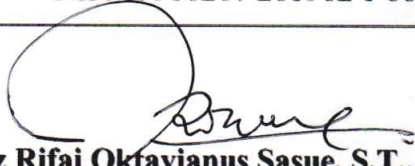
**RANCANG BANGUN APLIKASI GAME INTERAKTIF
PENGOPERASIAN ALAT UJI BERKALA KENDARAAN BERMOTOR
BERBASIS UNITY**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA
2201010

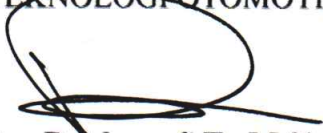
**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 2 JULI 2025
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

Tim Penguji

 <u>Arif Devi Dwipayana, S.T., M.M., M.T</u> NIP. 19851102 201902 1 003	 <u>Surya Aji Ermanto, M.Si.</u> NIP. 19910207 201902 1 002
 <u>Adrian Pradana, S.T., M.Si</u> NIP. 19900130 201012 1 005	 <u>Riz Rifai Oktavianus Sasue, S.T., M.Eng.</u> NIP. 19861014 201902 1 002

Mengetahui,

**KETUA PROGRAM STUDI
D-III TEKNOLOGI OTOMOTIF**


Adrian Pradana, S.T., M.Si
NIP. 19900130 201012 1 005

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Luh Ade Gihan Ayu Wijaya, Notar. 2201010, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul “**Rancang Bangun Aplikasi Game Interaktif Pengoperasian Alat Uji Berkala Kendaraan Bermotor Berbasis Unity**” merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 25 Juni 2025

Penulis,



Luh Ade Gihan Ayu Wijaya

Notar. 2201010

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Bukan karena yakin akan sempurna, tapi karena tahu bahwa menyerah bukan pilihan.”

PERSEMBAHAN

Om Awighnam Astu Namō Sidham Om Sidhirastu Tad Astu Swaha

Dengan penuh rasa syukur, karya ini saya persembahkan setulus hati untuk kedua orang tua saya I Gede Artha Wijaya dan Ni Made Widyantari yang luar biasa, sosok yang tidak pernah lelah berjuang, demi masa depan saya dan kakak saya.

Mereka adalah benteng terkuat yang selalu membela dan mendukung saya, bahkan di saat dunia terasa seakan berbalik arah. Serta untuk kakak saya Putu Listya Ayu Wijaya yang selalu menjadi panutan dan teman berbagi dalam segala hal. Terima kasih karena selalu ada, menjadi pengingat untuk tetap kuat dan tidak menyerah.

Untuk teman-teman kelas saya serta sahabat saya Prema dan Ayu Dian yang telah menemani perjalanan ini terima kasih atas tawa, semangat, dan kebersamaan yang membuat perjalanan panjang ini terasa lebih indah dan penuh makna.

Tak lupa, ucapan terima kasih saya haturkan dengan tulus kepada seluruh dosen Program Studi Teknologi Otomotif Politeknik Transportasi Darat Bali. Terima kasih atas ilmu, bimbingan, dan keteladanan yang telah diberikan. Setiap nasihat dan arahan Bapak/Ibu menjadi bekal berharga yang akan terus saya bawa dalam langkah ke depan.

Dan untuk seseorang yang selalu hadir tanpa pamrih, yang tak pernah lelah mendukung, membantu, dan menguatkan saya, terima kasih karena telah menjadi sandaran saat saya lemah, dan menjadi kekuatan ketika saya hampir menyerah.

Semoga setiap usaha dan doa ini menjadi pijakan menuju masa depan yang lebih baik.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-NYA, sehingga Proposal Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir yang berjudul "**Rancang Bangun Aplikasi Game Interaktif Pengoperasian Alat Uji Berkala Kendaraan Bermotor Berbasis Unity**" dapat diselesaikan tepat pada waktu yang ditentukan. Tujuan disusunnya Proposal Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi pada jenjang Diploma III Teknologi Otomotif di Politeknik Transportasi Darat Bali. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Orang tua dan Keluarga tersayang yang selalu ada untuk mendukung.
2. Ibu Firga Ariani, S.E, M.M.Tr. selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Bapak Adrian Pradana, S.T., M.Si selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif Politeknik Transportasi Darat Bali.
4. Bapak Surya Aji Ermanto, M.Si. dan Bapak Riz Rifai Oktavianus Sasue, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan proposal kertas kerja wajib ini.
5. Dosen-dosen Program Studi Teknologi Otomotif yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan.
6. Rekan - rekan Mahasiswa Prodi Teknologi Otomotif Angkatan III.
7. Rekan - rekan Mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan III.
8. Adik – Adik Mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan IV dan Angkatan V.
9. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu dari pelaksanaan penyusunan proposal tugas akhir hingga tersusunnya laporan ini.

Penulis menyadari kertas kerja wajib/tugas akhir ini banyak kekurangan, saran dan masukan sangat diharapkan bagi kesempurnaan penulisan. Semoga bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan bidang Transportasi Darat.

Tabanan, 25 Juni 2025

Penulis,



LUHADE GIHAN AYU WIJAYA

NOTAR. 2201010



DAFTAR ISI

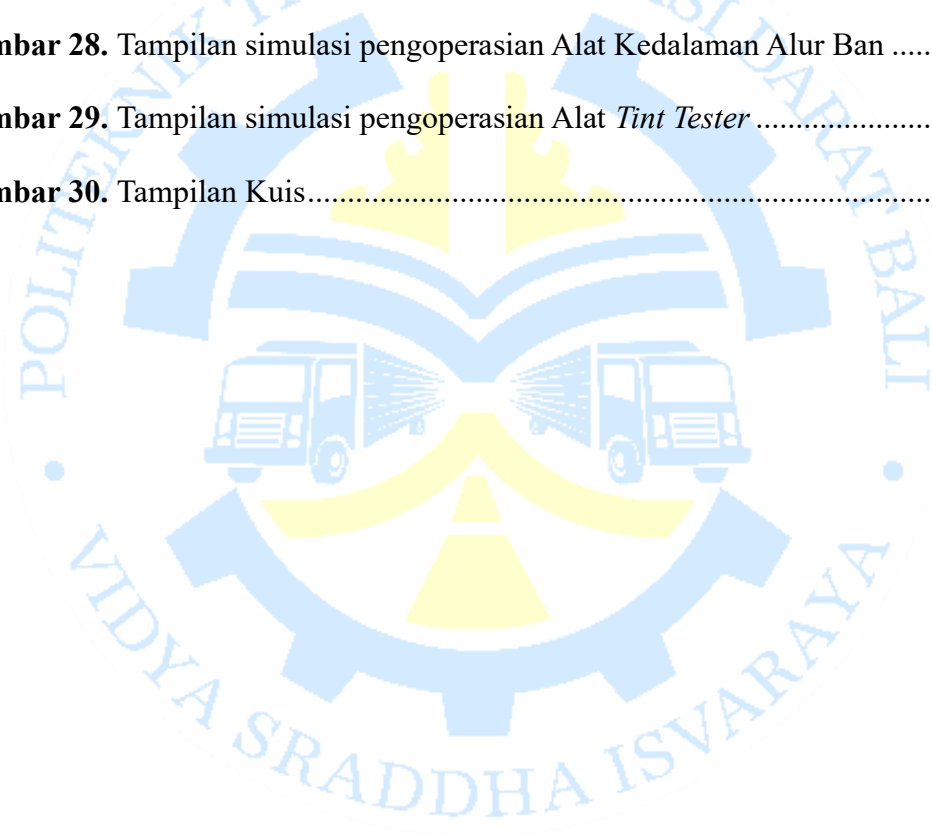
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	4
BAB II GAMBARAN UMUM	5
2.1 Kondisi Wilayah.....	5
2.2 Kondisi Objek	5
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	7
3.1 Pengujian Kendaraan Bermotor	7
3.2 Peralatan Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor.....	7
3.3 Game Interaktif sebagai Media Pembelajaran	12
3.4 Unity.....	12
3.5 Figma.....	13
3.6 Research and Development (R&D)	14
3.7 Skala Likert	14
3.8 Black Box Testing	16

3.9	Penelitian Terdahulu.....	17
BAB IV METODE PENELITIAN.....		21
4.1	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.....	21
4.2	Metode Penelitian.....	22
4.3	Diagram Alir.....	23
4.4	Metode Analisis Data.....	39
4.5	Timeline Kegiatan.....	41
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		42
5.1	Hasil Aplikasi.....	42
5.2	Pengujian Aplikasi.....	49
5.3	Evaluasi.....	57
BAB VI PENUTUP.....		65
6.1	Kesimpulan.....	65
6.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Politeknik Transportasi Darat Bali Kampus Gianyar	5
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3. Use Case Diagram	27
Gambar 4. Wireframe Aplikasi	28
Gambar 5. Dokumentasi pengumpulan bahan dan design	31
Gambar 6. Tampilan Proses Pengimporan Aset ke Unity Engine	31
Gambar 7. Tampilan scene main menu	32
Gambar 8. Tampilan proses penulisan script main menu	33
Gambar 9. Tampilan main menu	33
Gambar 10. Tampilan scene level permainan	34
Gambar 11. Tampilan proses penulisan script penerapan level menggunakan Visual Studio Code	34
Gambar 12. Tampilan level pada game interaksi	35
Gambar 13. Tampilan proses penulisan script pengoperasian alat uji Speedometer tester menggunakan Visual Studio Code	35
Gambar 14. Tampilan Speedometer tester pada game interaksi	36
Gambar 15. Tampilan proses penulisan script kuis Visual Studio Code	36
Gambar 16. Tampilan Kuis pada game interaksi	37
Gambar 17. Proses build setting pada Unity	38
Gambar 18. Tampilan <i>Main Menu</i> pada Game	42
Gambar 19. Tampilan Tingkatan Level Permainan pada Game	43
Gambar 20. Tampilan simulasi pengukuran dimensi	43

Gambar 21. Tampilan simulasi pengoperasian <i>Sound Level</i>	44
Gambar 22. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Gas Analyzer</i>	44
Gambar 23. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Smoke Tester</i>	45
Gambar 24. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Side Slip Tester</i>	45
Gambar 25. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Brake Tester dan Axle Load</i>	46
Gambar 26. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Speedometer Tester</i>	46
Gambar 27. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Headlight Tester</i>	47
Gambar 28. Tampilan simulasi pengoperasian Alat Kedalaman Alur Ban	47
Gambar 29. Tampilan simulasi pengoperasian Alat <i>Tint Tester</i>	48
Gambar 30. Tampilan Kuis.....	48

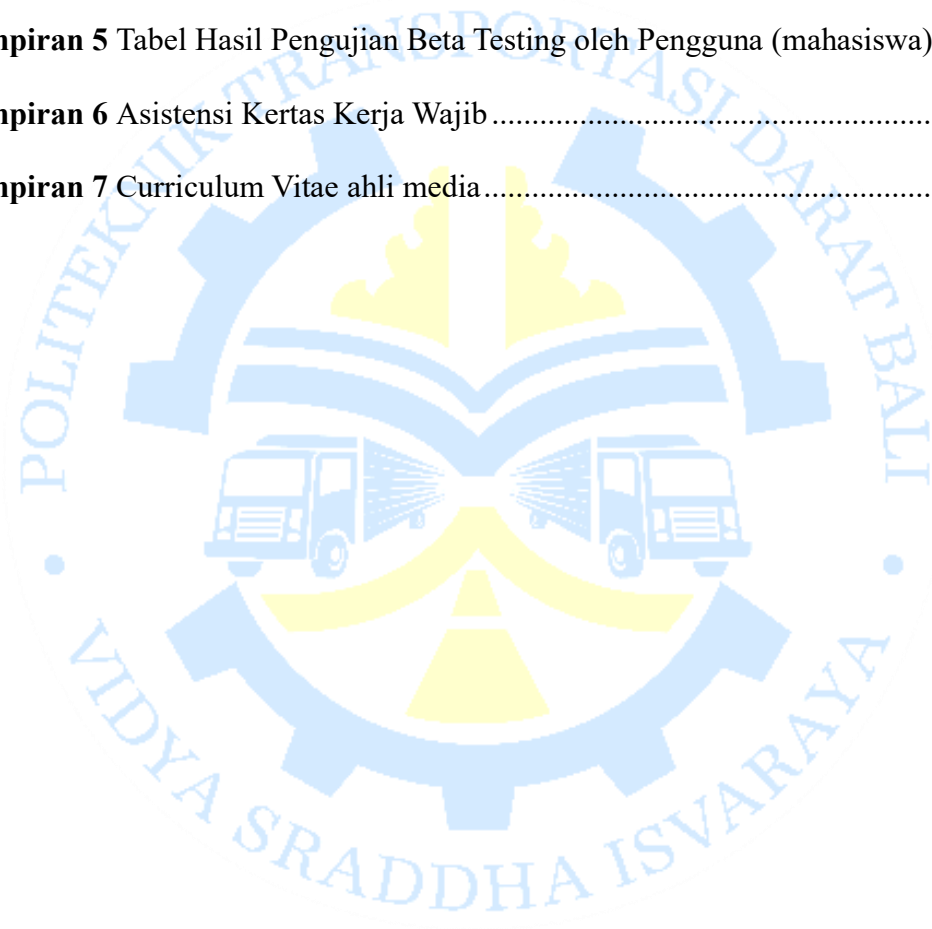


DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Minimal ambang batas uji emisi Gas Buang	8
Tabel 3. 2 Minimal ambang batas uji ketebalan asap gas buang	8
Tabel 3. 3 Skala Likert.....	15
Tabel 3. 4 Kriteria Penilaian	16
Tabel 3. 5 Tabel black box testing	17
Tabel 3. 6 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 4. 1 Pertanyaan wawancara untuk dosen pengampu mata kuliah.....	24
Tabel 4. 2 Pertanyaan wawancara untuk mahasiswa	25
Tabel 4. 3 User requirement	26
Tabel 4. 4 Tabel Deskripsi Use Case Diagram	27
Tabel 4. 5 Tabel Penjelasan Wireframe Aplikasi	29
Tabel 4. 6 Timeline kegiatan penelitian.....	41
Tabel 5. 1 Tabel pengujian Blackbox Testing	49
Tabel 5. 2 Pengujian beta oleh ahli media 1	51
Tabel 5. 3 Pengujian beta oleh ahli media 2	52
Tabel 5. 4 Pengujian beta oleh ahli materi.....	54
Tabel 5. 5 Pengujian beta oleh pengguna	55
Tabel 5. 6 Hasil uji validitas instrumen angket	61
Tabel 5. 7 Hasil uji reliabilitas.....	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi implementasi uji coba beta testing	72
Lampiran 2 Lembar Validasi Instrumen Penilaian (Ahli Media) 1	76
Lampiran 3 Lembar Validasi Instrumen Penilaian (Ahli Media) 2	80
Lampiran 4 Lembar Validasi Instrumen Penilaian (Ahli Materi).....	83
Lampiran 5 Tabel Hasil Pengujian Beta Testing oleh Pengguna (mahasiswa) ...	86
Lampiran 6 Asistensi Kertas Kerja Wajib	89
Lampiran 7 Curriculum Vitae ahli media.....	95



INTISARI

RANCANG BANGUN APLIKASI GAME INTERAKTIF PENGOPERASIAN ALAT UJI BERKALA KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS UNITY

Oleh

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA

2201010

Penggunaan teknologi digital dalam pendidikan vokasi membuka peluang untuk menciptakan media pembelajaran yang lebih interaktif. Di Politeknik Transportasi Darat Bali, praktik mata kuliah Teknik Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor masih menghadapi kendala keterbatasan alat dan tidak tersedianya media berbasis simulasi. Hal ini mendorong perlunya pengembangan media pembelajaran tambahan berbasis digital. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi game interaktif berbasis Android menggunakan Unity yang menampilkan prosedur pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE. Aplikasi dikembangkan dalam 10 level sesuai jenis alat uji, dan diuji melalui tahapan alpha testing oleh peneliti serta beta testing oleh ahli media, ahli materi, dan mahasiswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi berada pada kategori “sangat layak” berdasarkan aspek desain, alur permainan, kesesuaian materi, dan kemudahan penggunaan. Aplikasi ini memberikan dampak positif sebagai media pembelajaran alternatif yang dapat digunakan mahasiswa secara mandiri di luar jam praktik, terutama ketika fasilitas dan alat pengujian tidak tersedia. Penggunaan aplikasi ini juga mendorong inovasi dalam pembelajaran vokasi berbasis simulasi digital yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Aplikasi ini dapat dijadikan media pembelajaran tambahan untuk mendukung proses praktik dalam kondisi terbatasnya fasilitas.

Kata Kunci: Game Interaktif, Unity, Alat Uji Kendaraan, ADDIE, Media Pembelajaran.

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF INTERACTIVE GAME APPLICATION FOR OPERATION OF MOTOR VEHICLE PERIODIC TESTING EQUIPMENT BASED ON UNITY

By

LUH ADE GIHAN AYU WIJAYA

2201010

The use of digital technology in vocational education opens up opportunities to create more interactive learning media. At Politeknik Transportasi Darat Bali, practical sessions in the Periodic Motor Vehicle Testing course still face obstacles due to limited equipment and the absence of simulation-based media. This condition encourages the development of additional digital learning media. This study aims to design and develop an interactive game application based on Android using Unity, which presents procedures for operating periodic vehicle testing equipment. The method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE model. The application was developed in 10 levels, each representing a type of testing equipment, and tested through alpha testing by the researcher and beta testing by media experts, subject matter experts, and students. The results showed that the application falls into the “highly feasible” category based on design, gameplay flow, content relevance, and ease of use. This application provides a positive impact as an alternative learning media that students can use independently outside of practicum hours, especially when tools and testing facilities are limited. Its use also promotes innovation in vocational learning through digital simulation media that are more flexible and adaptive to technological advancements. Therefore, the application can serve as supplementary media to support practical learning activities under limited facility conditions.

Keywords: *Interactive Game, Unity, Vehicle Inspection Tools, ADDIE, Learning Media.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital dalam bidang pendidikan, telah membuka peluang baru dalam penyampaian materi pembelajaran. Salah satu inovasi yang semakin berkembang adalah game edukasi interaktif. Penggunaan game dalam pembelajaran telah terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan mahasiswa dan mempercepat pemahaman materi yang bersifat teknis dengan cara yang lebih menyenangkan dan mendalam. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan game dalam pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa melalui simulasi yang mendekati kondisi nyata, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk belajar secara praktis (Utomo, 2023). Industri game di Indonesia menunjukkan perkembangan yang pesat seiring meningkatnya jumlah pengguna dari kalangan usia muda. Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa mayoritas pemain game di Indonesia berada pada rentang usia 16 hingga 25 tahun, yang merupakan bagian dari generasi Z, dan kebanyakan dari mereka berprofesi sebagai pelajar dan mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa game memiliki potensi besar untuk dijadikan sebagai media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik generasi digital saat ini (Rahmadianti *et al.*, 2021).

Salah satu materi pembelajaran yang memerlukan pemahaman praktis adalah pengujian berkala kendaraan bermotor. Pengujian berkala kendaraan bermotor sangat penting untuk memastikan bahwa kendaraan memenuhi standar keselamatan dan laik jalan (Antrasena *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Teknik Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor, salah satu kendala utama yang dihadapi adalah terbatasnya jumlah alat uji kendaraan bermotor yang tersedia, sehingga kegiatan praktik harus dilakukan secara bergantian yang menyebabkan mahasiswa kurang optimal dalam mengoperasikan alat uji berkala. Berdasarkan hasil wawancara terhadap mahasiswa diperoleh data bahwa kegiatan praktik dilakukan terbatas sehingga pelaksanaannya

kurang maksimal dan tidak adanya media pembelajaran interaktif yang dapat digunakan dalam pelaksanaan pembelajaran.

Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah inovasi melalui pemanfaatan teknologi digital dalam bentuk media pembelajaran interaktif. Teknologi game interaktif memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dengan menyajikan konsep-konsep teknis dalam format yang lebih menarik. Meskipun sudah banyak penelitian yang membahas pemanfaatan media pembelajaran berbasis game, serta beberapa penelitian yang mengangkat topik pengujian berkala kendaraan bermotor, namun belum ada penelitian yang secara khusus mengembangkan media pembelajaran menggunakan game dalam pembelajaran Pengujian Kendaraan Bermotor, khususnya pada aspek pengoperasian alat uji laik jalan kendaraan bermotor.

Dengan dukungan media pembelajaran tambahan, proses belajar-mengajar diharapkan menjadi lebih optimal. Oleh karena itu, Dengan adanya media pembelajaran tambahan ini, diharapkan dapat membantu proses pembelajaran terlaksana lebih optimal. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka penelitian ini mengangkat judul Kertas Kerja Wajib (KKW) “Rancang Bangun Aplikasi Game Interaktif Pengoperasian Alat Uji Berkala Kendaraan Bermotor Berbasis Unity”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, dapat disimpulkan rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana rancang bangun aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor berbasis unity?
2. Bagaimana kelayakan aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini:

1. Merancang dan membangun aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor berbasis unity.

2. Mengetahui kelayakan aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor berbasis unity. Adapun manfaat penelitian ini meliputi:

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah wawasan dan literatur mengenai pemanfaatan teknologi digital, khususnya aplikasi game interaktif, dalam bidang pendidikan vokasi otomotif.
2. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor berbasis unity.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Membantu mahasiswa dalam mendalami prosedur pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor melalui penggunaan media pembelajaran yang lebih interaktif.
2. Menyediakan alternatif pembelajaran yang dapat mengoptimalkan pelaksanaan pembelajaran dengan keterbatasan fasilitas laboratorium atau bengkel dalam praktik pengoperasian alat uji kendaraan.

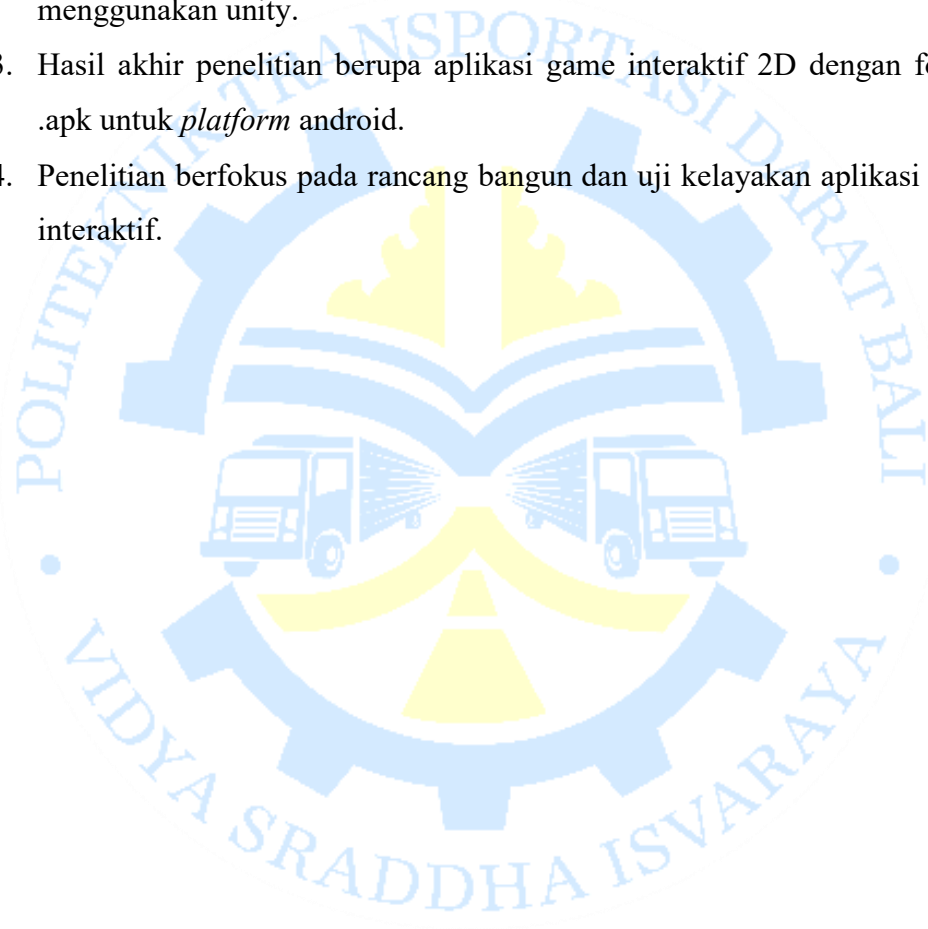
1.4.3 Manfaat bagi Politeknik Transportasi Darat Bali

1. Menjadi referensi bagi Politeknik Transportasi Darat Bali dalam mengembangkan media pembelajaran berbasis teknologi digital untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa.
2. Mendorong penerapan inovasi dalam pembelajaran otomotif guna menciptakan lulusan yang lebih siap menghadapi tantangan industri.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Untuk memastikan pembahasan terfokus dan memaksimalkan hasil penulisan KKW ini, ruang lingkup kajian dibatasi sebagai berikut:

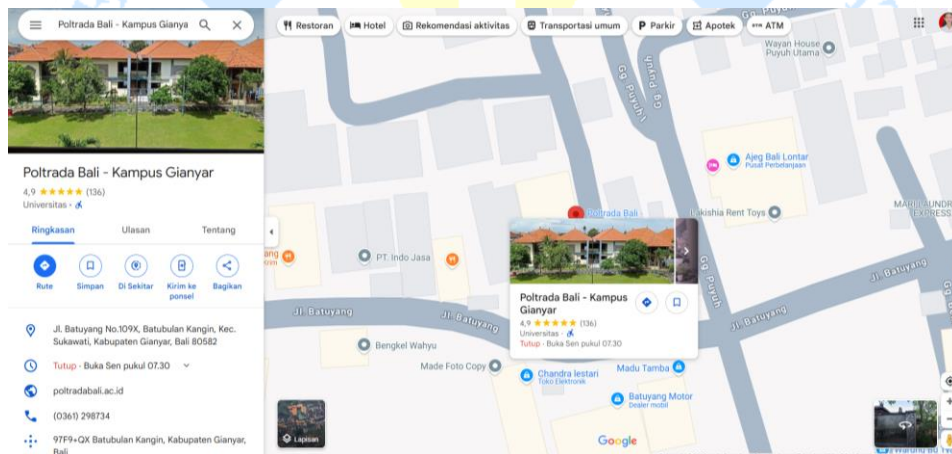
1. Materi yang berfokus pada tata cara pengoperasian alat uji kendaraan bermotor yang tersedia di Kampus Politeknik Transportasi Darat Bali yang berlokasi di Kabupaten Gianyar.
2. *Software* yang digunakan dalam perancangan aplikasi game interaktif menggunakan unity.
3. Hasil akhir penelitian berupa aplikasi game interaktif 2D dengan format .apk untuk *platform* android.
4. Penelitian berfokus pada rancang bangun dan uji kelayakan aplikasi game interaktif.



BAB II GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Politeknik Transportasi Darat Bali yang berlokasi di Jalan Batuyang No. 109X, Batubulan Kangin, Sukawati, Gianyar. Penelitian ini lebih tepatnya dilaksanakan pada gedung uji kampus Poltrada Bali. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tujuan pengembangan aplikasi game interaktif pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor sebagai media pembelajaran tambahan yang dapat mendukung dan mengoptimalkan proses pembelajaran bagi mahasiswa Poltrada Bali.



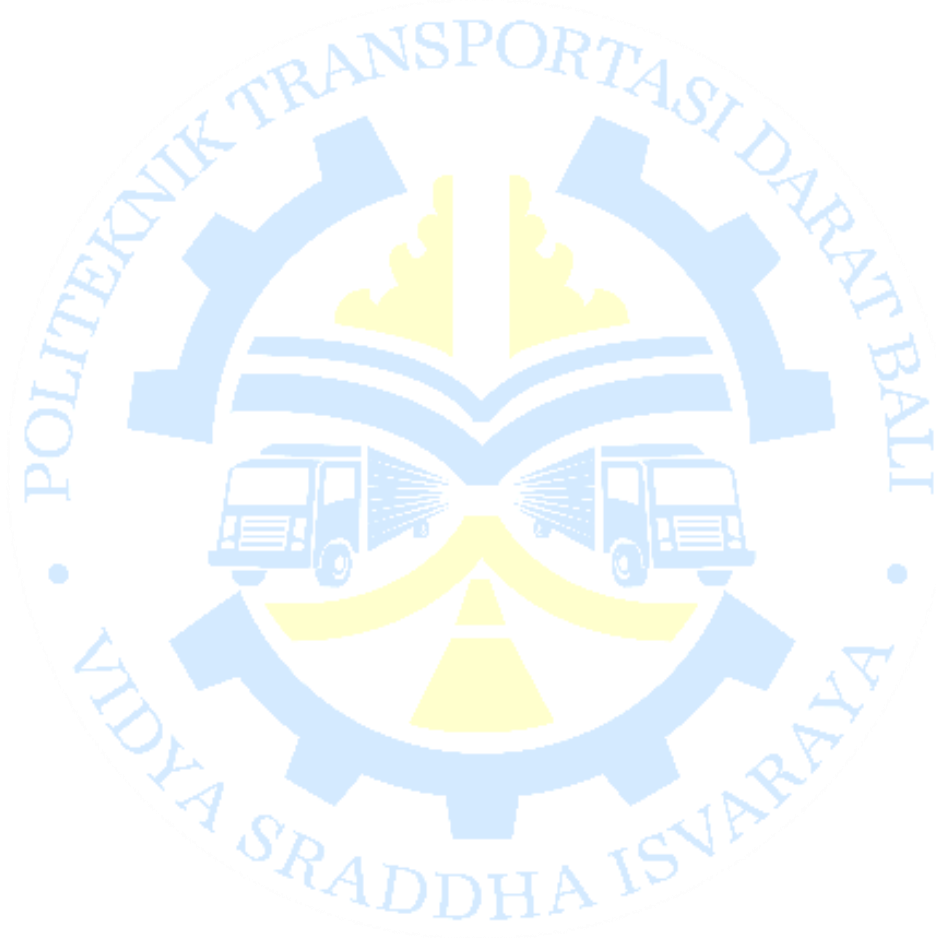
Gambar 1. Lokasi Politeknik Transportasi Darat Bali Kampus Gianyar
(Sumber: <https://maps.app.goo.gl/zvYe3CAuZ7K7bRz87>)

2.2 Kondisi Objek

Objek dalam penelitian ini adalah media pembelajaran berbasis Unity, yang dikembangkan untuk mendukung proses pembelajaran pada mata kuliah Teknik Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor di Poltrada Bali. Tujuan dari perancangan aplikasi ini yakni sebagai media pembelajaran tambahan. Aplikasi ini dirancang sebagai solusi terhadap keterbatasan alat praktik dan kendaraan yang tersedia di lingkungan pembelajaran. Media pembelajaran berbasis unity ini dipilih karena

dapat digunakan melalui smartphone, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk memahami materi teknis yang kompleks secara lebih interaktif dan menarik.

Objek penelitian ini dipilih karena kebutuhan meningkatkan kualitas pembelajaran praktik berbasis kompetensi di lingkungan vokasi, serta potensi integrasi teknologi dalam proses belajar-mengajar di Kampus Poltrada Bali.



BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengujian Kendaraan Bermotor

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang kendaraan, “Pengujian Kendaraan Bermotor adalah serangkaian kegiatan menguji dan/atau memeriksa bagian atau komponen Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, dan Kereta Tempelan dalam rangka pemenuhan terhadap persyaratan teknis dan laik jalan”. Dengan adanya pengujian berkala, diharapkan kendaraan yang beroperasi di jalan raya memiliki standar keamanan dan kelaikan yang lebih baik.

Pengujian kendaraan bermotor yang dilakukan secara berkala disebut uji berkala yang mencakup 2 tahapan yaitu pemeriksaan persyaratan teknis dan laik jalan. Pengujian persyaratan laik jalan dilakukan dengan mengukur kinerja minimal kendaraan bermotor berdasarkan ambang batas sesuai regulasi. Pengujian laik jalan komponen kendaraan wajib diuji dengan mengukur kinerja minimal berdasarkan ambang batas laik jalan dengan menggunakan peralatan uji. Peralatan uji yang digunakan sesuai dengan ketentuan perundang – undangan (Novia, 2023).

3.2 Peralatan Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor

Menurut Peraturan Menteri Nomor 19 Tahun 2021 tentang pengujian berkala kendaraan bermotor pasal 49 ayat (2), “Peralatan utama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a paling sedikit meliputi a. alat uji emisi gas buang; b. alat uji ketebalan asap gas buang (*smoke tester*); c. alat uji kebisingan suara klakson dan/ atau knalpot; d. alat uji rem; e. alat uji lampu; f. alat uji kincup roda depan; g. alat uji penunjuk kecepatan; h. alat pengukur kedalaman alur ban; I. alat pengukur berat; J. alat pengukur dimensi; dan k. alat uji daya tembus cahaya pada kaca; 1. alat untuk menguji kendaraan bermotor listrik, meliputi: 1. alat ukur arus listrik AC maupun DC; 2. alat ukur tegangan listrik AC maupun DC; 3. alat ukur tahanan isolasi AC maupun DC; 4. alat uji kawat standar (*standardized test wire*); dan 5. alat uji jari standar (*standardized testfinger*)”. Adapun alat – alat uji yang digunakan dalam pengujian kendaraan bermotor sebagai berikut:

3.2.1 Alat uji emisi gas buang (*Gas Analyzer*)

Gas Analyzer atau alat uji emisi gas buang berfungsi untuk mengukur kadar emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa emisi gas kendaraan masih berada dalam batas yang diizinkan oleh regulasi lingkungan. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Minimal ambang batas uji emisi Gas Buang

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode uji
		Karbon Monoksida (CO)	Hidrokarbon (HC)	
Kategori M	< 2007	4%	1000 ppm	Kondisi diam (<i>Idle</i>)
	2007-2018	1%	150 ppm	
	>2018	0.5%	100 ppm	
Kategori N dan Kategori O	< 2007	4%	1100 ppm	Kondisi diam (<i>Idle</i>)
	2007-2018	1%	200 ppm	
	>2018	0.5%	150 ppm	

(Permen LHK Nomor 8 Tahun 2023)

3.2.2 Alat uji ketebalan asap gas buang (*smoke tester*)

Smoke tester digunakan untuk menguji ketebalan asap gas buang pada pengujian kendaraan bermotor merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kepekatan asap yang dikeluarkan oleh kendaraan bermesin diesel. Tujuan dilakukannya pengujian ini yakni untuk mengetahui emisi gas buang pada kendaraan bermesin diesel masih berada pada ambang batas yang telah ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Minimal ambang batas uji ketebalan asap gas buang

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter	Metode uji
		Karbon Monoksida (CO)	
JBB ≤ 3,5 ton	< 2010	65%	Percepatan Bebas
	2010-2021	40%	
	>2021	30%	
GVW > 3,5 ton	< 2010	65%	Percepatan Bebas
	2010-2021	40%	
	>2021	35%	

(Permen LHK Nomor 8 Tahun 2023)

3.2.3 Alat uji tingkat kebisingan suara (*sound level meter tester*)

Alat uji klakson atau *sound level meter tester* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tingkat suara (kebisingan) yg ditimbulkan oleh klakson kendaraan bermotor. Kebisingan kendaraan yang berlebihan dapat menyebabkan polusi suara dan mengganggu kenyamanan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, kendaraan harus memenuhi batas kebisingan yang telah ditetapkan oleh regulasi. Minimal ambang batas sudah diatur pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 pasal 69 yaitu paling rendah 83 dB dan paling tinggi dengan 118 dB.

3.2.4 Alat uji rem (*brake tester*)

Brake tester (alat uji rem) digunakan untuk mengukur gaya rem dari rem utama dan rem parkir pada kendaraan bermotor. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 1993 yaitu sebagai berikut:

1. Efisiensi rem utama minimum sebesar 60% dan diukur dengan JBB
2. Efisiensi rem parkir untuk mobil penumpang sebesar 16% dan diukur dengan JBB
3. Efisiensi rem parkir untuk mobil bus dan barang sebesar 12% dan diukur dengan JBB

Tujuan dari pengujian pengereman yaitu untuk memastikan sistem pengereman berfungsi dengan baik dan mampu menghentikan kendaraan secara efektif dan aman dalam berbagai kondisi.

3.2.5 Alat pengukuran berat (*axle load tester*)

Alat pengukur berat berfungsi untuk mengukur berat setiap sumbu (*axle*) kendaraan untuk memastikan bahwa berat tersebut tidak melebihi batas maksimum yang telah ditentukan oleh peraturan perundang-undangan. Tujuan dari pengujian berat yaitu untuk mencegah kerusakan jalan dan jembatan akibat beban kendaraan yang berlebihan. Kendaraan dengan muatan melebihi batas tonase dapat memberikan tekanan berlebih pada struktur jalan, mempercepat kerusakan dan meningkatkan risiko kecelakaan. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk menentukan kualitas rem kendaraan menggunakan sensor berat (*load cell*).

3.2.6 Alat uji lampu (*headlight tester*)

Alat uji lampu atau *headlight tester* adalah alat uji yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dan penyimpangannya pada kendaraan bermotor. Tujuan dari pengujian lampu yaitu untuk memastikan bahwa lampu pada kendaraan berfungsi dengan baik, memiliki intensitas cahaya yang memadai, dan arah sorot yang tepat. Minimal ambang batas sudah diatur pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 pasal 70 yaitu minimal intensitas cahaya sebesar 12.000 candela dan untuk penyimpangan arah lampu utama kanan $0^{\circ} 34'$ serta penyimpangan arah lampu kiri $1^{\circ} 09'$.

3.2.7 Alat uji kincup roda depan (*side slip tester*)

Alat uji kincup roda depan atau *side slip tester* berfungsi untuk mengukur kincup roda depan suatu kendaraan atau penyimpangan roda depan atau penyimpangan sudut toe. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan kendaraan stabil atau kendaraan dapat berjalan lurus tanpa menarik ke kiri atau ke kanan. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 pasal 68 dengan $-5 \text{ mm/m} +5 \text{ mm/m}$, yang berarti pada jarak 1 meter kendaraan menyimpang sejauh 5 milimeter kekiri atau kekanan.

3.2.8 Alat uji Penunjuk Kecepatan (*speedometer tester*)

Alat uji *speedometer tester* berfungsi untuk mengukur akurasi penunjukan speedometer kendaraan bermotor. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan pengemudi memiliki informasi yang akurat mengenai kecepatan kendaraan, sehingga dapat mematuhi batas-batas kecepatan dan menghindari potensi kecelakaan. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 1993 dengan -10% s.d. $+15\%$ pada kecepatan 40 km/jam, atau dapat dikonversi menjadi 36 km/jam s.d. 46 km/jam.

3.2.9 Alat Pengukuran Kedalaman Alur Ban

Alat ukur kedalaman alur ban berfungsi untuk mengukur kedalaman alur ban di setiap roda kendaraan. Tujuan dari pengujian alur ban adalah untuk memastikan keselamatan berkendara karena alur ban yang cukup sangat penting

untuk membuang air dari permukaan ban, sehingga mencegah terjadinya *aqua planing* (hilangnya traksi akibat lapisan air di antara ban dan jalan) dan meningkatkan daya cengkeram saat pengereman dan berbelok. Minimal ambang batas sudah diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 pasal 73 dengan kedalaman alur ban tidak boleh kurang dari 1 (satu) millimeter.

3.2.10 Alat uji daya tembus cahaya pada kaca (*tint tester*)

Alat *tint tester* ini berfungsi untuk mengukur ketembusan sinar kaca yang masuk pada kaca kendaraan. Tujuannya adalah untuk memastikan tingkat kegelapan kaca film masih sesuai dengan ambang batas yang diizinkan oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku. Minimal ambang batas sudah diatur pada Surat Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM. 439/U/Phb-76 Tentang Penggunaan Kaca pada Kendaraan Bermotor tahun 1976 dengan persentase penembusan cahaya tidak kurang dari 40% sepanjang sisi atas (bagian kaca) yang lebarnya tidak lebih dari sepertiga tinggi kaca yang bersangkutan.

3.2.11 Alat pengukur dimensi

Alat pengukur dimensi kendaraan berfungsi mengukur ukuran fisik kendaraan, yang menjadi acuan dalam menentukan Muatan Sumbu Terberat (MST) serta kelas jalan yang dapat dilalui oleh kendaraan tersebut. Dalam melakukan pengukuran dimensi dibutuhkan keakuratan dan pengukuran yang tepat agar tidak melanggar peraturan yang telah ditetapkan. Pengukuran dimensi kendaraan bermotor yang tercantum dalam “Peraturan menteri nomor 133 tahun 2015 tentang pengujian berkala kendaraan bermotor, pada pasal 12 ayat (3), meliputi a. Panjang kendaraan; b. Lebar kendaraan; c. Tinggi kendaraan; d. Jarak sumbu kendaraan (WheelBase); e. Jalur depan (Front OverHang); f. Jalur belakang (Rare OverHang); g. Sudut pergi kendaraan; h. Jarak bebas kendaraan (Groud Clearance); i. Lebar bak muatan terhadap ukuran kabin depan atau ban terluar untuk mobil barang; j. Jarak bak muatan terhadap kabin untuk mobil barang; k. Jarak sumbu untuk ganda atau tripel pada mobil barang dan/atau mobil bus; l. Tinggi bak muatan untuk mobil barang;”

3.3 Game Interaktif sebagai Media Pembelajaran

Game interaktif merupakan salah satu inovasi dalam dunia pendidikan yang menggabungkan unsur permainan dengan materi pembelajaran untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik (Wulandari & Safitri, 2024). Dalam konteks pendidikan otomotif, game interaktif dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran yang memungkinkan mahasiswa dapat berlatih dimanapun dan kapanpun melalui *platform* android guna mendukung proses pembelajaran Teknik Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor.

Game interaktif dalam pendidikan merupakan aplikasi berbasis digital yang dirancang untuk menyajikan materi pembelajaran dalam bentuk permainan yang melibatkan interaksi aktif pengguna (Nurhikmah dan Rustiani, 2024). Dalam bidang teknologi otomotif, game interaktif dapat mensimulasikan pengoperasian alat uji kendaraan bermotor sehingga dapat membantu proses pembelajaran agar terlaksana lebih optimal.

3.4 Unity

Unity 3D adalah *software game engine* yang digunakan untuk membuat aplikasi interaktif berbasis 2D dan 3D (Amdani *et al.*, 2022). Unity merupakan teknologi modern yang mempermudah dan mempercepat pengembangan game bagi para *developer*. Unity merupakan sebuah *game engine* atau alat pembuat game yang meringankan proses pembuatan game (Ramadhanti *et al.*, 2021). *Unity Technologies* adalah pengembang *game engine* Unity yang didirikan pada tahun 2005. Selain itu, *game engine* ini tersedia secara gratis dan memiliki kemampuan untuk mengolah berbagai fitur multimedia dengan sangat baik, mendukung pengembangan media pembelajaran, dan membuat fitur kuis dengan memanfaatkan bahasa pemrograman C# (Nugroho dan Pramono, 2017).

Dalam pengembangan game edukasi 2D khususnya untuk perangkat Android, Unity banyak digunakan karena kemampuannya dalam membuat aplikasi lintas *platform* serta efisiensi dalam proses kompilasi ke format APK (Ulfa *et al.*, 2024). Selain itu, Unity menyediakan berbagai komponen pendukung seperti animasi *sprite*, *tilemap*, hingga sistem fisika 2D yang sangat sesuai untuk membuat game edukatif berbasis simulasi. Jika dibandingkan dengan *platform* lain seperti

Unreal Engine, *Godot*, dan *Buildbox*, Unity menunjukkan keunggulan yang lebih seimbang (Winata *et al.*, 2025). *Unreal Engine*, meskipun unggul dalam aspek visual dan grafis 3D, cenderung lebih kompleks dan membutuhkan spesifikasi perangkat yang tinggi. Hal ini membuatnya kurang optimal untuk pengembangan aplikasi edukasi ringan berbasis Android (Hendriyani *et al.*, 2022). *Godot Engine* merupakan pilihan open-source yang ringan dan fleksibel, namun dokumentasi dan komunitasnya masih berkembang sehingga kurang mendukung dalam hal troubleshooting dan pengayaan fitur (Holfeld, 2024). Di sisi lain, *Buildbox* menawarkan kemudahan dalam pengembangan tanpa perlu menulis kode, namun fitur-fitur logika dan interaktivitasnya terbatas sehingga kurang cocok untuk pengembangan game edukatif yang membutuhkan interaksi kompleks (Mubarokan *et al.*, 2020).

Berdasarkan keunggulan tersebut, Unity dipilih sebagai *platform* pengembangan dalam penelitian ini karena mampu mengakomodasi kebutuhan pengembangan game edukatif interaktif berbasis Android secara optimal. Unity dinilai sesuai untuk menyampaikan materi teknis seperti pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor, karena dapat menyajikan simulasi praktis yang menarik dan dapat diakses langsung oleh mahasiswa melalui perangkat Android mereka.

3.5 Figma

Figma adalah alat desain yang sering digunakan untuk merancang antarmuka aplikasi *mobile*, *desktop*, dan *website*. Figma dapat diakses pada sistem operasi *Windows*, *Linux*, dan *macOS* (Pamungkas, 2023). Figma dapat dianggap sebagai *platform* desain berbasis vektor yang ideal untuk pembuatan *prototipe* aplikasi dan antarmuka pengguna, memberikan kemudahan dalam merancang dan menguji desain secara efektif (Septianingsih *et al.*, 2025). Dalam penggunaannya figma terkenal sebagai alat desain UI dan UX secara sederhana sehingga figma dapat digunakan bagi pengguna yang belum maupun yang sudah punya *basic* desain (Ramadhani *et al.*, 2023).

3.6 Research and Development (R&D)

Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) adalah pendekatan terstruktur yang bertujuan untuk menciptakan pengetahuan baru, menemukan solusi atas masalah, atau mengembangkan produk, proses, maupun layanan. Pendekatan ini relevan di berbagai sektor seperti sains, teknologi, bisnis, dan industri, dengan sasaran utama untuk meningkatkan pemahaman, mendorong inovasi, dan memperkuat daya saing. Proses R&D melibatkan serangkaian tahapan yang sistematis, mulai dari mengenali masalah atau peluang, merencanakan penelitian, mengumpulkan dan menganalisis data, hingga pada akhirnya menghasilkan solusi atau produk baru. Pendekatan ini sangat bergantung pada eksperimen, observasi, dan penerapan metode ilmiah untuk menguji gagasan serta mencapai pemahaman yang mendalam (Sugiyono, 2019).

Dalam penelitian pengembangan (R&D), model ADDIE sering digunakan sebagai kerangka kerja. ADDIE adalah singkatan dari *Analyze* (analisis), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan/pembuatan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluate* (evaluasi). ADDIE pada dasarnya adalah konsep pengembangan produk, khususnya yang berkaitan dengan fondasi kegiatan pembelajaran. Filosofi utama penerapan ADDIE di dunia pendidikan adalah menciptakan pengalaman belajar yang berpusat pada siswa, mendorong inovasi, orisinalitas, dan memberikan inspirasi (Novia *et al.*, 2018).

3.7 Skala Likert

Skala Likert merupakan salah satu instrumen pengukuran yang digunakan untuk mengetahui sikap, pendapat, maupun persepsi individu atau kelompok terhadap suatu pernyataan atau topik tertentu. (Santika *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan angket skala Likert sebagai instrumen pada tahap pengujian beta, dengan empat pilihan jawaban, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, setuju, dan sangat setuju sebagai alat ukur penilaian. Skala Likert empat tingkat digunakan untuk menghindari kelemahan skala Likert lima tingkat, terutama dengan menghilangkan opsi yang memicu responden untuk memberikan jawaban ragu, netral, atau tidak dapat memutuskan (Liska *et al.*, 2022). Skala Likert terbukti efektif dalam menilai sejauh mana tahapan registrasi dapat dievaluasi dengan lebih

mendalam dan akurat, memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai persepsi dan pengalaman pengguna terhadap proses tersebut (Kurniawati dan Judisseno, 2022). Penelitian ini menggunakan skala Likert empat tingkat untuk menyusun pertanyaan dalam pengujian beta. Responden akan memilih dari empat pilihan respons yang disajikan dalam format tabel berikut:

Tabel 3. 3 Skala Likert

Kategori	Nilai
Sangat Setuju	4
Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Dalam mengolah data dari skala Likert empat poin, tahap awal yang dilakukan adalah menghitung interval dari masing-masing pilihan jawaban. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengkonversi data kualitatif menjadi bentuk numerik yang dapat dianalisis secara kuantitatif. Setiap pilihan yang diisi oleh responden diberikan skor sesuai dengan tingkat pilihannya, kemudian seluruh skor tersebut diakumulasi untuk mendapatkan total nilai. Melalui proses ini, hasil evaluasi dapat ditinjau secara objektif dan sistematis, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih terukur mengenai penilaian atau persepsi responden terhadap aplikasi. Semua jawaban responden dijumlahkan untuk mendapatkan total skor. Setelah itu, dilakukan perhitungan skor minimum dan maksimum untuk menentukan indeks (%) atau persentase penilaian, yang memungkinkan untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat kesepakatan responden terhadap pernyataan yang diberikan dalam skala Likert.

$$\text{Skor maksimum} = \text{jumlah butir item} \times \text{skor tertinggi} \times \text{jumlah responden} \quad (3.2)$$

Sumber : (Fauzan dan Rahdiyanta, 2017)

$$\text{Skor minimum} = \text{jumlah butir item} \times \text{skor terendah} \times \text{jumlah responden} \quad (3.3)$$

Sumber : (Fauzan dan Rahdiyanta, 2017)

$$\text{Indeks Persentase (\%)} = \left(\frac{\text{Skor Total yang Diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Sumber : (Fauzan dan Rahdiyanta, 2017)

Setelah memperoleh hasil dari indeks (%) yang telah dihitung, kesimpulan mengenai hasil penilaian responden dapat ditentukan berdasarkan interval penilaian skala Likert. Interval ini akan memberikan gambaran mengenai tingkat kesepakatan atau ketidaksetujuan responden terhadap pernyataan yang diajukan, yang kemudian digunakan untuk menganalisis persepsi atau sikap mereka secara keseluruhan.

$$\text{Interval} = \frac{100}{\text{jumlah kategori}} \quad (3.5)$$

Sumber : (Fauzan dan Rahdiyanta, 2017)

Tabel 3. 4 Kriteria Penilaian

Interval	Kategori	Nilai
75% – 100%	Sangat Layak	4
50% – 74,9%	Layak	3
25% – 49,9%	Tidak Layak	2
0% – 24,9%	Sangat Layak	1

Sumber : (Fauzan dan Rahdiyanta, 2017)

3.8 **Black Box Testing**

Black box testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang hanya berfokus pada fungsionalitas sistem, tanpa memperhatikan struktur internal atau kode sumbernya. (Ginting dan Lubis, 2024) Pengujian *black box testing* dilakukan guna mengidentifikasi berbagai kesalahan atau kekeliruan yang mungkin terjadi pada sistem, sehingga peneliti dapat melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap fungsionalitas sistem yang diuji (Putri *et al.*, 2021). Adapun acuan dalam pengujian *black box testing* tercantum pada Tabel berikut.

Tabel 3. 5 Tabel *black box testing*

No	Prosedur Pengujian	Tujuan Yang Ingin Dicapai	Hasil Uji Coba	Kesimpulan
1	Aksi	Hasil yang diharapkan dari aksi yang dilakukan.	Keterangan dari proses pengujian dan hasil yang diharapkan	Kesimpulan dari aksi yang dilakukan (valid/tidak)

3.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 3. 6 Penelitian Terdahulu

No	Nama, Tahun, Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	(Nisrina <i>et al.</i> , 2021) “Pengembangan E-modul Berbasis Project Based Learning (PBL) pada Mata Pelajaran Animasi 2 Dimensi dan 3 Dimensi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik”	Metode penelitian adalah model pengembangan Research and Development (RnD) dengan mengadopsi model ADDIE	Penelitian ini berhasil menghasilkan e-modul berbasis <i>project-based learning</i> untuk mata pelajaran Animasi 2 Dimensi dan 3 Dimensi. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat peningkatan yang signifikan pada nilai hasil belajar siswa setelah menggunakan e-modul tersebut dibandingkan dengan sebelum penggunaannya. Dengan demikian, e-modul ini dinilai layak dan efektif untuk diterapkan dalam proses pembelajaran.
2	(Septian <i>et al.</i> , 2022) “Pengembangan Mini Glosarium Fisika Modern Sebagai Referensi Tambahan Peserta Didik Berbasis Augmented Reality”	Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (RnD) dalam proses pengembangan sesuai model ADDIE	Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, berhasil menciptakan buku cetak mini glosarium Fisika modern yang dilengkapi dengan aplikasi Augmented Reality. Media pembelajaran inovatif ini dinilai layak dan sangat bermanfaat untuk mendukung keberlangsungan proses belajar siswa.
3	(Karandana, 2023) “ <i>Virtual Laboratory Tour</i> Sebagai Media Pembelajaran Di Unit	Menggunakan metode penelitian <i>Research and</i>	Pengunaan Aplikasi Virtual Tour Laboratorium Pengujian Kendaraan Bermotor dari hasil pengujian memperoleh nilai yang didapatkan adalah sebesar 85,5

No	Nama, Tahun, Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Laboratorium Pengujian Kendaraan Bermotor Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan”	<i>Development</i> (R&D)	atau dengan kategori <i>EXCELLENT</i> . Oleh karena itu hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi dinilai layak dan diterima oleh pengguna.
4	(Nurdiansyah <i>et al.</i> , 2024) “SEREDU: Aplikasi Pembelajaran Interaktif untuk Meningkatkan Kesadaran Kesehatan Melalui Pendekatan <i>Digital Game Based Learning</i> .”	Menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen	Penggunaan media pembelajaran ini berhasil meningkatkan kesadaran kesehatan siswa terkait penyakit tidak menular. Peran guru sebagai fasilitator juga dipermudah dengan adanya SEREDU, yang menyediakan berbagai materi dan penjelasan yang relevan untuk mendukung interaksi dan diskusi di kelas.
5	(Murdani <i>et al.</i> , 2022) “Media Pembelajaran Pengenalan Sistem Organ Manusia Melalui Augmented Reality Dengan Menggunakan Aplikasi Unity”	Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Research and Development (R&D).	Aplikasi yang dikembangkan memanfaatkan teknologi Augmented Reality (AR) dan software Unity, untuk memvisualisasikan sistem organ tubuh manusia dalam bentuk objek 3D yang interaktif dan dilengkapi audio serta video pembelajaran. Berdasarkan hasil pengujian, mayoritas responden menyatakan aplikasi mudah digunakan, materi mudah dipahami, dan dapat meningkatkan minat belajar siswa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan AR sebagai media pembelajaran tergolong efektif, menarik, dan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata dan menyenangkan.

Penelitian ini memiliki sejumlah kesamaan dengan beberapa penelitian sebelumnya, terutama dari segi pendekatan pengembangan media pembelajaran digital. Namun demikian, terdapat perbedaan yang jelas dalam aspek isi, bentuk media, dan tujuan pembelajarannya. Berikut ini adalah uraian persamaan dan

perbedaan masing-masing penelitian terdahulu jika dibandingkan dengan penelitian ini:

Penelitian yang dilakukan oleh Nisrina et al. (2021) mengembangkan e-modul berbasis *Project Based Learning* untuk mata pelajaran Animasi 2D dan 3D. Persamaannya terletak pada metode yang digunakan, yaitu model pengembangan R&D berbasis ADDIE, serta tujuan utama yang sama, yaitu meningkatkan pemahaman peserta didik melalui media pembelajaran berbasis teknologi. Namun, terdapat perbedaan yang cukup mencolok, yaitu media yang dikembangkan masih berupa e-modul yang bersifat teks dan visual, bukan berbentuk game yang interaktif. Selain itu, konten yang disajikan bersifat teoritis dan tidak melibatkan pelatihan keterampilan prosedural, serta tidak berhubungan dengan bidang otomotif.

Septian et al. (2022) mengembangkan media pembelajaran berupa glosarium fisika modern berbasis *Augmented Reality* (AR). Persamaannya dengan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan teknologi digital interaktif, dan dikembangkan dengan metode R&D. Namun perbedaannya terletak pada bentuk media yang berupa AR untuk menampilkan objek visual, sedangkan penelitian ini mengembangkan game berbasis Unity yang melibatkan interaksi pengguna secara aktif, termasuk melalui kuis dan simulasi alur prosedur kerja. Selain itu, konten pembelajaran yang diangkat oleh Septian lebih bersifat pengenalan istilah dan konsep fisika, bukan pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor.

Penelitian oleh Karandana (2023) memiliki relevansi dari sisi konteks karena mengembangkan media *Virtual Tour* untuk laboratorium pengujian kendaraan bermotor. Persamaannya dengan penelitian ini terletak pada ruang lingkup materi, yaitu dunia pengujian kendaraan dan keselamatan transportasi. Namun perbedaannya cukup jelas, yakni media tersebut hanya menyajikan tur virtual laboratorium tanpa membahas atau melatih langkah-langkah pengoperasian alat. Media yang dikembangkan juga bersifat pasif (eksplorasi visual), berbeda dengan penelitian ini yang bersifat aktif dan menuntut pengguna untuk mengikuti alur prosedur dan menjawab kuis sebagai bagian dari evaluasi pembelajaran.

Penelitian Nurdiansyah et al. (2024) mengembangkan aplikasi pembelajaran interaktif bertema kesehatan berbasis *Digital Game-Based Learning*. Persamaannya terletak pada pendekatan pembelajaran berbasis game dan penggunaan media interaktif untuk meningkatkan pemahaman. Namun, konten yang dikembangkan masih bersifat konseptual dan informatif, lebih fokus pada pengetahuan umum tentang kesehatan. Sementara itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan keterampilan teknis berupa prosedur pengoperasian alat uji secara berurutan, yang bersifat spesifik dan kontekstual terhadap pembelajaran vokasional.

Penelitian oleh Murdani et al. (2022) mengembangkan media pembelajaran anatomi tubuh manusia berbasis *Augmented Reality* menggunakan Unity. Persamaannya terletak pada pemanfaatan teknologi Unity untuk mengembangkan media interaktif. Namun, media tersebut hanya bersifat eksploratif visual, tidak memberikan pelatihan prosedur atau interaksi berbasis tugas seperti dalam bentuk game. Di sisi lain, fokus kontennya berada pada bidang biologi, bukan pada dunia otomotif atau simulasi alat pengujian kendaraan.

Dari keseluruhan penelitian terdahulu yang telah ditelaah, belum ada yang secara spesifik mengembangkan media pembelajaran berbentuk game interaktif berbasis Unity yang digunakan untuk melatih prosedur pengoperasian alat uji berkala kendaraan bermotor. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut, sekaligus menawarkan pendekatan pembelajaran digital yang lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran vokasional di bidang teknologi otomotif.