

**PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY* (AR) SEBAGAI
APLIKASI PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS
SISTEM KEMUDI DAN SISTEM REM**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH :

NADILA REZA DINATA

2201013

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI OTOMOTIF**

2025

**PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY* (AR) SEBAGAI
APLIKASI PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS
SISTEM KEMUDI DAN SISTEM REM**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian

Program Studi Diploma III

Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Teknik



DISUSUN OLEH :

NADILA REZA DINATA

2201013

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI OTOMOTIF**

2025

**HALAMAN PERSETUJUAN
KERTAS KERJA WAJIB**

**PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY* (AR) SEBAGAI APLIKASI
PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS SISTEM KEMUDI DAN
SISTEM REM**

Disusun Oleh:

**NADILA REZA DINATA
2201013**

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

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I



Adrian Pradana, S.T., M.Si
NIP. 19900130 201012 1 005
Tanggal: 25 Juni 2025

DOSEN PEMBIMBING II



Riz Rifai Oktavianus Sasuc, S.T., M.Eng
NIP. 19861014 201902 1 002
Tanggal: 25 Juni 2025

Ditetapkan di: Tabanan

HALAMAN PENGESAHAN

KERTAS KERJA WAJIB

**PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY* (AR) SEBAGAI APLIKASI
PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS SISTEM KEMUDI DAN
SISTEM REM**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

NADILA REZA DINATA


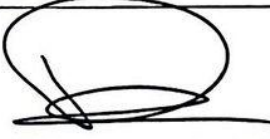
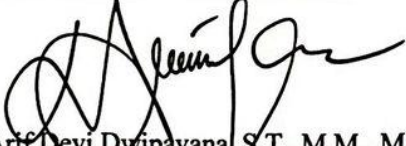

2201013

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI

PADA TANGGAL 30 Juni 2025

DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji

 <u>Yusime Fitasari, A.Ma PKB, S.T., M.Si</u> NIP. 19910314 201012 2 001	 <u>Adrian Pradana, S.T., M.Si</u> NIP. 19900130 201012 1 005
 <u>Arif Devi Dwipayana, S.T., M.M., M.T</u> NIP. 19851102 201902 1 003	 <u>Riz Rifai Oktavianus Sasue, S.T., M.Eng</u> NIP. 19861014 201902 1 002

Mengetahui,

**KETUA PROGRAM STUDI
DIPLOMA III TEKNOLOGI OTOMOTIF**



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

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, NADILA REZA DINATA, Notar. 2201013, menyatakan bahwa bahwa Kertas Kerja Wajib dengan judul “**PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY (AR)* SEBAGAI APLIKASI PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS SISTEM KEMUDI DAN SISTEM REM**” 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, 30 Juni 2025

Penulis,



NADILA REZA DINATA
Notar. 2201013

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan bahagia, saya mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat berupa kesehatan, kelancaran dan kemudahan dalam proses penyelesaian kertas kerja wajib ini. Terimakasih banyak untuk Ayah (Margono) dan Mama (Wiwit Handayani) yang saya banggakan karena tiada hentinya melangitkan doa baiknya serta selalu memberi dukungan di setiap langkah saya terutama dalam memperjuangkan masa depan dan menghadapi setiap tantangan yang datang, hingga saya mampu berdiri sejauh ini dengan penuh keyakinan dan harapan. Kepada saudara kandung saya Kakak (Aditya Bagaskara) dan Adik (Ibra Aditya Dinata) yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta mendengar keluh kesah saya selama ini. Terimakasih juga saya sampaikan kepada orang-orang yang selalu hadir dalam setiap proses dalam tenang maupun lelah. Terimakasih atas waktu, perhatian, dan semangat yang tak pernah surut, terlebih dalam mendampingi saya menyelesaikan kertas kerja wajib ini. Terimakasih telah membantu, mendengar, dan meyakinkan bahwa semua ini bisa diselesaikan. Akhir kata semoga kertas kerja wajib ini tidak hanya menjadi bukti perjuangan, tetapi juga menjadi sumber manfaat, inspirasi, dan ilmu bagi siapa pun yang membacanya. Amin.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga Kertas Kerja Wajib yang berjudul **"PEMANFAATAN *AUGMENTED REALITY* (AR) SEBAGAI APLIKASI PEMBELAJARAN PEMERIKSAAN TEKNIS SISTEM KEMUDI DAN SISTEM REM"** dapat diselesaikan. 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 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 sebagai Dosen Pembimbing I dan Bapak Riz Rifai Oktavianus Sasue, S.T., M.Eng sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan kertas kerja wajib ini.
4. Dosen-dosen Program Studi D-III Teknologi Otomotif yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan.
5. Rekan Mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan III.

Penulis menyadari kertas kerja wajib ini banyak kekurangan, saran dan masukan sangat diharapkan bagi kesempurnaan penulisan. Semoga bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan bidang Transportasi Darat dan dapat diterapkan untuk membantu pembangunan transportasi di Indonesia pada umumnya.

Tabanan, 30 Juni 2025
Penulis,

NADILA REZA DINATA
Notar. 2201013

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II GAMBARAN UMUM	5
2.1 Lokasi Penelitian.....	5
2.2 Objek Penelitian.....	6
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	7
3.1 Media Pembelajaran.....	7
3.2 <i>Augmented Reality (AR)</i>	8
3.3 <i>Unity</i>	9
3.4 <i>Vuforia</i>	9
3.5 <i>Figma</i>	10
3.6 <i>SketchUp</i>	10

3.7	Pengujian Kendaraan Bermotor	11
3.8	Pengujian Persyaratan Teknis.....	11
3.9	Sistem Kemudi	12
3.10	Sistem Rem	14
3.11	<i>Research and Development (R&D)</i>	17
3.12	<i>Usability Testing</i> dan <i>System Usability Scale (SUS)</i>	17
3.13	Penelitian yang Relevan.....	18
BAB IV METODE PENELITIAN.....		20
4.1	Metode Penelitian.....	20
4.2	Bagan Alir Penelitian	22
4.3	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data	42
4.4	Metode Analisis Data	43
4.5	<i>Timeline</i> Kegiatan Penelitian.....	50
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		51
5.1	Langkah dan tahapan pembelajaran	51
5.2	<i>Black box testing</i>	61
5.3	Validasi aplikasi dan instrumen soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>	67
5.4	<i>Pre-test</i>	68
5.5	Uji coba implementasi aplikasi	70
5.6	<i>Usability Testing</i>	70
5.7	<i>Posttest</i>	73
5.8	Analisis Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	74
BAB VI PENUTUP		79
DAFTAR PUSTAKA.....		81
LAMPIRAN.....		86

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Penelitian relevan.....	18
Tabel 4. 1 Pertanyaan kuesioner kepada mahasiswa	20
Tabel 4. 2 Tabel deskripsi <i>use case diagram</i>	24
Tabel 4. 3 Pengujian <i>black box testing</i>	40
Tabel 4. 4 Skor skala likert.....	44
Tabel 4. 5 Kategori uji validasi ahli.....	44
Tabel 4. 6 Kriteria penilaian validasi soal <i>pretest posttest</i>	45
Tabel 4. 7 Tabel pertanyaan pengambilan data <i>usability testing</i>	45
Tabel 4. 8 Pedoman interpretasi <i>SUS Score</i>	47
Tabel 4. 9 <i>Randomized control group pretest-posttest design</i>	48
Tabel 4. 10 Tabel klasifikasi penilaian	49
Tabel 4. 11 <i>Timeline</i> kegiatan penelitian	50
Tabel 5. 1 Hasil pengujian <i>black box</i> menu home	61
Tabel 5. 2 Hasil pengujian <i>black box</i> menu materi sistem kemudi	62
Tabel 5. 3 Hasil pengujian <i>black box</i> menu materi sistem rem.....	64
Tabel 5. 4. Hasil nilai <i>pretest</i> kelompok eksperimen dan kelompok kontrol	69
Tabel 5. 5 Tabel nilai hasil kuesioner	71
Tabel 5. 6 Hasil perhitungan skor <i>SUS</i>	72
Tabel 5. 7 Hasil nilai <i>posttest</i> kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kampus Poltrada Bali	5
Gambar 2. Sistem kemudi <i>rack and pinion</i>	12
Gambar 3. Sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	13
Gambar 4. Sistem rem parkir jenis mekanis.....	14
Gambar 5. Sistem rem hidrolis.....	15
Gambar 6. Sistem rem <i>full air brake</i>	16
Gambar 7. Sistem rem <i>air over hydraulic</i>	17
Gambar 8. Bagan alir penelitian	22
Gambar 9. Diagram <i>use case</i>	24
Gambar 10. Desain <i>dashboard</i> menu utama.....	26
Gambar 11. Desain menu materi sistem kemudi	27
Gambar 12. Desain menu materi sistem rem.....	27
Gambar 13. Desain menu petunjuk	28
Gambar 14. Desain menu profil	28
Gambar 15. Desain tampilan <i>pop up</i> komponen objek 3D.....	29
Gambar 16. Download objek 3D pada website 3D <i>Warehouse</i>	30
Gambar 17. Proses penggabungan objek 3D <i>rack and pinion</i> pada <i>SketchUp</i>	30
Gambar 18. Proses pemberian tekstur atau material pada objek 3D	31
Gambar 19. Tampilan membuat <i>project</i> baru pada <i>Unity</i>	32
Gambar 20. <i>License key</i> dari <i>Vuforia</i>	32
Gambar 21. Tampilan memasukkan <i>license key</i> dari <i>Vuforia</i> pada <i>Unity</i>	33
Gambar 22. Tampilan menambahkan menu <i>AR Camera</i> dan <i>image target</i> pada <i>Unity</i>	33
Gambar 23. Integrasi model 3D dengan <i>image target</i>	34
Gambar 24. Tampilan <i>Unity</i> dalam pembuatan <i>button</i> pada komponen objek 3D.....	34
Gambar 25. Kode pemrograman <i>Visible Object</i>	35
Gambar 26. Kode pemrograman <i>Visible Object</i>	35

Gambar 27. Menghubungkan <i>controller visible object</i> dengan <i>button</i>	36
Gambar 28. Tampilan membuat halaman menu utama pada <i>Unity</i>	36
Gambar 29. Tampilan membuat halaman materi sistem kemudi pada <i>Unity</i>	37
Gambar 30. Tampilan membuat halaman menu sistem rem pada <i>Unity</i>	37
Gambar 31. Tampilan membuat halaman menu profil pada <i>Unity</i>	38
Gambar 32. Kode pemrograman <i>Load Scene</i>	38
Gambar 33. Integrasi <i>controller VisibleObject</i> dengan <i>button</i>	39
Gambar 34. Proses <i>build setting</i> pada <i>Unity</i>	39
Gambar 35. Menu tampilan awal aplikasi pembelajaran.....	51
Gambar 36. Tampilan menu materi sistem kemudi	52
Gambar 37. Tampilan menu <i>View AR</i>	53
Gambar 38. Tampilan AR sistem kemudi <i>rack and pinion</i>	54
Gambar 39. Tampilan AR sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	54
Gambar 40. Tampilan pop up pengujian tiap komponen.....	55
Gambar 41. Tampilan menu materi sistem rem.....	56
Gambar 42. Tampilan menu <i>View AR</i>	57
Gambar 43. Tampilan AR sistem rem mekanis	57
Gambar 44. Tampilan AR sistem rem hidrolik.....	58
Gambar 45. Tampilan AR sistem rem <i>full air brake</i>	58
Gambar 46. Tampilan AR sistem rem <i>air over hydraulic</i>	59
Gambar 47. Tampilan menu petunjuk	59
Gambar 48. Tampilan menu profil.....	60
Gambar 49. Uji coba implementasi aplikasi pembelajaran berbasis AR.....	70
Gambar 50. Uji normalitas data.....	75
Gambar 51. Uji homogenitas data	75
Gambar 52. Uji <i>independent sample t-test</i> hasil <i>pretest</i>	76
Gambar 53. Rata-rata nilai <i>pretest</i> kelompok kontrol dan eksperimen	77
Gambar 54. Uji <i>independent sample t-test</i> hasil <i>posttest</i>	77
Gambar 55. Rata-rata nilai <i>posttest</i> kelompok kontrol dan eksperimen.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Link download</i> aplikasi	86
Lampiran 2. Dokumentasi pelaksanaan penelitian.....	86
Lampiran 3. Validasi angket kuesioner	87
Lampiran 4. Hasil kuesioner mahasiswa.....	89
Lampiran 5. Lembar penilaian validasi ahli materi.....	90
Lampiran 6. Lembar penilaian validasi ahli media	92
Lampiran 7. Lembar penilaian validasi instrumen soal <i>pretest posttest</i>	94
Lampiran 8. Soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> materi pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem.....	97
Lampiran 9. Hasil kuesioner SUS terhadap 25 responden.....	100
Lampiran 10. Tabel rekap nilai <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>	102
Lampiran 11. Lembar asistensi bimbingan dosen pembimbing 1	103
Lampiran 12. Lembar asistensi bimbingan dosen pembimbing 2.....	107

INTISARI

Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) sebagai Aplikasi Pembelajaran Pemeriksaan Teknis Sistem Kemudi dan Sistem Rem

Oleh

NADILA REZA DINATA

2201013

Keterbatasan alat praktik dan kompleksitas materi dalam mata kuliah Pemeriksaan Teknis Sistem Kemudi dan Sistem Rem di Poltrada Bali menjadi tantangan dalam pembelajaran. Materi teknis tersebut memerlukan media pembelajaran yang interaktif dan fleksibel guna menunjang pembelajaran dan efektivitas praktikum di Poltrada Bali. Untuk itu, pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi menjadi penting agar mahasiswa dapat belajar mandiri dan memahami materi meskipun sarana terbatas. *Augmented Reality* (AR) dipilih sebagai solusi karena mampu menampilkan objek 3D secara *real-time* dalam konteks nyata. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji efektivitas media pembelajaran berbasis AR. Aplikasi dikembangkan menggunakan *SketchUp*, *Figma*, *Unity*, dan *Vuforia* dengan jenis AR *marker-based*, serta diuji menggunakan metode R&D dan desain eksperimen *randomized control group pretest-posttest*. Subjek terdiri dari kelompok eksperimen (AR) dan kontrol (konvensional). Hasil penelitian menunjukkan media AR sangat layak dengan skor SUS sebesar 87,7 dalam kategori “*Best Imaginable*” serta peningkatan signifikan hasil belajar pada kelompok eksperimen. Dengan demikian, media AR terbukti lebih efektif dibandingkan metode konvensional, serta berkontribusi pada pembelajaran vokasi yang modern, efisien, dan sesuai kebutuhan industri.

Kata Kunci : *Augmented Reality*, media pembelajaran, sistem kemudi, sistem rem

ABSTRACT

The Implementation of Augmented Reality (AR) as an Educational Application for the Technical Inspection of Steering and Brake Systems

By

NADILA REZA DINATA

2201013

The limitations of practice equipment and the complexity of the material in the Technical Inspection of Steering and Braking Systems course at Poltrada Bali present challenges in the learning process. This technical content requires interactive and flexible learning media to support both learning and the effectiveness of practicum sessions at Poltrada Bali. Therefore, the development of technology-based learning media is essential so that students can study independently and understand the material despite limited facilities. Augmented Reality (AR) was chosen as the solution because it can display 3D objects in real time within a real-world environment. This study aims to develop and evaluate the effectiveness of AR-based learning media. The application was developed using *SketchUp*, *Figma*, *Unity*, and *Vuforia* with a marker-based AR type, and tested using an R&D method and an experimental design with a randomized control group pretest-posttest. The subjects consisted of an experimental group (AR) and a control group (conventional). The results showed that the AR media was highly feasible, with a SUS score of 87.7 categorized as “Best Imaginable,” and a significant improvement in learning outcomes in the experimental group. Therefore, AR media has proven to be more effective than conventional methods and contributes to vocational education that is modern, efficient, and aligned with industry needs.

Keywords: Augmented Reality, learning media, steering system, braking system

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang berlangsung cepat membawa dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia. Perkembangan teknologi mendorong masyarakat guna lebih bergantung pada perangkat modern berbasis teknologi. *Smartphone* ialah salah satu diantara aplikasi dalam bidang teknologi informasi yang mengalami perkembangan pesat. Berdasarkan survei dari Databoks, pada tahun 2019 sekitar 63,3% penduduk Indonesia telah menggunakan *smartphone*. Angka ini diperkirakan meningkat menjadi 89,2% pada tahun 2025 (Retalia et al., 2022).

Pemanfaatan teknologi informasi di bidang pendidikan salah satunya diwujudkan melalui media pembelajaran berbasis digital. Saat ini, media digital menjadi alternatif yang sangat diminati oleh generasi muda. Pelajar cenderung lebih tertarik dan lebih mudah memahami materi melalui sistem pembelajaran yang menggunakan alat elektronik seperti *smartphone* karena didukung oleh elemen multimedia dan animasi (Hidayat, 2024).

Augmented Reality adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan dan dikembangkan sebagai media pembelajaran. Benda maya dua dimensi ataupun tiga dimensi bisa diintegrasikan ke dalam lingkungan nyata tiga dimensi menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR), yang memproyeksikan benda maya tersebut dengan cara langsung melalui media kamera (Mustaqim, 2016). Dalam penelitian yang dilaksanakan oleh (Wiliyanti et al., 2024) dengan memakai metode *systematic literature review* (SLR) mengatakan bahwasanya teknologi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* terbukti bisa mengoptimalkan pemahaman siswa serta meningkatkan motivasi belajar mereka. Penelitian oleh (Rusnandi et al., 2016), mengungkapkan bahwa *Augmented Reality* bisa mengolah data secara cepat dan *real-time*, membuat kelas matematika lebih menarik bagi siswa yang menganggap pelajaran

matematika membosankan.

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner di Politeknik Transportasi Darat Bali pada Mahasiswa/i Semester IV Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif dengan jumlah mahasiswa 25 orang, didapatkan hasil bahwa mahasiswa/i membutuhkan media interaktif dalam menunjang proses pembelajaran pada mata kuliah pemeriksaan teknis terutama materi sistem kemudi dan sistem rem, dikarenakan saat proses pembelajaran secara langsung kendaraan dan alat pengujian yang digunakan terbatas sehingga praktik harus dilakukan secara bergantian. Selain itu, menurut mahasiswa/i materi sistem kemudi dan sistem rem memiliki materi yang kompleks untuk dipelajari, sehingga diperlukan aplikasi pembelajaran interaktif yang dapat digunakan dimana saja apabila praktik tidak dapat dilaksanakan secara langsung.

Seiring dengan kemajuan teknologi berbasis *Augmented Reality*, dikembangkan sebuah media interaktif pada pembelajaran Pengujian Kendaraan Bermotor khususnya pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali sehingga dapat memudahkan pembelajaran dan meningkatkan efektivitas praktikum pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Poltrada Bali. Meskipun sudah banyak penelitian yang memanfaatkan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran, belum ada yang secara khusus mengembangkan media AR untuk pembelajaran Pengujian Kendaraan Bermotor, khususnya pada sistem kemudi dan sistem rem. Selain itu, penelitian yang membandingkan efektivitas AR dengan metode konvensional di bidang ini masih terbatas. Pernyataan ini mengindikasikan adanya celah penelitian yang perlu diisi guna mendorong inovasi pembelajaran teknis berbasis teknologi di Poltrada Bali. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, maka akan dilakukan sebuah penelitian dengan judul “**Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) sebagai Aplikasi Pembelajaran Pemeriksaan Teknis Sistem Kemudi dan Sistem Rem**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini, yakni sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* di Politeknik Transportasi Darat Bali?
2. Bagaimana penilaian terhadap penggunaan aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* di Politeknik Transportasi Darat Bali?
3. Bagaimana efektivitas media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi sistem kemudi dan sistem rem?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pembuatan aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* di Politeknik Transportasi Darat Bali.
2. Mengetahui penilaian terhadap penggunaan aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* di Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Mengetahui efektivitas media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi sistem kemudi dan sistem rem

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Manfaat bagi penulis:
 - a. Mendapat wawasan baru mengenai cara pembuatan aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality*;
 - b. Mengembangkan metode pembelajaran baru yang lebih interaktif dan menarik.
2. Manfaat bagi Politeknik Transportasi Darat Bali :
 - a. Menjadi sarana belajar tambahan yang dapat diakses oleh mahasiswa/i kapan saja melalui perangkat berbasis Android;
 - b. Meningkatkan mutu pendidikan di Politeknik Transportasi Darat Bali;
 - c. Sebagai referensi untuk pengembangan teknologi dalam proses pembelajaran, khususnya sistem informasi.

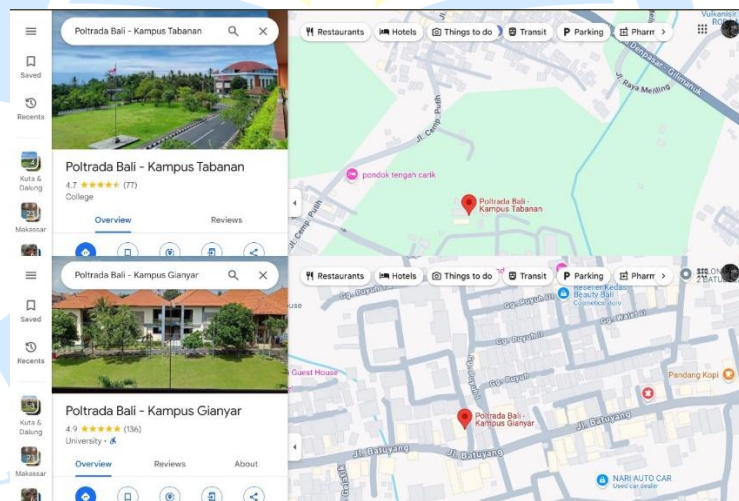
1.5 Batasan Masalah

1. Pemanfaatan *Augmented Reality* digunakan sebagai aplikasi pembelajaran pengujian kendaraan bermotor khususnya pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali.
2. Materi yang terdapat pada aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* ini hanya mencakup secara umum materi sistem kemudi (*rack and pinion* dan *recirculating ball*) dan materi sistem rem (rem parkir jenis mekanis, hidrolis, *air over hydraulic* dan *full air brake*) pada kendaraan bermotor.
3. Aplikasi hanya dapat diakses melalui perangkat berbasis Android dan menggunakan *scan* kamera.
4. Aplikasi pembelajaran dikembangkan menggunakan *game engine Unity* versi 2021.3.37f1, dengan dukungan SDK dari *Vuforia* untuk mengintegrasikan elemen *Augmented Reality*.
5. Aplikasi ini menggunakan jenis *Augmented Reality* berbasis *marker based*.

BAB II GAMBARAN UMUM

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Politeknik Transportasi Darat (Poltrada) Bali, institusi pendidikan kedinasan yang bernaung di bawah Kementerian Perhubungan dan berorientasi pada pengembangan kompetensi di sektor transportasi darat. Poltrada Bali memiliki dua kampus yaitu Kampus I yang berlokasi di daerah Batubulan Kangin, tepatnya di Jalan Batuyang No.109X, Kabupaten Gianyar, Bali dengan luas wilayah 16.130 m² dan Kampus II yang beralamat di Jalan Cempaka Putih, wilayah Samsam, Kabupaten Tabanan, Bali dengan luas wilayah 72.000 m². Letak lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kampus Poltrada Bali
(Sumber: <https://maps.app.goo.gl/EDap6kRPeJ9zEAuG7>)

Terdapat tiga program studi yang diselenggarakan oleh Poltrada Bali, salah satunya ialah Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif yang dimana nantinya akan menghasilkan lulusan yang berkompeten dalam bidang pengujian kendaraan bermotor. Melihat potensi lokasi yang strategis serta pentingnya inovasi dalam metode pembelajaran, pengembangan media pembelajaran di Poltrada Bali menjadi langkah tepat untuk menunjang proses belajar mahasiswa,

khususnya terkait pemeriksaan teknis kendaraan bermotor.

2.2 Objek Penelitian

Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dijadikan sebagai objek dalam penelitian ini, yang dikembangkan untuk mendukung proses pembelajaran pada mata kuliah pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Poltrada Bali. Media ini dirancang sebagai solusi terhadap keterbatasan alat praktik dan kendaraan yang tersedia di lingkungan pembelajaran, serta untuk menjawab kebutuhan mahasiswa akan media interaktif yang dapat digunakan secara fleksibel di luar ruang praktik. Pemilihan teknologi AR didasarkan pada kemampuannya untuk memvisualisasikan objek dua atau tiga dimensi secara *real-time* di lingkungan nyata melalui perangkat seperti *smartphone*, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk memahami materi teknis yang kompleks secara lebih interaktif dan menarik. Pemilihan objek ini didasarkan pada kebutuhan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran praktik di lingkungan vokasi yang berbasis kompetensi, serta potensi pengembangan teknologi yang dapat diintegrasikan dalam proses belajar-mengajar di Kampus Poltrada Bali.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Media Pembelajaran

Kata "media" berasal dari bahasa Latin dan merupakan bentuk jamak dari "medium", yang secara literal berarti sarana atau perantara untuk menyampaikan pesan (Sultan & Tirtayasa, 2019). Menurut *Association of Education and Communication Technology* (AECT) di Amerika, media merupakan beragam bentuk dan saluran yang dimanfaatkan oleh seseorang untuk menyampaikan pesan maupun informasi. Media dalam proses belajar mengajar biasanya diartikan sebagai alat bantu seperti gambar, foto, atau perangkat elektronik yang digunakan untuk menyampaikan informasi secara visual dan verbal (Shoffa et al., 2024)

Selain metode yang digunakan, media pembelajaran turut berperan sebagai salah satu faktor yang memengaruhi kelancaran proses belajar mengajar. Media pembelajaran merupakan berbagai sarana atau perangkat yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari guru kepada siswa, dengan tujuan memperluas pengetahuan, memperkuat pemahaman, dan menumbuhkan minat belajar peserta didik (Purnamawati et al., 2021). Menurut (IKHSAN, 2022), media pembelajaran membantu proses belajar mengajar, membuat materi lebih mudah dipahami, dan membuat tujuan pembelajaran tercapai secara efektif dan efisien.

Saat ini, berbagai media seperti visual, audio, dan audiovisual telah digunakan dalam pembelajaran, sehingga tidak lagi terbatas pada penggunaan buku dan papan tulis (Fadilah et al., 2023). Media pembelajaran yang efektif memiliki sejumlah karakteristik, antara lain dapat membangkitkan motivasi belajar siswa, menghindarkan mereka dari kebosanan, mempermudah dalam memahami materi, serta membantu menciptakan proses pembelajaran yang lebih sistematis. Jika kita pahami, berbagai karakteristik tersebut pada dasarnya mencerminkan harapan akan dampak positif penggunaan media pembelajaran bagi peserta didik.

3.2 *Augmented Reality (AR)*

Teknologi yang disebut *Augmented Reality (AR)* menggabungkan objek virtual tiga dimensi atau dua dimensi dengan lingkungan nyata tiga dimensi dan menampilkannya secara langsung atau *real time* (Sari et al., 2022). Dalam penggunaannya, *Augmented Reality* dirancang guna menghadirkan interaksi serta menyajikan informasi lebih rinci mengenai sebuah objek, baik dalam wujud dua dimensi ataupun tiga dimensi (Aditama et al., 2019). *Augmented Reality* memungkinkan objek mati tampak hidup melalui kamera pada komputer atau *smartphone*. Dengan menggunakan *marker* sebagai titik acuan fokus kamera, kita dapat melihat objek dua dimensi atau tiga dimensi secara interaktif pada layar komputer atau *smartphone* (Ahmad et al., 2022).

Augmented Reality kini telah merambah berbagai bidang, mulai dari industri, pemasaran, hingga dunia pendidikan, di mana teknologi ini dimanfaatkan sebagai salah satu bentuk pengembangan media pembelajaran. Beberapa jenis dari *Augmented Reality* antara lain adalah sebagai berikut:

1. *Marker-based (Image Recognition)* adalah jenis *Augmented Reality* yang menggunakan kamera dan *marker* khusus (seperti *QR-code*) untuk menampilkan animasi digital. Contoh penerapan teknologi ini bisa ditemukan pada efek yang tersedia di aplikasi seperti Instagram, Snapchat, dan TikTok (Yusup, A et al., 2023).
2. *Markerless AR* adalah jenis *Augmented Reality* yang tidak bergantung pada *marker*, pemindaian dilakukan dengan menggunakan fitur internal *smartphone* seperti kamera dan GPS. Contoh penerapan teknologi ini dapat ditemukan seperti Game Pokemon Go (Muhammad et al., 2018).

Jadi, *Augmented Reality* merupakan sebuah teknologi yang mengintegrasikan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara langsung. Dengan melakukan pemanfaatan teknologi tersebut, lingkungan di sekitar kita bisa diubah dengan elemen-elemen digital. Ini memberi kesan bahwa objek tersebut menjadi bagian dari lingkungan sebenarnya.

3.3 *Unity*

Unity Technologies adalah pengembang *game engine Unity* yang didirikan pada tahun 2005. *Unity* bisa dimanfaatkan guna mengembangkan game tiga dimensi ataupun dua dimensi, serta mendukung teknologi *virtual reality*, *augmented reality*, dan pemodelan simulasi (Tuti, 2022). 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 & Pramono, 2017). *Unity* mampu membuat *game* untuk sistem operasi Mac, Windows, iPhone, iPad dan Android serta dapat dijalankan pada sistem operasi 64-bit.

Unity menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan dengan *game engine* lain yang ada saat ini. *Unity* tidak hanya mendukung pemrograman menggunakan bahasa C#, tetapi juga menyediakan fitur *drag-and-drop* dalam proses kerja visualnya (Nasution et al., 2019). *Unity* dirancang secara khusus untuk memfasilitasi para pengembang dalam memanfaatkan *plugin* dari perangkat lunak pihak ketiga. *Plugin* ini mencakup berbagai elemen, seperti model 3D, *sprite* 2D, tekstur, material, efek suara, musik, skrip, efek partikel, dan berbagai komponen lainnya. Seluruh *plugin* tersebut dapat ditemukan di *Unity Asset Store*, baik dalam versi gratis maupun berbayar.

3.4 *Vuforia*

Vuforia adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan teknologi *Augmented Reality* pada perangkat mobile seperti iOS dan Android, serta memungkinkan pembuatan aplikasi berbasis AR (Reynaldo Yoda Wijaya, 2018). Dengan *Vuforia*, kamera ponsel digunakan sebagai perangkat *input* yang berperan layaknya mata elektronik untuk mendeteksi penanda tertentu. Dengan menggunakan *Application Programming Interface* (API), *Vuforia* mendeteksi *marker* pada gambar dan kemudian menghasilkan informasi 3D dari *marker* tersebut (Rahmat & Noviyanti, 2021).

Melalui *Vuforia*, pengguna dapat mengembangkan pengalaman AR yang interaktif dengan mengintegrasikan elemen digital 3D ke dalam lingkungan nyata,

seperti untuk demonstrasi produk, kampanye merek yang interaktif, maupun aplikasi personalisasi produk. *Vuforia* mendukung beragam jenis target pengenalan seperti *Image targets*, *Model Targets*, *Area Targets*, *Object Targets*, *Multi-Target*, serta *Cylinder Targets* (Permana et al., 2023). *Vuforia* memanfaatkan teknologi *computer vision* untuk mendeteksi dan melacak target secara langsung melalui kamera perangkat, sehingga objek digital dapat ditampilkan dan berinteraksi dengan dunia nyata. Selain itu, platform ini juga mendukung integrasi dengan berbagai *development tools* seperti *Unity 3D*, yang mempermudah para *developer* dalam membangun aplikasi AR.

3.5 *Figma*

Figma merupakan *platform* desain berbasis *website* yang digunakan untuk merancang, mengedit, dan berkolaborasi dalam pembuatan desain antarmuka pengguna (*user interface*) dan pengalaman pengguna (*user experience*) secara kolaboratif dan *real-time* (Putra et al., 2023). Dengan terhubung ke internet, *Figma* dapat beroperasi pada sistem operasi Windows, Linux, atau Mac. *Figma* menawarkan kelebihan yang memungkinkan sejumlah pengguna bekerja bersama dalam satu proyek secara bersamaan, meskipun berada di tempat yang terpisah (Muhyidin et al., 2020). Fitur-fitur tersebut menjadikan *Figma* sebagai pilihan utama bagi para desainer *User Interface* (UI) dan *User Experience* (UX) dalam merancang *website* atau aplikasi secara cepat dan efisien.

3.6 *SketchUp*

SketchUp adalah *software* yang dikembangkan oleh Google untuk membuat model tiga dimensi (Sipayung et al., 2016). Program *SketchUp* sangat populer untuk desain produk, rancang bangun, iklan, dan animasi. Salah satu fitur unggulannya adalah 3D Warehouse, sebuah *library* yang menyediakan berbagai model 3D siap pakai sehingga menjadikan *SketchUp* sebagai salah satu perangkat lunak 3D yang paling digemari saat ini (Sundari et al., 2024). Kelebihan *software SketchUp* diantaranya adalah kemudahan dalam penggunaannya serta tersedia secara gratis untuk seluruh pengguna. Selain itu, *software* ini memungkinkan pengguna untuk membuat model berbagai objek sesuai dengan imajinasi mereka (Clark, 2007).

3.7 Pengujian Kendaraan Bermotor

Merujuk pada Peraturan Pemerintah 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”. Menurut Peraturan Menteri No. 19 Tahun 2021 pasal 2 ayat (2), tujuan dilaksanakannya pengujian kendaraan bermotor adalah “Memberikan jaminan keselamatan secara teknis, terwujudnya kelestarian lingkungan akibat pencemaran emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor, dan memberikan pelayanan umum kepada masyarakat”. Setiap enam bulan sekali, penguji kendaraan bermotor melaksanakan pengujian terhadap kendaraan bermotor. Berdasarkan PM No. 156 Tahun 2016 yang mengatur tentang Kompetensi Penguji Berkala Kendaraan Bermotor Pasal 1 ayat (1), “Penguji Kendaraan Bermotor adalah orang yang telah memiliki kompetensi diberi tugas, tanggung jawab, wewenang, dan hak secara penuh oleh pejabat yang berwenang untuk melakukan tugas pengujian kendaraan bermotor”. Pelaksanaan pengujian kendaraan bermotor mencakup dua tahapan, yaitu pemeriksaan terhadap persyaratan teknis dan uji kelaikan jalan.

3.8 Pengujian Persyaratan Teknis

Pengujian persyaratan teknis adalah proses pengujian yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan peralatan uji guna memastikan bahwasanya kendaraan bermotor tersebut memenuhi ketentuan persyaratan teknis yang berlaku. Pemenuhan persyaratan teknis dilakukan dengan serangkaian pemeriksaan kondisi, fungsi dan pemasangan komponen kendaraan bermotor. Pemeriksaan teknis terbagi menjadi tiga bagian yaitu pemeriksaan identitas kendaraan, pemeriksaan bagian atas kendaraan (*upper carriage*), dan pemeriksaan bagian bawah kendaraan (*under carriage*). PM No. 19 Tahun 2021 tentang Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor Pasal 10 ayat (2) menyebutkan bahwa “Pengujian persyaratan teknis meliputi susunan, perlengkapan, ukuran, rumah-rumah, dan rancangan teknis kendaraan bermotor sesuai dengan peruntukannya”. Pasal 11 menyebutkan bahwasanya pengujian persyaratan teknis susunan diantaranya adalah pemeriksaan sistem alat kemudi dan sistem rem. Pemeriksaan persyaratan teknis bagian bawah kendaraan

ialah proses pemeriksaan seluruh komponen yang terlihat dari bagian bawah kendaraan, serta proses pemeriksaannya berada di kolong uji.

3.9 Sistem Kemudi

Sistem kemudi ialah mekanisme yang mengontrol arah pergerakan kendaraan dengan membelokkan roda depan (Purboputro et al., 2018). Sistem alat kemudi mencakup roda kemudi serta batang kemudi. Persyaratan sistem kemudi diatur pada PP No. 55 Tahun 2012 Pasal 18 ayat (2) yaitu “Sistem alat kemudi dapat digerakkan dan roda kemudi atau stang kemudi dirancang dan dipasang yang tidak membahayakan pengemudi”. Jenis sistem kemudi berdasarkan jenis roda giginya dikategorikan menjadi sistem kemudi *rack and pinion* dan sistem kemudi *recirculating ball*.

1. Sistem kemudi *rack and pinion*



Gambar 2. Sistem kemudi *rack and pinion*
(Sumber: *otoblitz.net*)

Sistem kemudi *rack and pinion* memiliki konstruksi ringan dan sederhana, responsivitas yang tinggi serta pengoperasian yang lebih ringan (Kurniawan et al., 2018). Namun, sistem ini cenderung lebih sensitif terhadap guncangan dari permukaan jalan, yang dapat mempengaruhi kenyamanan berkendara. Cara kerjanya yaitu ketika roda kemudi diputar, *pinion gear* akan berputar dan menggerakkan *rack gear* ke arah kiri atau kanan. Gerakan tersebut selanjutnya disalurkan melalui tie rod menuju *knuckle arm* pada roda depan, yang menyebabkan salah satu roda terdorong dan yang lainnya tertarik, sehingga keduanya berbelok ke arah yang sama. Komponen utama pada

sistem kemudi *rack and pinion* diantaranya adalah roda kemudi, batang kemudi, *rack and pinion gear*, *tie rod*, dan *knuckle arm*.

2. Sistem kemudi *recirculating ball*



Gambar 3. Sistem kemudi *recirculating ball*
(Sumber: *otoblitz.net*)

Sistem kemudi *recirculating ball* banyak digunakan pada mobil berukuran besar karena mampu menangani beban besar dan lebih tahan terhadap guncangan. Namun, sistem ini memiliki bobot yang lebih berat, serta membutuhkan perawatan lebih karena komponennya yang kompleks. Cara kerja sistem nya adalah ketika roda kemudi diputar, putaran tersebut diteruskan ke poros cacing (*worm shaft*), sehingga mur kemudi (*nut*) bergerak secara horizontal ke kiri atau ke kanan. Gerakan mur ini menyebabkan poros sektor (*sector shaft*) berputar, yang kemudian menggerakkan *pitman arm* dan meneruskan gerakan tersebut ke roda depan melalui lengan kemudi (*steering linkage*) (Kharisma Hutomo, 2018). Komponen utama pada sistem kemudi *recirculating ball* adalah roda kemudi, batang kemudi, *recirculating gear box*, *pitman arm*, *drag link*, dan *steering knuckle*.

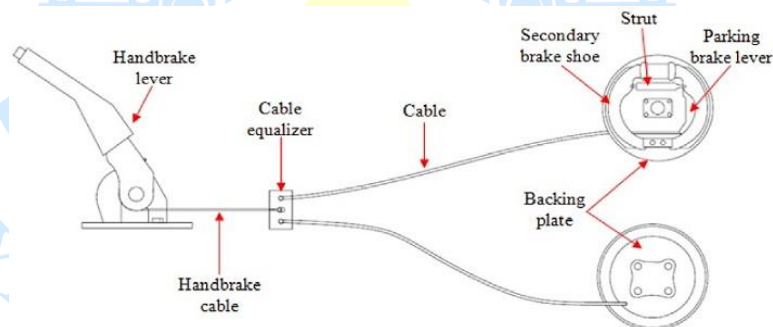
Pada sistem kemudi baik tipe *rack and pinion* maupun *recirculating ball*, beberapa persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa adalah kondisi roda kemudi, *steering gear*, *steering linkage*, *steering knuckle*, dan bagian-bagian sambungan kemudi seperti *joint* dan *seal* dengan alasan penolakan terdapat keretakan pada roda kemudi, *spelling* roda kemudi melebihi 1/5 dari diameter roda

kemudi, kebocoran pada *gearbox*, terdapat kekoclatan pada *joint* yang aus berlebihan, dan terdapat poros yang terpuntir atau bengkok.

3.10 Sistem Rem

Sistem rem adalah mekanisme yang berfungsi dalam menurunkan kecepatan atau memberhentikan putaran roda secara otomatis, sehingga kendaraan dapat melambat (Maulana et al., 2019). Sistem rem meliputi rem utama dan rem parkir. Persyaratan rem utama diatur dalam PP No. 55 Tahun 2012 Pasal 20 yang menyebutkan bahwa “Rem utama harus ditempatkan dekat dengan pengemudi dan bekerja pada semua roda Kendaraan sesuai dengan besarnya beban pada masing-masing sumbu”, sedangkan pada Pasal 21 mengatur persyaratan rem parkir yang berbunyi “Rem parkir harus memenuhi persyaratan dapat dikendalikan dari ruang pengemudi dan mampu menahan posisi Kendaraan dalam keadaan berhenti pada jalan datar, tanjakan, maupun turunan dan dilengkapi dengan pengunci yang bekerja secara mekanis atau sistem lain sesuai perkembangan teknologi”. Jenis sistem rem diantaranya yaitu sistem rem mekanis, sistem rem hidrolis, sistem rem *full air brake*, dan sistem rem *air over hydraulic*.

1. Sistem rem parkir jenis mekanis

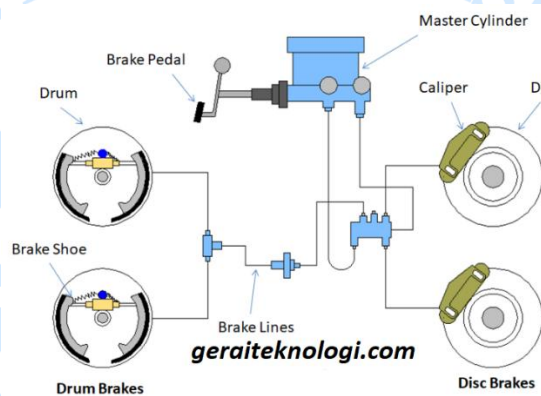


Gambar 4. Sistem rem parkir jenis mekanis
(Sumber: www.scielo.org.mx)

Sistem rem mekanis adalah sistem pengereman yang menggunakan kabel atau kawat untuk mentransmisikan gaya dari tuas rem ke mekanisme pengereman di roda. Cara kerja rem mekanis adalah dengan mentransfer tenaga dari tuas rem ke sistem pengereman melalui kabel atau batang penghubung untuk menarik *brake lever* yang mengakibatkan terdorongnya

sepatu rem ke tromol sehingga menciptakan gesekan untuk mengurangi kecepatan. Pada sistem rem mekanis beberapa persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa adalah kondisi mekanis tuas rem tangan dan sambungan kabelnya serta memeriksa speling dengan menarik tuas tangan tanpa menekan alat pengunci. Alasan penolakan yang mungkin terjadi adalah speling tuas rem yang berlebih dan kabel rem karatan berat atau untaianya putus serta alat pengunci tidak ada/ tidak erat.

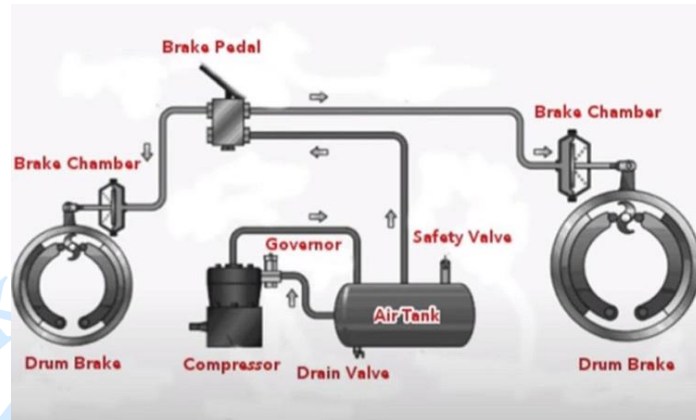
2. Sistem rem hidrolik



Gambar 5. Sistem rem hidrolik
(Sumber: perumperindo.co.id)

Sistem rem hidrolik merupakan sistem pengereman yang menggunakan tekanan minyak rem untuk mendorong piston dan membuat roda berhenti. Prinsip kerja rem hidrolik didasarkan pada Hukum Pascal, di mana tekanan yang dihasilkan oleh gaya pada suatu penampang fluida akan diteruskan secara merata ke segala arah (Hafidz, 2016). Komponen utama sistem rem hidrolik adalah minyak rem, master silinder, selang dan pipa hidrolik, piston rem, *wheel cylinder*, dan *reservoir oil*. Beberapa persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa pada sistem rem hidrolik adalah kandungan dan volume minyak rem serta memeriksa kebocoran pada saluran minyak rem dengan alasan penolakan yaitu terdapat kebocoran pada saluran minyak rem.

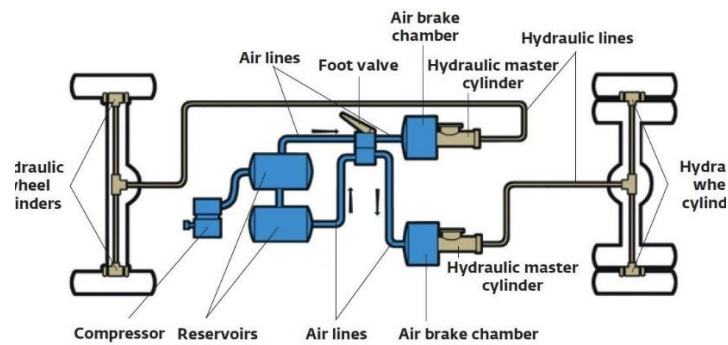
3. Sistem rem *full air brake*



Gambar 6. Sistem rem *full air brake*
(Sumber: www.majalahlintas.com)

Sistem rem *full air brake* merupakan sistem rem yang menggunakan tekanan udara untuk menggerakkan mekanisme pengereman. Sistem rem ini biasanya sering ditemukan pada kendaraan berat seperti *heavy duty truck* dan bus (Kulesza & Siemieniako, 2010). Komponen utama sistem rem *full air brake* adalah kompresor udara, *air dryer*, *governor* dan tangki udara. Kelebihan sistem rem ini adalah memiliki *fail-safe system* yang dimana jika terjadi kegagalan pada sistem, seperti kebocoran udara, *fail-safe* akan mengaktifkan rem parkir secara otomatis dan menjaga kendaraan agar tidak bergerak. Persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa pada sistem rem ini adalah memeriksa kebocoran pada tangki udara, pipa saluran udara, atau komponen lainnya yang berdampak pada pengurangan udara bertekanan secara tidak normal.

4. Sistem rem *air over hydraulic*



Gambar 7. Sistem rem *air over hydraulic*
(Sumber: *otoblitz.net*)

Sistem rem *air over hydraulic* merupakan kombinasi antara sistem rem *full air brake* dan sistem rem hidrolik. Sistem rem *air over hydraulic* bekerja dengan cara ketika pedal rem ditekan, katup udara bertekanan terbuka dan menyalurkan aliran udara dari tangki. Udara bertekanan selanjutnya menekan minyak rem, yang kemudian mendorong *brake shoe* ke arah tromol atau *brake pad* ke cakram. Pada sistem ini, pengendali utama adalah udara bertekanan tinggi, sementara proses pengeremannya tetap menggunakan prinsip kerja hidrolik.

3.11 **Research and Development (R&D)**

Research and Development (R&D) adalah jenis penelitian yang difokuskan pada pengembangan suatu produk serta pengujian terhadap efektivitasnya (Okpatrioka, 2023). Metode ini bertujuan untuk menciptakan sebuah produk melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan, dan pengembangan produk sebagai solusi yang dapat mengatasi masalah tersebut (Waruwu, 2024).

3.12 **Usability Testing dan System Usability Scale (SUS)**

Usability Testing ialah proses uji coba aplikasi ataupun *website* yang sudah dikembangkan, dengan tujuan guna mendapatkan informasi apakah aplikasi ataupun *website* tersebut mudah digunakan dan apakah pengguna memiliki pengalaman yang baik saat menggunakannya (M. F. Wijaya & Lolongan, 2024). *System Usability Scale (SUS)* ialah metode analisis data yang dipakai guna

melakukan pengukuran tingkat kegunaan dari sebuah produk, aplikasi, ataupun sistem (Kosim et al., 2022).

3.13 Penelitian yang Relevan

Tabel 3. 1 Penelitian relevan

No	Nama, Tahun, Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Sari et al., (2022). “Pengenalan Bangun Ruang Menggunakan <i>Augmented Reality</i> sebagai Media Pembelajaran”	Penelitian ini menerapkan metode pengembangan <i>Multimedia Development Life Cycle</i> (MDLC) dalam proses perancangannya.	<i>Augmented Reality</i> digunakan untuk mengajar siswa di sekolah dasar tentang pengenalan bangun ruang dengan visualisasi 3D. Ini membuat pembelajaran matematika lebih interaktif, yang biasanya terkesan membosankan bagi siswa.
2	Meilindawati et al., (2023). “Penerapan Media Pembelajaran <i>Augmented Reality</i> (AR) Dalam Pembelajaran Matematika”	Metode yang dipakai ialah metode <i>Systematic Literatur Review</i> .	Siswa dapat belajar matematika secara efektif dengan bantuan media pembelajaran <i>Augmented Reality</i> . Siswa menjadi lebih terlibat dan aktif saat menggunakan objek 3D, yang meningkatkan hasil belajar dan keterampilan matematika mereka.
3	Amalia, Deta (2024). “Pemanfaatan <i>Augmented Reality</i> (AR) sebagai Media Informasi Standar Pengujian Laik Jalan di UPUBKB Kota Kediri”	Menggunakan metode penelitian <i>Research and Development</i> (R&D)	Melalui penerapan <i>Augmented Reality</i> , proses pelayanan pengujian dapat lebih optimal serta mempermudah Pemilik KBWU dalam mengakses informasi terkait standar kelaikan jalan di UPUBKB Kota Kediri.
4	Riskiono et al., (2020) “ <i>Augmented Reality</i> sebagai Media Pembelajaran Hewan Purbakala”	Penelitian ini menerapkan metode <i>black box testing</i> serta <i>usability testing</i>	Hasil pengujian <i>black box</i> menunjukkan bahwa aplikasi ini tidak memiliki kesalahan fungsional dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Pengujian <i>usability</i> juga menunjukkan kategori "BAIK",

No	Nama, Tahun, Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			dengan nilai pengujian di atas 4.0. Dengan demikian, aplikasi ini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran hewan purbakala yang layak untuk anak-anak.

Penelitian ini hampir memiliki kesamaan dengan penelitian terkait, salah satunya adalah menjadikan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran. Terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian sebelumnya, diantaranya adalah dari segi materi yang disampaikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang memuat materi pemeriksaan teknis pada sistem kemudi dan sistem rem. *Software* yang digunakan pada penelitian oleh (Sari et al., 2022) menggunakan *OpenSpace 3D* dan *Ogre Scene*, sedangkan penelitian ini menggunakan *Unity* dan *Vuforia*.

Meskipun sudah banyak penelitian yang melakukan pemanfaatan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran, namun belum ada penelitian yang secara khusus mengembangkan media pembelajaran *Augmented Reality* pada pembelajaran Pengujian Kendaraan Bermotor khususnya pada pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem serta kurangnya penelitian yang membandingkan efektivitas metode pembelajaran berbasis AR dengan metode pembelajaran konvensional di bidang pengujian kendaraan bermotor. Mengisi gap tersebut dengan mengembangkan dan mengimplementasikan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) sebagai solusi interaktif dan fleksibel dalam memahami sistem kemudi dan sistem rem, serta menguji efektivitasnya dibandingkan metode pembelajaran konvensional.