

BAB 1-6

by Cek Turnitin

Submission date: 25-Jun-2025 03:18AM (UTC-0400)

Submission ID: 2701670276

File name: BAB_1-6.docx (11.88M)

Word count: 12143

Character count: 73892

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.

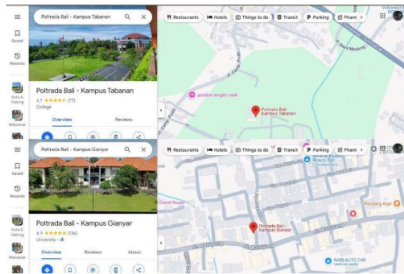
1.5 Batasan Masalah

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, hidrolik, *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*.

107
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: otobltz.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*, *idler arm*, *knuckle arm*, *ball joint* dan *bushing*.

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 batang 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*, *steering knuckle*, *ball joint*, dan *bushing*.

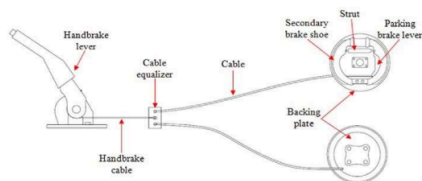
Pada sistem kemudi baik tipe *rack and pinion* maupun *recirculating ball*, beberapa persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa adalah kondisi roda kemudi, *steering gear*, *steering linkage*, *steering knuckle*, dan bagian-bagian sambungan kemudi seperti *balljoint* dan *bushing*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

diameter roda kemudi, kebocoran pada *gearbox*, terdapat kekoklakan pada *balljoint* yang aus berlebihan, dan terdapat poros yang terputir 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

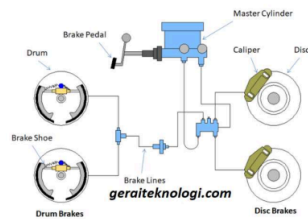


Gambar 4. Sistem rem parkir jenis mekanis
(Sumber: www.scieo.org.mx)

Sistem rem mekanis adalah sistem pengereman yang menggunakan kabel atau kawat untuk mentransmisikan gaya dari pedal 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.

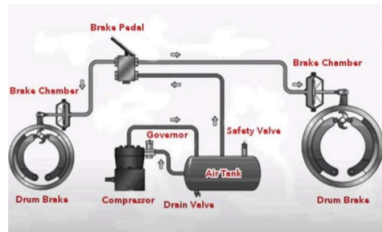
2. Sistem rem hidrolis



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

Sistem rem hidrolis merupakan sistem pengereman yang menggunakan tekanan minyak rem untuk mendorong piston dan membuat roda berhenti. Prinsip kerja rem hidrolis 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 hidrolis adalah minyak rem, master silinder, selang dan pipa hidrolis, piston rem, *wheel cylinder*, dan *reservoir oil*. Beberapa persyaratan teknis terkait dengan komponen yang perlu diperiksa pada sistem rem hidrolis adalah kandungan dan volume minyak rem serta memeriksa kebocoran pada saluran minyak rem dengan alasan penolakan yaitu terdapat kebocoran pada saluran minyak rem.

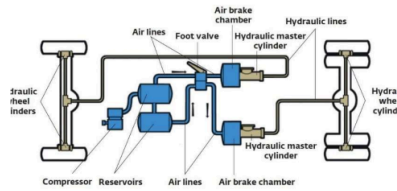
3. Sistem rem *full air brake*



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 (MDLC)</i> 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 (R&D)</i>	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.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development (R&D)* untuk merancang sebuah produk dan menilai tingkat efektivitasnya. Dengan melakukan pemanfaatan Teknologi *Augmented Reality*, penelitian ini bertujuan guna mengembangkan aplikasi pembelajaran untuk pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem. Tujuan dari penelitian ini ialah guna memudahkan pembelajaran mahasiswa dan meningkatkan efektivitas praktikum pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Poltrada Bali.

Adapun pengisian kuesioner untuk mahasiswa untuk mengetahui terkait kebutuhan aplikasi berbasis *Augmented Reality* dalam mendukung proses pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Politeknik Transportasi Darat Bali. Tabel berikut menunjukkan daftar pertanyaan yang diberikan kepada mahasiswa melalui pengisian kuesioner.

Tabel 4. 1 Pertanyaan kuesioner kepada mahasiswa

NO	PERTANYAAN	JAWABAN
1	Apakah anda merasa perlu adanya media pembelajaran interaktif untuk menunjang proses pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Poltrada Bali?	
2	Menurut anda, apa alasan diperlukannya media pembelajaran interaktif untuk menunjang proses pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Poltrada Bali?	
3	Menurut anda, materi sistem apa yang perlu dibuatkan media pembelajaran interaktif untuk menunjang pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Poltrada Bali? Berikan alasannya!	

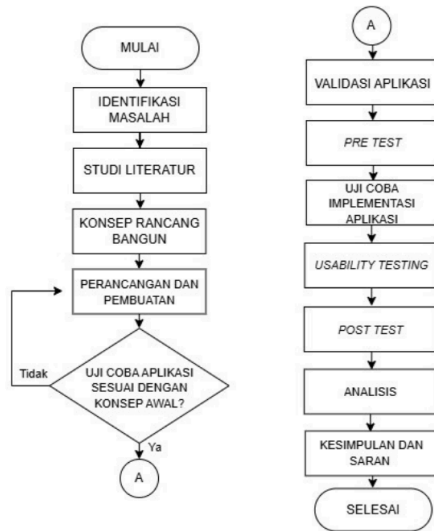
Selain itu, penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain *Randomized Control Group Pretest-Posttest Design* untuk menilai seberapa efektif media pembelajaran berbasis AR dibandingkan dengan media konvensional. Desain ini memiliki keunggulan berupa penempatan subjek secara acak,

keberadaan kelompok kontrol sebagai pembanding, penerapan perlakuan tertentu, serta pengukuran efektivitas melalui tes *pretest* dan *posttest* (Arifin et al., n.d.).

Hasil tes kemudian dianalisis untuk mengetahui peningkatan pemahaman mahasiswa menggunakan media pembelajaran berbasis AR dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional pada materi pemeriksaan persyaratan teknis kendaraan bermotor. Pendekatan ini dilakukan untuk mengetahui bahwa aplikasi yang dibuat tidak hanya layak digunakan, tetapi juga memberikan pengaruh yang positif terhadap pencapaian belajar mahasiswa.

4.2 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan metode penelitian yang digunakan, langkah-langkah pelaksanaan disusun secara sistematis dan disajikan dalam bentuk diagram alir pada gambar berikut.



Gambar 8. Bagan alir penelitian

Berikut adalah penjelasan mengenai diagram alir:

1. Identifikasi masalah

Tahap awal dalam melaksanakan penelitian yakni melakukan identifikasi permasalahan pada lokasi penelitian secara langsung khususnya pada pelaksanaan pembelajaran pemeriksaan teknis di Politeknik Transportasi Darat Bali. Dari permasalahan yang ada dicarikan solusi dengan memikirkan ide atau cara untuk

mengatasi permasalahan tersebut, selain itu penulis juga memberi mahasiswa kuesioner untuk memperoleh informasi terkait kendala yang dialami saat pembelajaran pemeriksaan teknis serta kebutuhan pengembangan media pembelajaran dalam menunjang proses pembelajaran pemeriksaan teknis.

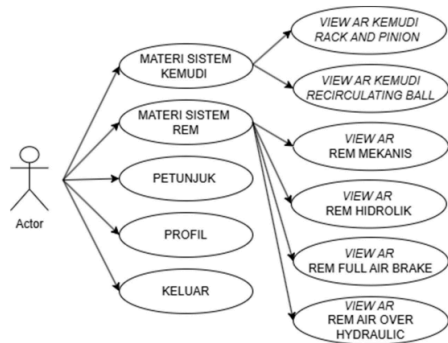
2. Studi literatur

Untuk melakukan studi literatur, penulis mengambil referensi yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian seperti regulasi hukum yang mengatur tentang **Pengujian Kendaraan Bermotor**, buku pedoman pemeriksaan teknis kendaraan bermotor, dan jurnal ilmiah serta penelitian terdahulu yang mendukung pembuatan aplikasi pembelajaran ini. Semakin banyak literatur yang diperoleh, semakin banyak juga informasi yang bisa diterima oleh penulis. Dengan melakukan tahap studi literatur peneliti akan lebih memahami dan mengerti terkait dengan penelitian yang akan dilaksanakan.

3. Konsep rancang bangun

Pada tahap ini penulis menentukan bentuk desain 3D dari sistem kemudi dan sistem rem yang akan dirancang, konsep konten pembelajaran, menentukan tujuan dan manfaat, serta siapa pengguna dari aplikasi yang akan dibuat. Tujuan pembuatan aplikasi pembelajaran ini adalah untuk menjadikan *Augmented Reality* sebagai aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali khususnya pada Mahasiswa/i Semester IV Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif.

Use case diagram menggambarkan fungsi sistem yang dikerjakan oleh pengguna aplikasi atau *actor*, berikut adalah *use case diagram* dalam aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram use case

Tabel 4. 2 Tabel deskripsi use case diagram

No	Use Case	Deskripsi
1	Materi sistem kemudi	User mengklik menu sistem kemudi maka user membaca informasi mengenai materi sistem kemudi meliputi dasar hukum, jenis sistem kemudi, komponen, dan cara kerjanya.
2	View AR kemudi rack and pinion	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem kemudi rack and pinion, maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai image target serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen
3	View AR kemudi recirculating ball	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem kemudi recirculating ball, maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai image target serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen
4	Materi sistem rem	User mengklik menu sistem rem maka user membaca informasi mengenai materi sistem rem meliputi dasar hukum, jenis sistem rem, komponen, dan cara kerjanya.
5	View AR rem mekanis	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem rem mekanis, maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai image target serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen

No	Use Case	Deskripsi
6	View AR rem hidrolik	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem rem hidrolik, maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai <i>image target</i> serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen
7	View AR rem full air brake	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem rem <i>full air brake</i> , maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai <i>image target</i> serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen
8	View AR rem air over hydraulic	User mengklik tombol "View AR" pada jenis sistem rem <i>air over hydraulic</i> , maka akan mengaktifkan kamera perangkat dan menampilkan objek 3D sesuai <i>image target</i> serta menyajikan informasi cara pengujian dan alasan penolakan tiap komponen
9	Petunjuk	User mengklik menu petunjuk maka <i>user</i> membaca informasi mengenai petunjuk penggunaan aplikasi
10	Profil	User mengklik menu profil maka <i>user</i> dapat membaca informasi mengenai profil pengembang aplikasi
11	Keluar	Saat <i>user</i> mengklik menu keluar, aplikasi akan langsung menutup secara otomatis

Aplikasi interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) ini terdiri dari beberapa menu antara lain menu sistem kemudi, sistem rem, petunjuk, profil, dan keluar. Menu sistem kemudi dan sistem rem akan menjelaskan mengenai dasar hukum, jenis sistem, komponen, dan cara kerjanya. Fitur *Augmented Reality* tersedia pada setiap jenis sistem dan menampilkan objek 3D secara interaktif. Dengan memilih materi yang akan dipelajari, pengguna akan diarahkan ke tampilan kamera untuk memindai *marker* dan kemudian menampilkan objek 3D serta keterangan yang tertera pada masing-masing komponen berupa *pop up* yang saat di tekan akan terlihat cara pengujian, alasan penolakan dan gambar contoh kerusakan pada komponen tersebut. Menu petunjuk terdapat informasi mengenai cara penggunaan fitur AR, menu profil berisi informasi terkait profil pengembang aplikasi, dan menu keluar yang berfungsi untuk menutup aplikasi secara otomatis.

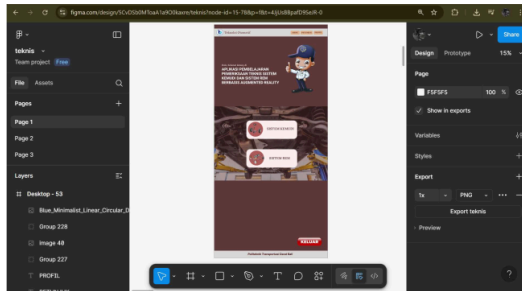
4. Perancangan dan pembuatan aplikasi

a. Desain aplikasi pembelajaran menggunakan Figma

Tahap ini melibatkan perancangan desain antarmuka aplikasi dengan memanfaatkan aplikasi Figma, tujuannya agar menarik perhatian pengguna secara visual. Ketertarikan visual yang dimaksud adalah ketertarikan yang berkaitan dengan warna, bentuk, jenis *font*, dan lain-lain pada tampilan desain aplikasi. Berikut merupakan desain alur aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*.

1) Desain *dashboard* menu utama

Tampilan awal merupakan *dashboard* utama yang berisi menu home, dan pilihan menu seperti materi sistem kemudi, materi sistem rem, petunjuk, dan profil. Tampilan menu utama ialah tampilan awal yang muncul saat aplikasi pertama kali dijalankan. Adapun desain *dashboard* menu utama disajikan pada Gambar 10.

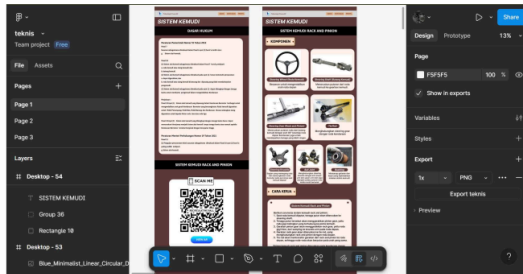


Gambar 10. Desain *dashboard* menu utama

2) Desain menu materi sistem kemudi

Ketika *user* mengklik menu sistem kemudi maka tampilan halaman akan berubah dan halaman akan menampilkan penjelasan materi mengenai sistem kemudi meliputi regulasi yang mengatur sistem kemudi, jenis-jenis sistem

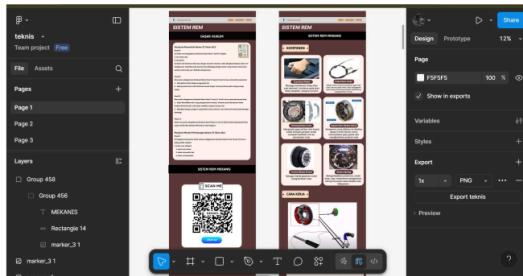
kemudi, komponennya, dan cara kerja dari masing-masing jenis sistem kemudi. Adapun desain halaman materi sistem kemudi disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Desain menu materi sistem kemudi

3) Desain menu materi sistem rem

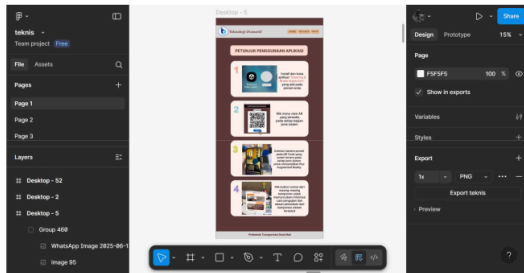
Ketika *user* mengklik menu sistem rem, tampilan aplikasi akan berubah ke halaman penjelasan mengenai materi sistem rem. Materi tersebut meliputi regulasi yang mengatur sistem rem, jenis-jenis sistem rem, komponennya, dan cara kerja dari masing-masing jenis sistem rem. Desain halaman materi sistem rem disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Desain menu materi sistem rem

4) Desain menu petunjuk

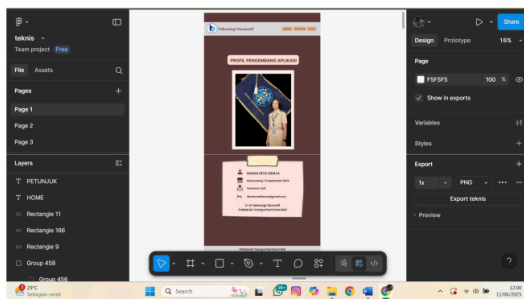
Apabila *user* mengklik menu petunjuk, maka tampilan aplikasi akan beralih ke halaman petunjuk penggunaan aplikasi. Pada halaman ini akan dijelaskan bagaimana cara menggunakan aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Desain halaman menu petunjuk disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Desain menu petunjuk

5) Desain menu profil

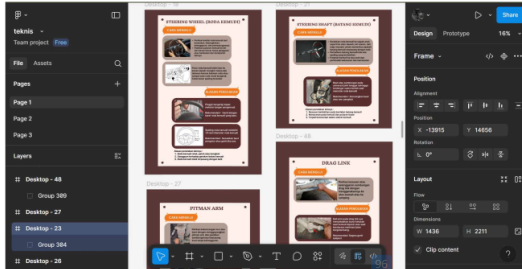
Saat pengguna memilih menu profil, akan ditampilkan halaman yang berisi informasi tentang profil pengembang aplikasi. Desain menu profil pengembang aplikasi disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Desain menu profil

6) Desain tampilan pop up komponen objek 3D

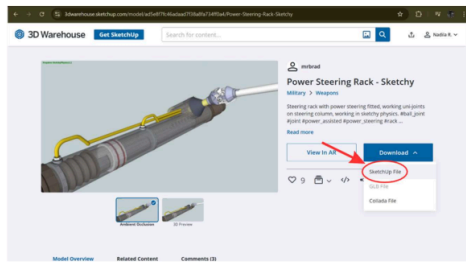
Saat *user* mengklik nomor yang ditujukan pada setiap komponen dari objek 3D, akan muncul *pop up* yang berisi mengenai cara pengujian, alasan penolakan, dan dokumentasi kerusakan dari setiap komponen tersebut. Desain tampilan *pop up* pada masing- masing komponen objek disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Desain tampilan *pop up* komponen objek 3D

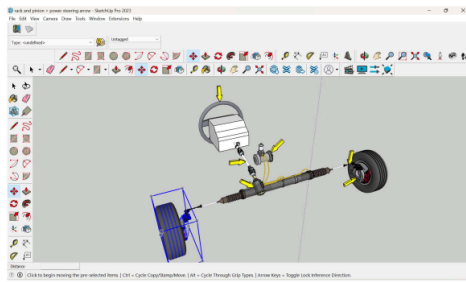
b. Pembuatan objek 3D pada aplikasi *SketchUp*

Objek 3D dibuat melalui aplikasi *SketchUp*, *software* ini mendukung pembuatan objek 3D dengan menggabungkan beberapa komponen yang sudah tersedia pada *3D Warehouse* dan membuat objek sesuai bentuk yang diinginkan. Proses pengunduhan komponen *rack and pinion gear* yang ada pada *website 3D Warehouse* disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. Download objek 3D pada website 3D Warehouse

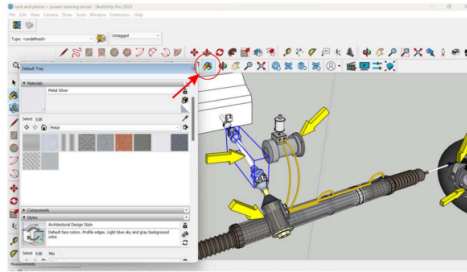
Objek yang diunduh diimpor ke dalam SketchUp, kemudian disesuaikan skala dan bentuknya menggunakan fitur *Scale* agar ukuran objek tampak proporsional. Untuk komponen yang tidak tersedia di 3D Warehouse atau perlu dimodifikasi secara khusus, dilakukan pembuatan manual menggunakan alat bantu seperti *Line Tool*, *Rectangle Tool*, *Circle Tool*, *Arc Tool*, dan *Push/Pull Tool*. Proses penggabungan beberapa objek 3D pada sistem kemudi *rack and pinion* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 17. Proses penggabungan objek 3D *rack and pinion* pada SketchUp

Pemberian tekstur, warna, dan material pada setiap komponen dilakukan menggunakan fitur *Materials* yang tersedia dalam aplikasi. Tahapan

ini dapat dilihat pada Gambar 18 yang menunjukkan proses penerapan tekstur atau material pada objek 3D.



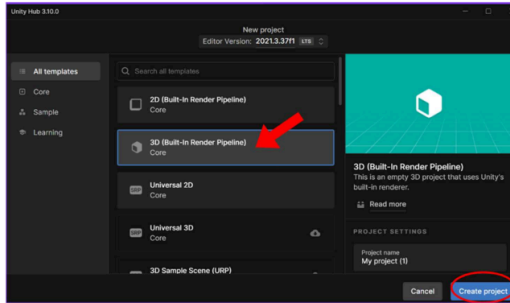
Gambar 18. Proses pemberian tekstur atau material pada objek 3D

Eksport file objek 3D dilakukan dalam format .fbx untuk menghasilkan ukuran file yang lebih efisien, sehingga mendukung proses integrasi pada platform pengembangan *Augmented Reality* seperti Unity.

c. Pembuatan aplikasi pembelajaran menggunakan Unity dan Vuforia

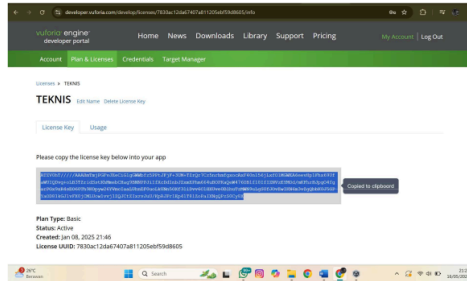
Pembuatan aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* dilakukan dengan memanfaatkan platform Unity 3D yang terintegrasi dengan Vuforia Engine. Berikut merupakan tahapan pembuatan aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*.

- 1) UnityEngine versi 2021.3.37f1 digunakan sebagai platform pengembangan untuk membangun dan mengintegrasikan objek 3D ke dalam lingkungan *Augmented Reality*. Setelah instalasi, proyek baru diatur menggunakan template *3D Project* dan dibuat melalui opsi *Create Project*, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 20.



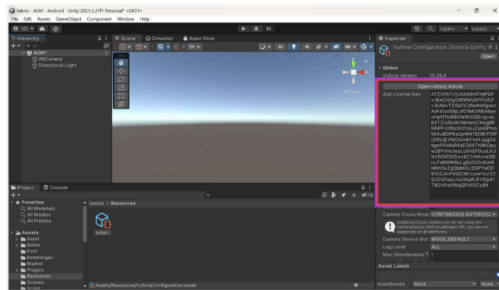
Gambar 19. Tampilan membuat *project* baru pada Unity

- 2) Integrasi objek 3D dilakukan melalui *image target* dengan memanfaatkan Unity 3D dan plugin Vuforia SDK. Pada proses ini, diperlukan pemasukan *license key* dari Vuforia untuk mengaktifkan fungsionalitasnya di dalam Unity, yang dapat diperoleh melalui situs resmi developer.vuforia.com, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21.



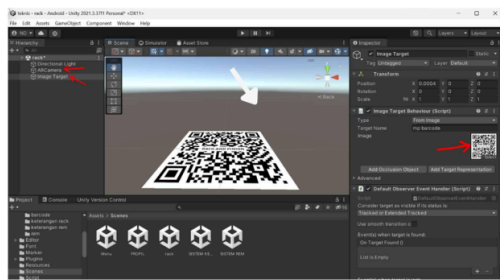
Gambar 20. *License key* dari Vuforia

- 3) *License key* yang diperoleh dari Vuforia kemudian dimasukkan ke dalam proyek Unity untuk mengaktifkan fitur-fitur Vuforia. Dengan aktivasi ini, Unity dapat menggunakan semua fitur Vuforia untuk mendeteksi *image target*, menampilkan objek 3D, dan menjalankan interaksi AR lainnya.



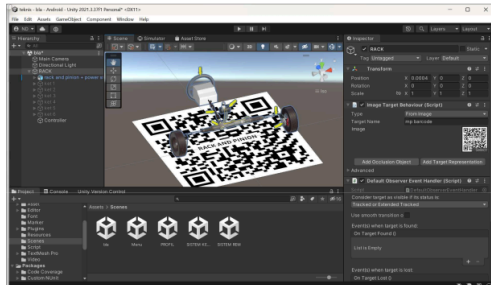
Gambar 21. Tampilan memasukkan *license key* dari Vuforia pada Unity

- 4) Pengaktifan lisensi Vuforia disertai dengan penambahan *AR Camera* dan *image target* ke dalam *scene*. *Image Target* digunakan untuk mendeteksi gambar dari dunia nyata guna memunculkan objek virtual.



Gambar 22. Tampilan menambahkan menu AR Camera dan *image target* pada Unity

- 5) Objek 3D hasil pemodelan dari *SketchUp* yang telah diekspor diintegrasikan ke dalam *scene* Unity . File tersebut dimasukkan ke dalam folder *assets* di Unity dengan tujuan agar saat *image target* dipindai oleh kamera perangkat, model 3D dapat muncul tepat di atas *image target* secara *real-time*.



Gambar 23. Integrasi model 3D dengan *image target*

- 6) Fitur *pop up* dibuat untuk menampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan masing-masing komponen. Button yang berisi bernomor ditempatkan pada setiap komponen yang telah diberi penanda berupa panah.



Gambar 24. Tampilan Unity dalam pembuatan button pada komponen objek 3D

Fitur *pop up* dibuat interaktif menggunakan *script* bahasa pemrograman C# di Unity. Berikut merupakan kode pemrograman *Visible Object* yang digunakan untuk menampilkan fitur *pop up* disajikan pada Gambar 26 dan Gambar 27.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class VisibleObject : MonoBehaviour
{
    public GameObject text;
    public GameObject text2;
    public GameObject text3;
    public GameObject text4;
    public GameObject text5;

    void Start()
    {
        text.SetActive(false);
        text2.SetActive(false);
        text3.SetActive(false);
        text4.SetActive(false);
        text5.SetActive(false);
    }

    public void Katerangan()
    {
        text.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan2()
    {
        text2.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan3()
    {
        text3.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan4()
    {
        text4.SetActive(true);
    }
}
```

Gambar 25. Kode pemrograman *Visible Object*

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class VisibleObject : MonoBehaviour
{
    public GameObject text;
    public GameObject text2;
    public GameObject text3;
    public GameObject text4;
    public GameObject text5;

    void Start()
    {
        text.SetActive(false);
        text2.SetActive(false);
        text3.SetActive(false);
        text4.SetActive(false);
        text5.SetActive(false);
    }

    public void Katerangan()
    {
        text.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan2()
    {
        text2.SetActive(true);
    }

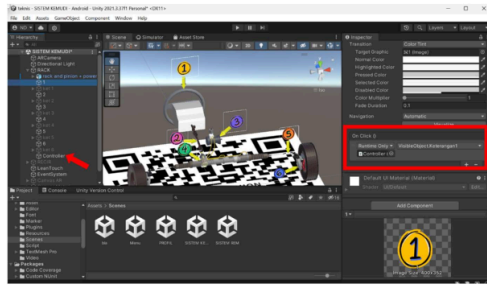
    public void Katerangan3()
    {
        text3.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan4()
    {
        text4.SetActive(true);
    }

    public void Katerangan5()
    {
        text5.SetActive(true);
    }
}
```

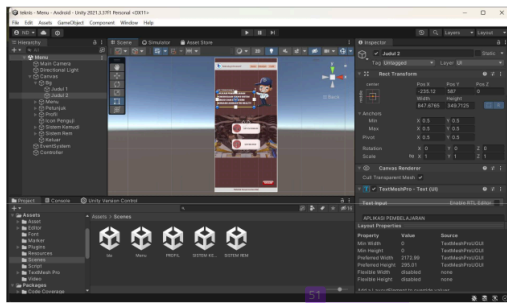
Gambar 26. Kode pemrograman *Visible Object*

- 7) Membuat *game object controller* yang digunakan untuk menyimpan dan menjalankan *script VisibleObject*, lalu menghubungkannya dengan objek-objek keterangan di *Inspector* agar bisa mengatur tampilannya saat tombol diklik

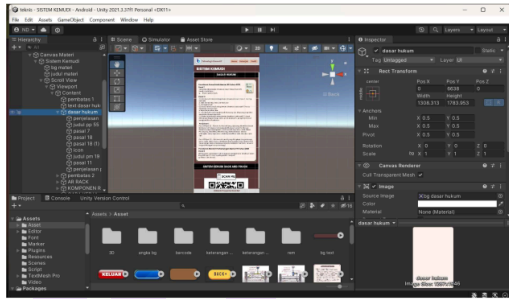


Gambar 27. Menghubungkan *controller visible object* dengan *button*

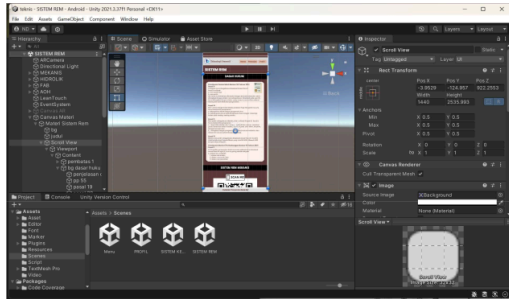
- 8) Membuat tampilan antarmuka yang mencakup halaman menu utama, materi sistem kemudi, materi sistem rem, petunjuk, dan profil. Tahapan ini meliputi penambahan *asset* berupa teks, gambar, dan *button*.



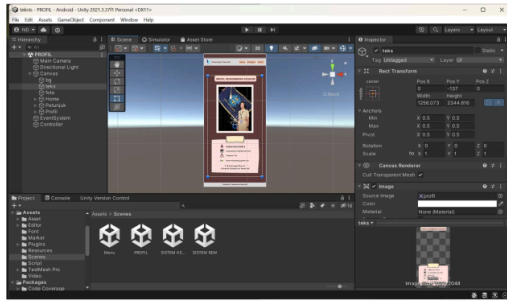
Gambar 28. Tampilan membuat halaman menu utama pada Unity



Gambar 29. Tampilan membuat halaman materi sistem kemudi pada Unity

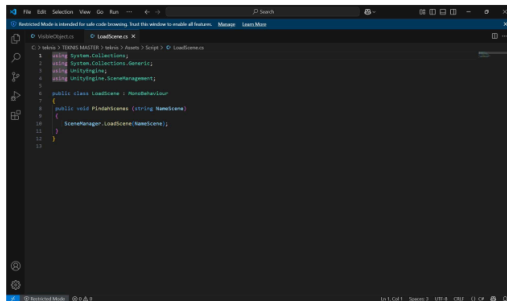


Gambar 30. Tampilan membuat halaman menu sistem rem pada Unity



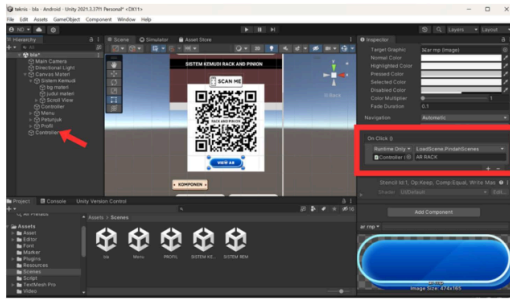
Gambar 31. Tampilan membuat halaman menu profil pada Unity

- 9) Fitur *Augmented Reality* dapat diakses pada halaman materi bagian jenis sistem, pada *button "View AR"* akan ditambahkan kode pemrograman C# Script yaitu *Load Scene* yang berfungsi untuk memindahkan *scene* ke tampilan *Augmented Reality*. Berikut merupakan kode pemrograman *Load Scene* dapat dilihat pada Gambar 33.



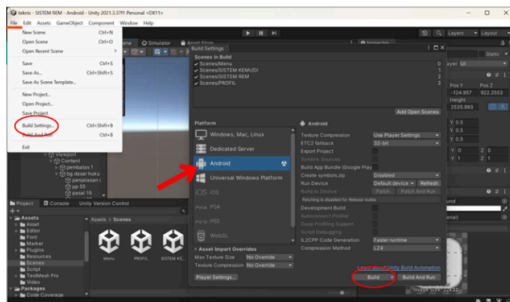
Gambar 32. Kode pemrograman *Load Scene*

- 10) Membuat *game object controller* yang digunakan untuk menyimpan dan menjalankan *script Load Scene*, lalu menghubungkannya dengan *button View AR* agar bisa digunakan untuk berpindah *scene* ke tampilan *AR*



Gambar 33. Integrasi controller *VisibleObject* dengan button

- 11) Seluruh komponen aplikasi, seperti objek 3D, interaksi, dan menu informasi, diproses melalui *Build Setting* untuk menghasilkan file .apk yang bisa dioperasikan pada perangkat Android.



Gambar 34. Proses *build setting* pada Unity

- 12) Setelah proses Build selesai, file (.apk) yang dihasilkan dapat langsung dipindahkan dan diinstal ke perangkat Android.

5. Uji coba aplikasi dengan metode *black box testing*

Pengujian sistem, juga dikenal sebagai *black box testing*, dilaksanakan guna memastikan suatu sistem beroperasi dengan baik dan sesuai dengan perancangan awal (Hanifah et al., 2016). Tujuan utama dari *black box testing* adalah untuk mengidentifikasi kesalahan dalam fungsionalitas, antarmuka, struktur data, performa, serta proses inisialisasi dan terminasi dari perangkat lunak (Y. D. Wijaya & Astuti, 2021). Jika ditemukan kekurangan atau kegagalan setelah dilakukannya uji coba, maka perlu dirancang kembali agar selaras dengan tujuan yang sudah dirancang. Adapun acuan dalam pengujian *black box testing* tercantum pada Tabel berikut.

Tabel 4. 3 Pengujian *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 (<i>valid/tidak</i>)

6. Validasi aplikasi dan *insrument soal pretest posttest*

Aplikasi yang telah dikembangkan harus melewati tahap validasi oleh para validator, yaitu ahli materi dan ahli media. Apabila terdapat masukan atau saran dari para ahli tersebut, maka aplikasi akan direvisi sesuai dengan rekomendasi yang diberikan. Tujuan dari revisi ini adalah untuk menyempurnakan media agar lebih sesuai, mudah digunakan, dan menghasilkan produk yang lebih optimal. Untuk validasi, kuesioner dibagikan kepada ahli materi maupun ahli media. Dalam pengujian ini, ahli materi merupakan dosen pengempu mata kuliah pemeriksaan persyaratan teknis kendaraan bermotor di Politeknik Transportasi Darat Bali. Sementara itu, ahli media dalam pengujian ini ialah orang yang memiliki keahlian dalam bidang pengembangan desain perangkat lunak. Selain itu, angket validasi untuk soal *pretest-posttest* juga akan dinilai oleh ahli materi dengan menilai kesesuaian soal terhadap indikator, konstruksi, dan bahasa.

7. *Pretest*

Pretest diberikan sebelum proses pembelajaran dimulai, untuk mengukur pemahaman awal mahasiswa terhadap materi yang akan dipelajari, yaitu sistem kemudi dan sistem rem. *Pretest* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan mahasiswa sebelum menggunakan aplikasi *Augmented Reality* (AR).

8. Uji coba implementasi aplikasi

Uji coba implementasi merupakan tahapan untuk menerapkan aplikasi secara langsung pada pengguna yaitu mahasiswa/i semester IV Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif di Politeknik Transportasi Darat Bali. Aplikasi pembelajaran pemeriksaan persyaratan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* ini diunduh melalui link Google Drive dalam bentuk ekstensi apk yang dapat diakses oleh mahasiswa/i.

9. *Usability testing*

Setelah dilakukan uji coba implementasi aplikasi maka dilakukan pengujian *usability* oleh pengguna aplikasi tersebut. *Usability testing* berfungsi untuk memastikan kelayakan sebuah aplikasi dengan tujuan untuk menentukan kepuasan pengguna saat menggunakan aplikasi tersebut. *Usability testing* dilakukan setelah penggunaan aplikasi pembelajaran berbasis AR oleh mahasiswa untuk memperoleh data terkait kemudahan, efektivitas, dan kepuasan pengguna.

10. *Posttest*

Posttest adalah tes yang diberikan setelah penggunaan aplikasi *Augmented Reality* (AR) untuk mengukur peningkatan pemahaman mahasiswa tentang materi sistem kemudi dan sistem rem. Tujuannya untuk menilai efektivitas aplikasi pembelajaran berbasis AR dalam meningkatkan pemahaman dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional.

11. Analisis *Pretest Posttest*

Analisis data menggunakan *Randomized Control Group Pretest-Posttest Design*. Hasil *pretest* dan *posttest* dari kedua kelompok dianalisis menggunakan uji hipotesis untuk menilai efektivitas media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional.

12. Kesimpulan

Tahap akhir dalam penelitian untuk mengevaluasi hasil dari seluruh proses, termasuk perancangan, pembuatan aplikasi, dan pengujian. Tujuannya adalah untuk menilai keberhasilan aplikasi *Augmented Reality* (AR) dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa, membandingkan efektivitasnya dengan media konvensional, dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut.

4.3 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

4.1.1 Sumber data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari sumber data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan cara langsung dari hasil observasi, pengisian kuesioner, *pretest posttest*, dan dokumentasi yang dikumpulkan selama penelitian berlangsung. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari studi literatur yang mendukung proses pengembangan media pembelajaran, seperti Buku Pedoman Pengujian Kendaraan Jilid II B, Modul Isuzu Training Center, penelitian terdahulu, buku, *e-book*, dan publikasi ilmiah.

4.1.2 Teknik pengumpulan data

1. Observasi

Pengumpulan data ini dilakukan dengan meninjau secara langsung proses pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Politeknik Transportasi Darat Bali. Observasi ini bertujuan untuk mengetahui kendala selama pelaksanaan pembelajaran.

2. Kuesioner

Kuesioner diberikan kepada responden yaitu mahasiswa semester IV Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif terkait kebutuhan media interaktif dalam mendukung proses pembelajaran pemeriksaan teknis kendaraan bermotor di Politeknik Transportasi Darat Bali. Selain itu responden juga akan diberi kuesioner berisi pertanyaan terkait dengan penelitian yang dibuat, dengan tujuan melihat bagaimana penilaian penggunaan aplikasi terhadap pengguna.

3. *Pretest dan Posttest*

Pengumpulan data ini dilakukan untuk mengukur efektivitas media *Augmented Reality* dibandingkan media konvensional dalam pembelajaran pemeriksaan teknis. Penelitian ini menggunakan desain *pretest-posttest control group*, yang terdiri dari dua kelompok: satu kelompok eksperimen yang menggunakan aplikasi pembelajaran *Augmented Reality* (AR) dan satu kelompok kontrol yang menggunakan media pembelajaran konvensional. *Pretest dan posttest* diberikan untuk menilai peningkatan hasil belajar setelah perlakuan diberikan.

4. Dokumentasi

Dalam penelitian ini, dokumentasi mencakup aktivitas yang dilakukan selama proses pengumpulan data. Pengambilan data dilakukan di Politeknik Transportasi Darat Bali. Proses dokumentasi dalam penelitian ini dilakukan untuk membuktikan bahwa penelitian ini dilaksanakan tanpa adanya manipulasi data.

5. Studi literatur

Studi literatur dilaksanakan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, termasuk buku, makalah, serta jurnal yang berkaitan dengan topik penelitian. Penulis dapat memperoleh lebih banyak informasi seiring bertambahnya literatur yang diperoleh.

4.4 Metode Analisis Data

4.3.1 Validasi ahli dan *instrument soal pretest dan posttest*

Uji ahli dilakukan untuk menilai kelayakan media pembelajaran dari dua aspek, yaitu isi materi dan tampilan media. Uji ahli materi bertujuan mengevaluasi kesesuaian dan kedalaman konten dengan kompetensi yang dituju, sedangkan uji ahli media menilai aspek desain, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan. Penilaian dilakukan menggunakan angket skala likert. Menurut Sugiyono (2014), skala likert digunakan sebagai alat untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang maupun kelompok terhadap suatu fenomena sosial.

Tabel 4. 4 Skor skala likert

Kategori	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Cukup Baik	3
Kurang Baik	2
Sangat Kurang Baik	1

(Sumber: (Damayanti et al., 2018))

Skor hasil validasi dinyatakan dalam bentuk persentase menggunakan rumus :

$$AP = \frac{\text{skor aktual}}{\text{skor ideal}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Keterangan :

AP = Persentase nilai

Skor Aktual = Nilai yang diberikan oleh validator

Skor Ideal = Jumlah nilai maksimal yang dapat dicapai

Data presentasi yang dikumpulkan dari validasi ahli materi dan ahli media dikelompokkan ke dalam tabel penilaian berikut.

Tabel 4. 5 Kategori uji validasi ahli

Skor	Kriteria
81 – 100%	Sangat Tinggi
61 – 80%	Tinggi
41 – 60%	Cukup
21 – 40%	Rendah
1 – 20%	Sangat Rendah

(Sumber: (Windawati & Koeswanti, 2021))

Aplikasi Pembelajaran Pemeriksaan Teknis Sistem Kemudi dan Sistem Rem berbasis *Augmented Reality* (AR) dinyatakan layak untuk diuji coba apabila hasil uji validasi materi dan media memperoleh persentase minimal sebesar 61% atau masuk dalam kategori tinggi. (Mawardi, 2014:113).

Angket validasi soal *pretest-posttest* juga dinilai oleh ahli materi pada penelitian ini. Skor hasil validasi instrumen soal *pretest posttest* akan dinilai berdasarkan kriteria penilaian yang tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Kriteria penilaian validasi soal *pretest posttest*

Kriteria Validasi	Tingkat Validasi
85,01-100,00	Valid, atau sudah dapat digunakan
70,01-85,00	Cukup valid, atau dapat digunakan namun perlu sedikit revisi
50,01-70,00	Kurang valid, disarankan tidak dipergunakan karena perlu banyak revisi
01,00-50,00	Tidak valid,atau tidak boleh digunakan

(Sumber: (Akbar, 2013))

4.3.2 Usability Testing

Penelitian ini menggunakan analisis data *Usability Testing*. *Usability testing* dilakukan setelah mahasiswa/i menggunakan aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*. Pengisian kuesioner *online* melalui *Google Form* digunakan sebagai metode pengumpulan data, yang terdiri dari 10 pertanyaan dengan 5 poin *likert* yang digunakan untuk menilai tanggapan responden. Daftar pertanyaan yang akan dilakukan dalam proses pengisian kuesioner adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Tabel pertanyaan pengambilan data *usability testing*

NO	PERTANYAAN	SKOR JAWABAN				
		STS (1)	TS (2)	CS (3)	S (4)	SS (5)
1	Saya akan lebih sering memakai aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini					
2	Saya merasa bahwa penggunaan aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> rumit					
3	Saya merasa bahwa aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini memiliki kemudahan dalam penggunaannya					
4	Saya memerlukan petunjuk penggunaan untuk menjalankan aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini					
5	Saya menilai bahwa fitur-fitur dalam aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini berfungsi sebagaimana semestinya					
6	Saya menilai bahwa terdapat banyak ketidaksesuaian dalam aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini					
7	Saya rasa mahasiswa lain juga akan dengan cepat					

NO	PERTANYAAN	SKOR JAWABAN				
		STS (1)	TS (2)	CS (3)	S (4)	SS (5)
	memahami aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini					
8	Saya merasa aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini sulit dipahami					
9	Saya merasa pemakaian aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini berjalan lancar tanpa hambatan					
10	Saya membutuhkan pemahaman yang lebih mendalam sebelum bisa memakai aplikasi pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> ini					

(Sumber: modifikasi dari (Welda et al., 2020))

Setelah pengumpulan data, selanjutnya *System Usability Scale* (SUS) digunakan untuk melakukan perhitungan. Pedoman berikut digunakan untuk menentukan nilai SUS:

1. Nilai untuk pertanyaan dengan nomor ganjil akan dikurangi 1 untuk setiap pertanyaan
2. Nilai untuk pertanyaan dengan nomor genap dihitung dengan mengurangi nilai yang diperoleh pengguna dari nilai 5
3. Nilai SUS diperoleh dengan menjumlahkan nilai dari setiap pertanyaan, kemudian dikalikan 2,5

Selanjutnya, nilai rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai lalu membaginya dengan jumlah responden. Perhitungan nilai SUS dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4.2)$$

Keterangan: \bar{x} = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah nilai SUS

n = Jumlah responden

Nilai rata-rata *System Usability Scale* (SUS) dari seluruh responden diperoleh setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode SUS. Tahap

selanjutnya adalah mencocokkan nilai tersebut dengan kategori penilaian SUS. Tabel berikut menyajikan pedoman umum untuk menginterpretasikan nilai SUS.

Tabel 4. 8 Pedoman interpretasi *SUS Score*

NO	KRITERIA	RATA-RATA
1.	<i>Worst Imaginable</i>	0 – 12,5
2.	<i>Awfull</i>	12,5 - 20,3
3.	<i>Poor</i>	20,3 – 35,7
4.	<i>Ok</i>	35,7 – 50,9
5.	<i>Good</i>	50,9 – 71,4
6.	<i>Excellent</i>	71,4 – 85,5
7.	<i>Best Imaginable</i>	85,5 - 100

(Sumber : (Bangor et al., 2009))

Dari kriteria nilai diatas, aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality (AR)* di Politeknik Transportasi Darat Bali dapat dikatakan *valid* apabila memiliki skor rata-rata melebihi nilai 70 (Bangor et al., 2008), dari data diatas maka peneliti bisa menentukan, aplikasi bisa didistribusikan atau harus dilakukan evaluasi, dan perancangan ulang.

4.3.3 *Pretest Posttest*

Penelitian ini menerapkan analisis data dengan *desain randomized control group pretest-posttest*, yang melibatkan dua kelompok mahasiswa dari kelas TO 2A sebanyak 25 orang, yaitu mahasiswa Semester IV Program Studi D-III Teknologi Otomotif. Kelas tersebut dibagi secara acak menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang terdiri dari 13 mahasiswa dan diberikan pembelajaran menggunakan media berbasis *Augmented Reality (AR)*, serta kelompok kontrol yang berjumlah 12 mahasiswa dan menggunakan media pembelajaran konvensional. Desain penelitian disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Randomized control group pretest-posttest design

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₁	-	O ₂

(Sumber: (Arifin et al., n.d.))

Keterangan :

O₁ = Pemberian tes awal

O₂ = Pemberian tes akhir

X = Perlakuan penggunaan media AR

- = Perlakuan penggunaan media konvensional

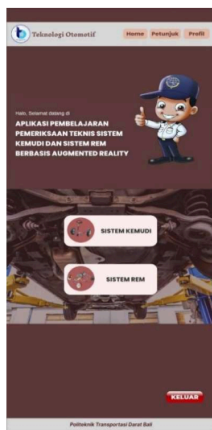
Setiap kelompok diberikan *pretest* sebelum proses pembelajaran untuk mengidentifikasi kemampuan awal, serta *posttest* setelah pembelajaran guna menilai peningkatan hasil belajar. Instrumen dalam penelitian ini berbentuk tes pilihan ganda sebanyak 20 butir soal, yang disusun berdasarkan indikator-indikator yang mengacu pada capaian pembelajaran materi sistem kemudi dan sistem rem. Uji validitas soal *pretest* dan *posttest* dilakukan melalui validitas isi, yaitu dengan meminta penilaian dari dosen mata kuliah terkait. Data yang dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* akan dianalisis secara kuantitatif. Penelitian ini menggunakan uji-t sebagai metode analisis data, karena jumlah sampel pada tiap kelompok kurang dari 30 peserta (Siregar et al., 2022). Uji-t mensyaratkan data berdistribusi normal dan memiliki sifat homogen, maka perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu (Subekti et al., 2021). Jika data tidak memenuhi asumsi normalitas atau homogenitas, maka sebagai alternatif digunakan *Mann-Whitney U Test* yang bersifat non-parametrik. Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui pengaruh media AR terhadap pemahaman mahasiswa.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Langkah dan tahapan pembelajaran

Berdasarkan hasil perancangan, aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem memiliki langkah pembelajaran dengan beberapa tampilan menu yaitu menu awal aplikasi, menu materi sistem kemudi, menu sistem rem, menu petunjuk penggunaan aplikasi, dan menu profil pengembang aplikasi. Saat *user* mengakses aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*, akan muncul tampilan halaman utama yang berisi beberapa pilihan menu yaitu menu materi sistem kemudi, materi sistem rem, menu petunjuk, menu profil, dan button keluar dari aplikasi. Tampilan awal dari menu aplikasi pembelajaran disajikan pada Gambar 36.



Gambar 35. Menu tampilan awal aplikasi pembelajaran

Saat pengguna memilih menu materi sistem kemudi, mereka dapat mengakses berbagai informasi terkait sistem kemudi, termasuk dasar hukum, jenis-jenis, komponen, serta cara kerja sistem kemudi. Berikut merupakan tampilan menu materi sistem kemudi disajikan pada Gambar 37.



Gambar 36. Tampilan menu materi sistem kemudi

Pada bagian jenis sistem kemudi, terdapat *button* View AR yang berfungsi untuk menampilkan fitur *Augmented Reality* dengan memindai *image target*. Setelah memindai *image target* akan muncul objek 3D dan pada tahap ini *user* bisa mengetahui komponen apa saja yang terdapat pada jenis sistem kemudi tersebut serta menekan *pop up* nomor komponen yang ditunjuk, kemudian akan dijelaskan mengenai cara pengujian dan alasan penolakan masing masing komponen beserta dokumentasi kerusakannya. Berikut merupakan tampilan menu *View AR* pada jenis sistem kemudi disajikan pada Gambar 38.



Gambar 37. Tampilan menu *View AR*

Tampilan fitur *Augmented Reality* untuk jenis sistem kemudi *rack and pinion* serta *recirculating ball* ditunjukkan pada Gambar 39 dan Gambar 40.



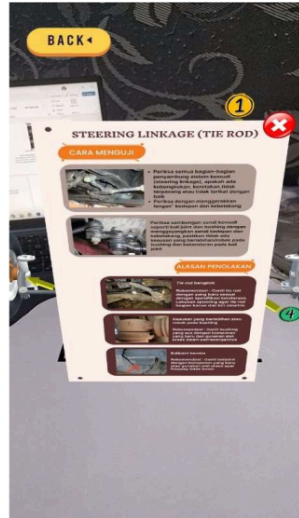
Gambar 38. Tampilan AR sistem kemudi *rack and pinion*



Gambar 39. Tampilan AR sistem kemudi *recirculating ball*

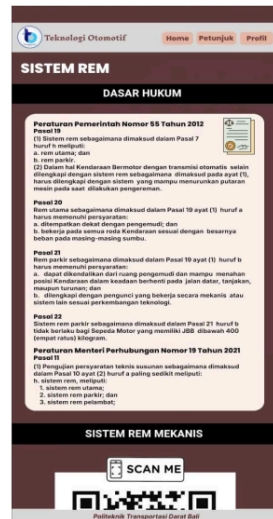
Pada setiap nomor komponen yang ditunjuk, apabila di klik akan menampilkan *pop up* yang berisi cara pengujian dan alasan penolakan masing-

masing komponen. Berikut merupakan fitur tampilan *pop up* dapat dilihat pada Gambar 41.



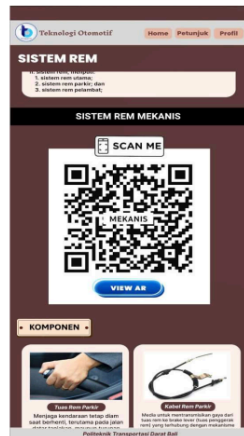
Gambar 40. Tampilan pop up pengujian tiap komponen

Selanjutnya, apabila *user* mengklik menu materi sistem rem, *user* bisa mengakses materi mengenai sistem rem, yang mencakup dasar hukum, jenis-jenis, komponen, serta cara kerja sistem rem. Berikut merupakan tampilan menu materi sistem rem disajikan pada Gambar 42.



Gambar 41. Tampilan menu materi sistem rem

Pada bagian jenis sistem rem, terdapat *button* View AR yang berfungsi untuk menampilkan fitur *Augmented Reality* dengan memindai *image target*. Setelah memindai *image target* akan muncul objek 3D dan pada tahap ini *user* bisa mengetahui komponen apa saja yang terdapat pada jenis sistem rem tersebut serta menekan *pop up* nomor komponen yang ditunjuk, kemudian akan dijelaskan mengenai cara pengujian dan alasan penolakan masing-masing komponen beserta dokumentasi kerusakannya. Tampilan menu *View AR* pada jenis sistem rem ditunjukkan pada Gambar 43.



Gambar 42. Tampilan menu View AR

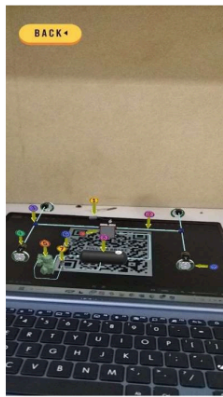
Tampilan fitur *Augmented Reality* untuk jenis sistem rem mekanis, hidrolik, *full air brake*, dan *air over hydraulic* ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 43. Tampilan AR sistem rem mekanis



Gambar 44. Tampilan AR sistem rem hidrolik



Gambar 45. Tampilan AR sistem rem *full air brake*



Gambar 46. Tampilan AR sistem rem *air over hydraulic*

Pada menu petunjuk penggunaan aplikasi, maka *user* akan diberikan informasi tentang petunjuk penggunaan aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*. Tampilan menu petunjuk penggunaan aplikasi disajikan pada Gambar 48.



Gambar 47. Tampilan menu petunjuk

Selanjutnya pada menu profil, maka *user* akan diberikan informasi mengenai profil pengembang aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*. Berikut merupakan tampilan menu profil dapat dilihat pada Gambar 49.



Gambar 48. Tampilan menu profil

Saat *user* sudah menyelesaikan pembelajaran pada Aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*, maka *user* dapat mengklik *button* keluar pada menu tampilan awal untuk keluar dari aplikasi secara keseluruhan.

5.2 **Black box testing**

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan setiap komponen aplikasi berjalan sesuai rancangan. Dalam penelitian ini digunakan metode *blackbox testing* untuk mengevaluasi fungsionalitas aplikasi. Jika ditemukan kesalahan, akan dilakukan perbaikan berdasarkan alur sistem yang telah dirancang. Berikut adalah hasil pengujian yang dilaksanakan:

5.2.1 Pengujian *black box testing* pada menu home

Tabel 5. 1 Hasil pengujian *black box* menu *home*

NO	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
1	Membuka aplikasi	Mengklik ikon aplikasi yang sudah terpasang	Menampilkan menu tampilan awal yang meliputi menu materi sistem kemudi, materi sistem rem, petunjuk, profil, home, dan keluar	Sesuai	Valid
2	Membuka menu materi sistem kemudi	Mengklik menu sistem kemudi	Memunculkan halaman tampilan mengenai materi sistem kemudi <i>rack and pinion</i> dan <i>recirculating ball</i>	Sesuai	Valid
3	Membuka menu materi sistem rem	Mengklik menu sistem rem	Memunculkan halaman tampilan mengenai materi sistem rem mekanis,	Sesuai	Valid

NO	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
			hidrolik, <i>full air brake</i> , dan <i>air over hydraulic</i>		
4	Membuka halaman profil	Mengklik menu profil	Memunculkan tampilan halaman mengenai profil pengembangan aplikasi	Sesuai	Valid
5	Membuka halaman petunjuk	Mengklik menu petunjuk	Memunculkan tampilan halaman mengenai petunjuk penggunaan aplikasi	Sesuai	Valid
6	Kembali ke halaman awal	Mengklik menu home awal	Sistem kembali menampilkan halaman awal	Sesuai	Valid
7	Menutup aplikasi	Mengklik menu keluar	Sistem secara otomatis menutup aplikasi	Sesuai	Valid

5.2.2 Pengujian *black box testing* pada menu materi sistem kemudi

Tabel 5. 2 Hasil pengujian *black box* menu materi sistem kemudi

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
1	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem kemudi <i>rack and pinion</i>	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem kemudi <i>rack</i>	Sesuai	Valid

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
	menampilkan AR sistem kemudi <i>rack and pinion</i>		<i>and pinion</i> muncul dengan jelas.		
2	Menampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem kemudi <i>rack and pinion</i>	Mengklik tombol nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem kemudi <i>rack and pinion</i>	Sesuai	Valid
3	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk menampilkan AR sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem kemudi <i>recirculating ball</i> muncul dengan jelas.	Sesuai	Valid
4	Menampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	Mengklik tombol nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem kemudi <i>recirculating ball</i>	Sesuai	Valid

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
5	Kembali ke menu halaman sebelumnya	Mengklik button <i>back</i>	Dapat kembali ke panel materi sebelumnya saat menekan tombol Back	Sesuai	Valid

11

5.2.3 Pengujian *black box testing* pada menu materi sistem rem

Tabel 5. 3 Hasil pengujian *black box* menu materi sistem rem

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
1	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk menampilkan AR sistem rem mekanis	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem rem mekanis	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem rem mekanis muncul dengan jelas.	Sesuai	Valid
2	Menampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem mekanis	Mengklik button nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk dari setiap komponen jenis sistem rem mekanis	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem mekanis	Sesuai	Valid

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
3	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk menampilkan AR rem hidrolik	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem rem hidrolik	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem rem hidrolik muncul dengan jelas.	Sesuai	Valid
4	Menaampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem hidrolik	Mengklik button nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem hidrolik	Sesuai	Valid
5	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk menampilkan AR sistem rem <i>full air-brake</i>	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem rem <i>full air-brake</i>	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem rem <i>full air-brake</i> muncul dengan jelas.	Sesuai	Valid
6	Menaampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem <i>full air-brake</i>	Mengklik button nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem <i>full air-brake</i>	Sesuai	Valid

No.	ITEM PENGUJIAN	DESKRIPSI PENGUJIAN	HASIL YANG DIHARAPKAN	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
7	Membuka halaman <i>scan image target</i> untuk menampilkan AR sistem rem <i>air over hydraulic</i>	Mengklik tombol <i>View AR</i> pada jenis sistem rem <i>air over hydraulic</i>	Kamera aktif otomatis, <i>image target</i> terdeteksi, dan objek 3D sistem rem <i>air over hydraulic</i> muncul dengan jelas.	Sesuai	Valid
8	Menampilkan informasi mengenai cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem <i>air over hydraulic</i>	Mengklik button nomor pada setiap komponen objek 3D yang ditunjuk dari setiap komponen jenis sistem rem <i>air over hydraulic</i>	Memunculkan informasi cara pengujian dan alasan penolakan dari setiap komponen jenis sistem rem <i>air over hydraulic</i>	Sesuai	Valid
9	Kembali ke menu halaman sebelumnya	Mengklik button <i>back</i>	Dapat kembali ke panel materi sebelumnya saat menekan tombol Back	Sesuai	Valid

5.3 Validasi aplikasi dan instrumen soal *pretest* dan *posttest*

Untuk menilai kelayakan media atau aplikasi yang dikembangkan, penelitian ini melibatkan proses validasi oleh para ahli, yaitu ahli materi dan ahli media. Adapun hasil dari proses validasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Validasi ahli materi

Pada penelitian ini, validasi ahli materi dilakukan oleh Bapak Asep Eka Nugraha, A.Ma PKB yang merupakan salah satu Dosen Ahli Pembelajaran Pemeriksaan Persyaratan Teknis Kendaraan Bermotor di Politeknik Transportasi Darat Bali. Untuk hasil penilaian lembar validasi ahli media tersaji pada Lampiran 4. Berikut hasil validasi ahli materi

Hasil perhitungan:

$$\text{Skor 3} = 1 \times 3 = 3$$

$$\text{Skor 4} = 1 \times 4 = 4$$

$$\text{Skor 5} = 5 \times 5 = 25$$

$$\text{Total Skor} = 32$$

$$\text{Skor Maksimal} = 7 \times 5 = 35$$

$$\text{Persentase} = \frac{32}{35} \times 100\% = 91.4\%$$

Penilaian dari ahli materi mendapatkan hasil sebesar 91.4% dimana berdasarkan tabel kategori uji validasi ahli, bahwa nilai tersebut termasuk dalam kategori "Sangat Tinggi" dimana rentang nilainya 81% – 100%.

2. Validasi ahli media

Pada penelitian ini, validasi ahli media dilakukan oleh Bapak Kadek Dedes Rama Candra, S.Kom., yang memiliki keahlian dalam bidang pengembangan desain perangkat lunak. Untuk hasil penilaian lembar validasi ahli media tersaji pada Lampiran 5. Berikut hasil validasi ahli media

Hasil perhitungan:

$$\text{Skor 5} = 7 \times 5 = 35$$

$$\text{Total Skor} = 35$$

$$\text{Skor Maksimal} = 7 \times 5 = 35$$

$$\text{Persentase} = \frac{35}{35} \times 100\% = 100\%$$

Penilaian dari ahli media mendapatkan hasil sebesar 100% dimana berdasarkan tabel kategori uji validasi ahli, bahwa nilai tersebut termasuk dalam kategori "Sangat Tinggi" dimana rentang nilainya 81% – 100%.

Hasil validasi dari ahli materi dan ahli media menunjukkan bahwa aplikasi ini dinilai sangat layak sebagai media pembelajaran. Ahli materi memberikan penilaian sebesar 91,4%, sementara ahli media memberikan penilaian sebesar 100%, yang keduanya masuk dalam kategori "Sangat Tinggi". Dengan demikian, aplikasi ini dapat digunakan dalam pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali, khususnya untuk Mahasiswa Semester IV Program Studi D-III Teknologi Otomotif.

Selain melakukan validasi terhadap aplikasi pembelajaran, penelitian ini juga melaksanakan validasi terhadap instrumen soal *pretest* dan *posttest* yang digunakan untuk menilai pemahaman mahasiswa. Adapun hasil validasi instrumen tersebut disajikan sebagai berikut.

1. Validasi instrumen soal *pretest* dan *posttest*

Validasi soal *pretest* dan *posttest* juga dilakukan oleh validator ahli materi pada penelitian ini yaitu Bapak Asep Eka Nugraha, A.Ma PKB. Untuk hasil penilaian lembar validasi instrumen soal *pretest* dan *posttest* tersaji pada Lampiran 6.

Hasil perhitungan:

$$\text{Skor } 4 = 5 \times 4 = 20$$

$$\text{Skor } 5 = 5 \times 5 = 25$$

$$\text{Total Skor} = 45$$

$$\text{Skor Maksimal} = 50$$

$$\text{Persentase} = \frac{45}{50} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil penilaian, diperoleh persentase nilai validasi yaitu 90%. Dengan merujuk pada kriteria penilaian validasi soal *pretest* dan *posttest*, seluruh butir soal dinyatakan valid dan layak untuk digunakan dalam penelitian.

5.4 Pre-test

Pretest dalam penelitian ini dilakukan sebelum penggunaan aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis Augmented Reality pada kelompok eksperimen, serta sebelum penggunaan media pembelajaran konvensional berupa buku pada kelompok kontrol. Tujuannya adalah untuk mengetahui hasil angket awal dari masing-masing kelompok. Hasil uji *pretest* untuk kelompok kontrol dan eksperimen ditampilkan pada tabel berikut.

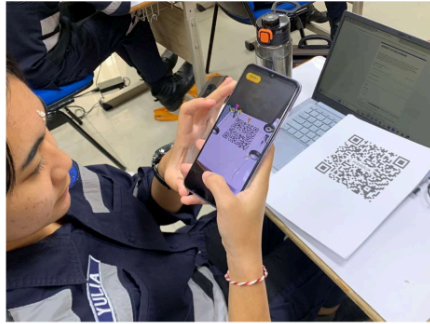
Tabel 5. 4. Hasil nilai *pretest* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol

Nomor	Nilai <i>Pretest</i>	
	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol
1	60	65
2	65	55
3	70	65
4	60	70
5	65	60
6	55	65
7	60	60
8	65	65
9	70	55
10	60	70
11	55	60
12	65	65
13	60	
\bar{x}	62.30	62.91

Hasil nilai *pretest* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol menunjukkan bahwa rata-rata nilai *pretest* kelompok eksperimen adalah 62,30, sedangkan kelompok kontrol sebesar 62,91. Selisih rata-rata yang relatif kecil ini mengindikasikan bahwa tingkat kemampuan awal mahasiswa pada kedua kelompok hampir setara sebelum diberikan perlakuan.

5.5 Uji coba implementasi aplikasi

Uji coba implementasi aplikasi merupakan proses penerapan aplikasi pembelajaran berbasis AR terhadap proses pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali khususnya pada Mahasiswa/i Semester IV Program Studi D-III Teknologi Otomotif dalam kegiatan praktikum maupun pembelajaran mandiri. Uji coba ini bertujuan untuk mengukur peningkatan hasil belajar mahasiswa setelah menggunakan aplikasi pembelajaran berbasis AR. Berikut adalah dokumentasi dari uji coba implementasi penggunaan aplikasi pembelajaran berbasis AR di Poltrada Bali dapat dilihat pada Gambar 50.



Gambar 49. Uji coba implementasi aplikasi pembelajaran berbasis AR

5.6 Usability Testing

Pada tahap pengujian aplikasi pembelajaran sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality*, dalam menentukan kepuasan pengguna saat menggunakan aplikasi dilakukan pengujian menggunakan metode *usability testing*. Pada pengujian ini menggunakan 25 responden yang melibatkan pengguna yaitu Mahasiswa/i Semester IV Program Studi D-III Teknologi Otomotif di Poltrada Bali.

Berikut merupakan hasil dari nilai kuesioner yang telah diberikan kepada responden disajikan pada Tabel 5.5

Tabel 5. 5 Tabel nilai hasil kuesioner

NO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	4	1	4	1	5	2	5	1	5	2
2	5	2	5	3	5	1	5	1	5	4
3	5	1	4	3	4	1	5	1	5	3
4	4	1	5	1	5	2	5	1	5	1
5	5	2	5	4	4	1	5	1	5	4
6	5	1	4	2	5	1	5	2	5	1
7	4	1	5	1	4	2	5	1	5	1
8	5	1	4	3	5	2	4	1	5	3
9	5	1	4	2	5	1	5	2	5	1
10	5	1	4	3	5	2	4	1	5	4
11	5	1	5	2	5	1	5	1	5	2
12	5	1	5	2	5	1	5	1	5	2
13	4	1	5	3	5	1	4	1	4	4
14	5	1	5	1	5	1	4	2	5	1
15	4	2	5	2	4	1	5	1	5	3
16	4	2	5	1	4	2	5	1	5	2
17	5	1	4	2	5	1	4	2	5	1
18	5	1	5	3	4	2	4	1	5	4
19	5	1	4	1	5	2	5	1	5	2
20	5	1	4	3	5	1	5	1	5	4
21	5	2	5	1	4	2	4	2	4	1
22	4	2	5	2	4	1	5	2	5	2
23	4	1	4	1	4	2	5	2	5	2
24	5	2	5	3	4	1	5	2	4	3
25	4	1	5	1	5	1	5	1	5	1

Setelah mendapatkan nilai hasil kuesioner kemudian diolah dengan metode SUS, berikut merupakan hasil perhitungan metode SUS dari nilai kuesioner yang telah diberikan kepada 25 orang Mahasiswa/i Semester IV Politeknik Transportasi Darat Bali Progam Studi D-III Teknologi Otomotif.

Tabel 5. 6 Hasil perhitungan skor SUS

Q1-1	5-Q2	Q3-1	5-Q4	Q5-1	5-Q6	Q7-1	5-Q8	Q9-1	5-Q10	JML	SKOR SUS
3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	36	90
4	3	4	2	4	4	4	4	4	1	34	85
4	4	3	2	3	4	4	4	4	2	34	85
3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	38	95
4	3	4	1	3	4	4	4	4	1	32	80
4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	37	92.5
3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	37	92.5
4	4	3	2	4	3	3	4	4	2	33	82.5
4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	37	92.5
4	4	3	2	4	3	3	4	4	1	32	80
4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	38	95
4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	38	95
3	4	4	2	4	4	3	4	3	1	32	80
4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	38	95
3	3	4	3	3	4	4	4	4	2	34	85
3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	35	87.5
4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	36	90
4	4	4	2	3	3	3	4	4	1	32	80
4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	37	92.5
4	4	3	2	4	4	4	4	4	1	34	85
4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	34	85
3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	34	85
3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	34	85
4	3	4	2	3	4	4	3	3	2	32	80
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39	97.5
Jumlah Skor SUS										877	
Rata-rata Skor SUS											87,7

Perhitungan Hasil Kuesioner :

$$\begin{aligned}\sum x &= 877 \times 2,5 \\ &= 2.192,5\end{aligned}$$

Berikut cara menghitung skor SUS :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{2.192,5}{25}$$

$$\bar{x} = 87,7$$

Keterangan :

\bar{x} = Skor rata-rata

$\sum x$ = Jumlah skor SUS

n = Jumlah responden

Berdasarkan penilaian dari pengguna sebanyak 25 responden. Nilai yang didapatkan yaitu sebesar 87,7 atau dengan kategori “*Best Imaginable*”. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas dari aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality* (AR) ini secara *usability testing* mendapatkan penilaian yang sangat baik, menunjukkan bahwa aplikasi ini sangat mudah digunakan dan dapat menyajikan pengalaman pengguna yang maksimal sejalan dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

5.7 Posttest

Setelah proses pembelajaran selesai, dilakukan *posttest* pada kedua kelompok untuk mengetahui perubahan hasil angket setelah perlakuan yang diberikan. Tabel berikut menyajikan hasil *posttest* dari setiap kelompok.

Tabel 5. 7 Hasil nilai *posttest* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol

Nomor	Nilai Posttest	
	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol
1	85	75
2	90	80
3	95	80
4	85	75
5	90	80
6	80	70
7	85	75
8	90	80
9	95	85

Nomor	Nilai <i>Posttest</i>	
	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol
10	85	75
11	80	70
12	90	80
13	85	
\bar{x}	87.3	77.08

Dari hasil *posttest* yang diperoleh, rata-rata nilai pada kelompok eksperimen adalah 87.3, sedangkan pada kelompok kontrol sebesar 77.08.

5.8 Analisis Hasil *Pretest* dan *Posttest*

Data yang dikumpulkan oleh peneliti berupa hasil belajar mahasiswa dalam mata kuliah pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem, setelah mengikuti proses pembelajaran menggunakan aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) pada kelompok eksperimen dan metode pembelajaran konvensional pada kelompok kontrol.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data *pre-test* dan *post-test* berdistribusi normal. Data yang dianalisis berasal dari kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pengujian ini penting dalam menentukan jenis analisis statistik yang sesuai, apakah menggunakan uji parametrik atau non-parametrik. Uji normalitas yang digunakan adalah *Shapiro-Wilk Test*, karena jumlah sampel pada masing-masing kelas kurang dari 50, dengan bantuan software SPSS. Adapun kriteria pengambilan keputusannya adalah sebagai berikut:

- a. Jika nilai Signifikansi $> 0,05$, maka data berdistribusi normal
- b. Jika nilai Signifikansi $< 0,05$, maka data tidak berdistribusi normal

Berikut merupakan hasil uji normalitas data tes hasil belajar siswa dikelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tests of Normality

Kelas	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil Pretest Kontrol	.245	12	.044	.895	12	.137
Posttest Kontrol	.241	12	.052	.894	12	.133
Pretest Eksperimen	.222	13	.080	.901	13	.139
Posttest Eksperimen	.222	13	.080	.901	13	.139

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 50. Uji normalitas data

Karena seluruh nilai signifikansi lebih dari 0,05, maka data dapat disimpulkan berdistribusi normal.

2. Uji homogenitas

Setelah uji normalitas selesai, uji homogenitas antara kelas eksperimen dan kontrol dilakukan dengan menggunakan uji Levene dan program SPSS. Dasar pengambilan keputusan untuk uji homogenitas adalah sebagai berikut:

- a. Jika nilai Signifikansi pada *Based on Mean* > 0,05 maka data homogen
- b. Jika nilai Signifikansi pada *Based on Mean* < 0,05 maka data tidak homogen

Hasil uji homogenitas terhadap data tes hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan sebagai berikut.

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil Belajar	Based on Mean	.096	1	23	.771
	Based on Median	.006	1	23	.938
	Based on Median and with adjusted df	.006	1	19.396	.938
	Based on trimmed mean	.085	1	23	.773

Gambar 51. Uji homogenitas data

Berdasarkan output diatas, diketahui nilai Signifikansi (Sig.) *Based on Mean* adalah sebesar 0.771 > 0,05 maka data memiliki varians yang homogen.

3. Uji Hipotesis

Setelah uji normalitas dan homogenitas dilakukan, langkah selanjutnya adalah pengujian hipotesis untuk mengetahui apakah penggunaan media pembelajaran berbasis Augmented Reality berpengaruh terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa. Adapun rumusan hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. H_0 : Tidak terdapat perbedaan peningkatan pemahaman yang signifikan antara mahasiswa yang menggunakan media pembelajaran berbasis AR dan mahasiswa yang menggunakan media konvensional.
- b. H_1 : Terdapat perbedaan peningkatan pemahaman yang signifikan antara mahasiswa yang menggunakan media pembelajaran berbasis AR dan mahasiswa yang menggunakan media konvensional.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini menggunakan statistik parametrik berupa *Independent Sample t-Test*, yang bertujuan untuk membandingkan nilai *post-test* antara kedua kelompok. Kriteria pengambilan keputusan uji hipotesis adalah sebagai berikut:

- a. Jika Sig. (*p-value*) < 0,05 → H_0 ditolak → ada perbedaan signifikan
- b. Jika Sig. (*p-value*) > 0,05 → H_0 diterima → tidak ada perbedaan signifikan

Hasil uji *Independent Sample t-Test* disajikan sebagai berikut.

Group Statistics

Kelas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Nilai Posttest Kontrol	12	77.08	4.502	1.300
Posttest Eksperimen	13	87.31	4.837	1.342

Gambar 52. Rata-rata nilai posttest kelompok kontrol dan eksperimen

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-Test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
	Nilai	086	.771	-5.458	23	.000	-10.224	1.873	-14.100
			-5.474	22.997	.000	-10.224	1.868	-14.088	-6.361

Gambar 53. Uji *independent samples test*

Karena nilai Signifikansi (0.000) < 0.05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Berdasarkan hasil uji *independent sample t-test*, diketahui bahwa nilai Sig. (2-tailed) adalah 0.000. Karena nilai Signifikansi < 0.05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan pemahaman yang signifikan antara hasil belajar mahasiswa yang menggunakan media *Augmented Reality* dan media konvensional. Kelompok eksperimen memperoleh rata-rata nilai *posttest* sebesar 87,31, yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol dengan rata-rata 77,08. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa pada mata kuliah pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan.

1. Aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis *Augmented Reality (AR)* berhasil dibuat melalui proses pembuatan objek 3D pada *SketchUp*, desain UI/UX menggunakan Figma, dan diolah menggunakan *software* Unity dan Vuforia yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran pengujian pemeriksaan persyaratan teknis sistem kemudi dan sistem rem di Politeknik Transportasi Darat Bali.
2. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap 25 responden yang dilakukan dengan kuesioner *usability testing*, didapatkan nilai sebesar 87,7 yang tergolong dalam kategori “*Best Imaginable*”. Dengan demikian menunjukkan bahwa aplikasi pembelajaran pemeriksaan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis AR dapat diterima oleh pengguna.
3. Media pembelajaran berbasis AR terbukti lebih efektif dibandingkan media konvensional dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Hal ini ditunjukkan dari hasil *posttest* yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen yaitu dengan nilai rata-rata 87,7 dibanding kelompok kontrol dengan nilai rata-rata 79,2. Uji hipotesis dengan *independent sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi $0.000 < 0.05$, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol.

6.2 Saran

Aplikasi pembelajaran pemeriksaan persyaratan teknis sistem kemudi dan sistem rem berbasis AR masih memerlukan pengembangan lebih lanjut dalam penelitian berikutnya. Beberapa saran dan masukan dari penulis disampaikan sebagai berikut:

1. Aplikasi pembelajaran berbasis AR ini perlu dikembangkan agar dapat digunakan di semua sistem *smartphone*, baik Android maupun iOS, dan tersedia di Play Store maupun App Store, karena saat ini masih terbatas untuk pengguna Android dan hanya dapat diunduh melalui link.
2. Untuk pengembangan selanjutnya, aplikasi ini dapat ditambahkan materi sistem lain yang berkaitan dengan pengujian pemeriksaan persyaratan teknis.
3. Pada penelitian selanjutnya, aplikasi ini dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis *Augmented Reality* lain, seperti *markerless* AR, agar pengguna dapat mengakses materi tanpa bergantung pada penanda (*marker*), sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel dan praktis.

BAB 1-6

ORIGINALITY REPORT

17 %	16 %	10 %	7 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	1 %
2	eprints.uny.ac.id Internet Source	1 %
3	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	1 %
4	123dok.com Internet Source	1 %
5	jonedu.org Internet Source	1 %
6	id.scribd.com Internet Source	<1 %
7	jptam.org Internet Source	<1 %
8	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
9	digilib.uinsgd.ac.id Internet Source	<1 %
10	eprints.pktj.ac.id Internet Source	<1 %
11	Siti Maria Holidia, Tuti Alawiyah, Herlan Sutisna. "PENERAPAN ANIMASI INTERAKTIF DALAM PENGENALAN AKSARA SUNDA", Jurnal Informatika, 2016 Publication	<1 %

12	Internet Source	<1 %
13	prin.or.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
15	docobook.com Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
17	digilib.uinkhas.ac.id Internet Source	<1 %
18	docplayer.info Internet Source	<1 %
19	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
20	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
21	ojs.uhnsugriwa.ac.id Internet Source	<1 %
22	es.scribd.com Internet Source	<1 %
23	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
24	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
25	journal.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
26	repo.iainbatusangkar.ac.id Internet Source	<1 %

27	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
28	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
29	Shofiahmad, Anggun Syafiroh. "Efektivitas Penggunaan E-LKPD Berbasis Liveworksheet Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Mapel Fikih Kelas Vii Mts Hasyim Asy'ari Kradenan Blora", AL AUFA: JURNAL PENDIDIKAN DAN KAJIAN KEISLAMAN, 2025 Publication	<1 %
30	Suanah Suanah. "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Desain Wix Materi Bangun Ruang Matematika SD Kelas V", Proceedings of The ICECRS, 2019 Publication	<1 %
31	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
32	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
33	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
34	repository.uhamka.ac.id Internet Source	<1 %
35	repository.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
36	www.scribd.com Internet Source	<1 %
37	easily.onesmablog.com Internet Source	<1 %
38	online-journal.unja.ac.id Internet Source	<1 %

39	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
40	Submitted to Universitas Terbuka Student Paper	<1 %
41	journal.unej.ac.id Internet Source	<1 %
42	repository.dinamika.ac.id Internet Source	<1 %
43	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
44	Submitted to Universitas PGRI Palembang Student Paper	<1 %
45	core.ac.uk Internet Source	<1 %
46	66tech.wordpress.com Internet Source	<1 %
47	Jimmy Pratama, Bayu Syahputra, Febby Anggellya. "VISUALISASI STRUKTUR ORGAN ANATOMI HEWAN TERNAK BERBASIS AUGMENTED REALITY", <i>TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi dan Multimedia</i> , 2025 Publication	<1 %
48	Subhan Hadi, Siti Soraya, Melati Rosanensi, Suriyati Suriyati, Baiq Chandra Herawati. "Media Pembelajaran Reproduksi Tubuh Manusia Menggunakan Augmented Reality (Studi Kasus: SMAN 2 Selong)", <i>Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)</i> , 2022 Publication	<1 %
49	journal.um-surabaya.ac.id Internet Source	<1 %

saufihidayat.blogspot.com

50	Internet Source	<1 %
51	Maria Lysis Sastra Kurnia Jastradaf, Yuli Asriningtias. "Aplikasi Teknologi Augmented Reality untuk Media Pembelajaran Olahraga Renang", Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika, 2023 Publication	<1 %
52	Submitted to Universitas Muhammadiyah Purwokerto Student Paper	<1 %
53	Submitted to Universitas Negeri Manado Student Paper	<1 %
54	jurnal.habi.ac.id Internet Source	<1 %
55	repository.iainpalopo.ac.id Internet Source	<1 %
56	Devi Rahmiati, Erni Suharini, Arif Widiyatmoko. "Pengaruh Pembelajaran Kearifan Lokal di Jawa Barat dalam Melestarikan Budaya Tradisional bagi Siswa SD", FONDATIA, 2025 Publication	<1 %
57	Selviana Selviana, I Wayan Darmadi, Muslimin Muslimin. "PERBEDAAN MODEL PEMBELAJARAN AIR (AUDITORY, INTELLECTUALLY, REPETITION) DENGAN MODEL PEMBELAJARAN KONVENSIONAL TERHADAP HASIL BELAJAR FISIKA PADA SISWA KELAS X SMA NEGERI 2 BIROMARU", JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online), 2015 Publication	<1 %
58	Submitted to Yonkers High School Student Paper	<1 %

59	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
60	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan Student Paper	<1 %
61	Febrialdo Jasanddes, Ofianto Ofianto. "Pengembangan Media Infografis untuk Meningkatkan Kemampuan Menganalisis Perubahan dan Keberlanjutan pada Pembelajaran Sejarah di SMK Kartika 1-2 Padang", YASIN, 2025 Publication	<1 %
62	Submitted to Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta Student Paper	<1 %
63	Eka Nanda Sulastri, Dhian Satria Yudha, Abdul Rezha Efrat. "PENERAPAN METODE USER CENTERED DESIGN PADA PERANCANGAN DESAIN UI/UX APLIKASI MARKETPLACE CATERING", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2024 Publication	<1 %
64	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
65	idr.uin-antasari.ac.id Internet Source	<1 %
66	informatika.teknik.ummgl.ac.id Internet Source	<1 %
67	karya-ilmiah.um.ac.id Internet Source	<1 %
68	widyarizka88.student.umm.ac.id Internet Source	<1 %

69 Fatmah Djamil, Rusmin Husain, Nur Sakinah Aries. "PENGEMBANGAN MEDIA KAPER (KARTU PERKALIAN) PADA SISWA KELAS II", Damhil Education Journal, 2024
Publication

70 Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia
Student Paper

71 edukasim.ditlantaspolidakalbar.co.id
Internet Source

72 ejournal.unmus.ac.id
Internet Source

73 mafiadoc.com
Internet Source

74 pussprincess.blogspot.com
Internet Source

75 vdocuments.site
Internet Source

76 Bayu Azrel Megantara, Wahyu Sri Utami. "Pemanfaatan Marker Based Tracking Pada Aplikasi Augmented Reality Pengenalan Alat Musik Tradisional Ukulele Dan Suling", INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science, 2023
Publication

77 Christian O. Karundeng, Dringhuzen J. Mamahit, Brave A. Sugiarto. "Rancang Bangun Aplikasi Pengenalan Satwa Langka di Indonesia Menggunakan Augmented Reality", Jurnal Teknik Informatika, 2018
Publication

78 Dian Nur Indah Sari, Aris Singgih Budiarto, Sri Wahyuni. "Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk

Meningkatkan Kemampuan Higher Order
Tingking Skill (HOTS) pada Pembelajaran IPA",
Jurnal Basicedu, 2022

Publication

79

Ikke Afdolitha Zebua, Yulisman Zega, Yakin Niat Telaumbanua, Netti Kariani Mendrofa. "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Berbasis Teknologi Augmented Reality Matematika SMK", J-PiMat : Jurnal Pendidikan Matematika, 2024

Publication

<1 %

80

Siti Syahirani, Nur Rahmi Rizqi, Khoiruddin Matondang. "PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING (PBL) TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA BERBANTUAN APLIKASI FLIPHTML5", OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika, 2025

Publication

<1 %

81

conferences.ittelkom-pwt.ac.id

Internet Source

<1 %

82

digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

<1 %

83

doku.pub

Internet Source

<1 %

84

e-journal.upr.ac.id

Internet Source

<1 %

85

edu.pubmedia.id

Internet Source

<1 %

86

j-cup.org

Internet Source

<1 %

87

journal.amikveteran.ac.id

Internet Source

<1 %

88	ojs.amikom.ac.id Internet Source	<1 %
89	ojs.mahadewa.ac.id Internet Source	<1 %
90	proceeding.unpkediri.ac.id Internet Source	<1 %
91	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
92	repository.unj.ac.id Internet Source	<1 %
93	repository.unwira.ac.id Internet Source	<1 %
94	Adisti Alqur'ani Anggorowati, Rahmania Sri Untari. "Virtual Reality as an Interactive Learning Medium for Perspective Drawing", JICTE (Journal of Information and Computer Technology Education), 2024 Publication	<1 %
95	Agus Ahmad Durri, Hendri Raharjo, Arif Muchyidin. "Applications of Mathematics Charged Islamic Values by Using Macromedia Flash and Camtasia", ITEJ (Information Technology Engineering Journals), 2016 Publication	<1 %
96	Anang Pramono, Martin Dwiky Setiawan. "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Buah-Buahan", INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi, 2019 Publication	<1 %
97	Ilhamsyah Ilhamsyah. "PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN RECIPROCAL TEACHING	<1 %

TERHADAP KEMAMPUAN BERFIKIR KREATIF
MATEMATIKA SISWA KELAS X SMKN",
Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika,
2021

Publication

98 Made Beny Dwifa, Riz Rifai Oktavianus Sasue,
Arif Devi Dwipayana, Rahmat Ahmad et al.
"Servis Sepeda Motor Murah sebagai Upaya
Peningkatan Skills Taruna Politeknik
Transportasi Darat Bali di Desa Batubulan",
Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat
Semangat Nyata Untuk Mengabdi (JKPM
Senyum), 2021

Publication

99 Putri regina lestari Aja sahara finza, Rafidhah
Hanum. "Penerapan Media Busy Book Untuk
Meningkatkan Literasi Membaca Pada Anak
Usia Dini", Jurnal Kajian Anak (J-Sanak), 2024

Publication

100 Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

101 digilib.unmuhjember.ac.id

Internet Source

102 jcs.greenpublisher.id

Internet Source

103 ketikanpelajarbodoh.blogspot.com

Internet Source

104 mulok.library.um.ac.id

Internet Source

105 ojs.stmik-banjarbaru.ac.id

Internet Source

106 pdfcoffee.com

Internet Source

107	pdffox.com Internet Source	<1 %
108	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
109	repository.metrouniv.ac.id Internet Source	<1 %
110	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
111	repository.unib.ac.id Internet Source	<1 %
112	stis.ac.id Internet Source	<1 %
113	www.stuvia.com Internet Source	<1 %
114	Elfi Tasrif, Akrimullah Mubai, Asrul Huda, Kasman Rukun. "Pemanfaatan media pembelajaran berbasis augmented reality menggunakan aplikasi Ar_Jarkom pada mata kuliah instalasi jaringan komputer", Jurnal Konseling dan Pendidikan, 2020 Publication	<1 %
115	Rafika Akhsani, M Mujiono. "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Lembar Kerja Siswa Kelas 3 Madrasah Ibtidaiyah", RESEARCH : Journal of Computer, Information System & Technology Management, 2021 Publication	<1 %
116	Denise Dwi Rahmatania, Yohana Setiawan. "Pengembangan Media Poly Game pada Pembelajaran Matematika Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan	<1 %

Masalah di Sekolah Dasar", Jurnal Basicedu, 2021

Publication

117 Kadek Kusuma Wardana, Ni Kadek Erna Supriathi, I Nyoman Suarka, Gemara Adhiyasa Parahita Nugraha et al. "Usability Testing Pada Aplikasi Mobile E-Ganesha Undiksha Menggunakan Metode System Usability Scale", Jurnal Ilmiah SINUS, 2023

Publication

<1%

118 Liga Bayu Herdianto. "EVALUATION OF THE E-LEARNING SYSTEM OF PT. OTAK KANAN THROUGH BLACKBOX TESTING AND SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2023

Publication

<1%

119 digilib.uinsby.ac.id

Internet Source

<1%

120 Submitted to Universitas Putera Batam

Student Paper

<1%

121 repository.its.ac.id

Internet Source

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On