

# Media for Light Vehicle Engineering Components Course Using Augmented Reality Case Study of Braking System Learning [Media Ajar Komponen Teknik Kendaraan Ringan Menggunakan Augmented Reality Studi Kasus Sistem Pengereman]

Achmad Dani<sup>1)</sup>, Rohman Dijaya<sup>2)</sup>, Irwan Alnarus Kautsar<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: rohman.dijaya@umsida.ac.id

**Abstract.** *Students in the Light Vehicle Engineering (TKR) vocational program often face challenges in understanding the structure and function of vehicle components, particularly the car braking system, due to the limitations of conventional learning media that lack interactivity. This study aims to design an Augmented Reality (AR)-based instructional media that enhances students' comprehension through interactive three-dimensional visualizations. The research adopts the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method, which consists of six main stages: concept formulation, design, material collection, implementation, testing, and distribution of the final product. The developed application presents braking system components with interactive features such as drag and drop, as well as descriptive information about each component's function. A feasibility test was conducted with 25 respondents using a Likert scale questionnaire. The results showed that the application received a score of 996 out of a maximum of 1250, equivalent to 80%, and was categorized as feasible. This instructional media has the potential to be an innovative and contextual solution for automotive learning.*

**Keywords -** augmented reality; MDLC; instructional media; car braking system; LVE;

**Abstrak.** Pelajar pada kompetensi kejuruan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) sering mengalami kesulitan dalam memahami struktur dan fungsi komponen kendaraan, khususnya sistem pengereman mobil, karena keterbatasan media pembelajaran konvensional yang kurang interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) yang mampu mendukung pemahaman peserta didik melalui penyajian visual objek tiga dimensi secara interaktif. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan Multimedia Development Life Cycle (MDLC), yang mencakup enam langkah utama, yaitu tahap perumusan konsep, desain, pengumpulan materi, implementasi, evaluasi atau pengujian, serta pendistribusian produk akhir. Aplikasi yang dikembangkan menampilkan komponen sistem pengereman mobil dengan fitur interaktif seperti seret dan lepas (drag and drop) serta informasi deskriptif fungsi tiap komponen. Uji kelayakan dilakukan terhadap 25 responden menggunakan instrumen kuesioner skala Likert. Hasilnya, aplikasi memperoleh skor 996 dari 1250 atau sebesar 80%, dan dinyatakan dalam kategori layak. Media ajar ini berpotensi menjadi solusi inovatif dan kontekstual dalam pembelajaran otomotif.

**Kata Kunci -** augmented reality; MDLC; media ajar; pengereman mobil; TKR

## I. PENDAHULUAN

Sparepart atau suku cadang kendaraan bermotor merupakan komponen dari suatu mesin atau perangkat yang dapat diganti jika mengalami kerusakan atau keausan. Seiring waktu penggunaan, komponen kendaraan akan mengalami keausan, pelonggaran, penurunan kualitas, atau penyimpangan presisi dari kondisi awal yang sesuai standar [1]. Menurut [2] suku cadang merupakan barang yang tersusun dari berbagai komponen yang saling terhubung membentuk satu kesatuan dengan fungsi tertentu. Selain sebagai komponen mekanis, komponen kendaraan bermotor juga merupakan bagian dari media edukasi. Dengan memahami fungsi dan cara kerja setiap komponen, pengguna dapat merawat dan memperbaiki dengan benar. Seiring dengan berkembangnya teknologi, pendidikan di Indonesia menjadi sangat terbantu karena dapat memudahkan pelajar dalam mempelajari komponen kendaraan bermotor. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan aplikasi media pembelajaran yang interaktif dan mudah dipahami untuk mengenalkan komponen kendaraan bermotor, sehingga pengguna dapat memahami bentuk serta fungsi dari setiap komponen tersebut [3].

Salah satu elemen yang dapat mempengaruhi proses belajar mengajar adalah media pendidikan. Menurut [4], media pembelajaran merupakan sarana belajar yang memiliki peran penting dalam proses pembelajaran, baik dalam lingkup formal maupun nonformal. Menurut [5] Media pembelajaran berfungsi sebagai pendukung kegiatan belajar mengajar dan berfungsi untuk membuat penyampaian informasi oleh guru kepada siswa lebih mudah. Media pembelajaran mampu mengubah informasi yang tidak berwujud menjadi sesuatu yang lebih nyata dan berfungsi sebagai jembatan antara materi dengan fenomena alam, dengan menyertakan konten atau gambar yang relevan agar siswa lebih mudah memahami dan mengingat [6]. Misalnya pembuatan media pembelajaran menggunakan Ms. Powerpoint, video, dll namun siswa mayoritas pasif ketika pembelajaran berlangsung.

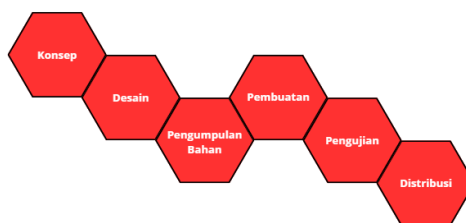
Penelitian pertama yang dikutip dalam penelitian ini adalah Penerapan Teknologi Augmented Reality Dalam Penjualan Sepeda Motor (Studi Kasus Danish Motor) [7]. Penelitian ini menjelaskan tentang penerapan teknologi Augmented Reality (AR) untuk meningkatkan sistem penjualan sepeda motor. Penelitian kedua yang menjadi rujukan penelitian yaitu Markerless Augmented Reality (AR) pada Media Pembelajaran Pengenalan Komponen Transmisi Manual Mobil [8]. Penelitian ini menjelaskan tentang penerapan augmented reality (AR) dalam pengenalan komponen mobil yang fokus pada transmisi manual. Penelitian ketiga yang menjadi rujukan penelitian yaitu Pengembangan Media Pembelajaran Mesin Menggunakan Teknologi Augmented Reality (AR) [9]. Penelitian ini menjelaskan tentang penggunaan Augmented Reality sebagai materi pendidikan mesin. Pada rujukan penelitian ke empat yaitu Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Komponen Utama Mesin Mobil Berbasis Android [10]. Penelitian ini menjelaskan tentang penggunaan Augmented Reality (AR) sebagai sarana pengenalan suatu komponen utama pada mesin mobil.

Teknologi Augmented Reality (AR) merupakan inovasi yang memiliki potensi untuk dan telah banyak diterapkan secara luas pada perangkat seluler [11]. Teknologi yang dikenal sebagai Augmented Reality (AR) memungkinkan integrasi objek virtual dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata [12]. Pada dasarnya Augmented Reality (AR) memiliki tiga prinsip utama. Pertama, Augmented Reality (AR) mengintegrasikan elemen dunia nyata dengan dunia virtual. Kedua, teknologi ini beroperasi secara interaktif dan berlangsung secara real-time. Ketiga, Augmented reality (AR) memungkinkan untuk menggabungkan benda-benda virtual tiga dimensi ke dalam dunia nyata. [13]. Dalam konteks pengenalan komponen pengereman pada mobil secara digital, AR dapat menggantikan media konvensional seperti artikel blog, poster dan katalog. Dengan mengutamakan realitas, AR memungkinkan pengguna melihat pratinjau objek sparepart dalam bentuk 3D, hampir mendekati objek aslinya [14]. Dalam penelitian sebelumnya, terdapat beberapa metode yang telah digunakan. Namun, belum ada penelitian yang secara khusus membahas penggunaan metode tertentu dalam konteks pengenalan komponen pengereman pada mobil secara digital. Oleh karena itu, penelitian tentang penerapan metode pada media edukasi pengenalan komponen pengereman pada mobil menggunakan teknologi Augmented Reality (AR) dengan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) memiliki potensi untuk mengisi celah ini. Dimana pada aplikasi ini user dapat memilih berbagai komponen pengereman mobil dan terdapat fitur drag & drop pada setiap komponen pengereman mobil sehingga lebih interaktif.

Penelitian mengenai media pembelajaran menggunakan Augmented Reality (AR) telah menjadi alternatif dalam meningkatkan kegiatan belajar mengajar. Pada penelitian terdahulu terdapat analisis gap atau kesimpulan yang dapat ditarik bahwa terdapat metode yang sama namun untuk pemilihan objek pada penelitian ini berbeda. Pada penelitian ini menggunakan komponen dari kendaraan mobil sebagai objek, dikarenakan pada jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMKN 1 Jabon telah beralih fokus pada kendaraan mobil sebagai media ajar. Sehingga pengereman mobil menjadi pilihan sebagai objek penelitian.

## II. METODE

Pada penelitian aplikasi media ajar komponen pengereman mobil ini dikembangkan menggunakan metode pengembangan Multimedia Development Life Cycle (MDLC), yang mencakup enam langkah utama, yaitu tahap perumusan konsep, desain, pengumpulan materi, implementasi, evaluasi atau pengujian, serta pendistribusian produk akhir. [9].



**Gambar 1.** Alur Penelitian *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*

Pada tahap pengonsepan, peneliti akan menentukan target pengguna aplikasi, tujuan aplikasi, dan membuat konsep dasar dari aplikasi yang akan dikembangkan beserta spesifikasi yang akan dibuat [15]. Tahap desain yaitu merancang Unified Modeling Language (UML) seperti use case diagram, flowchart diagram, dan membuat desain user interface (UI) dan user experience (UX) pada aplikasi media ajar.

Tahap pengumpulan bahan yaitu mengumpulkan informasi yang dibutuhkan mengenai macam-macam komponen yang digunakan sebagai media ajar dari beberapa sumber, seperti kepala kompetensi keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR) pada SMKN 1 Jabon dan jurnal ilmiah. Tahap pembuatan, pada tahap pembuatan peneliti menggunakan

beberapa tools, yaitu blender sebagai pemodelan objek 3D, easy AR sebagai SDK (Software Development Kit) Augmented Reality (AR), dan unity sebagai software pengembang aplikasi Augmented Reality (AR).

Sementara itu pada tahap pengujian dimana tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi keefektifan dan kelayakan aplikasi yang dikembangkan sebagai media ajar. Terdapat beberapa pengujian, yaitu user acceptance test dan pengujian alpha. Tahap terakhir yaitu distribusi dimana tahap ini merupakan proses penting untuk memastikan bahwa media ajar yang telah dikembangkan dapat diakses dan digunakan oleh target audiens dengan efektif. Penilaian kelayakan akan dilakukan menggunakan skala evaluasi berbasis kategori, data akan disajikan dalam bentuk skor dengan rentang nilai mulai dari 1 hingga 5 dan persentase kelayakan yang didapat dari perhitungan dengan persamaan 1. Tingkatan persentase kelayakan aplikasi dapat dilihat pada tabel 1.

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Skor yang didapat (F)}}{\text{Skor yang diharapkan (Y)}} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

- F : Total nilai frekuensi dari pertanyaan.  
 T : Jumlah responden.  
 Pn : Skor pada skala Likert.  
 P : Persentase kelayakan.  
 Y : Skor harapan.

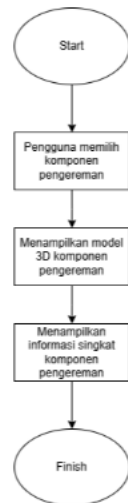
**Tabel 1.** Persentase kategori kelayakan

Skor	Persentase pencapaian	Kelayakan
1	0% - 20%	Tidak Layak
2	21% - 40%	Kurang Layak
3	41% - 60%	Cukup Layak
4	61% - 80%	Layak
5	81% - 100%	Sangat Layak

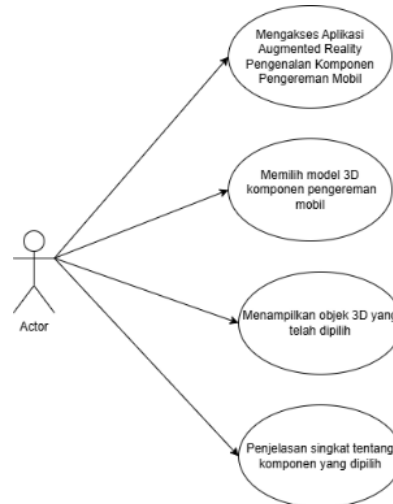
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Konsep

Pada tahap pengonsepan (Concept) dimulai dengan menentukan tujuan pembuatan aplikasi serta menentukan pengguna aplikasi tersebut [15]. Pada penelitian ini, tujuan pembuatan aplikasi adalah siswa/i Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dan aplikasi ini dikembangkan untuk membantu siswa dalam belajar mengenal komponen pengereman pada mobil, namun aplikasi ini hanya bisa dijalankan pada sistem operasi android. Pada tahap ini diperlukan pembuatan flowchart dan use case diagram agar lebih terstruktur. use case diagram digunakan untuk menentukan apa sebenarnya yang ada dalam suatu sistem informasi dan siapa sebenarnya yang bertanggung jawab dalam menggunakan fungsi-fungsinya [16]. Sehingga pada gambar 2 merupakan flowchart dari proses dan langkah-langkah alur kerja aplikasi yang dikembangkan. Sedangkan gambar 3 merupakan use case diagram aplikasi yang menentukan siapa pengguna dan hak akses yang dapat dilakukan pada aplikasi yang dikembangkan.



Gambar 2. Flowchart aplikasi



Gambar 3. Use case diagram

## Desain

Tahap desain (Design), pada tahap ini dilakukan perancangan desain user interface aplikasi media ajar komponen Teknik Kendaraan Ringan (TKR). Desain dibuat dengan tujuan agar dapat menarik perhatian dan mempermudah pengguna dalam mengakses aplikasi. Pada aplikasi ini memiliki beberapa halaman dan menu seperti pada gambar dibawah.



Gambar 4. Halaman menu utama



Gambar 5. Halaman menu mulai



Gambar 6. Menu tutorial

Pada gambar 4 merupakan tampilan menu utama, dimana pada halaman ini terdapat 4 menu yaitu mulai, tutorial, tentang, dan keluar. Pada menu mulai menampilkan beberapa menu komponen pengereman pada mobil dan terdapat menu back untuk kembali ke halaman menu utama, dapat dilihat pada gambar 5. Gambar 6 merupakan tampilan pop up dari menu tutorial, pada menu ini berisi tentang tata cara menggunakan aplikasi sehingga pengguna dapat menggunakan aplikasi dengan benar. Pada menu tentang terdapat halaman berisi latar belakang aplikasi, pengembang, dan fungsi aplikasi, seperti pada gambar 7.



**Gambar 7.**  
Halaman Tentang



**Gambar 8.** Halaman  
Komponen




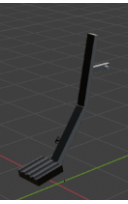

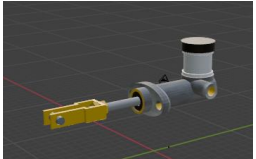
**Gambar 9.**  
Halaman Rakit  
Pengereman

Jika pada menu mulai pengguna memilih salah satu komponen yang terdapat pada gambar 5, maka akan diarahkan ke halaman komponen yang terdapat pada gambar 8. Dimana pada halaman tersebut aplikasi akan menampilkan objek 3D dari komponen yang telah dipilih, terdapat fitur play/pause, fitur deskripsi komponen dan menu untuk merakit pengereman. Menu rakit pengereman akan bekerja seperti puzzle yaitu dengan cara tekan dan tahan objek berwarna terang ke objek berwarna transparan seperti pada gambar 9. Komponen dengan warna yang berbeda digunakan sebagai penanda bahwa komponen yang berwarna transparan merupakan drop area, sedangkan komponen yang berwarna jelas merupakan dragable objek.

**Pengumpulan Bahan**

Tahap pengumpulan bahan (Material Collecting) yaitu mengumpulkan beberapa bahan yang akan digunakan sebagai media ajar sistem pengereman mobil. Sumber diperoleh dari beberapa sumber, yaitu jurnal ilmiah, internet, dan guru jurusan teknik kendaraan ringan yang mengajar di SMKN 1 Jabon. Dengan ini penelitian mengenai pengenalan komponen sistem pengereman mobil dapat dipastikan bahwa keperluan teknologi dalam pendidikan sangat membantu dalam belajar mengajar.

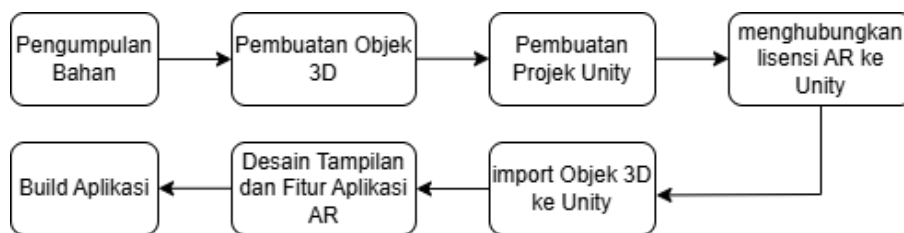
**Tabel 2.** Model Komponen Pengereman

No	Gambar Komponen	Fungsi Komponen	3D Model
1	 Pedal Rem	Fungsi pedal rem yaitu sebagai kontrol dalam mengendalikan laju kendaraan. Cara menggunakannya yaitu pengguna perlu menginjak pedal ketika ingin melakukan pengereman.	
2	 Master Silinder Rem	Komponen ini memiliki fungsi untuk mengubah tekanan yang berasal dari pedal berubah menjadi tekanan hidrolik.	

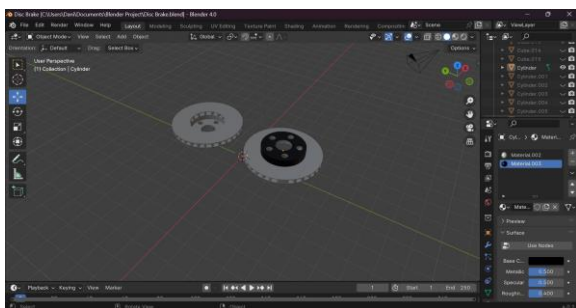
No	Gambar Komponen	Fungsi Komponen	3D Model
3	 Kampas Rem	Komponen ini memiliki fungsi untuk melakukan penekanan pada piringan cakram sehingga timbul gaya gesek yang dapat menurunkan laju kendaraan.	
4	 Disc Brake	Saat pedal diinjak, kampas rem akan bekerja dengan melakukan penekanan pada cakram. Karena posisi cakram yang menempel pada poros roda, maka roda akan mengalami penurunan kecepatan sebagai akibat dari tekanan pada cakram tersebut.	
5	 Kaliper	Fungsinya adalah sebagai penopang kampas dan piston rem. Keberadaannya juga memiliki peran dalam menekan kampas rem pada permukaan cakram.	

### Pembuatan

Tahap pembuatan (assembly) terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan agar aplikasi berhasil dibuat, gambar 10 merupakan urutan langkah-langkah dalam pembuatan aplikasi. Bahan yang telah dikumpulkan akan dimodifikasi menjadi objek 3d pengereman mobil menggunakan software blender serta software unity yang digunakan untuk membangun aplikasi yang telah dikonsepskan. Seperti pada gambar 11 yaitu pembuatan objek 3d pada software blender dan gambar 12 yaitu pembuatan desain dan fitur pada aplikasi yang akan dibuat menggunakan software unity.



**Gambar 10.** Langkah Pembuatan



**Gambar 11.** Pembuatan Objek 3D



**Gambar 12.** Pembuatan Aplikasi

### Pengujian

Tahap pengujian (testing) bertujuan untuk mengevaluasi keefektifan dan kelayakan aplikasi yang dikembangkan sebagai media ajar. Metode pengujian yang digunakan adalah metode black box dan kuesioner bagi pengguna, pengujian black box digunakan untuk menemukan permasalahan pada fungsi semua fitur dalam aplikasi tanpa perlu

memeriksa kode program sehingga cocok untuk mengevaluasi user experience [17]. Sementara itu Target pengguna aplikasi ini merupakan siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) teknik kendaraan ringan sehingga hasil pengujian aplikasi lebih akurat. Berikut merupakan tabel 3 hasil dari pengujian :

**Tabel 3. User Acceptance Test [18]**

No	Input	Kriteria Penerimaan	Hasil yang diharapkan	Status
1	Tombol Mulai	Berhasil Masuk	Menampilkan halaman pilih komponen	Berhasil [√] Gagal [ ]
2	Tombol Tutorial	Berhasil Pop Up	Menampilkan pop up cara menggunakan aplikasi	Berhasil [√] Gagal [ ]
3	Tombol Memilih Objek	Berhasil Masuk	Menampilkan objek 3D komponen pengereman mobil	Berhasil [√] Gagal [ ]
4	Tombol Tentang	Berhasil Masuk	Menampilkan halaman tentang	Berhasil [√] Gagal [ ]
5	Tombol Play View Komponen Pengereman	Berhasil Play	Berhasil Menampilkan Objek 3D Komponen Pengereman	Berhasil [√] Gagal [ ]
6	Tombol Stop View Komponen Pengereman	Berhasil Stop	Berhasil Menghilangkan Objek 3D Komponen Pengereman	Berhasil [√] Gagal [ ]
7	Tombol Rakit Pengeraman	Berhasil Masuk	Berhasil memindahkan objek 3D ke drop area	Berhasil [√] Gagal [ ]
8	Tombol Kembali	Berhasil Masuk	Berhasil kembali ke halaman sebelumnya	Berhasil [√] Gagal [ ]
9	Tombol Close	Berhasil Menutup	Berhasil menutup pop up	Berhasil [√] Gagal [ ]
10	Tombol Keluar Aplikasi	Berhasil Keluar	Berhasil keluar dari aplikasi	Berhasil [√] Gagal [ ]

Pengujian kuesioner dilakukan dengan melibatkan 25 responden yang bertindak sebagai pengguna untuk mengakses dan mencoba aplikasi. Setelah penggunaan aplikasi, responden diminta mengisi kuesioner guna mengevaluasi tingkat kelayakan aplikasi yang telah diuji. Kuisisioner dilakukan menggunakan metode skala likert yang terdiri dari empat atau lebih kombinasi pertanyaan sehingga membentuk sebuah skor/nilai yang menunjukkan hasil akhir pada sebuah data [19]. Tabel 4 merupakan hasil jawaban dari responden.

**Tabel 4. Kuesioner**

No	Kuesioner	SB	B	CB	KB	SKB
1	Apakah aplikasi dapat menampilkan model 3D dengan jelas?	6	14	5	-	-
2	Apakah fitur AR berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan? (zoom in/out, rotate)	9	6	6	4	-
3	Apakah proses interaksi dengan model 3D (misalnya, rotasi, zoom, atau perpindahan) mudah dilakukan?	7	10	7	1	-
4	Apakah aplikasi memberikan penjelasan atau informasi teks yang relevan untuk setiap komponen pengereman?	12	8	4	1	-
5	Apakah model 3D komponen sistem pengereman mobil terlihat realistis dan sesuai dengan bentuk aslinya?	6	9	9	1	-

No	Kuesioner	SB	B	CB	KB	SKB
6	Apakah antarmuka pengguna mudah dipahami dengan baik oleh siswa atau pengguna lainnya?	9	8	7	1	-
7	Apakah kombinasi warna, teks, dan grafis mendukung keterbacaan serta pengalaman pengguna yang baik?	7	12	4	2	-
8	Apakah aplikasi membantu pengguna memahami fungsi dan mekanisme kerja setiap komponen sistem pengereman mobil?	8	12	5	-	-
9	Apakah fitur Augmented Reality (AR) meningkatkan minat belajar pengguna dibandingkan metode pembelajaran tradisional?	7	11	5	7	-
10	Apakah aplikasi dapat digunakan sebagai alat bantu belajar yang efektif dalam lingkungan pendidikan formal atau informal?	6	13	4	2	-
Total skor responden		80	100	56	14	-

Berdasarkan kuesioner yang diberikan, maka diperoleh jawaban dari responden yang akan dihitung lalu menghasilkan persentase kelayakan dari aplikasi yang dikembangkan.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian

No	Likert Scale	Responden (T)	Score Likert (Pn)	F (T x Pn)
1	SB (Sangat Baik)	80	5	400
2	B (Baik)	100	4	400
3	CB (Cukup Baik)	56	3	168
4	KB (Kurang Baik)	14	2	28
5	SKB (Sangat Kurang Baik)	0	1	0
Total Score				996

Skor tiap pernyataan dijumlahkan untuk memperoleh total skor responden, kemudian diakumulasi menjadi skor keseluruhan. Nilai maksimum yang dapat dicapai dihitung berdasarkan perkalian antara jumlah responden, jumlah item pernyataan, dan nilai tertinggi pada skala Likert ( $25 \times 10 \times 5 = 1250$ ). Berdasarkan hasil dari perhitungan data kuesioner, diperoleh total skor sebesar 996 dari skor maksimum 1250. Dengan demikian, persentase kelayakan aplikasi mencapai  $P = 996 / 1250 \times 100 = 80\%$ , yang mengindikasikan bahwa aplikasi berada pada kategori 'layak' untuk digunakan.

### Distribusi

Aplikasi media ajar yang dikembangkan difokuskan pada pengenalan komponen sistem pengereman mobil, khususnya bagi peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) pada program keahlian Teknik Kendaraan Ringan, namun juga dapat diakses oleh masyarakat umum yang tertarik mempelajari teknologi otomotif. Distribusi aplikasi melalui platform Play Store memberikan kemudahan akses dan jangkauan yang lebih luas, memungkinkan proses pembelajaran dilakukan secara mandiri maupun didampingi oleh pendidik. Dengan dukungan visualisasi interaktif berbasis Augmented Reality (AR), aplikasi ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman pengguna terhadap struktur dan fungsi komponen sistem pengereman secara lebih kontekstual. Selain itu, penyebaran melalui platform digital juga mempermudah proses pembaruan konten secara berkala, sehingga materi yang disajikan tetap selaras dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pendidikan kejuruan.

## IV. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan sebuah aplikasi media ajar berbasis Augmented Reality (AR) untuk pengenalan komponen sistem pengereman mobil pada kompetensi keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR). Aplikasi ini dikembangkan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC), dengan menghadirkan fitur interaktif berupa visualisasi objek 3D dan fungsi drag & drop sebagai media pembelajaran yang menarik dan kontekstual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi memperoleh skor kelayakan sebesar 80%, yang termasuk dalam kategori layak untuk digunakan. Fitur visual yang realistis, antarmuka yang ramah pengguna, serta materi yang disusun secara sistematis terbukti meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, kebaruan dari penelitian ini terletak pada objek pembelajaran yang difokuskan pada sistem pengereman mobil dengan pendekatan interaktif berbasis AR, yang belum banyak

dikembangkan dalam konteks pembelajaran TKR di SMK. Dengan demikian, aplikasi ini berpotensi menjadi media ajar alternatif yang mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif dan inovatif.

## V. SARAN

Kedepannya aplikasi Braking AR dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan modul pembelajaran untuk komponen kendaraan lainnya. Tidak hanya terbatas pada sistem pengereman, tetapi juga mencakup sistem suspensi, kemudi, dan transmisi. Penambahan modul tersebut akan menjadikan aplikasi lebih komprehensif dan mendukung proses pembelajaran siswa secara menyeluruh dalam memahami struktur dan fungsi kendaraan bermotor. Selain itu, pengembangan fitur kuis interaktif juga menjadi salah satu saran yang direkomendasikan. Fitur ini dapat berfungsi sebagai alat evaluasi untuk mengukur tingkat pemahaman siswa setelah mempelajari materi pada aplikasi. Dengan menyertakan skor otomatis dan umpan balik (*feedback*) secara langsung, proses pembelajaran akan menjadi lebih menarik, terukur, dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada SMKN 1 Jabon atas kesempatan yang telah diberikan untuk melakukan penelitian di lingkungan sekolah tersebut, yang sangat membantu dalam kelancaran pengumpulan data tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang konsisten selama proses penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan yang telah memberikan kontribusi berupa saran dan solusi yang bermanfaat dalam menyelesaikan berbagai tahapan penelitian dan pengembangan.

## REFERENSI

- [1] M. G. Firmansyah, S. Sugeng, and T. Taufiqurahman, "Pelatihan Perawatan Ringan Komponen Kendaraan Bermotor Matic di Desa Jayasakti," *An Nizam J. Bakti Bagi Bangsa*, vol. 2, no. 1, pp. 226–232, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/an-nizam/article/view/7316>
- [2] F. N. Rizky, "Matic Injection Motor Component Recognition Learning Application Using Augmented Reality Technology," 2021, [Online]. Available: <http://repo.unsrat.ac.id/3331/>
- [3] S. Rahayu and M. H. Fahlevi, "Media Pembelajaran Pengenalan Suku Cadang Sepeda Motor Berbasis Multimedia," *J. Algoritm.*, vol. 18, no. 2, pp. 539–544, 2022, doi: 10.33364/algoritma/v.18-2.843.
- [4] M. Wangge, "Implementasi Media Pembelajaran Berbasis ICT dalam Proses Pembelajaran Matematika di Sekolah Menengah," *Fraktal J. Mat. Dan Pendidik. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–38, 2020, doi: 10.35508/fractal.v1i1.2793.
- [5] N. Resti, R. Ridwan, R. T. Palupy, and R. Riandi, "Inovasi Media Pembelajaran Menggunakan AR (Augmented Reality) pada Materi Sistem Pencernaan," *Biodik*, vol. 10, no. 2, pp. 238–248, 2024, doi: 10.22437/biodik.v10i2.34022.
- [6] R. Meilindawati, Z. Zainuri, and I. Hidayah, "Penerapan Media Pembelajaran Augmented Reality (Ar) Dalam Pembelajaran Matematika," *J. e-DuMath*, vol. 9, no. 1, pp. 55–62, 2023, doi: 10.52657/je.v9i1.1941.
- [7] Steven, "PENERAPAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY DALAM PENJUALAN SEPEDA MOTOR (STUDI KASUS DANISH MOTOR) Application Of Augmented Reality Technology In Motorcycle Sales(Case Study: Danish Motor)," *J. Algoritm. Log. dan Komputasi*, vol. VI, no. 1, pp. 553–560, 2023, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.30813/j-alu.v2i2.3808>
- [8] T. W. Indriyani and A. Suryanto, "Markerless Augmented Reality (AR) pada Media Pembelajaran Pengenalan Komponen Transmisi Manual Mobil," *Edu Komputika J.*, vol. 8, no. 1, pp. 57–67, 2021, doi: 10.15294/edukomputika.v8i1.44484.
- [9] H. Hermawan, R. Waluyo, and M. Ichsan, "Pengembangan Media Pembelajaran Mesin Menggunakan Teknologi Augmented Reality," *J. Innov. Inf. Technol. Appl.*, vol. 1, no. 01, pp. 1–7, 2019, doi: 10.35970/jjinita.v1i01.88.
- [10] K. W. Anugrah and A. N. Alfian, "Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Komponen Utama Mesin Mobil Berbasis Android," *J. Mhs. Bina Insa.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–32, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/JMBI/article/view/1370>
- [11] A. Taukhid, R. Astuti, and A. I. Purnamasari, "Implementasi Augmented Reality Sebagai Media Belajar Alat-Alat Otomotif," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 239–249, 2023, doi:

- 10.36040/jati.v7i1.6282.
- [12] H. F. Dalimunthe and P. Simanjuntak, "Aplikasi Pengenalan Perangkat Keras Komputer Berbasis Android Menggunakan Augmented Reality," *Comput. Sci. Ind. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 24–31, 2023, doi: 10.33884/comasiejournal.v9i2.7624.
- [13] I. P. Sari, I. H. Batubara, A. H. Hazidar, and M. Basri, "Pengenalan Bangun Ruang Menggunakan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 4, pp. 209–215, 2022, doi: 10.56211/helloworld.v1i4.142.
- [14] C. E. Suharyanto and J. Manurung, "Implementasi Augmented Reality Sebagai Media Pengenalan Sparepart Motor Berbasis Android," *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 78–87, 2024, doi: 10.58520/jddat.v3i1.56.
- [15] A. A. Rivaldhi and R. Dijaya, "Application of Augmented Reality to Replicate Couples Sit in Wedding Ceremony," *J. Online Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 253–262, 2021, doi: 10.15575/join.v6i2.746.
- [16] V. No and A. Setiawan, "Edumatic : Jurnal Pendidikan Informatika E-learning berbasis AIKIDS pada Pembelajaran Koding untuk Siswa Jenjang Sekolah Dasar," vol. 8, no. 2, pp. 359–368, 2024, doi: 10.29408/edumatic.v8i2.26324.
- [17] Safwan Kasma and S. Siaulhak, "Augmented Reality sebagai Alat Promosi Properti: Studi Kasus Pt. Fatihah Permata Propertindo di Platform Android," *BANDWIDTH J. Informatics Comput. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 65–74, 2024, doi: 10.53769/bandwidth.v2i1.602.
- [18] L. R. Rusliyawati, A. Wantoro, and A. Nurmansyah, "Penerapan Augmented Reality (Ar) Dengan Kombinasi Teknik Marker Untuk Visualisasi Model Rumah Pada Perum Pramuka Garden Residence," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 2, p. 95, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i2.654.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*