

MEDIA PENGENALAN ALAT KESELAMATAN & KESEHATAN KERJA BERBASIS AUGMENTED REALITY

Gubtha Mahendra Putra, Maulana Muhammad Hafidz, Anindita Septiarini

Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Jalan Sambaliung, Samarinda, Indonesia

gubthamp@unmul.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam dunia industri, khususnya dalam penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Data Kementerian Ketenagakerjaan mencatat 462.241 kasus kecelakaan kerja pada tahun 2024, yang mengindikasikan masih rendahnya kesadaran dan pemahaman pekerja terhadap K3. Media pengenalan K3 yang selama ini digunakan cenderung bersifat konvensional dan satu arah sehingga kurang efektif dalam menyampaikan informasi secara interaktif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis marker (*marker-based*) sebagai media pengenalan alat K3 yang interaktif dan mudah digunakan. Pengembangan dilakukan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), menampilkan enam objek, yaitu *Safety Helmet*, *Safety Glasses*, *Safety Vest*, *Safety Gloves*, *Safety Harness*, dan *Safety Shoes*. Pengujian fungsionalitas menggunakan *blackbox testing* menunjukkan tidak ditemukan adanya kesalahan fungsional maupun ketidaksesuaian antara *input* yang diberikan dan *output* yang dihasilkan oleh sistem. Pengujian usabilitas menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) yang melibatkan 16 responden menghasilkan skor rata-rata 73,91, masuk dalam kategori *Grade C* dengan *Adjective Rating* "Good". Hasil ini menunjukkan aplikasi layak digunakan sebagai media pengenalan alat K3 yang interaktif dan informatif.

Kata kunci : *Augmented Reality, Keselamatan & Kesehatan Kerja, Alat Pelindung Diri*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan perubahan yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia [1].

Teknologi kini bukan sekadar alat, tetapi juga menjadi sarana dalam menyampaikan informasi. Salah satu inovasi teknologi yang berkembang pesat dan mulai diterapkan dalam berbagai sektor adalah *Augmented Reality* (AR), yaitu teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen virtual secara langsung untuk menciptakan pengalaman yang lebih interaktif bagi penggunanya [2].

Dengan kemampuannya menyajikan informasi secara lebih menarik dan interaktif, teknologi AR berpotensi menjadi media pembelajaran yang inovatif dan efektif [3].

Salah satu bidang yang dapat memanfaatkan teknologi AR adalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), yaitu bidang yang berfokus pada perlindungan kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan para pekerja. Keberhasilan penerapan K3 tidak hanya berpengaruh terhadap kesejahteraan pekerja secara individu, tetapi juga memberikan dampak besar terhadap produktivitas serta kelangsungan operasional perusahaan [4].

Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja Pasal 13, setiap orang yang memasuki tempat kerja wajib mematuhi petunjuk keselamatan kerja dan mengenakan APD yang diwajibkan [5].

Tingkat pengetahuan K3 memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian kecelakaan kerja, di mana minimnya pengetahuan pekerja mengenai

prosedur K3 dapat memicu perilaku tidak aman [6]. Minimnya pengetahuan pekerja umumnya bukan disebabkan oleh ketiadaan informasi K3, melainkan oleh rendahnya efektivitas media yang digunakan untuk menyampaikan informasi tersebut, sehingga pekerja sering kali kesulitan mengenali jenis, fungsi, dan cara pemakaian APD yang benar. Hubungan antara tingkat pengetahuan dan sikap pekerja terhadap kepatuhan penggunaan APD, di mana pekerja dengan pemahaman yang baik mengenai fungsi dan cara pemakaian APD cenderung lebih patuh menggunakannya saat bekerja [7].

Media pengenalan alat K3 yang selama ini digunakan seperti poster dan buku panduan yang bersifat satu arah dan terbatas dalam menyajikan visualisasi alat [8].

Keterbatasan ini menyebabkan poster dan buku panduan kurang mampu menggambarkan bentuk fisik, detail bagian, maupun cara pemakaian APD, sehingga pemahaman terhadap materi cenderung bersifat hafalan.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu turut menguatkan perlunya AR sebagai pengganti media konvensional tersebut. Pelatihan keselamatan kerja berbasis AR terbukti lebih unggul dibandingkan pelatihan berbasis teks, baik dalam perolehan pengetahuan jangka pendek maupun retensi pengetahuan jangka panjang terkait identifikasi risiko [9].

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa AR memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pelatihan keselamatan kerja, karena mampu menghadirkan lingkungan belajar yang aktif dan interaktif, sehingga meningkatkan

keterlibatan pengguna selama proses pembelajaran [10]. P

emanfaatan AR sebagai media pengenalan terbukti menjadi lebih menarik karena mampu menampilkan visual tiga dimensi yang terlihat lebih nyata sehingga meningkatkan efektivitas penyampaian materi karena dapat mempermudah pemahaman dan memperkuat daya ingat [11].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam rangka mendukung penelitian ini, maka dilakukan kajian dengan mempelajari penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Daftar penelitian terkait antara lain:

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dkk. [12] mengembangkan aplikasi *augmented reality* sebagai media edukasi untuk memperkenalkan alat keselamatan kebakaran dalam konteks K3 kepada masyarakat umum. Pengembangan aplikasi menggunakan metode Prototyping. Aplikasi memanfaatkan teknik *marker-based* untuk menampilkan visualisasi objek 3D dari alat keselamatan kebakaran. Pengujian dilakukan melalui *blackbox testing* dan *usability testing* dengan melibatkan 20 responden, di mana hasil *blackbox* menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai spesifikasi dan hasil *usability* memperoleh tingkat kepuasan pengguna sebesar 80,1%.

Penelitian yang dilakukan oleh Pradana Ariando dkk. [13] mengembangkan game edukasi pencegahan dan penanggulangan kebakaran berbasis *augmented reality* dengan konsep *escape room* untuk meningkatkan pemahaman petugas keamanan di lingkungan industri terhadap prosedur tanggap darurat kebakaran. Pengembangan dilakukan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) dengan penerapan kombinasi teknologi *markerless* dan *marker-based*. Pengujian menggunakan skala GUESS-18 (*Game User Experience Satisfaction Scale*) terhadap 30 responden menghasilkan tingkat kepuasan sebesar 75%, yang mengindikasikan bahwa game edukasi ini mampu menyampaikan materi secara efektif baik dalam konteks pembelajaran teori maupun praktik.

Penelitian yang dilakukan oleh Harjoko [14] mengembangkan aplikasi pengenalan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja berbasis *augmented reality* pada platform Android. Proses pengembangan aplikasi menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) dengan menerapkan teknik *markerless*. Aplikasi menampilkan objek 3D berupa APAR, jalur evakuasi, dan titik kumpul yang dilengkapi animasi, suara, serta informasi teks. Pengujian dilakukan dengan *blackbox testing* dan *usability testing* yang menghasilkan tingkat kepuasan sebesar 89,16%, menandakan aplikasi layak sebagai media edukasi K3.

2.2. Augmented Reality

Augmented Reality merupakan sebuah teknologi memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan objek virtual di dunia nyata melalui layar perangkat. Terdapat dua metode yang dalam penerapannya, yaitu metode *marker-based* yang menggunakan penanda berupa pola tertentu yang dikenali kamera sehingga objek 3D ditampilkan saat pola terdeteksi [15].

Selanjutnya, metode *markerless* yang tidak menggunakan penanda khusus melainkan memanfaatkan permukaan lingkungan sekitar sebagai penanda untuk menampilkan objek 3D [16].

2.3. Blackbox Testing

Blackbox testing merupakan pengujian yang memverifikasi hasil eksekusi aplikasi untuk memastikan fungsi-fungsi berjalan sesuai kebutuhan tanpa memperhatikan struktur dan *source code* dari program [17].

2.4. System Usability Scale

System Usability Scale (SUS) merupakan alat ukur untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan suatu sistem dari sudut pandang pengguna [18].

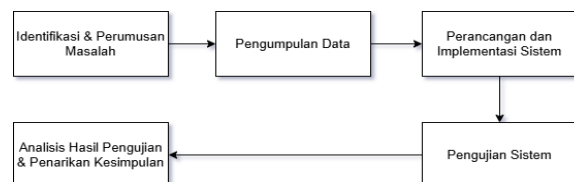
SUS menggunakan instrumen berupa 10 pernyataan dengan skala Likert 1–5. Interpretasi hasil dikategorikan berdasarkan *Grade Scale* (A–F), dan *Adjective Rating*, dengan skor rata-rata [19].

2.5. Keselamatan & Kesehatan Kerja

Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3) merupakan serangkaian upaya sistematis yang dirancang untuk melindungi tenaga kerja dari berbagai risiko akibat aktivitas pekerjaan seperti identifikasi potensi bahaya, penerapan langkah pencegahan, hingga penyelenggaraan pelatihan bagi tenaga kerja [20].

2.6. Alat Pelindung Diri

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan seperangkat perlengkapan yang dirancang untuk melindungi sebagian maupun seluruh anggota tubuh dari potensi bahaya, yang mencakup pelindung kepala, mata, telinga, pernapasan, tangan, hingga kaki [21].



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan

3. METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian ini disusun sebagai panduan pelaksanaan agar penelitian ini berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

3.1. Identifikasi & Perumusan Masalah

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, ditemukan adanya kebutuhan akan inovasi media pengenalan Keselamatan & Kesehatan Kerja yang lebih interaktif dan menarik. Masalah yang dirumuskan adalah bagaimana merancang dan mengimplementasikan *augmented reality* sebagai media pengenalan alat K3. Identifikasi masalah didukung dengan analisis kebutuhan media pembelajaran yang memanfaatkan teknologi AR untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih mudah dipahami berbagai kalangan usia.

3.2. Pengumpulan Data

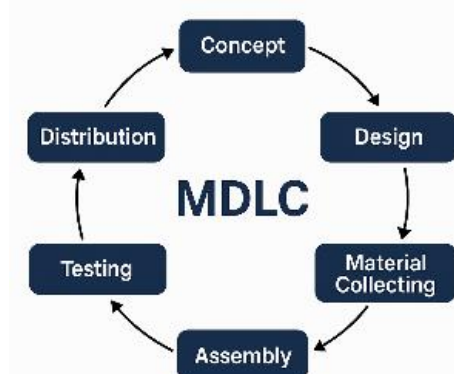
Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode. Pertama, studi literatur dengan mempelajari berbagai informasi terkait K3, AR, metode MDLC, serta jenis dan fungsi APD. Kedua, observasi langsung di PT Garuda Kencana Indonesia untuk mengidentifikasi jenis APD yang digunakan, memahami cara penggunaannya, serta mendokumentasikan bentuk visual APD sebagai dasar pembuatan objek 3D. Ketiga, wawancara dengan salah satu staf PT Garuda Kencana Indonesia untuk menggali informasi tambahan terkait prosedur penggunaan APD dan penerapannya di lingkungan perusahaan.

3.3. Perancangan Data

Perancangan data mencakup seluruh elemen yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi. Model 3D yang akan divisualisasikan terdiri dari enam jenis APD. Setiap model 3D dilengkapi informasi deskriptif berupa nama, kategori, fungsi, dan cara penggunaan. Selain itu, dirancang satu marker untuk menampilkan seluruh objek 3D, serta materi teks K3 dan APD sebagai konten edukatif aplikasi.

3.4. Perancangan Proses

Proses pengembangan aplikasi menggunakan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri dari enam tahapan yaitu : *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*.



Gambar 2. Alur Metode Pengembangan MDLC

3.5. Concept

Pada tahap pertama ini dilakukan perumusan konsep dasar dari aplikasi yang akan dikembangkan. Tahapan konsep mencakup identifikasi target pengguna, penetapan tujuan aplikasi, serta penentuan spesifikasi sistem.

3.6. Design

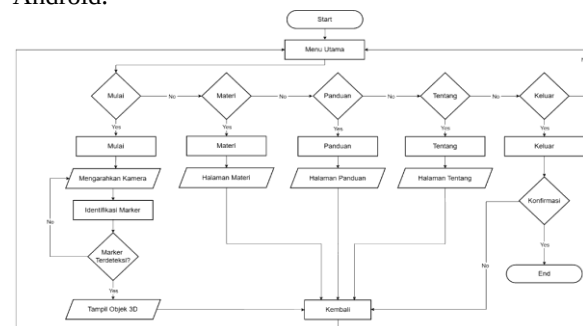
Dalam tahap ini dirancang alur kerja, tampilan, serta kebutuhan materi untuk aplikasi yang akan dikembangkan berdasarkan konsep yang telah ditetapkan. Proses ini mencakup pembuatan flowchart penggunaan aplikasi serta perancangan antarmuka menggunakan Figma. Flowchart penggunaan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.

3.7. Material Collecting

Tahap ini merupakan proses mengumpulkan seluruh bahan atau aset yang dibutuhkan untuk pengembangan aplikasi. Tahap ini dimulai dengan mengumpulkan materi informasi K3 dan APD sebagai konten edukatif aplikasi & pembuatan seluruh aset visual.

3.8. Assembly

Setelah seluruh materi terkumpul, tahap berikutnya adalah mengintegrasikan semua komponen untuk dikembangkan menjadi sebuah aplikasi. Pada tahap ini proses pembuatan dimulai dengan konfigurasi Vuforia Engine, meliputi registrasi *license key*, pengunggahan *marker* ke dalam database Vuforia, hingga pengaturan AR Camera di dalam Unity. Setelah sistem selesai dibuat, aplikasi kemudian dikemas dalam format .apk agar dapat dijalankan di perangkat Android.



Gambar 3. Flowchart

3.9. Testing

Pada tahap ini aplikasi yang telah selesai dibangun melalui proses assembly mulai diuji untuk mengetahui apakah setiap fiturnya berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

3.10. Distribution

Tahap terakhir adalah distribusi aplikasi kepada pengguna dengan mengunggah file .apk ke penyimpanan online agar dapat diunduh dan diinstal pada perangkat.

3.11. Perancangan Pengujian

Pengujian sistem merupakan tahapan dalam proses pengembangan sistem yang bertujuan memastikan aplikasi berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang.

3.12. Blackbox Testing

Blackbox testing dilakukan dengan menyusun skenario pengujian untuk setiap fitur dan mengamati kesesuaian antara input yang diberikan dan output yang dihasilkan sistem.

3.13. System Usability Scale

Pengujian usabilitas menggunakan SUS dengan kuesioner berisi 10 pernyataan berskala Likert 1–5. Perhitungan skor SUS menggunakan konversi nilai dengan skema pernyataan ganjil dikurangi 1 dan pernyataan genap dihitung dari 5 dikurangi nilai responden, kemudian total dikalikan 2,5.

Tabel 1. Pernyataan SUS

Simbol	Pernyataan
P1	Saya berencana akan menggunakan aplikasi ini lagi
P2	Saya merasa ada fitur pada aplikasi yang rumit untuk digunakan
P3	Saya merasa aplikasi ini mudah digunakan
P4	Saya merasa membutuhkan bantuan teknis untuk menggunakan aplikasi ini
P5	Saya melihat semua fitur pada aplikasi ini berjalan dengan semestinya
P6	Saya menemukan ada banyak ketidakkonsistenan pada aplikasi ini
P7	Saya merasa orang lain akan cepat memahami cara menggunakan aplikasi ini
P8	Saya merasa aplikasi ini sangat membingungkan
P9	Saya merasa tidak ada kendala ataupun hambatan dalam menggunakan aplikasi ini
P10	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan aplikasi ini

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

Tahap penerapan dan pengolahan data merupakan proses transformasi seluruh data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya menjadi elemen-elemen yang akan diimplementasikan ke dalam aplikasi. Elemen yang dihasilkan mencakup model 3D APD, *marker*, elemen user interface, serta konten materi K3 dan APD yang mendukung fungsi aplikasi sebagai media pengenalan alat K3 berbasis *augmented reality*.

4.2. Pembuatan Model 3D

Terdapat enam model 3D APD yang dikembangkan menggunakan Blender berdasarkan referensi visual hasil observasi. Setiap objek melalui tahap *modelling*, *texturing*, dan *rendering*. Hasil objek 3D yang telah dibuat sebagai berikut:



Gambar 4. Model 3D Safety Helmet



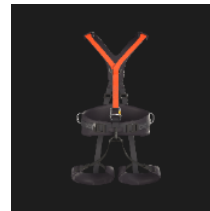
Gambar 5. Model 3D Safety Glasses



Gambar 6. Model 3D Safety Vest



Gambar 7. Model 3D Safety Gloves



Gambar 8. Model 3D Safety Harness



Gambar 9. Model 3D Safety Shoes

- Safety Helmet* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk melindungi kepala dari risiko benturan. Hasil model 3D dari *safety helmet* dapat dilihat pada gambar 4.
- Safety Glasses* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk melindungi mata dari partikel-partikel berbahaya. Hasil model 3D dari *safety glasses* dapat dilihat pada gambar 5.
- Safety Vest* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk meningkatkan visibilitas pengguna. Hasil model 3D dari *safety vest* dapat dilihat pada gambar 6.
- Safety Gloves* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk melindungi tangan risiko paparan bahan berbahaya. Hasil model 3D dari *safety gloves* dapat dilihat pada gambar 7.
- Safety Harness* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk melindungi tubuh dari risiko terjatuh saat bekerja di ketinggian. Hasil model 3D dari *safety harness* dapat dilihat pada gambar 8.
- Safety Shoes* merupakan Alat Pelindung Diri yang berfungsi untuk melindungi kaki dari risiko tertimpa benda. Hasil model 3D dari *safety shoes* dapat dilihat pada gambar 9.

4.3. Pembuatan Marker

Marker visual yang merepresentasikan keenam APD dirancang menggunakan Canva dan didaftarkan ke dalam *database* Vuforia Engine. Pada aplikasi ini digunakan satu *marker* yang berfungsi sebagai pemicu

utama untuk menampilkan seluruh objek 3D APD. Tampilan *marker* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 10 Marker

4.4. Pembuatan Elemen User Interface

Pembuatan elemen *user interface* dilakukan menggunakan *software* Figma. Elemen yang dirancang mencakup tombol navigasi, ikon, latar belakang, dan logo aplikasi. Seluruh elemen visual tersebut kemudian diekspor dan diintegrasikan ke dalam Unity sebagai aset antarmuka aplikasi.

4.5. Pembangunan Aplikasi

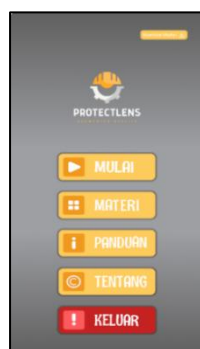
Proses pembangunan aplikasi merupakan tahap di mana seluruh konten yang telah dibuat sebelumnya digabungkan menjadi satu aplikasi yang lengkap. Tahap ini dimulai dengan konfigurasi *database* pada Vuforia Engine, dilanjutkan dengan membuat setiap halaman aplikasi, fitur, serta fungsi navigasi di Unity. Selanjutnya diakhiri dengan proses *build* menjadi file .apk agar dapat dijalankan di perangkat Android.

4.6. Penerapan Tampilan Aplikasi

Penerapan tampilan merupakan tahap implementasi dari rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini seluruh elemen visual dan komponen lainnya direalisasikan ke dalam aplikasi.

4.7. Halaman Utama

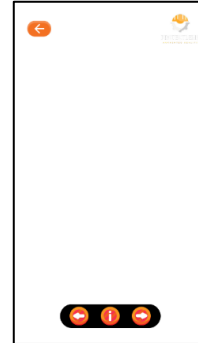
Halaman utama merupakan tampilan awal aplikasi yang muncul setelah splash screen. Halaman ini berfungsi sebagai pusat navigasi utama. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 11. Menu Utama

4.8. Halaman Augmented Reality

Halaman ini merupakan bagian utama aplikasi yang berfungsi untuk menjalankan fitur *augmented reality*. Ketika *marker* terdeteksi aplikasi menampilkan objek 3D beserta informasi deskripsinya. Tampilan halaman dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 12. Halaman Kamera AR

4.9. Halaman Materi

Halaman materi berisi informasi mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Alat Pelindung Diri yang dapat diakses melalui menu Materi pada halaman utama. Sebelum masuk ke halaman isi materi, aplikasi menampilkan daftar topik yang dapat dipilih pengguna, yaitu materi K3 dan materi APD. Tampilan halaman topik materi dan isi materi terdapat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 13. Halaman Menu Materi



Gambar 14. Halaman Isi Materi

4.10. Hasil Pengujian

Hasil Pengujian merupakan hasil yang didapat setelah melalui tahapan pengujian yang telah dirancang dan dijelaskan sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja aplikasi yang telah dikembangkan, dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kesalahan pada aplikasi serta memastikan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan baik.

4.11. Hasil Pengujian Blackbox

Pengujian *blackbox* dilakukan dengan menguji seluruh skenario yang telah dirancang meliputi delapan kelompok pengujian. Hasil pengujian menunjukkan seluruh *input* dan *output* pada sistem

berjalan sesuai yang diharapkan. Rincian hasil *blackbox testing* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Uji Blackbox

No.	Data Masukan	Pengujian	Hasil Pengujian
Buka Aplikasi			
1.	Membuka aplikasi melalui smartphone	Ketika dibuka, menampilkan tampilan menu utama	Sesuai Harapan
Halaman Utama			
2.	Tombol Mulai	Ketika ditekan, akan berpindah ke halaman Augmented Reality	Sesuai Harapan
3.	Tombol Materi	Ketika ditekan, akan berpindah ke halaman menu materi	Sesuai Harapan
4.	Tombol Panduan	Ketika ditekan, akan berpindah ke halaman panduan	Sesuai Harapan
5.	Tombol Tentang	Ketika ditekan, akan berpindah ke halaman tentang	Sesuai Harapan
6.	Tombol Keluar	Ketika ditekan, keluar dari aplikasi	Sesuai Harapan
Halaman Menu Materi			
7.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman utama	Sesuai Harapan
8.	Tombol K3	Ketika ditekan, menampilkan halaman materi K3	Sesuai Harapan
9.	Tombol APD	Ketika ditekan, menampilkan halaman materi APD	Sesuai Harapan
Halaman Materi K3			
10.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman menu materi	Sesuai Harapan
Halaman Materi APD			
11.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman menu materi	Sesuai Harapan
Halaman Augmented Reality			
12.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman utama	Sesuai Harapan
13.	AR Camera	Menampilkan objek 3D APD sesuai marker yang terdeteksi	Sesuai Harapan
14.	Tombol Informasi	Menampilkan informasi deskripsi objek 3D yang sedang ditampilkan	Sesuai Harapan
15.	Tombol Next	Mengganti objek 3D ke objek APD berikutnya	Sesuai Harapan
16.	Tombol Previous	Mengganti objek 3D ke objek APD sebelumnya	Sesuai Harapan
Halaman Panduan			
17.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman utama	Sesuai Harapan
Halaman Tentang			
18.	Tombol Kembali	Ketika ditekan, kembali ke halaman utama	Sesuai Harapan

Berdasarkan hasil pengujian blackbox yang telah dilakukan, seluruh skenario pengujian yang mencakup 8 scene dengan total 18 skenario uji menunjukkan hasil tidak ditemukan adanya kesalahan fungsional maupun ketidaksesuaian antara *input* yang diberikan dan *output* yang dihasilkan oleh sistem, baik pada pengujian navigasi antar halaman, pendeteksian *marker*, penampilan objek 3D, maupun fungsi tombol pada seluruh halaman aplikasi. Hasil dari seluruh skenario pengujian ini membuktikan bahwa aplikasi telah memenuhi seluruh spesifikasi yang ditetapkan pada tahap perancangan.

4.12. Hasil Pengujian System Usability Scale

Pengujian menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) yang digunakan untuk mengukur tingkat kemudahan penggunaan suatu sistem melalui persepsi pengguna. Tahap pengujian dilakukan dengan melibatkan sebanyak 16 responden. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3 Hasil Uji SUS

Responden	Total	Nilai (Total x 2.5)
Responden 1	30	75
Responden 2	32	80
Responden 3	32	80
Responden 4	29	72.5

Responden	Total	Nilai (Total x 2.5)
Responden 5	35	87.5
Responden 6	32	80
Responden 7	26	65
Responden 8	31	77.5
Responden 9	20	50
Responden 10	34	85
Responden 11	29	72.5
Responden 12	20	50
Responden 13	32	80
Responden 14	27	67.5
Responden 15	32	80
Responden 16	32	80
Total Skor		1182,5
Rata - rata skor SUS		73,90625

Dari Tabel 5 diperoleh skor rata-rata SUS sebesar 73,90. Sesuai standar penilaian SUS, skor ini berada dalam kategori *Grade C* dengan *Adjective Rating* "Good". Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi fungsi utamanya sebagai media pengenalan alat K3 dan dapat diterima dengan baik oleh pengguna.

4.13. Pembahasan

Penelitian ini mengembangkan aplikasi "ProtectLens" sebagai media pengenalan alat K3 berbasis teknologi *augmented reality* untuk masyarakat umum guna mengenali berbagai macam

alat K3. Aplikasi menggunakan 6 objek APD yang dapat ditampilkan dengan *marker*. Pada pengujian fungsionalitas dilakukan menggunakan metode *blackbox*, dengan mencoba semua fitur dari skenario pengujian yang telah ditentukan. Hasilnya menunjukkan bahwa semua *input* dan *output* pada sistem yang dirancang telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Sementara itu, pengujian *usability* dengan metode *System Usability Scale* yang melibatkan 16 responden mendapatkan hasil skor akhir 1182,5 dan skor rata – rata sebesar 73,90625. Sesuai dengan standar penilaian SUS, skor ini terdapat dalam kategori *Grade C* dengan *adjective rating* "Good", yang menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima dengan baik, mudah digunakan, dan dinilai layak oleh pengguna.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi "ProtectLens" sebagai media pengenalan Alat Keselamatan dan Kesehatan Kerja berbasis *Augmented Reality* menggunakan metode MDLC dengan teknik *marker-based* yang dapat diakses melalui perangkat Android. Aplikasi menampilkan enam objek 3D APD secara interaktif, dilengkapi informasi deskriptif dan materi edukatif K3. Hasil *blackbox testing* menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai spesifikasi tanpa kesalahan fungsional. Pengujian SUS dengan 16 responden menghasilkan skor rata-rata 73,91 (*Grade C*, *Adjective Rating*: "Good"), menunjukkan aplikasi layak digunakan dan diterima oleh pengguna. Penelitian ini masih memiliki ruang untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Penggunaan teknologi *marker-based* menyebabkan proses pendeteksian objek masih dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, kualitas *marker*, dan jarak kamera terhadap *marker*. Pengembangan berikutnya diharapkan dapat memanfaatkan teknologi *markerless*, serta menambahkan fitur simulasi atau animasi penggunaan APD, rambu – rambu K3 dan APAR sehingga media pembelajaran yang dikembangkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif sekaligus meningkatkan efektivitas penyampaian materi K3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Purba and A. Saragih, "Peran Teknologi dalam Transformasi Pendidikan Bahasa Indonesia di Era Digital," *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society*, vol. 3, no. 3, pp. 43–52, 2023, doi: 10.58939/afosj-las.v3i3.619.
- [2] L. Indahsari and S. Sumirat, "Implementasi Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran Interaktif," *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, 2023, doi: 10.61292/cognoscere.v1i1.20.
- [3] N. M. Alzahrani, "Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 16, 2020, doi: 10.3390/app10165660.
- [4] Ns. Yovita Erin Sastrini., SKM., M.Kes; Ns. Gracia Herni Pertiwi, M.Kep., Ph.D.NS; Muhammad Miftahul Khoiri, S.Kep., *Kesehatan dan Keselamatan Kerja: Tinjauan Komprehensif*, vol. 1. 2023. [Online]. Available: <http://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/496>
- [5] B. Akbar, "Pengenalan Alat Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Augmented Reality," *Alacrity: Journal Of Education*, 2020, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/8914/1/143510544.pdf>
- [6] D. S. Hedaputri, R. Indradi, and A. P. Illahika, "Kajian Literatur: Hubungan Tingkat Pengetahuan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dengan Kejadian Kecelakaan Kerja," vol. 1, no. 3, 2021.
- [7] N. L. P. C. Gita, M. C. Hadi, and A. E. Yulianti, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Sikap Penggunaan Alat Pelindung Diri Pada Pekerja Dupa," vol. 18, no. 2, pp. 51–56, 2021.
- [8] E. Ariyanto, "Hubungan Pengetahuan dan Sikap Terhadap Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di PT. Bima Trisakti Kota Banjarmasin," *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [9] Dendodi, N. Simarona, A. Elpin, Y. Bahari, and Warneri, "Analisis Penerapan Augmented Reality dalam Meningkatkan Efektifitas Pembelajaran Sains di Era Digital," *Alacrity: Journal Of Education*, vol. 4, no. 3, pp. 293–304, 2024.
- [10] S. Suandi, S. Adi Wibowo, and K. Auliasari, "Pengenalan Tools Keselamatan Kerja Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 4, no. 1, pp. 93–101, 2020, doi: 10.36040/jati.v4i1.2334.
- [11] R. Setiawan, S. Rahayu, and I. Komalasari, "Pengembangan Aplikasi Augmented Reality untuk Edukasi Keselamatan Kebakaran: Metode Prototyping dan Usability," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.52158/jacost.v6i1.1028.
- [12] A. Pradana Ariando, P. Wirya Atmaja, and F. Prima Aditiawan, "Pengembangan Gim Edukasi Sebagai Media Pelatihan Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran Berbasis Augmented Reality Dan Escape Room," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 3, pp. 4202–4210, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i3.13590.

- [13] S. Harjoko, "Aplikasi Pengenalan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Berbasis Augmented Reality," pp. 1–109, 2021.
- [14] D. Widyawati, S. Sugiarti, and S. Rahmah Jabir, "Simulasi Furnitur Ruang dengan Augmented Reality Menggunakan Marker Based Tracking," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 2, pp. 2286–2293, 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i2.13236.
- [15] A. A. Mahfudh, S. Nur, N. Cahyo, and H. Wibowo, "Aplikasi Media Pembelajaran Khasi ? ikasi Hewan Vertebrata Menggunakan Augmented Reality dengan Marker Based," vol. 4, no. 2, pp. 95–103, 2022.
- [16] M. Mintarsih, "Pengujiian Black Box Dengan Teknik Transition Pada Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Dengan Metode Waterfall Pada SMC Foundation," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 33–35, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i1.727.
- [17] P. A. Raharja and B. Z. Pramudya, "Evaluasi Usability Aplikasi Augmented Reality Morphfun Menggunakan System Usability Scale," *Multinetics*, vol. 8, no. 2, pp. 122–130, 2022, doi: 10.32722/multinetics.v8i2.4702.
- [18] K. T. Nugroho, B. Julianto, and D. F. Nur MS, "Usability Testing pada Sistem Informasi Manajemen AKN Pacitan Menggunakan Metode System Usability Scale," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 11, no. 1, p. 74, 2022, doi: 10.23887/janapati.v11i1.43209.
- [19] A. R. Lumadja, I. Trang, and A. B. H. Jan, "Implementasi Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Serta Lingkungan Kerja Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Nelayan Di Kabupaten Kepulauan Sangihe," *Jurnal EMBA*, vol. 12, no. 3, pp. 634–645, 2024.
- [20] Santa Novita Yosephin Silalahi and Yas Suriani, "Praktek Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Keselamatan Kerja Mahasiswa di Laboratorium Keperawatan, Poltekkes Tanjungpinang," *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, vol. 2, no. 2, pp. 113–123, 2022, doi: 10.53579/jitkt.v2i2.57