

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* Pada Materi Mikrokontroler Mata Pelajaran Informatika di SMA Negeri 9 Malang

**Muhammad Naja Maskuri¹, Heru Wahyu Herwanto^{2*}, Rizal Firdaus³, Ratna Dwi Jayanti⁴,
 Heny Dwita Ratnasari⁵**

^{1,3,4,5} Pendidikan Profesi Guru, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

²Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

^{*}e-mail *Corresponding Author*: heru_wh@um.ac.id

Abstrack

Informatics, previously known as ICT subjects in high schools, includes material about microcontrollers, especially on the topic of single board computers (SBC) or electronic kits, which are part of the learning outcomes of the Computer System element (SK) in phase F. The limitation of microcontroller components is often an obstacle in learning, especially in terms of introducing and identifying basic microcontroller components. This research aims to develop an Android-based Microcontroller Augmented Reality (AR) learning media application using the ADDIE method (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The results of the media expert validation test showed a score of 48/60 (80%, Worthy category), material experts 51/60 (85%, Very Worthy category), and user response tests with 29 respondents obtained an average score of 67/80 (84%, Very Worthy category). Based on these results, the AR Microcontroller application is feasible to use as a learning media for microcontroller material in Informatics subjects.

Keyword: *Augmented Reality; Learning Media; AADIE; Microcontroller*

Abstrak

Informatika, yang sebelumnya dikenal sebagai mata pelajaran TIK di sekolah menengah atas, mencakup materi tentang mikrokontroler, khususnya pada topik single board computer (SBC) atau kit elektronika, yang merupakan bagian dari capaian pembelajaran elemen Sistem Komputer (SK) pada fase F. Keterbatasan komponen mikrokontroler sering menjadi hambatan dalam pembelajaran, terutama dalam hal pengenalan dan identifikasi komponen dasar mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi media pembelajaran *Augmented Reality* (AR) Mikrokontroler berbasis Android menggunakan metode ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi). Hasil uji validasi ahli media menunjukkan skor 48/60 (80%, kategori Layak), ahli materi 51/60 (85%, kategori Sangat Layak), dan uji respon pengguna dengan 29 responden memperoleh skor rata-rata 67/80 (84%, kategori Sangat Layak). Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi AR Mikrokontroler layak digunakan sebagai media pembelajaran materi mikrokontroler dalam mata pelajaran Informatika.

Keyword: *Augmented Reality; Media Pembelajaran; AADIE; Mikrokontroler*

1. Pendahuluan

Dalam bidang pendidikan, keberhasilan dan efisiensi proses pembelajaran dipengaruhi oleh sejumlah faktor, salah satunya adalah penggunaan media pembelajaran [1]. Media ini berfungsi sebagai alat bantu sekaligus sumber belajar yang memudahkan guru dalam proses pembelajaran. Selain itu, media pembelajaran yang inovatif, khususnya yang melibatkan teknologi, memainkan peran penting dalam meningkatkan minat dan motivasi siswa karena dapat mendukung pengalaman belajar yang lebih menarik dan menyenangkan [2].

Di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) penggunaan media pembelajaran menjadi salah satu bagian penting yang harus di perhatikan. Salah satunya pada mata pelajaran

Informatika yang sebelumnya dikenal sebagai mata pelajaran TIK. Dimana dalam mata pelajaran tersebut terdapat materi tentang *Single Board Mikrokontroler* yang merupakan bagian dari capaian pembelajaran elemen Sistem Komputer (SK) Informatika fase F. Mikrokontroler merupakan komponen penting dalam sistem kendali dan kit elektronika yang sangat relevan dengan perkembangan teknologi masa kini. Mikrokontroler sering digunakan dalam berbagai perangkat dalam kehidupan sehari-hari seperti seperti alat-alat rumah tangga [3], kendaraan [4], robotik [5], dan perangkat pintar lainnya. Namun, pada pembelajaran materi ini siswa seringkali mengalami kesulitan dalam mempelajari fungsi dan penggunaan berbagai komponen dasar mikrokontroler karena kompleksitas materi dan terbatasnya media fisik di kelas. Proses belajar yang terbatas pada gambar atau komponen fisik yang minim seringkali menyebabkan kurangnya minat siswa dan rendahnya pemahaman materi. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi media pembelajaran interaktif yang dapat meningkatkan daya tarik siswa dalam mempelajari mikrokontroler sekaligus memberikan kemudahan dalam belajar. Salah satu inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang menarik adalah Augmented Reality (AR), yang memungkinkan integrasi elemen-elemen virtual dengan dunia nyata, sehingga dapat mendukung pengalaman belajar yang lebih nyata dan imersif bagi siswa [6].

Augmented Reality (AR) menjadi solusi alternatif yang dapat diterapkan sebagai media pembelajaran interaktif dalam berbagai bidang keilmuan, seperti biologi, kimia, fisika, matematika, termasuk bidang informatika yaitu pada materi mikrokontroler. Media AR memberikan pengalaman belajar yang menarik dengan menyajikan objek atau konsep pembelajaran secara real-time dalam bentuk 3D. Melalui teknologi AR, pengguna dapat mengamati dan memahami objek 3D dengan mudah dari berbagai sudut pandang. Penerapan AR dapat dilakukan dengan memanfaatkan penanda atau marker (*Marker-Based Augmented Reality*), yang berfungsi untuk memicu tampilan objek virtual [7]. Marker ini bertindak sebagai titik acuan yang memungkinkan objek 3D muncul dan berinteraksi dengan lingkungan nyata melalui perangkat seperti *smartphone* atau tablet.

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis android dengan menerapkan teknologi *Augmented Reality* pada materi mikrokontroler dalam mata pelajaran informatika kelas XII. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan manfaat, terutama dalam mempermudah guru pada proses pembelajaran materi mikrokontroler serta meningkatkan minat dan pemahaman siswa dalam mempelajari materi mikrokontroler pada pelajaran informatika.

2. Tinjauan Pustaka

Penerapan *Augmented Reality* seringkali digunakan sebagai media pembelajaran, karena *Augmented Reality* memberikan tampilan materi yang berbeda dan lebih interaktif [8]. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan AR sebagai media pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Febriza yang menerapkan teknologi AR untuk pembelajaran klasifikasi bakteri di kelas X [9]. Penelitian tersebut menggunakan tahapan pengembangan *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*, dengan tahap pengujian meliputi aspek desain, materi, fungsionalitas dan ISO. Dimana diperoleh hasil pengujian media dan materi sebesar 98,75%, dan pengujian fungsionalitas 100%. Dari hasil tersebut diperoleh bahwa media pembelajaran AR materi klasifikasi bakteri yang dikembangkan telah terbukti layak untuk diimplementasikan.

Demikian pula, penelitian oleh Mauludin yang mengembangkan media pembelajaran *Augmented Reality* (AR) pada materi system pencernaan dalam mata pelajaran biologi [10]. Penelitian dilakukan karena pembelajaran tentang materi tersebut masih menggunakan media konvensional seperti gambar dan papan tulis. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh bahwa penggunaan AR sebagai media pembelajaran pada materi sistem pencernaan manusia dapat meningkatkan hasil belajar siswa, dibandingkan dengan menggunakan media belajar buku.

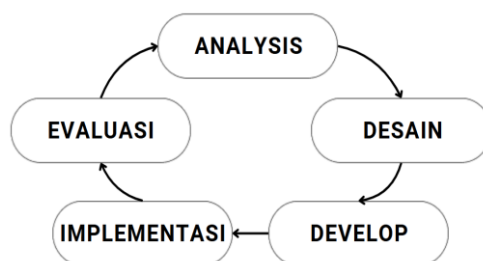
Dalam konteks pembelajaran sekolah menengah penerapan AR sebagai media pembelajaran juga pernah dilakukan oleh T Kurniawati pada materi fluida. Penelitian menggunakan tahapan pengembangan *Borg & Gall* yang terdiri dari pengumpulan data, perencanaan, develop, uji coba terbatas, perbaikan uji coba terbatas, uji coba luas, perbaikan uji coba luas, uji lapangan, revisi final produk, dan desiminasi dan implementasi. Penelitian ini

berhasil mengembangkan aplikasi AR sebagai media pembelajaran materi fluida dan layak untuk digunakan [11].

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, sebagian besar pengembangan AR sebagai media pembelajaran hanya berfokus pada bidang IPA, dengan menggunakan metode pengembangan seperti MDLC dan Brog & Gall. Berbeda dengan itu, penelitian ini akan mengembangkan AR sebagai media pembelajaran untuk mata pelajaran Informatika, dengan model pengembangan yang digunakan yaitu Analisis (*Analysis*), Perancangan (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*) atau disingkat ADDIE, yang menekankan pada analisis terstruktur dan sistematis terhadap hubungan antar komponen aplikasi [12]. Penelitian ini juga akan mengintegrasikan fitur tambahan berupa skala dan rotasi pada objek 3D dalam media AR, yang dapat mempermudah pengguna untuk mengamati objek dari berbagai sisi dan ukuran, suatu fitur yang jarang diterapkan dalam penelitian-penelitian media pembelajaran AR sebelumnya.

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan alur tahapan pengembangan ADDIE yaitu Analisis (*Analysis*), Perancangan (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*) dan Evaluasi (*Evaluation*). Alur pengembangan ADDIE, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Model ADDIE

Penjabaran dari tahapan pengembangan ADDIE adalah sebagai berikut:

3.1.1 Analisis (*Analysis*)

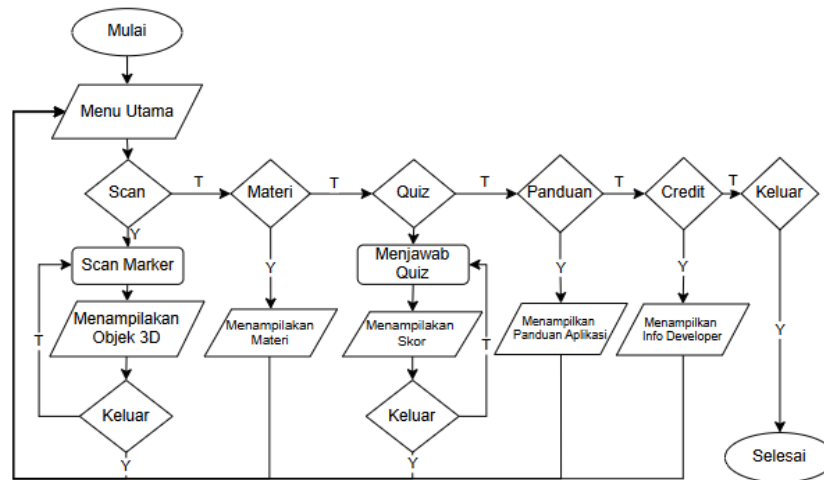
Tahap analisis dilakukan dengan memeriksa berbagai aspek yang mendukung pengembangan media pembelajaran AR Mikrokontroler, khususnya terkait dengan kebutuhan fungsionalitas aplikasi. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, aplikasi ini akan menyediakan sejumlah fitur yang dapat mendukung pengguna dalam mempelajari materi mikrokontroler. Fitur pertama adalah kemampuan untuk memindai marker yang dapat menampilkan objek 3D mikrokontroler, dengan disertai penjelasan interaktif. Fitur lainnya adalah kuis interaktif, yang memungkinkan pengguna untuk menguji pemahaman mereka terhadap materi mikrokontroler melalui soal-soal pilihan ganda. Aplikasi juga menyediakan panduan penggunaan yang memudahkan pengguna dalam memahami cara menggunakan aplikasi, termasuk cara memindai marker dan berinteraksi dengan objek 3D. Pengguna dapat melihat informasi seputar developer untuk mengetahui latar belakang pengembang aplikasi, serta akses untuk keluar dari aplikasi ketika ingin menutup aplikasi. Semua fitur ini dirancang dengan prinsip desain antarmuka yang *user-friendly*, memudahkan navigasi, dan memastikan aplikasi dapat digunakan secara efektif oleh pengguna.

3.1.2 Perancangan (*Design*)

Tahap desain dilakukan dengan melakukan perancangan sistem untuk aplikasi AR Mikrokontroler yang dikembangkan. Perancangan sistem terdiri dari diagram alir (*flowchart*) yang digunakan untuk mengetahui alur proses dari program, dan *uses case diagram* yang digunakan untuk mengetahui fungsionalitas dari aplikasi. Rancangan sistem dari aplikasi AR mikrokontroler sebagai berikut.

1) Perancangan Logik Sistem

Diagram alir merupakan alur proses program, yang direpresentasikan dalam bentuk simbol dan panah.

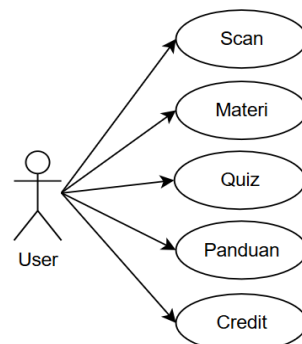


Gambar 2. Diagram Alir Aplikasi AR Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 2, alur program dimulai dengan tampilan menu utama yang menyediakan beberapa opsi, yaitu: Scan, Materi, Quiz, Panduan, Kredit, dan Keluar. Jika opsi Scan dipilih, program akan mengarahkan pengguna ke halaman AR kamera yang menampilkan objek 3D dari komponen-komponen dasar mikrokontroler. Jika opsi Materi dipilih, program akan menampilkan halaman-halaman yang berisi materi mengenai *single board* mikrokontroler. Apabila opsi kuis dipilih, pengguna akan diarahkan ke halaman kuis yang berisi soal-soal pilihan ganda (*multiple choice*) seputar materi mikrokontroler yang dapat dikerjakan berulang kali, serta menampilkan skor di akhir sesi. Jika opsi Panduan dipilih, program akan menunjukkan halaman yang menjelaskan cara penggunaan aplikasi. Jika opsi Kredit dipilih, halaman informasi tentang developer aplikasi akan ditampilkan. Terakhir, jika opsi Keluar dipilih, aplikasi akan menutup dan keluar dari sistem.

2) Perancangan Fungsionalitas Sistem

Use Case Diagram berfungsi untuk menjelaskan aktivitas pengguna dalam aplikasi AR termasuk memberikan gambaran tentang fungsionalitas dari aplikasi yang dibuat. Berikut tampilan use case dari aplikasi AR Mikrokontroler.



Gambar 3. Use Case Diagram Aplikasi AR Mikrokontroler

Berdasarkan *use case diagram* Aplikasi AR Mikrokontroler pada Gambar 3, menjelaskan aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan oleh pengguna, di antaranya pengguna dapat melakukan pemindaian marker untuk menampilkan objek 3D mikrokontroler, pengguna dapat mengamati dan mempelajari materi seputar *single board* mikrokontroler, pengguna dapat mengerjakan kuis berupa soal-soal pilihan ganda, pengguna dapat melihat panduan

penggunaan aplikasi AR, pengguna dapat melihat informasi seputar developer atau pembuat aplikasi, dan pengguna dapat keluar dan menghentikan aplikasi AR.

3.1.3 Pengembangan (*Development*)

Pada tahap pengembangan (*development*), proses dimulai dengan desain objek 3D dari komponen-komponen dasar mikrokontroler, diikuti dengan pengkodean dan pemrograman yang disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi. Untuk mendesain tampilan antarmuka (UI) aplikasi, peneliti memanfaatkan platform Canva yang memungkinkan pembuatan desain grafis dengan mudah dan cepat. Sementara itu, untuk mendesain objek 3D dari komponen mikrokontroler, peneliti menggunakan aplikasi *Blender*, yang memberikan fleksibilitas dan kemampuan detail dalam membuat model 3D yang realistis. Setelah desain selesai, aplikasi AR dikembangkan dengan menggunakan *Unity 3D* sebagai platform pengembangan utama, yang dilengkapi dengan *Vuforia Engine* untuk mendukung fitur pengenalan marker dan integrasi objek 3D ke dalam dunia nyata. Setelah tahap pengembangan dan pengujian selesai, aplikasi AR ini akan dipublikasikan dan direpresentasikan dalam bentuk file APK, siap untuk diinstal pada perangkat Android dan digunakan dalam proses pembelajaran interaktif.

3.1.1 Implementasi (*Implementation*)

Tahap Implementasi (*Implementation*) bertujuan untuk memperkenalkan aplikasi AR kepada pengguna dan memastikan aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan. Pada tahap ini, aplikasi media pembelajaran AR yang telah dikembangkan dilakukan pengujian. Pengujian validasi dilakukan untuk mengetahui area-area yang perlu ditingkatkan dan diperbaiki serta mengidentifikasi potensi kendala teknis. Proses implementasi melibatkan uji validasi dari segi media dan materi. Pada penelitian ini uji validasi materi aplikasi AR dilakukan oleh guru informatika SMAN 9 Malang yang akan menilai penyajian dan relevansi konten, sementara uji validasi media aplikasi AR dilakukan oleh dosen Desain Komunikasi Visual UNU Pasuruan yang akan menilai aspek visual dan interaktif dari aplikasi. Hasil dari uji validasi ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi minor sebelum aplikasi siap diujikan kepada pengguna.

3.1.2 Evaluation

Tahap *Evaluation* (Evaluasi) adalah tahap akhir yang bertujuan untuk menilai efektivitas dan kelayakan media pembelajaran AR secara keseluruhan. Dalam tahap ini, dilakukan uji respon pengguna melalui angket atau kuesioner yang mencakup aspek-aspek seperti relevansi materi, tampilan aplikasi, fungsi software, dan penyajian materi. Pengguna (siswa) memberikan penilaian terhadap pengalaman dan kepuasan mereka saat menggunakan aplikasi. Data dari uji respon ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan skor rata-rata yang dibandingkan dengan skala kelayakan berdasarkan konversi skor total kategori tertentu dalam skala empat. Hasil akhir dari uji kelayakan ini akan dianalisis untuk menentukan sejauh mana aplikasi dapat diterima dan digunakan secara efektif. Keputusan akhir mengenai kelayakan aplikasi akan ditentukan berdasarkan penerapan rumus yang ditunjukkan pada Tabel 1 Kategori Penilaian, yang digunakan untuk mengklasifikasikan hasil evaluasi ke dalam kategori kelayakan yang telah ditetapkan [13].

Tabel 1. Tabel Interval Skor Kategori Kelayakan

| Interval Skor | Kategori |
|------------------------------------|--------------|
| $M + 1,5 * SB < x \leq M + 3 * SB$ | Sangat Layak |
| $M < x \leq M + 1,5 * SB$ | Layak |
| $M - 1,5 * SB < x \leq M$ | Cukup Layak |
| $M - 3 * SB < x \leq M - 1,5 * SB$ | Kurang Layak |

Keterangan:

M (Rata-rata ideal) : $\frac{1}{2} * (\text{skor tertinggi} + \text{skor terendah})$

SB (Simpangan Baku) : $\frac{1}{6} * (\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah})$

4. Hasil dan Pembahasan

Produk yang di hasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah aplikasi media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* materi mikrokontroler. Berikut adalah hasil pengembangan aplikasi dan uji kelayakan aplikasi AR Mikrokontroler.

4.1 Hasil Pengembangan Aplikasi AR Mikrokontroler

4.1.1 Tampilan Halaman Menu Utama



Gambar 4. Tampilan Halaman Menu Utama Aplikasi AR

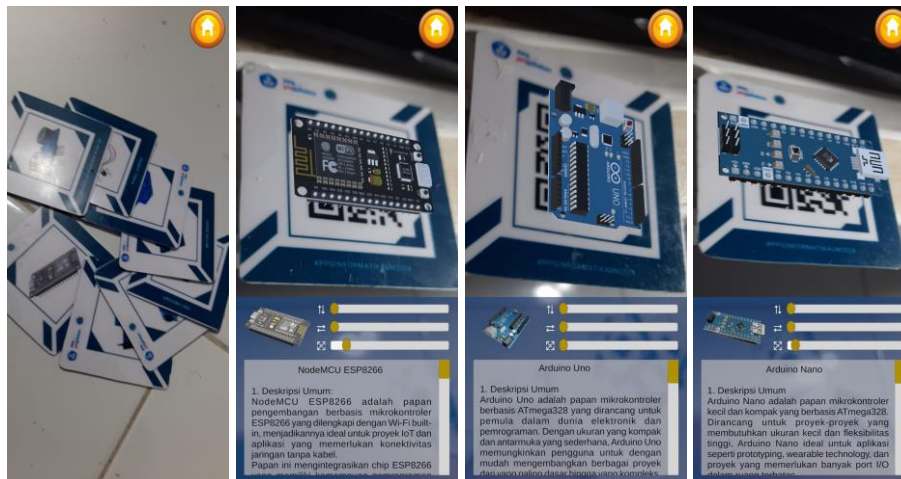
Halaman Menu Utama sebagaimana pada Gambar 4, didesain dengan tampilan yang sederhana dan *user friendly*. Dalam halaman menu utama terdiri dari enam tombol aksi yang dapat digunakan pengguna atau *user*, seperti tombol Scan, Materi, Quiz, Panduan, Credit dan Keluar. Penjelasan terkait fungsi setiap tombol ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Tombol pada Halaman Menu Utama

| Tombol | Penjelasan |
|---------|--|
| Scan | Digunakan untuk menampilkan objek 3D dari komponen-komponen mikrokontroler |
| Materi | Digunakan untuk menampilkan materi seputar single board mikrokontroler |
| Quiz | Digunakan untuk menampilkan quiz yang berisi soal-soal pilihan ganda |
| Panduan | Menampilkan informasi tentang cara penggunaan aplikasi AR dan fungsi tombol-tombol pada aplikasi |
| Kredit | Menampilkan informasi tentang pembuat aplikasi |
| Keluar | Mengakhiri dan keluar dari aplikasi AR |

4.1.2 Tampilan Halaman Scan

Tampilan halaman Scan AR, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, berfungsi untuk menampilkan objek 3D dari komponen-komponen dasar mikrokontroler. Proses ini dilakukan dengan mengarahkan kamera AR pada penanda marker, seperti QR Code. Setelah sensor kamera mendeteksi dan menyorot marker, objek 3D yang relevan akan muncul di layar. Pengguna dapat menyesuaikan skala dan rotasi objek tersebut, baik secara horizontal maupun vertikal, melalui kontrol slider yang tersedia. Selain itu, aplikasi Scan AR juga dilengkapi dengan fitur teks deskripsi yang menyertakan penjelasan tertulis mengenai objek 3D yang ditampilkan. Fitur-fitur ini, termasuk pengaturan skala, rotasi objek AR, serta teks deskripsi, dirancang untuk mempermudah pengguna dalam mempelajari materi mengenai komponen dasar mikrokontroler secara lebih visual, interaktif, dan menarik.



Gambar 5. Tampilan Scan AR

4.1.3 Tampilan Halaman Materi (Konten)

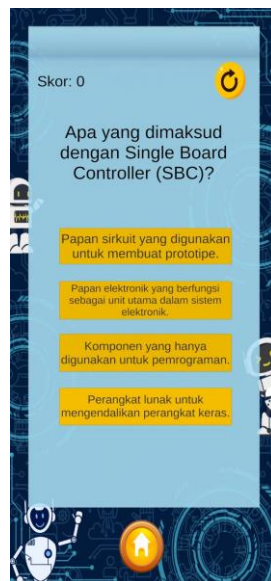


Gambar 6. Tampilan Halaman Materi

Tampilan halaman materi sebagaimana pada Gambar 6, berfungsi untuk menampilkan materi tentang *single board controller* beserta informasi tentang tujuan pembelajaran dan standar kompetensi. Materi disajikan dalam bentuk teks dan dilengkapi dengan gambar yang dapat mempermudah pengguna dalam mempelajari materi mikrokontroler. Selain itu, pada halaman materi, pengguna dapat memanfaatkan tombol *Next* dan *Previous* untuk bernavigasi antar bagian materi, memungkinkan pengalaman belajar yang lebih fleksibel dan terstruktur.

4.1.4 Tampilan Halaman Quiz

Tampilan halaman Quiz, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, berfungsi sebagai media untuk mereview pemahaman materi mengenai *Single Board Controller* melalui soal-soal pilihan ganda. Pengguna dapat menjawab setiap pertanyaan yang disajikan dengan memilih dan menekan salah satu tombol yang berisi jawaban yang benar. Setelah menyelesaikan seluruh sesi pertanyaan, pengguna diberikan kesempatan untuk melihat perolehan skor akhir kuis atau untuk mengulang kuis tersebut guna meningkatkan pemahaman.



Gambar 7. Tampilan Halaman Quiz

4.1.5 Tampilan Halaman Panduan

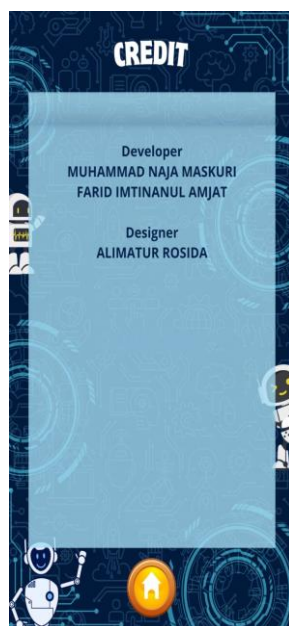


Gambar 8. Tampilan Halaman Panduan

Berdasarkan tampilan halaman panduan pada Gambar 8, halaman panduan menyediakan informasi tentang cara penggunaan aplikasi *Augmented Reality* (AR) termasuk deskripsi fungsi dan kegunaan dari setiap tombol atau navigasi yang ada. Melalui halaman ini pengguna dapat mengetahui cara menggunakan kamera AR serta memahami fungsi dari setiap tombol dan navigasi pada aplikasi AR mikrokontroler dengan mudah.

4.1.6 Tampilan Halaman Kredit

Sebagaimana pada Gambar 9, Halaman Kredit digunakan untuk memberikan informasi kepada pengguna berkaitan dengan developer atau pembembang aplikasi AR Mikrokontroler



Gambar 9. Tampilan Halaman Kredit

4.2 Hasil Uji Validasi Ahli dan Uji Pengguna Aplikasi *Augmented Reality* Mikrokontroler

Untuk mengevaluasi kelayakan aplikasi yang telah dikembangkan, diperlukan uji validasi yang melibatkan para ahli dan pengguna, baik dalam aspek materi maupun media [14]. Pada penelitian ini pengujian materi dilakukan oleh guru informatika SMAN 9 Malang, pengujian media dilakukan oleh dosen Desain Komunikasi Visual UNU Pasuruan, sedangkan pengujian respon pengguna akan melibatkan siswa kelas XII Informatika di SMA Negeri 9 Malang.

Proses uji validasi yang melibatkan ahli media dan materi serta pengguna aplikasi dilakukan dengan menyebarkan lembar angket kepada para validator atau responden. Angket berisi indikator-indikator berupa pernyataan-pernyataan yang berhubungan dengan aplikasi *Augmented Reality* (AR) mikrokontroler, yang mencakup dua aspek utama yaitu media dan materi. Para validator dan responden diminta untuk memberikan penilaian menggunakan skala 1 hingga 4, berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan untuk setiap indikator yang ada. Pada angket uji validasi ahli media peneliti menyediakan 15 indikator pernyataan yang meliputi aspek tampilan, software dan fungsionalitas. Pada angket uji validasi ahli materi peneliti menggunakan 15 indikator pernyataan yang meliputi aspek penyajian dan relevansi materi serta manfaat. Sedangkan pada angket uji respon pengguna peneliti menggunakan 20 indikator pernyataan yang meliputi aspek relevansi materi, penyajian materi, tampilan aplikasi, software dan manfaat.

Hasil penilaian akhir akan dikategorikan berdasarkan penerapan rumus interval skor yang terdapat dalam **Tabel 1**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Ahli Media

| No. | Aspek | Skor | Skor Maks. | (%) |
|--------------|-------------------|-----------|------------|-----------|
| 1. | Tampilan Aplikasi | 28 | 36 | 78 |
| 2. | Software | 6 | 8 | 75 |
| 3. | Fungsionalitas | 14 | 16 | 88 |
| TOTAL | | 48 | 60 | 80 |

Tabel 4. Konversi Skor Total Pengujian Validasi Ahli Media

| No | Interval Skor | Kategori |
|----|-----------------------|--------------|
| 1. | $48,75 < x \leq 60$ | Sangat Layak |
| 2. | $37,5 < x \leq 48,75$ | Layak |
| 3. | $26,25 < x \leq 37,5$ | Cukup Layak |
| 4. | $15 < x \leq 26,25$ | Kurang Layak |

Pada pengujian validasi oleh ahli media, terdapat beberapa aspek yang dinilai, yaitu desain tampilan aplikasi, perangkat lunak (*software*), dan fungsionalitas. Hasil dari penilaian ahli materi yang disajikan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa aspek desain tampilan mendapatkan skor 28 dari 36 (78%), aspek perangkat lunak memperoleh skor 6 dari 8 (75%), dan aspek fungsionalitas meraih skor 14 dari 16 (88%). Total skor untuk ketiga aspek tersebut dijumlahkan, menghasilkan nilai akhir sebesar 48 dari 60, yang setara dengan 80%. Berdasarkan Tabel 4, konversi skor total uji validasi ahli media pada skala empat menunjukkan bahwa skor 48 masuk dalam kategori "Layak".

Tabel 5. Hasil Pengujian Validasi Ahli Materi

| No. | Aspek | Skor | Skor Maks. | (%) |
|--------------|------------------|-----------|------------|-----------|
| 1. | Relevansi Materi | 16 | 20 | 80 |
| 2. | Penyajian Materi | 24 | 28 | 86 |
| 3. | Manfaat | 11 | 12 | 92 |
| TOTAL | | 51 | 60 | 85 |

Tabel 6. Konversi Skor Total Pengujian Validasi Ahli Materi

| No | Interval Skor | Kategori |
|----|-----------------------|--------------|
| 1. | $48,75 < x \leq 60$ | Sangat Layak |
| 2. | $37,5 < x \leq 48,75$ | Layak |
| 3. | $26,25 < x \leq 37,5$ | Cukup Layak |
| 4. | $15 < x \leq 26,25$ | Kurang Layak |

Pada pengujian validasi oleh ahli materi, terdapat beberapa aspek yang dinilai meliputi relevansi materi, kualitas penyajian materi, dan manfaat. Hasil dari penilaian ahli materi yang tertera dalam Tabel 5 menunjukkan bahwa aspek relevansi materi mendapatkan skor 16 dari 20 (80%), aspek penyajian materi mendapat skor 24 dari 28 (86%), dan aspek manfaat memperoleh skor 11 dari 12 (92%). Setelah dijumlahkan, total skor untuk ketiga aspek tersebut adalah 51 dari 60, yang setara dengan 85%. Berdasarkan Tabel 6, konversi skor total pengujian validasi ahli materi menunjukkan bahwa skor 51 termasuk dalam kategori "Sangat Layak".

Setelah aplikasi media pembelajaran AR Mikrokontroler yang dikembangkan mendapatkan validasi dari ahli media dan ahli materi, peneliti melakukan perbaikan berdasarkan hasil pengujian validasi yang diperoleh. Revisi dilakukan dengan memperhatikan saran dan komentar yang diberikan oleh para ahli terkait aplikasi AR yang dikembangkan. Beberapa perbaikan yang dilakukan pada aspek media meliputi peningkatan kejelasan *font* pada tombol, penyempurnaan tema aplikasi agar lebih menarik, penambahan ukuran teks pada pop-up deskripsi AR, dan penambahan fitur rotasi vertikal pada objek 3D AR. Pada aspek materi, revisi yang dilakukan antara lain penambahan informasi mengenai standar kompetensi dan tujuan pembelajaran, serta penambahan kuis berupa soal-soal pilihan ganda terkait materi. Setelah dilakukan revisi pada aspek media dan materi, aplikasi media pembelajaran AR Mikrokontroler kemudian diuji coba kepada siswa sebagai uji respons pengguna. Uji coba dilakukan pada 29 siswa kelas XII Informatika SMA Negeri 9 Malang. Aspek yang dinilai dalam uji respon pengguna mencakup relevansi materi, tampilan aplikasi, perangkat lunak (*software*), penyajian materi, dan manfaat aplikasi.

Tabel 7. Hasil Pengujian Respon Pengguna

| No. | Aspek | Skor | Skor Maks. | (%) |
|--------------|-------------------|-------------|------------|-----------|
| 1. | Relevansi Materi | 13,2 | 16 | 83 |
| 2. | Tampilan Aplikasi | 16,7 | 20 | 84 |
| 3. | Software | 9,8 | 12 | 82 |
| 4. | Penyajian Materi | 17,3 | 20 | 87 |
| 5. | Manfaat | 10,2 | 12 | 85 |
| TOTAL | | 67,3 | 80 | 84 |

Tabel 8. Konversi Rata-rata Skor Total Pengujian Respon Pengguna

| No | Interval Skor | Kategori |
|----|------------------|--------------|
| 1. | $65 < x \leq 80$ | Sangat Layak |
| 2. | $50 < x \leq 65$ | Layak |
| 3. | $35 < x \leq 50$ | Cukup Layak |
| 4. | $20 < x \leq 35$ | Kurang Layak |

Berdasarkan data hasil uji respon pengguna yang ditunjukkan pada Tabel 7, didapatkan rata-rata skor untuk setiap aspek sebagai berikut: aspek relevansi materi mendapatkan rata-rata skor 13,2 dari 16 (83%), aspek tampilan aplikasi mendapatkan rata-rata skor 16,7 dari 20 (84%), aspek perangkat lunak (software) mendapatkan rata-rata skor 9,8 dari 12 (82%), aspek penyajian materi memperoleh rata-rata skor 17,3 dari 20 (87%), dan aspek manfaat memperoleh rata-rata skor 10,2 dari 12 (85%). Total skor keseluruhan dari semua aspek adalah 67,3 dari skor maksimal 80 (84%). Berdasarkan hasil tersebut, untuk menentukan kategori kelayakan, dapat merujuk pada Tabel 8, konversi rata-rata total skor pengujian respon siswa menunjukkan bahwa skor 67,3 termasuk dalam kategori "Sangat Layak".

4.3 Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi AR Mikrokontroler yang telah direvisi memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran. Hasil pengujian validasi ahli media, ahli materi, dan pengujian respon pengguna menunjukkan bahwa aplikasi AR mikrokontroler layak digunakan sebagai media pembelajaran. Aplikasi ini memperoleh skor yang sangat baik dalam hal tampilan, fungsionalitas, dan relevansi materi, dengan persentase kelayakan mencapai 80% dari segi media, 85% dari segi materi, dan 84% dari sisi pengguna. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan *Augmented Reality* (AR) dapat membantu siswa lebih memahami konsep mikrokontroler yang sulit dipahami melalui metode pembelajaran konvensional. Hasil penelitian ini juga memperkuat penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh BA Sugiarto (2024) yang menunjukkan bahwa AR dapat dijadikan sebagai media pembelajaran interaktif yang dapat meningkatkan pemahaman siswa serta minat dan motivasi dalam pembelajaran [15]. Meskipun aplikasi ini sudah memenuhi kriteria kelayakan, pengembangan lebih lanjut diperlukan, terutama dalam hal integrasi fitur interaktif dan peningkatan antarmuka pengguna agar lebih responsive.

5. Simpulan

Aplikasi *Augmented Reality* (AR) Mikrokontroler berbasis Android dikembangkan sebagai media pembelajaran untuk materi Informatika, khususnya pada topik elemen Sistem Komputer (SK) pada fase F. Pengembangan aplikasi AR Mikrokontroler menggunakan metode ADDIE, yang terdiri dari lima tahap proses yaitu Analisis (*Analysis*), Perancangan (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*). Aplikasi ini mencakup beberapa menu, yaitu Scan, Materi, Quiz, Panduan, dan Kredit, yang dirancang untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Untuk menilai kelayakan aplikasi, dilakukan pengujian validasi oleh ahli media dan ahli materi, serta pengujian respon pengguna. Hasil pengujian validasi media mendapatkan skor 48 dari 60 (80%), dengan kategori "Layak". Hasil pengujian validasi materi memperoleh skor 51 dari 60 (85%), dengan kategori "Sangat Layak". Selain itu, uji respons pengguna yang melibatkan 29 responden menghasilkan rata-rata skor 67 dari 80 (84%), dengan kategori "Sangat Layak". Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi AR

Mikrokontroler dapat diterapkan sebagai media pembelajaran untuk materi pengenalan mikrokontroler dalam mata pelajaran Informatika.

Daftar Referensi

- [1] R. Rejeki, M. F. Adnan, and P. S. Siregar, "Pemanfaatan Media Pembelajaran pada Pembelajaran Tematik Terpadu di Sekolah Dasar," *J. Basicedu*, vol. 4, no. 2, pp. 337–343, 2020, doi: 10.31004/basicedu.v4i2.351.
- [2] H. Yusup, A. A. Azizah, S. Rejeki, Endang, and S. Meliza, "Literature Review: Peran Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* Dalam Media Sosial," *JPI J. Pendidik. Indones.*, vol. 2, no. 5, pp. 1–13, 2023, doi: 10.59818/jpi.v3i5.575.
- [3] G. Sanhaji, I. Pratama Putra, and I. Abdul Rojak, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kebocoran Gas, Suhu, dan Kelembapan pada Dapur Berbasis Internet of Things Menggunakan Mikrokontroler Wemos D1 Mini," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 5, no. 4, pp. 335–343, 2023, doi: 10.38035/rj.v5i4.785.
- [4] G. Septian, R. Mardiaty, and M. R. Effendi, "Perancangan Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida Berbasis Mikrokontroler Arduino pada Kendaraan Roda Empat," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2019*, no. November 2019, pp. 569–575, 2019.
- [5] R. Samad, S. Syarif, R. Syam, A. -, A. Setiawan, and S. AlQadri, "Robot Penggerak Dua Roda Sebagai Media Pembelajaran Robotik bagi Siswa SMA 05 Barru," *J. TEPAT Appl. Technol. J. Community Engagem. Serv.*, vol. 2, no. 2, pp. 120–128, 2019, doi: 10.25042/jurnal_tepat.v2i2.85.
- [6] A. Tohir, F. Handayani, R. Sulistiana, V. Wiliyanti, T. Arifianto, and L. Husnita, "*Augmented Reality* dalam Proses Pemahaman Pembelajaran," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 7, no. 3, p. 8, 2024.
- [7] M. Dicky Juliansyach, "Aplikasi *Augmented Reality* Pengenalan Hewan Untuk Anak Usia Dini Berbasis Android," *SIBATIK J. J. Ilm. Bid. Sos. Ekon. Budaya, Teknol. dan Pendidik.*, vol. 2, no. 4, pp. 1155–1166, 2023, doi: 10.54443/sibatik.v2i4.753.
- [8] C. Atikah, I. Rusdiyani, and R. Ridela, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* pada Tema Binatang Purba Untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Anak Usia Dini Kelompok B (5-6) Tahun di TK Tunas Insan Kamil Kota Serang," *JEA (Jurnal Edukasi AUD)*, vol. 9, no. 2, pp. 89–101, 2023, doi: 10.18592/jea.v9i2.9326.
- [9] M. A. Febriza, Q. J. Adrian, and A. Sucipto, "Penerapan Ar Dalam Media Pembelajaran Klasifikasi Bakteri," *J. BIOEDUIN Progr. Stud. Pendidik. Biol.*, vol. 11, no. 1, pp. 10–18, 2021, doi: 10.15575/bioeduin.v11i1.12076.
- [10] R. Mauludin, A. S. Sukanto, and H. Muhandi, "Penerapan *Augmented Reality* Sebagai Media Pembelajaran Sistem Pencernaan pada Manusia dalam Mata Pelajaran Biologi," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 3, no. 2, p. 117, 2017, doi: 10.26418/jp.v3i2.22676.
- [11] T. Kurniawati, I. Ratna Ermawaty, and M. N. Hidayat, "Media Pembelajaran Pada Materi Fluida Dengan Teknologi *Augmented Reality* Berbasis Android Untuk Siswa SMA," *Pros. Semin. Nas. Fis. Festiv.*, no. November 2019, pp. 168–173, 2019.
- [12] G. Galindra, F. Adnan, and J. A. Putra, "Pengembangan Game Visual Novel Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Inggris Menggunakan Metode ADDIE," *INFORMAL Informatics J.*, vol. 8, no. 1, p. 76, 2023, doi: 10.19184/isj.v8i1.31540.
- [13] H. Satriawati and Haryanto, "Pengembangan E-Modul Interaktif Sebagai Sumber Belajar Elektronika Dasar," *Progr. Stud. Pendidik. Tek. Mekatronika*, vol. 6, no. 3, pp. 188–196, 2016.
- [14] D. A. Putri, D. M. Irianto, Y. F. Furnamasari, P. Indonesia, J. P. No, and C. Wetan, "Pengembangan Media Pembelajaran Google Sites Berbasis Aplikasi pada Mata Pelajaran PPKn Materi Hak dan Kewajiban Kelas V Sekolah Dasar," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 8, pp. 11381–11391, 2024, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/14091>
- [15] Sugiarto, "Penerapan Teknologi *Augmented Reality* Dalam Menyajikan Materi Pembelajaran Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa," *J. Rev. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 7, no. 2, pp. 4999–5004, 2024.