

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PERAKITAN KOMPUTER BERBASIS AUGMENTED REALITY DENGAN MDLC-SUS

Lubna ¹⁾, Buyut Khoirul Umri ²⁾, Sahrul Amir Romadhon ³⁾

¹⁾ Sistem Informasi Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{2,3)} Teknologi informasi Universitas Amikom Yogyakarta

email : [^{1\)}](mailto:lubna@udb.ac.id), [^{2\)}](mailto:buyut@amikom.ac.id), [^{3\)}](mailto:sahrulamir@students.amikom.ac.id)

Abstraksi

Pemahaman komponen dan prosedur perakitan komputer merupakan kompetensi dasar mahasiswa teknologi informasi, namun pembelajaran konvensional berbasis teks, gambar dua dimensi, dan demonstrasi terbatas belum mampu memvisualisasikan bentuk, posisi, serta urutan pemasangan komponen secara interaktif. Praktik langsung juga berisiko merusak perangkat keras dan membutuhkan biaya tinggi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality pada Android menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle, meliputi concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Aplikasi menyediakan fitur Play AR, scan marker, model 3D komponen, deskripsi, animasi tutorial, dan kuis interaktif. Pengujian blackbox menunjukkan seluruh fitur utama berjalan sesuai rancangan. Evaluasi usability menggunakan System Usability Scale dilakukan terhadap 25 responden dan menghasilkan total skor 2.025 dengan rata-rata 81,00, termasuk kategori Sangat Baik/Excellent. Hasil ini menunjukkan aplikasi layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif.

Kata Kunci :

Augmented Reality, Media Pembelajaran, Multimedia Development Life Cycle, Skala Kegunaan Sistem.

Abstract

Understanding computer components and assembly procedures is a basic competency for information technology students, but conventional learning based on text, two-dimensional images, and limited demonstrations has not been able to visualize the shape, position, and sequence of component installation interactively. Direct practice also risks damaging hardware and requires high costs. This study aims to develop Augmented Reality-based computer assembly learning media on Android using the Multimedia Development Life Cycle method, including concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. The application provides Play AR features, scan markers, 3D component models, descriptions, tutorial animations, and interactive quizzes. Blackbox testing shows that all main features run according to design. Usability evaluation using the System Usability Scale was conducted on 25 respondents and produced a total score of 2,025 with an average of 81.00, included in the Very Good/Excellent category. These results indicate that the application is suitable for use as an interactive learning medium.

Keywords :

Augmented Reality, Learning Media, Multimedia Development Life Cycle, System Usability Scale.

Pendahuluan

Komputer merupakan instrumen sentral dalam proses pembelajaran modern saat ini, sehingga mahasiswa sering kali diharapkan memiliki kompetensi dasar yang kuat dalam merakitnya. Penguasaan materi mengenai komponen komputer, seperti processor, RAM, dan motherboard, menjadi materi fundamental dalam mata kuliah seperti Organisasi dan Arsitektur Komputer, Sistem Terdistribusi, Sistem Operasi & Pemrograman Open Source. Salah satu tantangan dalam pembelajaran perakitan komputer adalah kebutuhan visualisasi yang jelas. Mahasiswa tidak hanya perlu mengetahui nama dan fungsi komponen, tetapi juga perlu memahami bentuk fisik, posisi pemasangan, orientasi komponen, serta urutan pemasangan yang benar. Komponen seperti Processor, RAM, Motherboard, SSD, VGA, Power Supply, Casing, dan CPU Cooler memiliki

karakteristik serta prosedur pemasangan yang berbeda. Kesalahan dalam memahami posisi atau cara pemasangan dapat menyebabkan kegagalan sistem bahkan kerusakan perangkat keras.

Praktikum perakitan komputer merupakan disiplin yang mewajibkan penguasaan teori sekaligus keahlian teknis secara prosedural. Mahasiswa tidak hanya perlu mengenali nama dan kegunaan tiap bagian, tetapi juga harus memahami wujud fisik, orientasi pemasangan, posisi, serta urutan perakitan yang akurat. Kekeliruan dalam mempraktikkan prosedur tersebut berisiko menyebabkan kegagalan fungsi sistem hingga kerusakan fatal pada perangkat keras. Kondisi ini menegaskan perlunya media pembelajaran yang mampu menyajikan visualisasi prosedural yang jelas, interaktif, dan aman sebelum mahasiswa terjun ke praktik fisik. Studi terkait simulasi perakitan berbasis *Virtual Reality*

membuktikan bahwa media dengan visualisasi tiga dimensi sangat membantu mahasiswa dalam memahami tahapan perakitan secara lebih nyata sekaligus meminimalkan risiko kerusakan komponen hardware [1].

Praktikum perakitan komputer secara konvensional juga menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan fasilitas, biaya pengadaan perangkat keras yang tinggi, risiko kerusakan komponen, serta keterbatasan waktu praktik. Penelitian sebelumnya mengenai simulasi praktikum perakitan komputer berbasis Virtual Reality menunjukkan bahwa teknologi imersif dapat menjadi alternatif pembelajaran yang aman, realistis, dan dapat mengurangi risiko kerusakan perangkat fisik [1]. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis visualisasi tiga dimensi memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pembelajaran perakitan komputer.

Selama ini, pembelajaran perakitan komputer masih banyak menggunakan media konvensional berupa teks, gambar dua dimensi, slide presentasi, atau video pembelajaran. Media tersebut dapat memberikan informasi dasar, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan realistis. Gambar dua dimensi tidak selalu mampu menunjukkan detail bentuk komponen dari berbagai sudut pandang. Sementara itu, praktik langsung menggunakan perangkat keras fisik membutuhkan ketersediaan komponen yang cukup, ruang laboratorium, serta pendampingan instruktur agar kesalahan pemasangan dapat diminimalkan.

Media edukasi konvensional, seperti buku cetak, gambar dua dimensi, maupun video, masih memiliki keterbatasan dalam menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif serta belum mampu menggambarkan hubungan spasial antar komponen secara realistis. Teknologi *Augmented Reality* dinilai mampu menutup celah tersebut dengan mengintegrasikan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara *real-time*, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam melalui visualisasi objek 3D [5]. Selain itu, AR unggul dalam menciptakan ekosistem pembelajaran hibrida yang memadukan elemen digital dan fisik, yang pada akhirnya meningkatkan keterlibatan pengguna serta pemahaman konsep melalui aktivitas yang lebih interaktif [2].

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk menghadirkan media pembelajaran yang lebih interaktif. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *Augmented Reality*. *Augmented Reality* merupakan teknologi yang menggabungkan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara *real-time*. Melalui perangkat Android, pengguna dapat melihat objek tiga dimensi yang ditampilkan di atas marker atau lingkungan nyata. Dalam konteks pembelajaran, AR dapat membantu memvisualisasikan objek yang sulit dijelaskan hanya melalui teks atau gambar statis. Penggunaan *Augmented Reality* dalam pembelajaran telah banyak diterapkan pada berbagai bidang. Penelitian pada media pembelajaran bangun ruang menunjukkan bahwa AR mampu membantu peserta

didik memvisualisasikan objek tiga dimensi yang sebelumnya sulit dipahami melalui metode ceramah dan gambar dua dimensi [3]. Penelitian lain mengenai media pembelajaran organ dalam manusia berbasis Android juga menunjukkan bahwa AR dapat menghadirkan objek 3D secara interaktif, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami [4].

Pemanfaatan AR sebagai media edukasi telah banyak diimplementasikan di berbagai bidang. Dalam pembelajaran bangun ruang, AR terbukti membantu siswa memvisualisasikan objek tiga dimensi dan meningkatkan hasil belajar secara signifikan, yang ditunjukkan dengan kenaikan nilai rata-rata dari 49,68 menjadi 74,84 [3]. Penelitian lain pada media pembelajaran organ dalam manusia berbasis Android juga mengonfirmasi bahwa AR efektif dalam menampilkan objek 3D secara interaktif, sehingga membantu pengguna memahami materi yang sebelumnya sulit untuk diamati langsung [4]. Temuan-temuan ini memperkuat posisi AR sebagai instrumen media pembelajaran berbasis visualisasi yang sangat potensial.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran karena mampu menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual untuk menyajikan informasi yang lebih interaktif, realistis, dan mudah dipahami. Dalam bidang pendidikan, AR dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar serta membantu pengguna memahami konsep kompleks melalui visualisasi 3D, termasuk dalam pembelajaran perakitan komputer. Melalui platform Android, media pembelajaran berbasis AR dapat diakses secara mandiri kapan pun dan di mana pun, mulai dari pengenalan komponen hingga simulasi prosedur pemasangan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya membantu mengatasi keterbatasan praktikum konvensional, tetapi juga memberikan kontribusi akademis dalam penerapan AR pada pembelajaran teknik, khususnya simulasi prosedural dan interaksi manusia-komputer.

Namun, riset terkait pengembangan media pembelajaran perakitan komputer berbasis AR masih cukup terbatas, terutama yang mengintegrasikan visualisasi model 3D, deskripsi fungsi, animasi tutorial, kuis interaktif, serta pengujian *usability* dengan metode *System Usability Scale*. Literasi sebelumnya mengenai perakitan komputer lebih banyak menggunakan teknologi *Virtual Reality* yang mengharuskan penggunaan perangkat khusus seperti headset VR [1]. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi perakitan komputer berbasis AR di perangkat Android menjadi sangat krusial karena menawarkan kemudahan akses melalui *smartphone*, fleksibilitas untuk belajar mandiri, serta berfungsi sebagai tahap simulasi prapraktik sebelum mahasiswa berhadapan langsung dengan perangkat keras asli.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis *Augmented Reality*. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan

komponen komputer dalam bentuk model 3D, memberikan informasi fungsi komponen, serta menampilkan animasi tutorial pemasangan. Dengan adanya aplikasi ini, mahasiswa dapat mempelajari perakitan komputer secara mandiri sebelum melakukan praktik langsung menggunakan perangkat keras fisik.

Tinjauan Pustaka

Media Pembelajaran Interaktif

Media pembelajaran merupakan sarana yang digunakan untuk membantu proses penyampaian materi agar lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Dalam pembelajaran modern, media tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penyampaian informasi, tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan motivasi, minat, dan keterlibatan peserta didik. Media pembelajaran berbasis multimedia dapat menggabungkan teks, gambar, suara, animasi, video, dan interaksi sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan efektif [5].

Penggunaan media pembelajaran interaktif sangat relevan untuk materi yang membutuhkan pemahaman visual dan prosedural. Mayer menjelaskan bahwa pembelajaran multimedia dapat membantu pengguna memahami materi dengan lebih baik ketika informasi disajikan melalui kombinasi kata dan gambar secara terintegrasi [5]. Dalam konteks pembelajaran perakitan komputer, media pembelajaran interaktif dapat digunakan untuk menampilkan bentuk komponen, fungsi komponen, serta tahapan pemasangan secara visual.

Penelitian Setiawan, Gustalika, dan Raharja menunjukkan bahwa media pembelajaran tumbuhan berbasis Augmented Reality mampu memberikan visualisasi tiga dimensi yang memudahkan siswa dalam memahami konsep pembelajaran. Aplikasi tersebut dikembangkan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle dan memperoleh hasil usability sebesar 79,83 yang termasuk kategori "Good" [6]. Hal ini menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR dapat menjadi alternatif yang baik untuk meningkatkan pemahaman pengguna terhadap materi yang membutuhkan visualisasi objek.

Augmented Reality

Augmented Reality adalah teknologi yang menjanjikan untuk mendukung proses pembelajaran karena mampu menampilkan objek virtual dalam lingkungan nyata secara interaktif. Di ranah pendidikan, AR tidak sekadar berperan sebagai alat visualisasi tetapi juga memperkaya pengalaman belajar lewat representasi tiga dimensi, interaksi langsung, dan keterlibatan pengguna. Menurut Radu, AR menawarkan pengalaman belajar yang berbeda dari media konvensional dengan mengintegrasikan informasi digital ke dalam dunia nyata, sehingga cocok untuk pembelajaran yang memerlukan visualisasi ruang, objek, dan proses [7]. Azuma

menyatakan bahwa AR memiliki tiga karakteristik utama, yaitu menggabungkan dunia nyata dan virtual, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, serta menempatkan objek virtual dalam ruang tiga dimensi [2]. Karakteristik tersebut membuat AR sesuai digunakan untuk pembelajaran yang membutuhkan pemahaman bentuk, posisi, struktur, dan hubungan antarobjek.

Dalam bidang pendidikan, AR dapat digunakan untuk memvisualisasikan objek yang sulit dipahami jika hanya disajikan melalui teks atau gambar dua dimensi. Teknologi ini memungkinkan pengguna melihat objek virtual melalui perangkat seperti smartphone atau tablet, sehingga materi dapat disajikan secara lebih konkret dan interaktif. Selain itu, Akçayır dan Akçayır dalam tinjauan sistematis mereka menyatakan bahwa AR unggul dalam menciptakan lingkungan belajar hibrida yang memadukan objek digital dan fisik. Lingkungan semacam ini dapat membantu pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan komunikasi melalui aktivitas pembelajaran yang interaktif [8].

Penelitian Umri, Astuti, dan Sholihan menerapkan AR sebagai media pembelajaran bangun ruang untuk siswa sekolah dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat membantu siswa memahami unsur-unsur bangun ruang dan meningkatkan hasil belajar, yang ditunjukkan melalui peningkatan nilai rata-rata pretest dari 49,68 menjadi posttest 74,84 [3]. Penelitian tersebut memperkuat bahwa AR dapat membantu visualisasi objek tiga dimensi yang membutuhkan kemampuan spasial. Selain itu, Musthofa, Umri, Astuti, dan Justin mengembangkan aplikasi AR berbasis Android sebagai media pembelajaran organ dalam manusia. Aplikasi tersebut menampilkan objek 3D organ dalam seperti jantung, paru-paru, hati, lambung, dan ginjal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AR dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan media dua dimensi [4].

Augmented Reality Berbasis Android

Android merupakan platform mobile yang banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi pembelajaran karena bersifat portabel dan mudah diakses oleh pengguna. Penggunaan Android dalam aplikasi AR memungkinkan pengguna belajar secara mandiri melalui smartphone tanpa harus selalu berada di ruang kelas atau laboratorium.

Aplikasi AR berbasis Android umumnya memanfaatkan kamera perangkat untuk mengenali marker atau lingkungan nyata, kemudian menampilkan objek virtual pada layar. Kamil, Sindunigrum, dan Iqbal menjelaskan bahwa AR berbasis Android memungkinkan pengguna mengenali objek 3D secara real-time dengan cara mengarahkan kamera perangkat ke image target yang telah disiapkan [9]. Hal ini relevan dengan penelitian ini karena aplikasi perakitan komputer yang dikembangkan menggunakan perangkat Android

sebagai media utama untuk menampilkan objek 3D komponen komputer.

Penelitian lain mengenai evaluasi usability teknologi AR berbasis Android menunjukkan bahwa aplikasi AR dengan kombinasi marker-based dan markerless dapat digunakan untuk memvisualisasikan koleksi benda sejarah. Evaluasi menggunakan System Usability Scale menghasilkan skor rata-rata 78 yang termasuk kategori "Good" [10]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi AR berbasis Android dapat diterima dengan baik oleh pengguna apabila dirancang dengan antarmuka dan navigasi yang mudah dipahami.

Marker Based Tracking

Marker Based Tracking merupakan metode dalam AR yang menggunakan penanda visual untuk menampilkan objek virtual. Marker dapat berupa gambar, pola, kartu, atau image target yang telah didaftarkan dalam database. Ketika kamera perangkat mengenali marker tersebut, sistem akan menampilkan objek virtual yang sesuai.

Fahmizher, Ruuhwan, dan Hartono menjelaskan bahwa marker based tracking memanfaatkan marker sebagai pola yang dikenali kamera untuk menampilkan informasi atau objek virtual. Dalam penelitiannya, metode ini digunakan untuk mengembangkan aplikasi denah berbasis AR menggunakan MDLC. Aplikasi tersebut memanfaatkan objek 2D dan 3D untuk menyampaikan informasi secara visual [11].

Wardiana, Hidayat, dan Dewi juga menggunakan marker based tracking dalam pengembangan media pembelajaran jenis jamur berbasis AR. Aplikasi tersebut dikembangkan menggunakan MDLC dan diuji melalui blackbox testing, pengujian sudut, jarak, intensitas cahaya, serta SUS. Hasil pengujian memperoleh skor SUS 74,78 dengan kategori acceptable dan good [12]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa marker based tracking masih relevan digunakan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis AR.

Media Pembelajaran Perakitan Komputer

Perakitan komputer merupakan materi pembelajaran yang membutuhkan pemahaman konseptual dan keterampilan prosedural. Mahasiswa tidak hanya perlu mengetahui nama dan fungsi komponen seperti motherboard, processor, RAM, VGA, SSD, power supply, casing, dan CPU cooler, tetapi juga harus memahami posisi, orientasi, serta urutan pemasangan komponen secara benar.

Pembelajaran perakitan komputer secara konvensional memiliki beberapa kendala, seperti keterbatasan fasilitas laboratorium, biaya perangkat keras yang tinggi, risiko kerusakan komponen, dan keterbatasan waktu praktik. Umri et al. mengembangkan simulasi praktikum perakitan komputer berbasis Virtual Reality menggunakan Unity dan Oculus Quest 2. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi imersif dapat membantu mahasiswa memahami prosedur perakitan

secara interaktif dan realistis. Hasil evaluasi menggunakan SUS memperoleh skor rata-rata 74,63 dengan kategori Grade B [1].

Meskipun penelitian tersebut menggunakan Virtual Reality, konsep visualisasi prosedural yang digunakan relevan dengan penelitian ini. Perbedaannya, penelitian ini menggunakan Augmented Reality berbasis Android sehingga pengguna dapat melihat objek 3D komponen komputer melalui kamera smartphone dan marker. Dengan demikian, aplikasi yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi media pembelajaran yang lebih mudah diakses dan aman sebelum mahasiswa melakukan praktik langsung menggunakan perangkat keras fisik.

Multimedia Development Life Cycle

Multimedia Development Life Cycle merupakan metode pengembangan aplikasi multimedia yang terdiri atas enam tahapan, yaitu concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Metode ini banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi multimedia karena memiliki alur kerja yang sistematis mulai dari perencanaan konsep hingga distribusi produk akhir.

Fahmizher, Ruuhwan, dan Hartono menggunakan MDLC dalam pengembangan aplikasi denah berbasis AR. Tahap concept digunakan untuk menentukan tujuan dan sasaran aplikasi, tahap design digunakan untuk merancang use case diagram dan activity diagram, tahap material collecting digunakan untuk mengumpulkan aset, tahap assembly digunakan untuk mengintegrasikan aset ke dalam Unity, tahap testing digunakan untuk menguji fungsi aplikasi, dan tahap distribution digunakan untuk menyebarkan aplikasi kepada pengguna [11].

MDLC juga digunakan dalam penelitian Musthofa et al. untuk mengembangkan aplikasi AR organ dalam manusia berbasis Android. Aplikasi tersebut memuat objek 3D, marker, desain antarmuka, dan informasi pembelajaran [4]. Dengan demikian, MDLC dinilai sesuai digunakan dalam penelitian ini karena aplikasi AR perakitan komputer memuat berbagai komponen multimedia, seperti model 3D, marker, teks deskripsi, animasi tutorial, antarmuka pengguna, dan kuis interaktif.

Blackbox Testing dan System Usability Scale

Blackbox Testing adalah metode uji fungsional yang digunakan untuk mengevaluasi aplikasi dengan fokus pada perilaku dari perspektif pengguna; metode ini membantu mendeteksi masalah saat penggunaan, serta memastikan aplikasi mudah digunakan, responsif, dan memenuhi kebutuhan serta spesifikasi yang ditetapkan [13]. Pengujian sistem diperlukan untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan. Blackbox testing merupakan metode pengujian yang berfokus pada fungsi aplikasi dari sisi pengguna tanpa melihat struktur kode program. Pengujian ini dapat digunakan untuk memastikan bahwa tombol navigasi, scan marker,

tampilan model 3D, animasi tutorial, kuis, dan fitur lainnya berjalan dengan baik.

Selain pengujian fungsional, evaluasi usability juga penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan aplikasi. System Usability Scale adalah metode evaluasi usability yang terdiri atas 10 pernyataan dengan skala Likert lima poin. Brooke menjelaskan bahwa SUS merupakan instrumen sederhana yang dapat digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis sistem [14]. Skor SUS berada pada rentang 0 sampai 100, dengan skor yang lebih tinggi menunjukkan tingkat usability yang lebih baik.

SUS telah banyak digunakan dalam penelitian aplikasi AR. Setiawan et al. menggunakan SUS untuk mengevaluasi aplikasi AR pembelajaran tumbuhan dan memperoleh skor 79,83 dengan kategori good [6]. Wardiana et al. memperoleh skor SUS 74,78 pada aplikasi pembelajaran jenis jamur berbasis AR [12]. Sementara itu, evaluasi usability teknologi AR berbasis Android memperoleh skor SUS 78 dengan kategori good [10]. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa SUS relevan digunakan untuk mengevaluasi aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis AR.

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini menunjukkan bahwa AR dan teknologi visualisasi tiga dimensi telah banyak digunakan dalam pengembangan media pembelajaran. Setiawan et al. mengembangkan media pembelajaran tumbuhan berbasis AR menggunakan MDLC dan memperoleh hasil usability yang baik [6]. Umri et al. mengembangkan AR bangun ruang dan menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar setelah penggunaan media AR [3]. Musthofa et al. mengembangkan AR organ dalam manusia berbasis Android menggunakan MDLC [4].

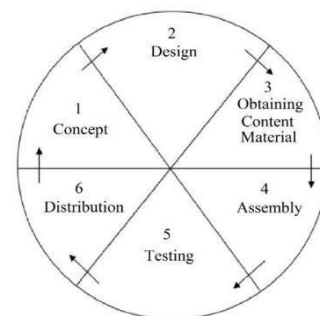
Pada konteks metode dan teknologi, Fahmizher et al. mengembangkan aplikasi denah berbasis AR dengan metode marker based tracking dan MDLC [8]. Wardiana et al. mengembangkan media pembelajaran jenis jamur berbasis AR menggunakan marker based tracking dan mengevaluasinya dengan SUS [9]. Dalam konteks perakitan komputer, Umri et al. mengembangkan simulasi praktikum berbasis VR dengan MDLC dan memperoleh skor SUS 74,63 [1]. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa AR efektif digunakan untuk menampilkan objek 3D, meningkatkan interaktivitas pembelajaran, dan mendukung pemahaman materi yang membutuhkan visualisasi. Namun, penelitian mengenai AR untuk pembelajaran perakitan komputer masih belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan media pembelajaran perakitan komputer berbasis AR dengan fitur visualisasi model 3D, deskripsi komponen, animasi tutorial pemasangan, dan kuis interaktif.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau Research and Development. Produk yang dikembangkan adalah aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality pada perangkat Android. Fokus penelitian tidak hanya pada pembuatan aplikasi, tetapi juga pada pengujian fungsi dan evaluasi kebergunaan aplikasi.

Metode pengembangan yang digunakan adalah Multimedia Development Life Cycle. Metode ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan aplikasi multimedia interaktif yang menggabungkan objek 3D, animasi, teks, gambar, serta interaksi pengguna.

Gambar 1 berikut merupakan alur metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC). MDLC adalah metode pengembangan multimedia yang terdiri atas enam tahap, yaitu Concept, Design, Obtaining Content Material, Assembly, Testing, dan Distribution. Berdasarkan penelitian Musthofa dkk. pada JOISM, metode ini digunakan karena dapat membantu pengembang mengelola setiap fase pembuatan aplikasi multimedia secara lebih terstruktur dan terukur. Oleh karena itu, MDLC sesuai digunakan dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality yang memuat objek 3D, marker, teks, antarmuka, dan interaksi pengguna [4].



Gambar 1. Alur MDLC

Concept

Tahap concept merupakan tahap awal untuk menentukan konsep dasar aplikasi. Pada tahap ini ditentukan tujuan aplikasi, sasaran pengguna, fitur utama, serta platform yang digunakan.

Aplikasi ini ditujukan untuk mahasiswa teknologi informasi atau pengguna umum yang ingin mempelajari dasar-dasar perakitan komputer. Aplikasi dikembangkan pada platform Android agar mudah diakses melalui smartphone.

Fitur utama yang dirancang dalam aplikasi meliputi:

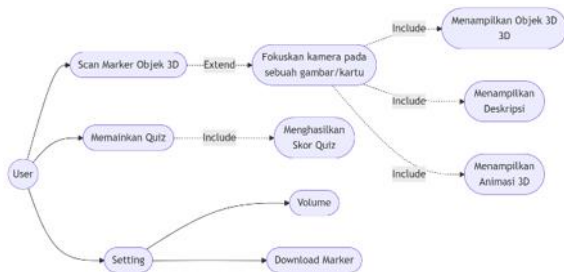
1. Play AR, yaitu fitur untuk memindai marker dan menampilkan model 3D komponen komputer.
2. Deskripsi Komponen, yaitu fitur yang menampilkan informasi mengenai nama, fungsi, dan karakteristik setiap komponen.

3. Animasi Tutorial, yaitu fitur yang menampilkan proses pemasangan komponen ke posisi yang sesuai.
4. Kuis Interaktif, yaitu fitur evaluasi untuk mengukur pemahaman pengguna setelah mempelajari materi.

Design

Tahap design dilakukan untuk merancang struktur aplikasi dan alur interaksi pengguna. Perancangan dilakukan melalui pembuatan use case diagram, activity diagram, storyboard, dan desain antarmuka.

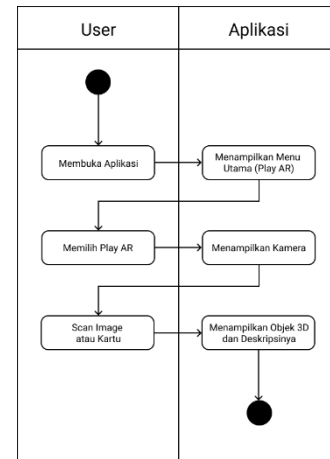
Use case diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem. Pengguna dapat membuka aplikasi, memilih menu Play AR, memindai marker, melihat model 3D, membaca deskripsi, menjalankan animasi tutorial, serta mengerjakan kuis. Perancangan struktur dan alur interaksi untuk penelitian ini, dituangkan dalam gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Use Case Diagram Aplikasi AR

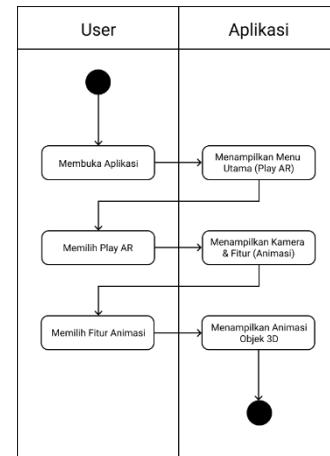
Diagram use case tersebut menggambarkan interaksi user dengan fitur utama aplikasi AR perakitan komputer. User dapat menggunakan fitur Scan Marker Objek 3D dengan memfokuskan kamera pada gambar atau kartu marker. Setelah marker terdeteksi, aplikasi menampilkan objek 3D, deskripsi komponen, dan animasi 3D sebagai panduan pembelajaran. User juga dapat mengakses fitur Quiz untuk menjawab soal dan memperoleh skor sebagai evaluasi pemahaman. Selain itu, menu Setting menyediakan pengaturan volume dan fitur Download Marker. Secara umum, aplikasi ini mendukung pembelajaran interaktif melalui visualisasi, animasi, evaluasi, dan pengaturan pendukung.

Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas pada setiap fitur. Misalnya, pada fitur Play AR, pengguna membuka kamera AR, mengarahkan kamera ke marker, sistem mengenali marker, kemudian sistem menampilkan objek 3D yang sesuai.



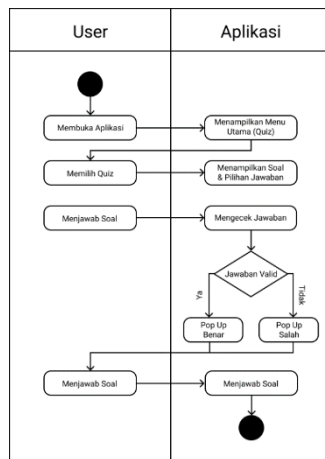
Gambar 3. Diagram Activity Play AR

Gambar 3 merupakan diagram activity yang menjelaskan alur penggunaan fitur Play AR pada aplikasi. Proses dimulai ketika user membuka aplikasi, kemudian sistem menampilkan menu utama yang berisi pilihan fitur Play AR. Setelah user memilih menu Play AR, aplikasi akan mengaktifkan kamera. Selanjutnya, user melakukan proses scan image atau kartu marker menggunakan kamera perangkat. Jika marker berhasil dikenali, aplikasi akan menampilkan objek 3D beserta deskripsi komponen pada layar. Alur berakhir setelah objek 3D dan informasinya berhasil ditampilkan kepada pengguna.



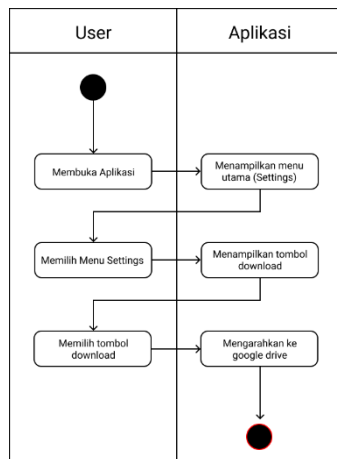
Gambar 4. Diagram Activity Menampilkan Animasi

Gambar 4 merupakan diagram activity yang menjelaskan alur penggunaan fitur Animasi pada aplikasi Augmented Reality. Proses dimulai ketika user membuka aplikasi, kemudian sistem menampilkan menu utama yang berisi pilihan Play AR. Setelah user memilih Play AR, aplikasi akan menampilkan kamera beserta fitur tambahan, salah satunya fitur Animasi. Selanjutnya, user memilih fitur animasi, kemudian aplikasi akan menampilkan animasi objek 3D yang berisi simulasi atau gerakan pemasangan komponen komputer.



Gambar 5. Diagram Activity 3 Menu Quiz

Gambar 5 merupakan diagram activity yang menjelaskan alur interaksi antara user dan aplikasi dalam fitur quiz, mulai dari pemilihan menu quiz, penyajian soal, proses menjawab, pengecekan jawaban, hingga pemberian umpan balik berupa pop up benar atau salah.



Gambar 6. Diagram Activity Download Marker

Gambar 6 merupakan diagram activity yang menjelaskan interaksi antara user dan aplikasi dalam proses mengakses menu Settings hingga pengguna diarahkan ke Google Drive untuk mendapatkan file marker atau kartu penanda AR.

Material Collecting

Material Collecting merupakan tahap pengumpulan seluruh bahan atau aset yang dibutuhkan dalam pengembangan aplikasi multimedia [15]. Pada tahap ini, pengembang memastikan bahwa seluruh komponen pendukung, seperti teks, gambar, audio, video, animasi, objek tiga dimensi, marker, ikon, dan elemen antarmuka telah tersedia sebelum masuk ke tahap assembly. Material Collecting berfungsi sebagai dasar dalam proses integrasi aplikasi karena seluruh aset yang telah dikumpulkan akan digunakan untuk membangun fitur-fitur utama aplikasi [16]. Dalam konteks penelitian ini, tahap Material Collecting dilakukan dengan mengumpulkan dan menyiapkan model 3D komponen komputer, marker AR, teks deskripsi komponen, animasi tutorial

pemasangan, ikon menu, dan elemen UI yang akan diintegrasikan ke dalam Unity dan Vuforia SDK.

Model 3D komponen komputer dibuat menggunakan Blender. Komponen yang digunakan dalam aplikasi meliputi processor, motherboard, RAM, SSD, VGA, power supply, casing, dan CPU cooling. Setiap model dibuat agar menyerupai bentuk komponen asli, tetapi tetap dioptimalkan agar tidak terlalu berat ketika dijalankan pada perangkat Android.

Assembly

Tahap assembly merupakan proses penggabungan seluruh aset ke dalam Unity. Pada tahap ini, model 3D, marker, antarmuka, animasi, tombol navigasi, dan script interaktif diintegrasikan menjadi satu aplikasi.

Vuforia SDK digunakan untuk mengaktifkan fungsi Augmented Reality. Setiap marker didaftarkan ke dalam sistem, kemudian dihubungkan dengan model 3D yang sesuai. Ketika marker dikenali oleh kamera, aplikasi akan menampilkan model 3D komponen di atas marker tersebut. Penggunaan Vuforia dan Unity juga ditemukan pada penelitian AR bangun ruang, di mana marker diunggah ke database Vuforia lalu diintegrasikan ke Unity untuk menampilkan objek 3D [3]

Testing

Tahap testing dilakukan untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai rancangan. Pengujian dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu blackbox testing dan evaluasi System Usability Scale.

Blackbox testing digunakan untuk menguji fungsi aplikasi tanpa melihat struktur kode program. Mulai dari Run Application, Tombol Klik, Setting (Music), Skor dari Kuis, Scan Marker dan Tampilan Animasi dari masing-masing fitur.

System Usability Scale digunakan untuk mengukur tingkat kebergunaan aplikasi berdasarkan pengalaman pengguna. Responden diminta menggunakan aplikasi, kemudian mengisi kuesioner SUS yang terdiri atas sepuluh pernyataan. Penggunaan SUS relevan karena telah digunakan pada evaluasi aplikasi AR Android dan simulasi perakitan komputer berbasis VR [10]. SUS diambil dari kuesioner sebanyak 25 responden dari Mahasiswa Universitas Duta Bangsa Surakarta. Kuesioner berisikan 10 pertanyaan berdasarkan UI, Tampilan Animasi, Tombol Interaktif, Kuis, Marker, dll. Kemudian hasil Kuesioner di hitung menggunakan metode five-point Skala Likert.

Distribution

Tahap distribution dilakukan dengan mengemas aplikasi dalam format APK agar dapat dipasang pada perangkat Android. Aplikasi yang telah dikemas dapat didistribusikan kepada pengguna untuk keperluan pembelajaran dan pengujian lebih lanjut.

Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mengidentifikasi fitur utama, perangkat pendukung,

serta spesifikasi teknis yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality (AR). Tahap ini penting karena aplikasi AR tidak hanya membutuhkan rancangan materi pembelajaran, tetapi juga membutuhkan integrasi antara objek 3D, marker, kamera perangkat, antarmuka pengguna, serta perangkat lunak pengembangan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi AR berbasis Android dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif karena mampu menampilkan objek virtual dua dimensi maupun tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara real-time [4]. Selain itu, penggunaan AR pada media pembelajaran terbukti membantu visualisasi objek yang sulit dipahami melalui media konvensional, seperti pada pembelajaran bangun ruang yang membutuhkan pemahaman bentuk tiga dimensi.

Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang berkaitan langsung dengan layanan atau fungsi yang harus disediakan oleh aplikasi. Dalam penelitian ini, kebutuhan fungsional dirumuskan berdasarkan tujuan aplikasi, yaitu membantu pengguna mengenal komponen komputer dan memahami prosedur pemasangannya melalui visualisasi AR. Adapun kebutuhan fungsional aplikasi yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi mampu menampilkan komponen komputer dalam bentuk objek tiga dimensi, meliputi Processor, RAM, Motherboard, SSD, VGA, Power Supply, Casing, dan CPU Cooler.
2. Aplikasi mampu melakukan proses pemindaian marker menggunakan kamera perangkat Android untuk memunculkan objek 3D sesuai marker yang terdeteksi.
3. Aplikasi mampu menyajikan informasi deskriptif mengenai setiap komponen komputer, seperti nama komponen, fungsi, karakteristik, dan perannya dalam sistem komputer.
4. Aplikasi mampu menampilkan animasi tutorial pemasangan komponen komputer, sehingga pengguna dapat memahami tahapan perakitan secara visual, berurutan, dan interaktif.
5. Aplikasi menyediakan menu navigasi utama yang terdiri atas Play AR, Deskripsi Komponen, Tutorial, Kuis, Bantuan, dan Keluar agar pengguna dapat mengakses fitur dengan mudah.
6. Aplikasi mampu menyediakan kuis interaktif sebagai sarana evaluasi pemahaman pengguna terhadap materi komponen dan prosedur perakitan komputer.
7. Aplikasi mampu menampilkan hasil kuis atau skor akhir sebagai umpan balik terhadap tingkat pemahaman pengguna setelah menggunakan aplikasi.
8. Aplikasi dapat dijalankan pada perangkat Android sehingga media pembelajaran dapat

digunakan secara mandiri, fleksibel, dan mudah diakses oleh pengguna.

Kebutuhan fungsional tersebut disusun agar aplikasi tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang memberikan informasi, simulasi prosedural, dan evaluasi.

Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan pendukung yang berkaitan dengan perangkat keras, perangkat lunak, lingkungan pengembangan, serta aspek teknis agar aplikasi dapat berjalan dengan baik. Dalam pengembangan aplikasi AR, kebutuhan nonfungsional memiliki peran penting karena aplikasi memerlukan perangkat dengan kamera, marker yang dapat dikenali sistem, serta software pendukung untuk membangun objek 3D dan mengintegrasikannya ke dalam aplikasi Android. Berdasarkan acuan tersebut, kebutuhan nonfungsional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Smartphone Android
2. Laptop atau PC
3. Marker
4. Unity
5. Vuforia SDK
6. Blender
7. Figma
8. Android SDK
9. Sistem Operasi Android

Secara keseluruhan, kebutuhan nonfungsional tersebut diperlukan agar aplikasi dapat dikembangkan secara sistematis, dapat diuji pada perangkat nyata, serta mampu menampilkan objek 3D secara stabil. Selain aspek teknis, aplikasi juga perlu memperhatikan aspek usability, seperti kemudahan navigasi, efisiensi penggunaan, dan kenyamanan pengguna. Evaluasi usability pada aplikasi AR Android sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan metode System Usability Scale (SUS) dapat digunakan untuk mengukur efektivitas, efisiensi, dan kemudahan penggunaan aplikasi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengembangan Aplikasi

Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality yang dapat dijalankan pada perangkat Android.



Gambar 7. Tampilan Aplikasi

Berdasarkan Gambar 7, aplikasi ini memiliki beberapa fitur utama, yaitu menu utama, Play AR, deskripsi komponen, animasi tutorial, dan kuis interaktif.

Pada halaman menu utama, pengguna dapat memilih fitur yang ingin digunakan. Tampilan menu dirancang sederhana agar mudah dipahami oleh pengguna. Tombol navigasi dibuat jelas sehingga pengguna dapat berpindah dari satu fitur ke fitur lainnya tanpa mengalami kesulitan.

Fitur Play AR memungkinkan pengguna memindai marker menggunakan kamera perangkat Android. Setelah marker dikenali, aplikasi akan menampilkan model 3D komponen komputer di atas marker. Pengguna dapat mengamati model tersebut secara langsung melalui layar smartphone.

Implementasi Model 3D Komponen Komputer

Model 3D komponen komputer dibuat menggunakan Blender. Komponen yang ditampilkan dalam aplikasi meliputi motherboard, processor, RAM, SSD, VGA, power supply, casing, dan CPU cooling. Setiap model dirancang agar memiliki bentuk yang menyerupai komponen asli.

Penggunaan model 3D memberikan pengalaman belajar yang lebih baik dibandingkan gambar dua dimensi. Pengguna dapat melihat bentuk komponen secara lebih realistis sehingga lebih mudah memahami karakteristik fisik dari setiap komponen. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian AR pada media pembelajaran organ dalam manusia, yang menunjukkan bahwa objek tiga dimensi dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dibandingkan objek dua dimensi [4]

Implementasi Fitur Deskripsi Komponen

Fitur deskripsi komponen berisi informasi mengenai nama komponen, fungsi, dan perannya dalam sistem komputer. Misalnya, processor dijelaskan sebagai komponen yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data, RAM sebagai memori sementara, motherboard sebagai papan utama penghubung seluruh komponen, dan power supply sebagai penyedia daya listrik.

Fitur ini membantu pengguna tidak hanya mengenali bentuk komponen, tetapi juga memahami fungsi setiap komponen. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berfokus pada visualisasi, tetapi juga pada pemahaman konsep dasar perangkat keras

komputer. Gambar 8 berikut memberikan tampilan ketika kamera berhasil mendeteksi marker dan menampilkan deskripsi yang sesuai pada marker.



Gambar 8. Tampilan pada Marker CPU

Implementasi Animasi Tutorial Pemasangan

Animasi tutorial merupakan salah satu fitur penting dalam aplikasi ini. Fitur ini menampilkan simulasi pemasangan komponen ke posisi yang sesuai. Misalnya, animasi pemasangan processor menunjukkan posisi processor terhadap socket pada motherboard. Animasi pemasangan RAM menunjukkan pergerakan RAM menuju slot memori. Animasi pemasangan VGA menunjukkan posisi VGA terhadap slot PCIe. Berikut tampilan animasi pada marker ketika di scan, yang terlampir pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Animasi pada Marker CPU

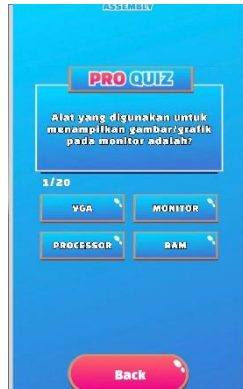
Animasi tutorial membantu pengguna memahami prosedur pemasangan secara bertahap. Dengan adanya visualisasi gerakan, pengguna dapat melihat arah pemasangan, posisi komponen, dan hubungan antar komponen. Fitur ini diharapkan dapat mengurangi kesalahan ketika pengguna melakukan praktik langsung menggunakan perangkat keras fisik.

Implementasi Kuis Interaktif

Kuis interaktif digunakan sebagai fitur evaluasi pembelajaran. Setelah mempelajari materi melalui fitur AR, deskripsi, dan animasi tutorial, pengguna dapat mengerjakan kuis untuk mengukur pemahaman mereka.

Pertanyaan kuis dapat mencakup fungsi komponen, urutan pemasangan, posisi komponen, dan istilah dasar dalam perakitan komputer. Setelah menjawab pertanyaan, pengguna dapat melihat hasil atau skor

yang diperoleh. Fitur ini bertujuan untuk memberikan umpan balik kepada pengguna mengenai tingkat pemahaman mereka. Berikut tampilan laman kuis interaktif yang tersaji pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan pada Menu Quiz

Hasil Pengujian Blackbox

Pengujian blackbox dilakukan untuk memastikan seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai rancangan. Pengujian dilakukan pada beberapa komponen sistem, seperti tombol navigasi, fitur scan marker, tampilan model 3D, halaman deskripsi, animasi tutorial, dan kuis.

Hasil pengujian blackbox pada penelitian ini disajikan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Blackbox

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Tombol Play AR	Pengguna menekan tombol Play AR	Aplikasi membuka kamera AR	Valid
2	Scan Marker	Kamera diarahkan ke marker	Model 3D muncul sesuai marker	Valid
3	Deskripsi Komponen	Pengguna memilih menu deskripsi	Informasi komponen tampil	Valid
4	Animasi Tutorial	Pengguna menekan tombol animasi	Animasi pemasangan berjalan	Valid
5	Kuis	Pengguna menjawab pertanyaan	Sistem menampilkan hasil kuis	Valid
6	Tombol Kembali	Pengguna menekan tombol kembali	Aplikasi kembali ke menu sebelumnya	Valid

Berdasarkan hasil pengujian blackbox pada tabel 1, seluruh fitur utama aplikasi dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi kebutuhan fungsional dasar sebagai media pembelajaran berbasis AR.

Aplikasi ini di uji juga pada 3 Device Smartphone yang berbeda. Hasil pengujian tersaji pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian pada Device Smartphone

No	Merk	Versi Android	RAM	Hasil
1	Itel S23	Android 12	8 Gb	Tidak Berhasil
2	Samsung S24 FE	Android 16	12 Gb	Berhasil
3	Samsung Galaxy Tab S10 FE 5G	Android 15	8 Gb	Berhasil

Berdasarkan pada tabel 2 pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berjalan di 2 diantara 3 device. Pada Device no 1, aplikasi tidak dapat berjalan dengan sempurna. Ada bug pada saat menjalankan Play AR dan kamera tidak dapat diakses, sehingga tidak dapat melakukan scan Marker AR. Pada Device no 2 dan 3, aplikasi dapat dijalankan dengan lancar, mulai dari Play AR, scan Marker, memulai Quiz, dan setting Musik.

Hasil Evaluasi System Usability Scale

Evaluasi kebergunaan aplikasi dilakukan menggunakan System Usability Scale. Responden diminta mencoba aplikasi terlebih dahulu, kemudian mengisi kuesioner SUS. Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan, kenyamanan interaksi, dan kelayakan aplikasi sebagai media pembelajaran. Skor akhir SUS berada pada rentang 0–100. Semakin tinggi skor SUS, semakin baik tingkat usability aplikasi.

Secara umum interpretasinya dapat digunakan seperti yang tersaji pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Rentang dan Kategori Skor System Usability Scale

Skor SUS	Kategori
< 50	Tidak layak / buruk
50–68	Cukup / marginal
> 68	Layak / acceptable
70–80	Baik / good
> 80	Sangat baik / excellent

Untuk setiap responden, perhitungan SUS dilakukan sebagai berikut:

- Untuk pertanyaan ganjil nomor 1, 3, 5, 7, dan 9: Skor = nilai jawaban - 1
- Untuk pertanyaan genap nomor 2, 4, 6, 8, dan 10: Skor = 5 - nilai jawaban
- Setelah itu semua skor dijumlahkan, lalu dikalikan 2,5.

Rumus akhir:

$$\text{Skor SUS} = \text{Total skor hasil konversi} \times 2,5$$

Instrumen evaluasi usability pada penelitian ini menggunakan *System Usability Scale* (SUS) yang

terdiri atas 10 pernyataan dengan skala Likert lima poin, mulai dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju. Kuesioner diberikan kepada 25 responden setelah menggunakan aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality. Pernyataan dalam kuesioner disesuaikan dengan fitur utama aplikasi, yaitu Play AR, scan marker, visualisasi model 3D, deskripsi komponen, animasi tutorial, kuis interaktif, dan kemudahan navigasi. Hasil kuesioner kemudian dihitung untuk memperoleh skor SUS sebagai dasar penilaian tingkat kebergunaan aplikasi, seperti yang tersaji pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Evaluasi System Usability Scale

Res Pon den	Pertanyaan										Total Kon versi	Skor SUS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
R1	5	1	4	2	4	2	4	2	4	2	32	80,0
R2	5	3	4	2	5	2	5	1	3	1	33	82,5
R3	5	3	4	1	4	2	4	2	4	2	31	77,5
R4	4	2	4	2	5	2	4	1	5	1	34	85,0
R5	4	2	4	2	3	2	4	2	5	2	30	75,0
R6	5	1	4	1	5	2	4	1	5	3	35	87,5
R7	3	2	5	1	5	2	4	2	3	1	32	80,0
R8	3	2	5	2	5	1	5	3	5	2	33	82,5
R9	4	2	4	2	4	2	3	2	4	2	29	72,5
R10	5	2	4	2	4	3	5	1	5	1	34	85,0
R11	5	1	4	2	3	3	4	2	5	2	31	77,5
R12	5	1	5	2	5	1	5	1	4	3	36	90,0
R13	4	2	5	2	4	1	5	2	4	3	32	80,0
R14	5	2	5	4	4	2	3	2	4	1	30	75,0
R15	5	1	4	1	3	1	4	1	4	1	35	87,5
R16	3	1	4	1	5	2	4	1	4	2	33	82,5
R17	3	2	3	2	5	1	4	2	5	2	31	77,5
R18	5	1	5	2	5	1	4	2	4	3	34	85,0
R19	5	2	3	1	4	1	4	1	3	2	32	80,0
R20	4	1	3	2	5	3	4	1	2	1	30	75,0
R21	5	2	3	2	4	2	5	1	5	2	33	82,5
R22	5	3	4	1	4	1	4	1	5	1	35	87,5
R23	4	2	3	3	5	2	4	2	4	2	29	72,5
R24	3	2	5	1	4	1	5	1	4	2	34	85,0
R25	5	3	5	2	4	2	4	1	4	2	32	80,0

Rumus Perhitungan SUS

Untuk setiap responden, perhitungan SUS dilakukan sebagai berikut:

Item ganjil Q1, Q3, Q5, Q7, Q9:

Skor kontribusi = nilai jawaban - 1

Item genap Q2, Q4, Q6, Q8, Q10:

Skor kontribusi = 5 - nilai jawaban

Setelah semua skor kontribusi dijumlahkan:

Skor SUS = Total skor kontribusi $\times$ 2,5

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil SUS

Keterangan	Nilai
Jumlah responden	25
Total skor kontribusi seluruh responden	810
Total skor SUS seluruh responden	2.025
Rata-rata skor SUS	81,00
Skor SUS tertinggi	90,00
Skor SUS terendah	72,50
Kategori	Sangat Baik / Excellent

Berdasarkan pengolahan rekapitulasi kuesioner System Usability Scale yang tersaji pada tabel 5, dari 25 responden total skor SUS mencapai 2.025 dengan rata-rata 81,00. Skor ini termasuk dalam kategori sangat baik (excellent), sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality memiliki tingkat kegunaan yang baik. Temuan ini menunjukkan mayoritas responden menilai aplikasi mudah digunakan. Fitur utama seperti Play AR, pemindaian marker, visualisasi model 3D, animasi tutorial, dan kuis mudah dipahami. Serta aplikasi layak dijadikan media pembelajaran pendukung untuk memahami prosedur perakitan komputer.

Tabel 6. Hasil Akhir Perhitungan SUS

Jumlah Responden	Total Skor SUS	Rata-Rata Skor SUS	Kategori
25	2.025	81,00	Sangat Baik / Excellent

Tabel 6 diatas menunjukkan hasil akhir perhitungan System Usability Scale (SUS) terhadap aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality. Berdasarkan hasil evaluasi dari 25 responden, diperoleh total skor SUS sebesar 2.025 dengan rata-rata skor SUS sebesar 81,00. Nilai tersebut termasuk dalam kategori Sangat Baik/Excellent, sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi memiliki tingkat kebergunaan yang sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi dinilai mudah digunakan, fitur-fitur yang tersedia dapat dipahami oleh pengguna, serta aplikasi layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif.

Pembahasan

Hasil pengembangan aplikasi menunjukkan bahwa teknologi Augmented Reality dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang mendukung visualisasi perakitan komputer. Aplikasi ini mampu mengatasi keterbatasan media pembelajaran konvensional yang hanya menampilkan teks dan gambar dua dimensi. Melalui model 3D, pengguna

dapat melihat bentuk komponen dengan lebih jelas dan realistis.

Fitur deskripsi komponen memberikan informasi tambahan yang membantu pengguna memahami fungsi setiap perangkat keras. Sementara itu, animasi tutorial membantu pengguna memahami prosedur pemasangan secara visual. Kombinasi antara visualisasi 3D, teks deskriptif, animasi, dan kuis menjadikan aplikasi lebih interaktif dan sesuai untuk pembelajaran mandiri.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki kesamaan dalam penggunaan visualisasi tiga dimensi dan metode pengembangan multimedia. Penelitian VR perakitan komputer berfokus pada lingkungan virtual penuh menggunakan Unity dan Oculus Quest 2 [1], sedangkan penelitian ini berfokus pada Augmented Reality berbasis Android sehingga lebih mudah diakses melalui smartphone. Penelitian AR bangun ruang dan AR organ dalam manusia menunjukkan bahwa AR efektif digunakan untuk memvisualisasikan objek 3D dalam pembelajaran [3] [4]. Oleh karena itu, penerapan AR pada perakitan komputer memiliki dasar teoritis dan empiris yang kuat.

Dari sisi keamanan praktikum, aplikasi ini dapat digunakan sebagai tahap persiapan sebelum mahasiswa melakukan praktik langsung. Dengan mempelajari prosedur pemasangan melalui AR, mahasiswa diharapkan lebih siap ketika berinteraksi dengan perangkat keras fisik. Hal ini dapat membantu mengurangi kesalahan pemasangan dan risiko kerusakan komponen.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi media pembelajaran perakitan komputer berbasis Augmented Reality berhasil dikembangkan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle. Tahapan pengembangan meliputi concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution.

Aplikasi ini memiliki fitur utama berupa Play AR, deskripsi komponen, animasi tutorial pemasangan, dan kuis interaktif. Fitur Play AR dapat menampilkan model 3D komponen komputer melalui pemindaian marker. Fitur deskripsi membantu pengguna memahami fungsi setiap komponen, sedangkan animasi tutorial membantu pengguna memahami prosedur pemasangan secara visual.

Hasil pengujian blackbox menunjukkan bahwa fitur-fitur utama aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan. Evaluasi menggunakan System Usability Scale dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kebergunaan aplikasi berdasarkan pengalaman pengguna. Dengan demikian, aplikasi ini layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk membantu mahasiswa memahami materi perakitan komputer.

Saran

Pengembangan aplikasi selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan lebih banyak komponen komputer, seperti hard disk, kabel SATA, fan casing, thermal paste, heatsink, dan peripheral lainnya. Penambahan komponen akan membuat materi pembelajaran menjadi lebih lengkap.

Selain itu, aplikasi dapat dikembangkan dengan metode markerless AR agar pengguna tidak perlu menggunakan kartu marker. Pengembangan markerless AR juga relevan karena penelitian usability AR Android menunjukkan bahwa pendekatan markerless dapat memberikan tingkat manipulability dan comprehensibility yang sangat baik.

Pengembangan juga dapat dilakukan pada sistem operasi iOS agar aplikasi dapat digunakan oleh lebih banyak pengguna. Dari sisi evaluasi, penelitian selanjutnya dapat menambahkan pengujian efektivitas pembelajaran dengan membandingkan hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi.

Daftar Pustaka

- [1] B. Khoirul Umri, S. A. R. Amir Romadhon, S. Zulkarnain Uumbu Resi, L. Pratama, and R. Iffandi, "Virtual Reality Development for Computer Assembly Practical Simulation Learning Media," *JITSI: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 6, no. 3, pp. 286–293, Sep. 2025, doi: 10.62527/jitsi.6.3.500.
- [2] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," 1997. [Online]. Available: <http://www.cs.unc.edu/~azumaW/>
- [3] B. Khoirul Umri, I. A. Astuti, and A. C. Sholihan, "EVALUASI AUGMENTED REALITY BANGUN RUANG SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN SISWA KELAS IV SEKOLAH DASAR," 2023.
- [4] R. A. Musthofa, K. Umri, I. A. Astuti, and D. M. Justin, "AUGMENTED REALITY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ORGAN DALAM MANUSIA BERBASIS ANDROID," 2024.
- [5] R. E. . Mayer, *Multimedia learning*. Cambridge University Press, 2010.
- [6] B. Setiawan, A. Gustalika, and A. Raharja, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Tumbuhan berbasis Augmented Reality dengan Metode MDLC," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 5, no. 2, pp. 91–101, 2024, doi: 10.47065/bit.v5i2.1325.
- [7] I. Radu, "Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis," Aug. 2014.
- [8] M. Akçayır and G. Akçayır, "Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature," *Educ. Res. Rev.*, vol. 20, pp. 1–11, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.edurev.2016.11.002.
- [9] T. Kamil, E. Sindunigrum, and M. Iqbal, "KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Pemanfaatan Augmented Reality dengan Metode MDLC Pengenalan Area Petualangan One Piece Berbasis Android," *Media Online*, vol. 4, no. 6, pp. 3118–3126, 2024, doi: 10.30865/klik.v4i6.1846.

- [10] L. N. Amali, "Evaluasi Usability Teknologi Augmented Reality Berbasis Android Menggunakan System Usability Scale," Apr. 2024.
- [11] M. Fahmizher and R. Hartono, "PEMBUATAN APLIKASI DENAH BERBASIS AUGMENTED REALITY (AR) MODEL MARKER BASIC TRACKING MENGGUNAKAN METODE MDLC," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, pp. 2830–7062, doi: 10.23960/jitet.v11i3%20s1.3550.
- [12] T. Wardiana, E. W. Hidayat, and E. N. F. Dewi, "Media Pembelajaran Jenis Jamur Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Marker Based Tracking," *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 7, no. 1, pp. 53–65, Jan. 2025, doi: 10.35746/jtim.v7i1.608.
- [13] R. Y. Ariyana, Erma Susanti, Muhammad Rizqy Ath-Thaariq, and Riki Apriadi, "Penerapan Uji Fungsionalitas Menggunakan Black Box Testing pada Game Motif Batik Khas Yogyakarta," *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika dan Bisnis Digital*, vol. 2, no. 1, pp. 33–43, May 2023, doi: 10.55123/jumintal.v2i1.2371.
- [14] J. Brooke, "SUS - A quick and dirty usability scale."
- [15] N. Kadek, A. R. Dewi, E. M. Dharma, A. A. Istri, I. Paramitha, and P. Korespondensi, "Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika dan Komputer PENGEMBANGAN APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN TUMBUHAN SUMBER KEHIDUPAN DENGAN METODE MULTIMEDIA DEVELOPMENT LIFE CYCLE," vol. 6, no. 2, pp. 271–285, 2024, [Online]. Available: <https://restikom.nusaputra.ac.id>
- [16] P. Budaya Jawa Barat Di Kompepar Giri Harja Jelekong -Ilma Amalia Jaza etal and I. Amalia Jaza, "Implementasi Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Pada Aplikasi Media Implementasi Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Pada Aplikasi Media Pembelajaran Budaya Jawa Barat Di Kompepar Giri Harja Jelekong," vol. 06, no. 02, 2024, doi: 10.54209/jatilima.