

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Pengenalan Topologi Jaringan

M. Afton Iman Huda¹, Wibisono Sukmo Wardhono², Tri Afirianto³

Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹aftonilmanhuda@student.ub.ac.id, ²wibiwardhono@ub.ac.id, ³tri.afirianto@ub.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) untuk pengenalan topologi jaringan komputer. Media ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep topologi jaringan, seperti bus, star, mesh, dan hierarchical, yang sering sulit dipahami melalui metode konvensional. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D), meliputi analisis kebutuhan, desain, implementasi, validasi, hingga uji coba produk. Hasil pengujian menunjukkan tingkat validitas media pembelajaran pada aspek desain tampilan sebesar 90%, kejelasan informasi sebesar 88%, interaksi sebesar 92%, dan keseluruhan aspek sebesar 86%. Pengujian fungsional menunjukkan fungsi-fungsi pada media pembelajaran berjalan sesuai dengan yang dirancang sebelumnya serta pengujian non-fungsional memperlihatkan bahwa media pembelajaran kompatibel dengan berbagai versi android dan jenis smartphone. Namun, masih terbatas pada tahap prototipe dan validasi desain, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk implementasi lebih luas.

Kata kunci: *augmented reality, topologi jaringan, media pembelajaran, teknologi pendidikan, Research and Development.*

Abstract

This study aims to develop interactive learning media based on augmented reality (AR) for the introduction of computer network topology. This media is designed to enhance the understanding of network topology concepts, such as bus, star, mesh, and hierarchical, which are often difficult to grasp through conventional methods. The research employs the Research and Development (R&D) method, encompassing needs analysis, design, implementation, validation, and product testing. The testing results indicate a validity level for the learning media in terms of display design at 90%, clarity of information at 88%, interaction at 92%, and an overall aspect of 86%. Functional testing shows that the functions within the learning media operate as designed, while non-functional testing demonstrates that the learning media is compatible with various versions of Android and types of smartphones. However, it is still limited to the prototype and design validation stage, necessitating further development for broader implementation..

Keywords: *augmented reality, network topology, interactive learning media, educational technology, Research and Development.*

1. PENDAHULUAN

Media pembelajaran sangat penting dalam proses pembelajaran, terutama dalam pendidikan kejuruan seperti SMK, untuk memudahkan siswa mencapai tujuan pembelajaran. Teknologi, seperti media pembelajaran berbasis augmented reality (AR), memainkan peran penting dalam mendukung penyampaian materi, mengingat guru bukan satu-satunya sumber belajar. Pembelajaran praktik di SMK membutuhkan materi teori yang memperkenalkan kegiatan

praktikum sebelum siswa melakukannya untuk mengurangi risiko.

Namun, materi teori sering kali membosankan dan kurang, yang dapat menghambat efektivitas pembelajaran. Oleh karena itu, media pembelajaran yang menyenangkan sangat dibutuhkan. AR dapat menjadi solusi, karena memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan objek virtual secara real-time, khususnya dalam pengenalan topologi jaringan. AR dapat membantu siswa

memahami dan mengembangkan konsep jaringan secara lebih efisien, memperjelas hubungan antar node dalam topologi, dan mengatasi kesulitan dalam praktik yang memerlukan peralatan mahal.

Dengan demikian, pengembangan aplikasi berbasis AR untuk materi pengenalan topologi jaringan diharapkan menjadi media yang terutama dalam jurusan Teknik Komputer dan Jaringan.

Namun, proses pengembangan media AR untuk pengenalan topologi jaringan sendiri memiliki tantangan yang cukup banyak. Mulai dari materi topologi yang harus diimplementasikan menggunakan AR dan model 3D, hingga desain permainan yang diberikan harus .

Penelitian ini akan menjawab permasalahan tersebut dengan mengembangkan media pembelajaran berbasis AR untuk pengenalan topologi jaringan dengan desain permainan yang lebih inovatif dan banyak melibatkan penggunaannya dalam interaksi tersebut.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Metode Pengembangan R&D

Penelitian dan pengembangan (R&D) bertujuan menghasilkan produk melalui analisis kebutuhan dan pengujian efektivitas agar dapat digunakan secara luas. Meskipun R&D banyak digunakan di bidang teknologi, farmasi, dan kedokteran dengan investasi besar, peran R&D di bidang sosial dan pendidikan masih sangat kecil, dengan alokasi anggaran kurang dari 1%. Padahal, banyak produk seperti alat bantu pembelajaran dan sistem manajemen yang dapat dikembangkan di bidang ini. Oleh karena itu, penting untuk mengoptimalkan R&D di bidang pendidikan dan sosial untuk mendorong pengembangan produk yang relevan dan bermanfaat.

2.2 Media Pembelajaran

Media pembelajaran mencakup segala sesuatu yang digunakan untuk menyampaikan materi kepada siswa, berfungsi untuk menarik perhatian dan minat mereka selama proses belajar demi mencapai tujuan pembelajaran. Setiap media berperan sebagai alat untuk mencapai hasil yang diinginkan, dengan informasi yang dapat berasal dari berbagai sumber seperti internet, buku, film, dan televisi. Konsep media pembelajaran terdiri dari dua

aspek utama: perangkat lunak (software) dan perangkat keras (hardware). Misalnya, materi yang dibuat menggunakan PowerPoint dan ditampilkan melalui proyektor LCD merupakan contoh perangkat lunak, sedangkan proyektor itu sendiri adalah perangkat keras yang menampilkan materi. Awalnya, media pembelajaran hanya berfungsi sebagai alat bantu bagi guru, tetapi dengan kemajuan teknologi, berbagai perangkat elektronik kini dapat digunakan dalam pendidikan. Sejak pertengahan abad ke-20, penggunaan media visual dan audio telah berkembang menjadi alat bantu audio-visual (AVA) yang mendukung proses belajar melalui pendengaran dan penglihatan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan media pembelajaran semakin luas dan interaktif, di mana alat seperti radio, video, komputer, dan internet diharapkan dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa agar lebih jelas dan menarik. Istilah "alat bantu" masih sering digunakan secara bergantian dengan media pembelajaran atau alat peraga, dengan penekanan pada pemahaman fungsi dan tujuan penggunaannya dalam konteks pendidikan.

2.3 Augmented Reality

Augmented reality (AR) atau realitas tertambah adalah pengembangan dari virtual reality yang menggabungkan dunia nyata dan dunia maya, memungkinkan interaksi langsung dengan objek 3D. AR menyajikan konten digital yang dihasilkan komputer untuk melengkapi dunia nyata. Pengembangan AR memerlukan tiga kondisi dasar: sintesis harmonis objek nyata dan virtual, interaksi real-time antara objek virtual dan dunia nyata, serta perangkat penghubung yang menghubungkan objek tersebut. Aplikasi AR dibagi menjadi dua kategori, yaitu AR berbasis penanda (marker-based) dan AR tanpa penanda (marker-less) (Amanatidis, 2022). Media pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan motivasi siswa dan membuat suasana belajar lebih menyenangkan, khususnya dalam materi instalasi jaringan komputer (Haekal, Suana, & Riyanda, 2022).

2.4 Unity

Unity menggunakan berbagai graphics engine, seperti Direct3D (Windows, Xbox 360), OpenGL (Mac, Windows, Linux, PS3), OpenGL ES (Android, iOS), dan proprietary APIs (Wii),

serta mendukung format desain dari berbagai perangkat lunak seperti 3ds Max, Maya, Blender, dan lainnya. Unity juga memanfaatkan DirectX11 untuk meningkatkan kualitas grafis, termasuk shadows, tekstur, dan animasi yang lebih halus. Scripting di Unity menggunakan Mono 2.6 dengan bahasa pemrograman UnityScript, C#, atau Boo. Selain itu, Unity menyediakan solusi *asset tracking* menggunakan Unity *asset* yang terkontrol melalui server dengan berbagai teknologi. Unity mendukung pengembangan di berbagai platform, termasuk perangkat mobile, desktop, web browser, dan console, serta memungkinkan pengaturan kompresi tekstur dan resolusi. Unity juga memiliki Asset Store dengan lebih dari 4.400 asset packages dan berbagai sumber daya lainnya. Dukungan fisika di Unity menggunakan Nvidia’s PhysX engine, termasuk simulasi real-time cloth dan kemampuan collision layers.

2.5 Vuforia

Vuforia adalah software development kit (SDK) yang dapat diintegrasikan dengan Unity untuk mempermudah pengembangan aplikasi atau gim berbasis augmented reality. Vuforia mendukung platform Android dan iOS, serta menawarkan fitur menarik seperti pemindaian objek, marker, teks, dan identifikasi permukaan objek sesuai dengan marker yang ditetapkan.

2.6 Metode Validasi Media

Untuk mengolah kuesioner diperlukan petunjuk pengisian skor. Petunjuk pengisian skor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Petunjuk Pengisian Skor

Pilihan Jawaban	Skor Mendukung	Skor Tidak Mendukung
Sangat Setuju (SS)	5	1
Setuju (S)	4	2
Ragu-Ragu (RG)	3	3
Tidak Setuju (TS)	2	4
Sangat Tidak Setuju (STS)	1	5

Selanjutnya skor yang didapat dihitung menggunakan persamaan 1. Rumus ini digunakan untuk mendapatkan total skor pada skala likert di tiap kategori.

$$S = T \times Pn \quad (1)$$

Total skor skala likert yang didapat kemudian diolah dengan Rumus 2 untuk mendapatkan persentase hasil pada tiap-tiap kategori.

$$Rumus\ Index\ \% = \frac{Total\ Skor}{Y \times n} \quad (2)$$

Rumusan index akan memberikan persentasi tingkat validitas dari tiap-tiap kategori, misalnya kategori tampilan 80%. Artinya tampilan tersebut bernilai “Sangat Baik”.

2.7 Pengujian

Pengujian perangkat lunak adalah aktivitas untuk mengevaluasi dan mengukur atribut perangkat lunak melalui tinjauan ulang, walk-through, inspeksi, penilaian, dan analisis selama proses pengembangan. Tujuan utama pengujian adalah untuk memperoleh informasi yang konsisten dan dapat diandalkan mengenai perangkat lunak dengan metode yang efektif (Romeo, 2003). Salah satu komponen penting dalam pengujian adalah test case, yaitu serangkaian masukan yang dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Perbedaan antara hasil aktual dan yang diharapkan akan memerlukan perbaikan pada kode program.

Selain itu, Compatibility Testing bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik pada berbagai perangkat keras dan mendukung berbagai versi sistem operasi. Pengujian ini memastikan bahwa perangkat lunak dapat berfungsi dengan baik di lingkungan yang berbeda, meningkatkan kompatibilitas, fleksibilitas, dan pengalaman pengguna (Sufina, Supianto, & Brata, 2022).

2.8 Topologi Jaringan

Local Area Network (LAN) adalah jaringan komputer yang mencakup wilayah kecil, seperti kampus, kantor, rumah, atau sekolah. LAN biasanya menggunakan teknologi IEEE 802.3 Ethernet dengan perangkat switch untuk transfer data pada kecepatan 10, 100, atau 1000 Mbit/s. Selain Ethernet, teknologi Wi-Fi (802.11b) juga digunakan dalam LAN, dengan tempat penyediaan koneksi Wi-Fi disebut hotspot.

Topologi bus adalah jenis topologi di mana komputer dihubungkan melalui kabel coaxial yang dibentang dan dihubungkan pada kedua ujungnya dengan terminator. Karakteristiknya termasuk instalasi sederhana dan biaya murah, namun jika salah satu node rusak, seluruh

jaringan bisa terhenti. Keuntungannya adalah kesederhanaan dan biaya rendah, namun kelemahannya termasuk padatnya traffic yang memperlambat kinerja dan kesulitan troubleshooting.

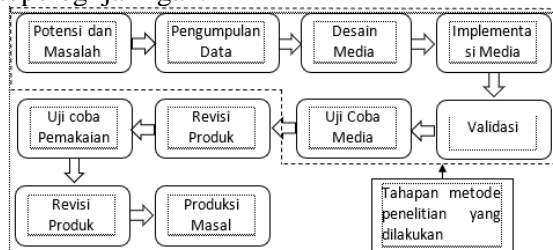
Topologi star menghubungkan setiap perangkat ke titik pusat, memudahkan pengelolaan dan deteksi kesalahan. Meskipun demikian, kegagalan pada titik pusat akan memutuskan seluruh komunikasi, dan penggunaan kabel lebih banyak dibandingkan topologi lainnya. Topologi extended star adalah pengembangan dari topologi star dengan tambahan repeater untuk memperluas jangkauan.

Topologi mesh menghubungkan setiap perangkat secara langsung, memberikan fault tolerance dan komunikasi yang andal, tetapi sulit dalam hal instalasi dan pemeliharaan. Biaya operasional yang tinggi juga menjadi kerugian utama dari topologi ini.

Topologi hierarchical berbentuk seperti pohon bercabang, dengan komputer induk yang menghubungkan beberapa simpul atau node. Topologi ini banyak digunakan di perusahaan besar karena mudah diperluas, memiliki redundansi untuk ketersediaan jaringan, dan menyediakan pengelolaan yang lebih baik. Namun, kekurangannya adalah ketergantungan pada kabel di level atas yang dapat mempengaruhi seluruh jaringan jika terputus.

3. METODOLOGI PENGEMBANGAN

Pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality untuk pengenalan topologi jaringan dikembangkan menggunakan metode Research and Development (R&D). Metode R&D bertujuan menghasilkan produk melalui tahapan terstruktur, yang meliputi analisis kebutuhan, desain, implementasi, hingga pengujian produk. Setiap tahap dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan produk yang efektif dan efisien. Proses ini bertujuan untuk menciptakan media pembelajaran yang dapat mempermudah pemahaman tentang topologi jaringan.



Gambar 1 Metode Pengembangan

Pengembangan media pembelajaran ini dilakukan hingga tahap uji coba produk pertama dan menghasilkan produk berupa prototipe media pembelajaran berbasis AR.

4. PENGEMBANGAN MEDIA

4.1 Potensi dan Masalah

Pembelajaran jaringan komputer menghadapi tantangan dalam memvisualisasikan konsep abstrak seperti protokol, topologi jaringan, dan transmisi data, yang sering sulit dipahami tanpa pengalaman langsung. Keterbatasan alat bantu simulasi dan media tradisional yang statis menambah kesulitan dalam menghubungkan teori dengan aplikasi praktis.

Augmented reality (AR) menawarkan solusi efektif dengan memberikan visualisasi 3D dan interaksi langsung dengan model virtual, mempermudah pemahaman struktur dan hubungan antar perangkat jaringan. Teknologi AR juga mengatasi keterbatasan alat fisik yang mahal atau mudah rusak, serta meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui pendekatan yang lebih dan praktis.

4.2 Pengumpulan Data

Analisis media pembelajaran berbasis augmented reality (AR) melibatkan studi literatur terkait media AR serupa dan materi yang relevan. Berdasarkan buku pelajaran Teknik Komputer dan Jaringan Dasar untuk kelas 10 SMK/MAK, setiap jenis topologi jaringan memiliki tujuan pembelajaran spesifik. Tujuan ini dirangkum dalam Tabel 2 yang mencakup kegiatan belajar pada bab topologi jaringan.

Tabel 2 Tujuan Pembelajaran

Kegiatan Belajar		Tujuan Pembelajaran	
Topologi BUS	jaringan	Memahami topologi jaringan BUS	topologi jaringan BUS
Topologi STAR	jaringan	Memahami topologi jaringan STAR	topologi jaringan (topologi STAR)
		Menganalisis topologi jaringan STAR	topologi jaringan (topologi STAR)

Topologi jaringan MESH	Memahami jaringan MESH	topologi (topologi)
	Menganalisis jaringan MESH	topologi (topologi)
Topologi jaringan HIERARCHICAL	Memahami jaringan HIERARCHICAL	topologi (topologi)
	Menganalisis jaringan HIERARCHICAL	topologi (topologi)

Tabel 2 menunjukkan bahwa semua kegiatan belajar memiliki tujuan yang serupa, yaitu memahami dan menganalisis topologi jaringan. Metode simulasi, menurut Siregar (2024), efektif melatih keterampilan, pemahaman mendalam, dan analisis masalah, menjadikannya pendekatan yang cocok untuk mencapai tujuan tersebut. Buku Jaringan Dasar untuk kelas 10 SMK/MAK menjadi acuan dalam merancang media AR, yang dirancang untuk memfasilitasi simulasi konsep topologi jaringan secara . Rincian pengguna media AR ini dirumuskan lebih lanjut dalam Tabel 3.

Tabel 3 Identifikasi Pengguna

No	Pengguna	Karakteristik
1	Siswa	- Siswa dapat berinteraksi dengan objek di dalam media AR
		- Siswa dapat melihat deskripsi tentang topologi jaringan
		- Siswa dapat mengetahui perangkat jaringan yang digunakan

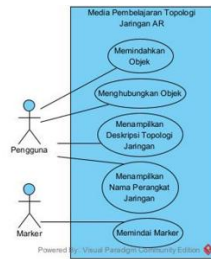
Berdasarkan analisis pengguna, kebutuhan fungsional dan non-fungsional, kebutuhan fungsional media pembelajaran berbasis augmented reality dapat dirumuskan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Kebutuhan Fungsional dan Non-fungsional

Kode Fungsi	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
ARMTJ-1-01	Interaksi dengan objek dalam media AR	Media AR harus menyediakan fitur yang memungkinkan siswa untuk memindahkan objek 3D dengan leluasa.
ARMTJ-1-01	Deskripsi topologi jaringan	Media AR harus menampilkan deskripsi topologi jaringan saat siswa berinteraksi dengan objek terkait. Deskripsi harus ditampilkan dalam bentuk teks, suara, atau animasi yang mudah dipahami siswa.
ARMTJ-1-01	Informasi perangkat jaringan	Media AR harus menyediakan informasi tentang perangkat jaringan yang digunakan, seperti router, switch, kabel, dan perangkat lainnya. Informasi harus disertai visualisasi perangkat jaringan dalam bentuk objek 3D yang .
ARMTJ-2-01	Kebutuhan Non-Fungsional <i>Compatibility</i>	Media pembelajaran bisa digunakan di berbagai macam versi android (minimal android versi 8)

Interaksi antara pengguna dengan sistem ditunjukkan dengan *use case* diagram. Diagram ini memperlihatkan hubungan antara pengguna,

sistem, dan entitas eksternal lainnya.



Gambar 2 Use Case Diagram

Berdasarkan Gambar 2, fitur yang dapat dikembangkan dalam media pembelajaran AR untuk topologi jaringan meliputi:

1. Pemindahan Objek AR untuk menyusun perangkat jaringan secara .
2. Visualisasi Deskripsi Topologi Jaringan dengan model 3D dinamis yang menyertakan informasi tambahan.
3. Menampilkan Nama Perangkat Jaringan secara langsung pada objek AR.
4. Simulasi Interaksi Antar Perangkat untuk memvisualisasikan hubungan antar perangkat.
5. Penyajian Skema Jaringan yang memungkinkan perubahan dan visualisasi topologi sesuai kebutuhan.

Analisis dari *use case diagram* menggunakan *use case scenario* untuk mengetahui langkah-langkah aktivitas yang telah dirumuskan.

1. Memindahkan Objek

Tabel 5 Skenario Memindahkan Objek

Pengguna	Siswa
Pre-condition	Objek muncul dalam ruang AR.
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna mengaktifkan fitur pemindahan objek AR melalui antarmuka aplikasi. 2. Pengguna memilih perangkat jaringan yang ingin dipindahkan (misalnya, router). 3. Dengan menggunakan tangan atau kontroler, pengguna memindahkan perangkat ke posisi baru dalam ruang 3D. 4. Sistem memperbarui visualisasi topologi jaringan untuk mencerminkan perubahan posisi perangkat. 5. Sistem menampilkan umpan balik visual

mengenai posisi perangkat yang telah dipindahkan.

Alternative Flow	<ol style="list-style-type: none"> 6. Pengguna dapat memodifikasi atau mengonfirmasi perubahan. 1. Objek tidak muncul 2. Objek tidak dapat dipindahkan
Post-condition	Topologi jaringan yang diperbarui sesuai dengan posisi perangkat yang baru.

2. Visualisasi Deskripsi Topologi Jaringan
Tabel 6 Skenario Visualisasi Topologi Jaringan

Pengguna	Siswa
Pre-condition	Topologi jaringan sudah terbuka
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna memilih fitur visualisasi topologi jaringan di aplikasi. 2. Sistem menampilkan topologi jaringan dalam bentuk 3D di ruang nyata melalui <i>augmented reality</i>. 3. Pengguna dapat memutar, memperbesar, atau memperkecil tampilan untuk melihat topologi lebih jelas.
Alternative Flow	1. Topologi jaringan belum terbuka (salah satu atau semua)
Post-condition	Pengguna mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang struktur dan hubungan dalam jaringan.

3. Simulasi Interaksi Antar Perangkat
Tabel 7 Skenario Simulasi Interaksi

Pengguna	Siswa
Pre-condition	Perangkat terpasang seluruhnya
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna memilih fitur simulasi interaksi antar perangkat. 2. Sistem menampilkan visualisasi yang menunjukkan bagaimana hubungan antar perangkat jaringan dalam topologi.

Alternative Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perangkat belum terpasang seluruhnya. 2. Animasi tidak berjalan.
Post-condition	Pengguna memahami bagaimana perangkat dalam jaringan berkomunikasi dan berinteraksi
4. Penyajian Skema Jaringan	
Tabel 8 Skenario Skema Jaringan	
Pengguna Pre-condition	Siswa Objek muncul dalam ruang AR.
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengguna memilih fitur untuk mengubah atau menyesuaikan skema jaringan yang ada. 2. Sistem menampilkan skema jaringan yang dapat dimodifikasi dalam ruang AR. 3. Pengguna menambahkan atau menghapus perangkat, serta mengubah koneksi antar perangkat dalam topologi. 4. Setiap perubahan yang dilakukan langsung ditampilkan dalam bentuk 3D, dengan umpan balik visual yang menunjukkan bagaimana topologi berubah.
Alternative Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Objek muncul dalam ruang AR. 2. Tidak dapat beralih topologi.
Post-condition	Skema jaringan yang disesuaikan ditampilkan dalam visualisasi AR, memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi topologi lainnya.

Proses pengembangan media pembelajaran

berbasis augmented reality (AR) menggunakan teknologi Vuforia dan platform Unity sebagai pilihan utama karena fleksibilitas dan efisiensinya. Vuforia menawarkan kemampuan pengenalan gambar yang andal, sementara Unity mempermudah integrasi AR dengan dukungan lintas platform, dokumentasi lengkap, dan komunitas pengembang yang besar. Kombinasi keduanya memungkinkan pengembangan aplikasi yang efektif, efisien, dan scalable untuk mendukung pembelajaran topologi jaringan. Keberhasilan pengembangan diukur dari kualitas media yang dihasilkan, dengan indikator minim bug, glitch, atau eror, serta kemudahan penggunaan oleh pengguna.

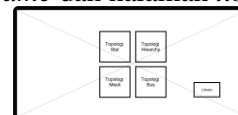
4.3 Desain Produk

Tahap desain produk meliputi desain *marker*, tampilan antarmuka dan *gameplay*. Marker dibuat dengan bantuan QR Code Generator.



Gambar 3 Marker

Desain antarmuka meliputi halaman utama, halaman *in-game* dan halaman *library*.



Gambar 4 Halaman Utama

Terdiri dari menu-menu topologi jaringan. Halaman *in-game* memiliki tampilan berbeda tergantung jenis topologi yang dipilih.



Gambar 5 Halaman *In-game*

Halaman *Library* berisi tentang informasi lebih lanjut terkait topologi yang telah diselesaikan.



Gambar 6 Halaman *Library*

Desain mekanisme permainan (*gameplay*) dalam media pembelajaran ini mencakup berbagai fitur untuk memastikan pengalaman pengguna yang dinamis dan sesuai tujuan. Mekanisme augmented reality memanfaatkan Vuforia untuk memunculkan objek 3D di dunia nyata melalui pemindaian marker. Mekanisme drag and drop memungkinkan pengguna memindahkan objek 3D dengan gestur

sederhana. Mekanisme mission memberikan panduan berupa tugas untuk setiap jenis topologi jaringan. Mekanisme topologi connecting memungkinkan simulasi interaksi antar perangkat jaringan dengan menghubungkan objek yang telah disusun menggunakan tombol untuk menciptakan kabel penghubung. Mekanisme library lock memastikan pembelajaran sistematis dengan mengunci item library hingga misi tertentu diselesaikan. Semua mekanisme dirancang dan diintegrasikan untuk menciptakan gameplay yang menarik dan mendukung pembelajaran.

4.4 Implementasi

1. Halaman Home



Gambar 6 Implementasi Halaman Utama

2. Halaman *In-game*



Gambar 7 Implementasi Halaman *In-game*

3. Halaman *Library*



Gambar 8 Implementasi Halaman *Library*

4.5 Validasi

Hasil validasi media pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Validasi Media

No	Aspek	Skor
1	Desain Tampilan	90%
2	Kejelasan Informasi	88%
3	Interaksi	92%
4	Keseluruhan Aspek	86%

Berdasarkan Tabel 11, desain tampilan media pembelajaran dinilai sangat baik dengan persentase skor 90%, kejelasan informasi mencapai kategori sangat baik dengan skor 88%, interaksi media pembelajaran juga dinilai sangat baik dengan skor 88%, dan keseluruhan aspek

media pembelajaran memperoleh penilaian sangat baik dengan skor 86%.

4.6 Pengujian

Tahap pengujian terdiri dari pengujian fungsional dan kompatibilitas. Pengujian fungsional menggunakan Unity Test Framework memastikan setiap fitur media pembelajaran berfungsi sesuai spesifikasi, sementara pengujian kompatibilitas dilakukan pada dua versi Android berbeda untuk memastikan aplikasi berjalan optimal di berbagai perangkat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa media pembelajaran berfungsi dengan baik dan memiliki tingkat kompatibilitas yang tinggi.

Tabel 10 Hasil Pengujian Fungsional dan Non-fungsional

Kode Fungsi	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi	Status
ARMTJ-1-01	Interaksi dengan objek dalam media AR	Fitur yang memungkinkan untuk memindahkan objek 3D dengan leluasa.	Berhasil
ARMTJ-1-01	Deskripsi topologi jaringan	Deskripsi topologi jaringan saat siswa berinteraksi dengan objek terkait. Deskripsi harus ditampilkan dalam bentuk teks yang mudah dipahami.	Berhasil
ARMTJ-1-01	Informasi perangkat jaringan	Informasi tentang perangkat jaringan yang digunakan, seperti router, switch, kabel, dan perangkat lainnya. Informasi harus disertai visualisasi perangkat	Berhasil

Kode Fungsi	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi	Status
		jaringan dalam bentuk objek 3D yang . Media harus menampilkan fungsi dan kegunaan setiap perangkat.	
Kode Fungsi	Kebutuhan Non-Fungsional	Deskripsi	Status
ARMTJ-2-01	Compatibilit y	Bisa digunakan di berbagai macam versi android (minimal android versi 8)	Tinggi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses perumusan kebutuhan media pembelajaran dilakukan dengan analisis deskriptif berdasarkan jurnal dan buku pelajaran yang menjadi referensi pada penelitian ini. Proses analisis kebutuhan menghasilkan kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang menjadi acuan untuk pengembangan fitur pada media pembelajaran.

Proses desain dilakukan dengan mengembangkan diagram use case dan membuat use case scenario berdasarkan fungsional media yang telah dirumuskan sebelumnya. Dari kedua use case tersebut kemudian dikembangkan lagi menjadi fitur untuk media pembelajaran berbasis augmented reality yang menghasilkan empat fitur utama yaitu memindahkan objek, menghubungkan objek, menampilkan deskripsi topologi jaringan, dan mekanisme misi. Perancangan ini juga menghasilkan marker dan tampilan media pembelajaran. Desain-desain ini nantinya akan digunakan sebagai patokan untuk proses implementasi.

Hasil implementasi media pembelajaran diuji melalui proses validasi dan pengujian fungsional. Proses pengujian dilakukan menggunakan kuesioner validasi untuk mengetahui tingkat validitas dan test case untuk mengetahui fungsional media berjalan dengan

semestinya atau tidak, dan kompatibilitas dari media pembelajaran. Hasil pengujian menunjukkan tingkat validitas media pembelajaran pada aspek desain tampilan sebesar 90%, kejelasan informasi sebesar 88%, interaksi sebesar 92%, dan keseluruhan aspek sebesar 86%. Pengujian fungsional menunjukkan fungsi-fungsi pada media pembelajaran berjalan sesuai dengan yang dirancang sebelumnya serta pengujian non-fungsional memperlihatkan bahwa media pembelajaran kompatibel dengan berbagai versi android dan jenis smartphone.

6. DAFTAR PUSTAKA

Amanatidis, N. (2022). Augmented reality in Education and Educational Games Implementation and Evaluation: A Focused Literature Review. *MODESTUM*, 1(1), 1-11. Tersedia di <<https://www.computersandchildren.com/download/augmented-reality-in-education-and-educational-games-implementation-and-evaluation-a-focused-11925.pdf>> [Diakses 17 Desember 2024]

Haekal, Z. A., Suana, W., & Riyanda, A. R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented reality Pada Materi Instalasi Jaringan Komputer. *IKRAITH-INFORMATIKA*, 6(1), 90-99. Tersedia di <<https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/download/1454/1175>> [Diakses 17 Desember 2024]

Rahayu, W. I., & Shafina, R. M. (2022). APLIKASI ANALISIS KELAYAKAN SISTEM UNTUK PENGUKURAN USABILITY DENGAN MENERAPKAN METODE USE QUESTIONNAIRE. *Teknik Informatika*, 14(3), 152-160. Tersedia di <<https://ejournal.ulbi.ac.id/index.php/informatika/article/download/2441/1016>> [Diakses 23 Desember 2024]

Romeo, S. (2003). *TESTING DAN IMPLEMENTASI SISTEM* (Vol. 1). Surabaya: STIKOM. Tersedia di <https://repository.dinus.ac.id/docs/ajar/MATERI_KULIAH_IMPLEMENTASI_DAN_PENGUJIAN_SISTEM.pdf> [Diakses 23 Desember 2024]

- Siregar, M. T. (2024). Pengaruh Penggunaan Metode Simulasi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Pokok Akhlakul Mahmudah dan Akhlakul Mazmumah. *Ilmu Tarbiyah dan Keguruan*, 2(2), 177-182. Tersedia di <<https://ejournal.edutechjaya.com/index.php/jitk/article/download/785/526/2452>> [Diakses 18 Desember 2024]
- Sufina, S. Y., Supianto, A. A., & Brata, K. C. (2022, Oktober). RANCANG BANGUN APLIKASI MATHGEO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DIMENSI TIGA BERBASIS MOBILE. *Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 9(5), 911-920. Tersedia di <<https://ejurnal.ulbi.ac.id/index.php/informatika/article/download/2441/1016>> [Diakses 23 Desember 2024]
- Sugiyono. (2019). METODE PENELITIAN KUANTITATIF KUALITATIF DAN R&D. Bandung, Jawa Barat, Indonesia: ALFABETA, CV. Tersedia di <lib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_35efe6a47227d6031a75569c2f3f39d44fe2db43_1652079047.pdf> [Diakses 17 Desember 2024]
- Supriyanto. (2013). JARINGAN DASAR 1 UNTUK SMK/MAK KELAS X (Vol. 1). (Kadek, Ed.) Malang: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan. Tersedia di <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54468884/Kelas_10_SMK_Jaringan_Dasar_1.pdf?1505793877=&response-content-disposition=attachment%3B+filename%3DKelas_10_SMK_Jaringan_Dasar.pdf&Expires=1680467307&Signature=ItkMx9-Jzj4wAkrG5ETgN2GHxPt95rWMPmJpXmg6ONn-VnW> [Diakses 17 Desember 2024]
- Tarigan, D., & Siagian, S. (2015). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PADA PEMBELAJARAN EKONOMI. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi dalam Pendidikan*, 2(2), 188-200. Tersedia di <<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/teknologi/article/download/3295/2963>> [Diakses 17 Desember 2024]
- Widodo, S., Ladyani, F., Asrianto, L., Rusdi, Khairunnisa, Lestari, S. P., . . . Rogayah, N. (2023). Buku Ajar Metode Penelitian (1 ed.). CV Science Techno Direct. Tersedia di <https://repository.binawan.ac.id/3303/1/Buku%20Ajar%20Metode%20Penelitian%20Full_compressed%20Highlighted.pdf> [Diakses 17 Desember 2024]
- Yasmin, A. D., & Yoto. (2023). AR-Learning: Media pembelajaran berbasis Mobile dengan Visualisasi 3 Dimensi Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Critical Thinking Siswa (Vol. 12). Malang, Jawa Timur, Indonesia: Didaktika, Jurnal Kependidikan. Tersedia di <<https://ssed.or.id/contents/article/download/296/211/>> [Diakses 17 Desember 2024]