



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 1840-1847

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Media Interaktif *Augmented Reality* Puzzle Based Marker Untuk Materi Topologi Jaringan Komputer

Ni Putu Sri Anggi Juliandani¹, I Nengah Eka Mertayasa², Luh Putu Eka Damayanthi³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha

¹sri.anggi@student.undiksha.ac.id, ²eka.mertayasa@undiksha.ac.id, ³ekadamayanthi@undiksha.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* pada materi topologi jaringan komputer serta mengetahui respon pengguna terhadap media yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri dari tahap *concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Subjek penelitian adalah siswa kelas X TJKT di SMK Negeri 1 Sukawati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media yang dikembangkan dinyatakan sangat valid berdasarkan uji ahli isi dan ahli media. Hasil uji perorangan dan kelompok kecil juga menunjukkan kategori sangat valid dengan persentase masing-masing sebesar 92,38% dan 92,67%. Respon pengguna berdasarkan *User Experience Questionnaire* (UEQ) menunjukkan hasil positif pada seluruh dimensi dengan kategori *Good* hingga *Excellent*. Selain itu, hasil uji tambahan capaian hasil belajar menunjukkan peningkatan nilai rata-rata dari 63,5 pada *pretest* menjadi 87 pada *posttest* dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,661 dalam kategori sedang. Media yang dikembangkan juga mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, eksploratif, dan kontekstual melalui visualisasi objek tiga dimensi dan aktivitas penyusunan puzzle topologi jaringan. Media ini juga dirancang untuk mendukung pembelajaran mandiri serta meningkatkan motivasi belajar siswa melalui aktivitas interaktif berbasis teknologi. Dengan demikian, media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dengan pendekatan *puzzle-based marker* yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan serta berpotensi mendukung peningkatan pemahaman siswa pada materi topologi jaringan komputer.

Kata Kunci: *Augmented Reality, Puzzle-Based Marker, Topologi Jaringan, Media Pembelajaran*

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya pada implementasi Kurikulum Merdeka. Belajar yang menekankan kemandirian siswa serta peran guru sebagai fasilitator pembelajaran [1], [2]. Dalam konteks ini, integrasi teknologi menjadi kebutuhan penting untuk menjembatani kesenjangan antara penyampaian teori dan pengalaman praktik. Hal ini sangat relevan pada pendidikan vokasi, terutama pada bidang Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi (TJKT), di mana pemahaman konsep dasar seperti topologi jaringan menjadi fondasi utama sebelum siswa mempelajari tahap implementasi yang lebih kompleks.

Namun, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran topologi jaringan masih didominasi oleh metode konvensional seperti ceramah dan media visual statis, sementara praktik langsung yang bersifat eksploratif masih terbatas. Akibatnya, pemahaman siswa terhadap konsep topologi jaringan, seperti hubungan antar perangkat dan alur data, belum optimal. Data hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal yang menuntut pemahaman visual dan konseptual. Di sisi lain, preferensi siswa yang cenderung menyukai pembelajaran berbasis praktik menunjukkan adanya kebutuhan akan media pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual [3], [4].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan pemahaman konsep dengan menghadirkan visualisasi objek secara tiga dimensi dan interaktif [5], [6], [7]. Selain itu, penggunaan media berbasis permainan edukatif seperti puzzle juga terbukti dapat meningkatkan keterlibatan dan konsentrasi siswa dalam proses pembelajaran [8]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penggunaan AR sebagai media visualisasi semata, tanpa mengintegrasikan pendekatan interaktif berbasis aktivitas fisik yang melibatkan partisipasi aktif siswa secara langsung.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran yang menuntut pengalaman konkret dan media yang tersedia di sekolah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* yang menggabungkan visualisasi 3D dengan aktivitas penyusunan fisik. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih eksploratif, meningkatkan keterlibatan siswa, serta membantu memahami konsep topologi jaringan secara lebih komprehensif.

Adapun tujuan penelitian ini adalah: (1) mengembangkan media interaktif *Augmented Reality puzzle-based marker* pada materi topologi jaringan komputer, dan (2) mendeskripsikan respon pengguna terhadap penggunaan media tersebut dalam pembelajaran di SMK. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran inovatif yang sesuai dengan kebutuhan pendidikan vokasi di era digital.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri atas enam tahapan, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution* [9], [10]. Model ini dipilih karena mampu memberikan alur pengembangan yang sistematis dalam pembuatan media pembelajaran berbasis multimedia interaktif. Subjek penelitian adalah siswa kelas X jurusan Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi (TJKT) di SMK Negeri 1 Sukawati dengan jumlah total 32 siswa. Pelaksanaan uji coba dilakukan secara bertahap, yaitu uji perorangan sebanyak 3 siswa, uji kelompok kecil sebanyak 9 siswa, dan uji lapangan terbatas sebanyak 20 siswa. Objek penelitian berupa media pembelajaran interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* pada materi topologi jaringan komputer.

Prosedur penelitian diawali pada tahap *concept*, peneliti melakukan identifikasi kebutuhan melalui observasi, wawancara, dan penyebaran kuesioner kepada guru serta siswa kelas X TJKT di SMK Negeri 1 Sukawati. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa pembelajaran topologi jaringan masih bersifat teoritis dan kurang interaktif, sehingga dikembangkan media pembelajaran berbasis AR sebagai solusi untuk meningkatkan pemahaman siswa. Tahap *design* meliputi perancangan antarmuka aplikasi, alur interaksi media, desain marker, dan objek 3D. Aplikasi dirancang memiliki beberapa halaman utama seperti welcome screen, materi, pindai marker, kuis, petunjuk, dan informasi. Selain itu, dirancang pula marker card dan marker puzzle yang digunakan dalam aktivitas pembelajaran dan evaluasi. Tahap *material collecting* dilakukan dengan mengumpulkan berbagai perangkat lunak pendukung pengembangan media, yaitu Unity 3D, Vuforia SDK, Blender, dan Canva. Seluruh perangkat lunak digunakan untuk mendukung proses pembuatan antarmuka, objek 3D, marker, serta integrasi aplikasi berbasis AR. Tahap *assembly* merupakan proses penggabungan seluruh komponen media ke dalam aplikasi menggunakan *Unity* dan *Vuforia*. Pada tahap ini dilakukan pemasangan marker, integrasi objek 3D, penerapan antarmuka pengguna, pengembangan navigasi aplikasi, serta pembuatan aplikasi dalam format Android (.apk). Selain itu, diterapkan prinsip *scaffolding* melalui fitur petunjuk, materi, audio, visualisasi AR, dan kuis interaktif. Tahap *testing* dilakukan untuk mengetahui kelayakan dan kualitas media pembelajaran. Pengujian meliputi uji *blackbox*, uji ahli isi, uji ahli media, uji perorangan, uji kelompok kecil, uji respon pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ), serta uji tambahan capaian hasil belajar melalui pretest dan posttest. Adapun kisi – kisi instrumen yang digunakan pada penelitian disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5

Tabel 1. Kisi - Kisi Instrumen Uji *Blackbox*

No	Aspek yang Dinilai	Indikator Penilaian	Nomor Butir Pernyataan
1	Instalasi dan Stabilitas Aplikasi	Aplikasi dapat dijalankan dengan baik pada perangkat yang digunakan	1
2	Navigasi Aplikasi	Tombol “Mulai” pada welcome screen dapat menampilkan menu utama	2
3	Navigasi Aplikasi	Menu “Pindai Marker” dapat dibuka dengan baik	3
4	Fungsi Marker AR	Marker komputer dikenali dan menampilkan objek AR	4
5	Fungsi Marker AR	Marker router dikenali dan menampilkan objek AR	5
6	Fungsi Marker AR	Marker switch dikenali dan menampilkan objek AR	6
7	Fungsi Marker AR	Marker hub dikenali dan menampilkan objek AR	7
8	Fungsi Marker AR	Marker topologi (Star, Bus, Ring, Mesh, Tree) dikenali dan menampilkan objek AR	8
9	Interaksi Objek 3D	Objek 3D dapat diperbesar (zoom) menggunakan gesture dua jari	9
10	Interaksi Objek 3D	Objek 3D dapat diputar (rotate) menggunakan gesture satu jari	10
11	Interaksi Objek 3D	Tombol “Reset” mengembalikan objek ke kondisi awal	11
12	Fitur Audio	Tombol “Sound” dapat memutar dan menghentikan audio penjelasan	12

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.8676>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

No	Aspek yang Dinilai	Indikator Penilaian	Nomor Butir Pernyataan
13	Informasi Materi	Teks deskripsi perangkat/topologi dapat ditampilkan dengan baik	13
14	Navigasi Aplikasi	Menu “Petunjuk” dapat ditampilkan dengan baik	14
15	Navigasi Aplikasi	Menu “Kuis” dapat dibuka dengan baik	15
16	Fungsi Kuis Puzzle	Kuis puzzle topologi dapat dijalankan dengan baik	16
17	Fungsi Kuis Puzzle	Sistem dapat mendeteksi jawaban pada kuis puzzle dengan benar	17
18	Umpan Balik Kuis	Kuis memberikan feedback “Benar” saat jawaban benar	18
19	Umpan Balik Kuis	Kuis memberikan feedback “Salah” saat jawaban salah	19
20	Umpan Balik Kuis	Skor kuis dapat ditampilkan dengan benar	20
21	Navigasi Aplikasi	Tombol “Kembali” dapat kembali ke halaman sebelumnya	21
22	Stabilitas Sistem	Aplikasi berjalan dengan lancar tanpa error selama digunakan	22

Tabel 2. Kisi - Kisi instrumen Uji Ahli Isi

No	Aspek Penilaian	Indikator Pernyataan	Nomor Soal	Skala Penilaian
1	Ketepatan Konsep Perangkat	Materi perangkat jaringan (komputer, switch, router, dan hub) sesuai dengan konsep jaringan komputer	1	1–5
2	Ketepatan Konsep Topologi	Materi topologi jaringan (star, bus, ring, mesh, dan tree) sesuai dengan konsep jaringan komputer	2	1–5
3	Kesesuaian Kurikulum	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum pembelajaran Jaringan Komputer (TJKT)	3	1–5
4	Kejelasan Fungsi Perangkat	Penjelasan fungsi masing-masing perangkat jaringan disampaikan dengan jelas	4	1–5
5	Kejelasan Penjelasan Topologi	Penjelasan masing-masing topologi jaringan disampaikan dengan jelas	5	1–5
6	Kejelasan Bahasa dan Istilah	Bahasa dan istilah yang digunakan mudah dipahami oleh peserta didik	6	1–5
7	Relevansi dengan Tujuan Pembelajaran	Materi yang disajikan relevan dengan tujuan pembelajaran topologi jaringan komputer	7	1–5
8	Dukungan Penyajian Media	Penyajian materi dalam aplikasi (teks, visual AR, dan audio) mendukung pemahaman konsep	8	1–5
9	Kesesuaian Soal Kuis Puzzle	Soal kuis puzzle topologi jaringan sesuai dengan materi yang dipelajari	9	1–5
10	Kemampuan Soal Mengukur Pemahaman	Soal kuis mampu mengukur pemahaman siswa terhadap konsep topologi jaringan	10	1–5
11	Keterkaitan Perangkat dan Topologi	Materi membantu siswa memahami hubungan antara perangkat dan topologi jaringan	11	1–5
12	Kesesuaian dengan Tingkat Peserta Didik	Materi yang disajikan sesuai dengan tingkat pemahaman peserta didik SMK	12	1–5
13	Konsistensi Materi dan Soal	Materi dan soal yang disajikan memiliki keterkaitan yang konsisten	13	1–5
14	Kelayakan Media Pembelajaran	Media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan sebagai pendukung pembelajaran di kelas	14	1–5

Tabel 3. Kisi - Kisi Intrumen Uji Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Indikator Pernyataan	Nomor Soal	Skala Penilaian
1	Desain Antarmuka	Tampilan antarmuka aplikasi menarik dan sesuai dengan karakteristik pengguna	1	1–5
2	Konsistensi Tata Letak	Tata letak menu dan elemen dalam aplikasi terlihat rapi dan konsisten	2	1–5
3	Navigasi Aplikasi	Navigasi dan penggunaan tombol dalam aplikasi mudah dipahami	3	1–5
4	Petunjuk Penggunaan	Petunjuk penggunaan aplikasi membantu pengguna memahami cara menggunakan aplikasi	4	1–5
5	Fungsi Marker AR	Marker <i>Augmented Reality</i> dapat dikenali dengan baik oleh kamera	5	1–5
6	Visualisasi Objek 3D	Objek 3D perangkat jaringan dapat ditampilkan dengan jelas	6	1–5
7	Interaktivitas Objek	Interaksi zoom dan rotasi objek 3D berjalan dengan baik	7	1–5
8	Fitur Reset	Fitur reset objek membantu pengguna mengembalikan objek ke posisi awal dengan mudah	8	1–5
9	Fitur Audio	Fitur audio penjelasan perangkat dapat didengar dengan jelas	9	1–5
10	Kualitas Visual	Tampilan visual objek 3D menarik dan mendukung pembelajaran	10	1–5
11	Interaktivitas Kuis	Fitur kuis puzzle topologi jaringan memberikan interaksi yang menarik	11	1–5
12	Visualisasi Konsep	Visualisasi koneksi antar perangkat/topologi membantu memperjelas konsep jaringan	12	1–5
13	Kejelasan Elemen Visual	Perbedaan visual (warna/elemen) membantu pengguna memahami konsep dengan lebih mudah	13	1–5

No	Aspek Penilaian	Indikator Pernyataan	Nomor Soal	Skala Penilaian
14	Tampilan Soal Kuis	Tampilan soal kuis (termasuk pilihan ganda) jelas dan mudah dipahami	14	1-5
15	Stabilitas Aplikasi	Aplikasi berjalan dengan lancar tanpa kendala teknis yang berarti	15	1-5
16	Kelayakan Media	Media pembelajaran layak digunakan sebagai media pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i>	16	1-5

Tabel 4. Kisi - Kisi Instrumen Uji Perorangan

No	Aspek yang Dinilai	Indikator	No Butir
1	Kemudahan penggunaan	Kemudahan menggunakan media saat pertama kali	1
2	Kemudahan penggunaan	Kejelasan petunjuk penggunaan	2
3	Kualitas tampilan	Tampilan media menarik	3
4	Fungsionalitas media	Kemudahan pemindaian marker	4
5	Kualitas visual	Kejelasan objek 3D	5
6	Manfaat media	Media membantu memahami materi	6
7	Kemudahan penggunaan	Kemudahan penggunaan tanpa kendala berarti	7

Tabel 5. Kisi – kisi Instrumen Uji Kelompok Kecil

No	Aspek yang Dinilai	Indikator	No Butir
1	Kemudahan penggunaan	Media mudah digunakan	1
2	Daya tarik	Media menarik untuk dipelajari	2
3	Manfaat pembelajaran	Media membantu memahami materi	3
4	Kemudahan penggunaan	Media tidak membingungkan	4
5	Kualitas tampilan	Tampilan media jelas	5
6	Fungsionalitas media	Fitur media berjalan baik	6
7	Daya tarik	Media menyenangkan digunakan	7
8	Kepraktisan	Media praktis digunakan	8
9	Kesesuaian pembelajaran	Media sesuai untuk pembelajaran	9
10	Daya tarik	Keinginan menggunakan media kembali	10

Tahap terakhir yaitu *distribution* dilakukan dengan mendistribusikan aplikasi dalam format .apk kepada siswa melalui Google Drive. Peneliti juga menyediakan marker AR dalam bentuk marker card dan marker puzzle untuk mendukung penggunaan media pembelajaran secara optimal.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi wawancara, kuesioner, tes, dan observasi, sedangkan analisis data dilakukan menggunakan skala Likert untuk menentukan tingkat kelayakan produk serta perhitungan N-Gain untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa. Data dianalisis menggunakan persentase validitas, benchmark UEQ, dan perhitungan N-Gain.

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan puzzle-based marker pada materi topologi jaringan komputer untuk siswa kelas X TJKT di SMK Negeri 1 Sukawati. Pengembangan media menggunakan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang meliputi tahap *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*. Untuk mengetahui kualitas media, dilakukan pengujian berupa uji Blackbox, uji ahli isi, uji ahli media, uji perorangan, uji kelompok kecil, uji respon pengguna menggunakan UEQ, serta uji tambahan hasil belajar melalui pretest dan posttest.

Tahap *concept* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan dasar pengembangan media pembelajaran. Hasil observasi, wawancara, dan kuesioner menunjukkan bahwa pembelajaran topologi jaringan komputer masih bersifat teoritis, kurang interaktif, serta terbatas pada media satu arah sehingga siswa mengalami kesulitan memahami konsep jaringan. Berdasarkan kondisi tersebut, dikembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* yang memungkinkan siswa mempelajari perangkat jaringan dan topologi jaringan melalui visualisasi objek 3D serta audio penjelasan [11], [12]. Media juga dilengkapi fitur kuis puzzle untuk menyusun topologi jaringan menggunakan marker puzzle. Pengembangan media ini bertujuan memberikan pengalaman belajar yang lebih visual, interaktif, dan aplikatif bagi siswa kelas X TJKT di SMK Negeri 1 Sukawati.

Tahap desain merupakan tahap perancangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* yang meliputi desain logo aplikasi, antarmuka pengguna, tombol navigasi, marker, dan objek 3D. Logo aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan” dirancang sebagai identitas visual yang

merepresentasikan konsep pembelajaran interaktif melalui elemen puzzle dan simbol jaringan komputer. Warna dan tipografi yang digunakan disesuaikan dengan karakteristik teknologi dan pembelajaran agar terlihat modern, menarik, dan mudah dipahami. Desain antarmuka pengguna dibuat dengan memperhatikan kemudahan penggunaan, konsistensi visual, dan kejelasan navigasi. Aplikasi terdiri dari beberapa halaman utama seperti *welcome screen*, halaman utama, petunjuk, materi, pindai marker, kuis, dan informasi. Selain itu, disediakan berbagai pop-up sebagai umpan balik terhadap jawaban pengguna pada fitur kuis. Desain tombol juga dirancang secara konsisten untuk memudahkan pengguna dalam mengakses fitur aplikasi, mengontrol audio, berpindah halaman, serta melakukan interaksi pada kuis. Tahap desain juga menghasilkan dua jenis marker, yaitu marker card dan marker puzzle. Marker card digunakan untuk menampilkan objek 3D perangkat jaringan dan topologi jaringan melalui fitur pindai marker, sedangkan marker puzzle digunakan pada fitur kuis puzzle untuk menyusun topologi jaringan. Secara keseluruhan terdapat 14 marker yang terdiri dari 9 marker card dan 5 marker puzzle. Selain itu, dikembangkan pula objek 3D perangkat jaringan seperti komputer, router, switch, dan hub, serta lima jenis topologi jaringan yaitu bus, ring, star, mesh, dan tree menggunakan Blender. Seluruh desain dirancang untuk mendukung pengalaman belajar yang visual, interaktif, dan kontekstual bagi siswa.

Tahap pengumpulan materi dilakukan dengan mengumpulkan seluruh perangkat lunak dan aset multimedia yang dibutuhkan dalam pengembangan aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan”. Perangkat lunak utama yang digunakan meliputi Unity 3D sebagai platform pengembangan aplikasi, Vuforia SDK untuk pengenalan marker Augmented Reality, Blender untuk pembuatan objek 3D, dan Canva untuk desain antarmuka serta marker aplikasi. Selain perangkat lunak, tahap ini juga mencakup pengumpulan aset multimedia berupa objek 3D perangkat dan topologi jaringan, desain antarmuka pengguna, marker card dan marker puzzle, serta elemen audio. Audio yang digunakan terdiri dari narasi penjelasan materi yang direkam oleh peneliti dan efek suara umpan balik kuis yang diperoleh dari sumber bebas lisensi. Seluruh aset kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi untuk mendukung terciptanya media pembelajaran yang interaktif, visual, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran topologi jaringan komputer.

Tahap Pembuatan (*Assembly*) merupakan tahap integrasi seluruh komponen media pembelajaran berbasis Augmented Reality (AR) menjadi aplikasi yang utuh menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK. Pada tahap ini, marker, objek 3D, antarmuka pengguna, elemen audio, serta logika interaksi aplikasi berhasil digabungkan sehingga menghasilkan aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan” dalam format Android (.apk). Sebanyak 14 marker yang terdiri dari 9 marker card dan 5 marker puzzle diintegrasikan melalui Vuforia sebagai image target untuk memunculkan objek 3D perangkat dan topologi jaringan secara real time. Objek 3D yang dibuat menggunakan Blender kemudian dipasang pada masing-masing marker dengan penyesuaian posisi, rotasi, dan ukuran agar tampil proporsional saat dipindai. Selain itu, desain antarmuka yang telah dibuat di Canva diimplementasikan ke dalam Unity melalui berbagai scene, seperti halaman utama, materi, pindai marker, kuis, dan informasi, sehingga aplikasi memiliki tampilan yang konsisten dan mudah digunakan. Tahap ini juga mencakup pengembangan navigasi dan logika aplikasi menggunakan bahasa pemrograman C#, sehingga pengguna dapat berpindah halaman, mengakses fitur, serta memperoleh umpan balik otomatis pada kuis pilihan ganda maupun kuis puzzle. Elemen audio berupa narasi materi dan efek suara juga berhasil diintegrasikan untuk meningkatkan interaktivitas pembelajaran. Setelah seluruh komponen diuji pada Unity Editor, aplikasi dibangun ke dalam format .apk agar dapat dijalankan pada perangkat Android. Selain itu, prinsip scaffolding diterapkan melalui fitur petunjuk, materi, visualisasi objek 3D, serta evaluasi bertahap yang membantu siswa belajar secara mandiri dan terarah. Berdasarkan hasil tahap *assembly*, aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan” berhasil dikembangkan sebagai media pembelajaran interaktif yang siap memasuki tahap pengujian. Tampilan media disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Media Augmented Reality Puzzle Based Marker

Tahap Pengujian (*Testing*) pada pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dilakukan untuk memastikan aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan” memenuhi aspek fungsionalitas, validitas, kepraktisan, dan pengalaman pengguna. Pengujian meliputi Uji Blackbox, Uji Ahli Isi, Uji Ahli Media, Uji Perorangan, Uji Kelompok Kecil, serta Uji Lapangan menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ) dan uji tambahan capaian hasil belajar melalui pretest dan posttest. Adapun ringkasan hasil uji disajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Ringkasan hasil Uji

Jenis Uji	Persentase	Kategori
Validitas Ahli Isi	97,14%	Sangat Valid
Validitas Ahli Media	95,63%	Sangat Valid
Uji Perorangan	92,38%	Sangat Valid
Uji Kelompok Kecil	92,67%	Sangat Valid
Uji Blackbox	100%	Sangat Baik
Uji UEQ	<i>Good – Excellent</i>	Sangat Baik
N-Gain Hasil Belajar	0,661	Sedang

Berdasarkan tabel 6 diperoleh hasil Uji Blackbox menunjukkan seluruh 22 fitur aplikasi berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100%, sehingga aplikasi dinyatakan stabil dan layak digunakan. Pada Uji Ahli Isi diperoleh validitas gabungan sebesar 97,14% dengan kategori “Sangat Valid”, yang menunjukkan materi telah sesuai dengan kurikulum, konsep jaringan komputer, dan tujuan pembelajaran. Sementara itu, Uji Ahli Media memperoleh validitas gabungan sebesar 95,63% dengan kategori “Sangat Valid”, sehingga media dinilai memiliki tampilan menarik, navigasi mudah, serta fitur interaktif yang mendukung pembelajaran. Beberapa saran perbaikan dari para ahli, seperti penyesuaian visualisasi, penambahan feedback kuis, dan penyempurnaan petunjuk penggunaan, telah ditindaklanjuti sehingga kualitas aplikasi menjadi lebih optimal.

Pada tahap uji pengguna, hasil Uji Perorangan memperoleh persentase validitas sebesar 92,38% dan Uji Kelompok Kecil sebesar 92,67%, yang keduanya termasuk kategori “Sangat Valid”. Hasil ini menunjukkan bahwa media mudah digunakan, menarik, praktis, dan membantu siswa memahami materi topologi jaringan komputer. Selanjutnya, Uji Lapangan menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ) terhadap 20 siswa menunjukkan seluruh dimensi memperoleh nilai positif. Dimensi Daya Tarik, Kejelasan, Efisiensi, dan Ketepatan berada pada kategori Good, sedangkan dimensi Stimulasi dan Kebaruan berada pada kategori Excellent. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran mampu memberikan pengalaman belajar yang menarik, interaktif, inovatif, dan mudah digunakan. Selain itu, uji tambahan capaian hasil belajar menunjukkan rata-rata nilai pretest sebesar 63,5 meningkat menjadi 87 pada *posttest*, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,661 yang termasuk kategori sedang. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan media AR berkontribusi dalam mendukung pemahaman siswa terhadap materi Topologi Jaringan Komputer.

Tahap akhir dalam model MDLC adalah Distribution, yaitu proses distribusi aplikasi dan marker kepada pengguna. Aplikasi “Puzzle Topologi Jaringan” berhasil didistribusikan kepada siswa kelas X TJKT SMK Negeri 1 Sukawati dalam format .apk melalui Google Drive sehingga dapat diunduh dan diinstal secara mandiri pada perangkat Android. Selain aplikasi, peneliti juga mendistribusikan marker *Augmented Reality* berupa marker card dan marker puzzle yang digunakan untuk menampilkan objek 3D dan aktivitas kuis interaktif. Marker dibuat menggunakan bahan PVC dan akrilik agar lebih tahan lama serta mudah dipindai oleh kamera smartphone. Seluruh desain marker juga disediakan dalam format digital (.pdf) untuk memudahkan pencetakan ulang dan memperluas distribusi media. Berdasarkan hasil distribusi, aplikasi dan marker dapat digunakan dengan baik tanpa kendala berarti, sehingga media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan dinyatakan siap digunakan sebagai alternatif pembelajaran topologi jaringan komputer yang lebih interaktif, menarik, dan menyenangkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* dengan pendekatan *puzzle-based marker* mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual. Peningkatan hasil belajar siswa yang ditunjukkan melalui nilai N-Gain kategori sedang mengindikasikan bahwa media ini efektif dalam membantu siswa memahami konsep topologi jaringan yang sebelumnya bersifat abstrak menjadi lebih konkret melalui visualisasi objek tiga dimensi [13], [14], [15].

Keberhasilan ini tidak terlepas dari integrasi antara teknologi AR dan pendekatan puzzle yang mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi

juga terlibat langsung dalam menyusun topologi jaringan, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Temuan ini memperkuat bahwa pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) dapat meningkatkan pemahaman konseptual melalui aktivitas langsung [16], [17]. Selain itu, hasil respon pengguna yang menunjukkan kategori *Good* hingga *Excellent* pada seluruh dimensi UEQ mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan memiliki tingkat usability yang baik. Aspek daya tarik dan kebaruan menjadi faktor penting yang meningkatkan motivasi belajar siswa, sedangkan aspek kejelasan dan efisiensi mendukung kemudahan penggunaan aplikasi dalam proses pembelajaran.

Meskipun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar masih berada pada kategori sedang. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan waktu penggunaan media dalam uji coba serta belum terbiasanya siswa menggunakan teknologi AR dalam pembelajaran. Selain itu, media yang dikembangkan masih berfokus pada visualisasi konsep dasar dan belum mencakup simulasi jaringan yang lebih kompleks. Secara umum, hasil penelitian ini menjawab rumusan masalah bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality puzzle-based marker* yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dan mampu meningkatkan pemahaman siswa. Media ini juga dapat menjadi solusi alternatif dalam mengatasi keterbatasan fasilitas praktik di sekolah, khususnya pada pembelajaran topologi jaringan komputer.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan pendekatan *puzzle-based marker* pada materi topologi jaringan komputer untuk siswa kelas X TJKT di SMK Negeri 1 Sukawati menggunakan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Media yang dikembangkan terdiri atas visualisasi objek 3D, audio penjelasan, marker card, marker puzzle, serta fitur kuis interaktif yang dapat digunakan melalui perangkat Android. Berdasarkan hasil pengujian, media memperoleh kategori sangat valid pada uji ahli isi, uji ahli media, uji perorangan, dan uji kelompok kecil, serta menunjukkan seluruh fitur aplikasi berjalan dengan baik pada uji Blackbox. Hasil uji respon pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ) menunjukkan bahwa media memberikan pengalaman penggunaan yang baik hingga sangat baik, terutama pada aspek stimulasi dan kebaruan. Selain itu, hasil uji tambahan capaian hasil belajar menunjukkan adanya peningkatan nilai siswa setelah penggunaan media dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,661 yang termasuk kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan mampu mendukung pembelajaran topologi jaringan komputer menjadi lebih interaktif, menarik, dan membantu siswa memahami konsep secara lebih konkret. Media ini berpotensi diterapkan pada pembelajaran vokasi khususnya bidang Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi serta dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan simulasi jaringan yang lebih kompleks dan dukungan pada platform perangkat yang lebih beragam.

Referensi

- [1] O. Rambung, Sion, Bungamawelona, Y. Puang, and S. Salenda, "Transformasi Kebijakan Pendidikan Melalui Implementasi," *Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 1, no. 3, pp. 598–612, 2023.
- [2] E. Mardiana, M., & Emmiyati, "Implementasi kurikulum merdeka dalam pembelajaran: Evaluasi dan pembaruan," *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, vol. 10, no. 2, pp. 121–127, 2024, doi: <https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n2.p121-127>.
- [3] A. Asse and A. Rahman, "Profil Representasi Matematis dalam Pemecahan Masalah Peluang: Studi Kasus Berdasarkan Preferensi Gaya Belajar Siswa," *Jurnal Profesi Pendidik dan Tenaga Kependidikan*, vol. 11, no. 1, pp. 85–92, 2025.
- [4] R. Qurrota Akyuna, A. Dwi Wahyuni, and D. Mintasih, "Peran Media Pembelajaran Interaktif Dalam Meningkatkan Partisipasi Peserta Didik," *Jurnal Hukum, Pendidikan & Sosial Keagamaan*, vol. 5, no. 1, pp. 121–132, 2025, doi: <https://doi.org/10.47200/awtjhpsa.v5i1.3112>.
- [5] L. Najmi and V. I. Delianti, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality pada Elemen Perencanaan dan Pengalamatan Jaringan Fase F di SMK Negeri 6 Padang," *Jejak digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 1, no. 5, pp. 2657–2678, 2025.
- [6] H. Mubaroq, R. P. Sriwijayanti, and R. N. Laili, "Pelatihan dan Pendampingan Guru dalam Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif berbasis Powerpoint, Wordwall, dan Canva di SD Negeri Mentor 2," *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 3, pp. 950–960, 2025, doi: [10.53299/bajpm.v5i3.2511](https://doi.org/10.53299/bajpm.v5i3.2511).
- [7] S. Amelia, A. Wedi, and A. Husna, "Pengembangan Modul Berbantuan Teknologi Augmented Reality Dengan Puzzle Pada Materi Bangun Ruang," *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, vol. 5, no. 1, pp. 62–71, Feb. 2022, doi: [10.17977/um038v5i12022p062](https://doi.org/10.17977/um038v5i12022p062).
- [8] I. N. E. Mertayasa, I. G. B. Subawa, and I. K. A. Pradnyana, "Gamifikasi dalam Kelas Informatika: Strategi Inovatif untuk Meningkatkan Motivasi dan Keterlibatan Siswa," 2025.
- [9] A. Fahmi, A. Hakim, A. Meiriza, M. Afrina, and R. D. Kurnia, "Penggunaan Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) Dalam Game Edukasi Virtual Kampus Universitas Sriwijaya Pada Platform Roblox," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 1, pp. 154–165, 2026, doi: <https://doi.org/10.51454/decode.v6i1.1485>.
- [10] A. R. Crispin, "Virtual/Augmented Reality: Konsep, Implementasi dan Pengujian," *PUBLIS PENERBIT UNPRI PRESS*, vol. 1, no. 2, 2024.

- [11] A. E. Putri and Y. Hendriyani, "Pengembangan E-Modul Berbasis Augmented Reality Untuk Mata Pelajaran Komputer dan Jaringan Dasar Siswa Kelas X TKJ di SMK Negeri 3 Seluma," *JAVIT: Jurnal Vokasi Informatika*, vol. 3, no. 1, pp. 56–63, 2023, doi: 10.24036/javit.v3i1.70.
- [12] I. Burhanuddin, "Pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality untuk pengenalan topologi jaringan.," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 5, pp. 479–488, 2024.
- [13] Yuniawatika, Lailatul Fitriah, Edwin Maulana Sandya, Ika Feny Nur Aini, and Maytha Esterya Lumban Gaol, "PAZAR: Puzzle Berbasis Augmented Reality dalam Pembelajaran Sistem Peredaran Darah Manusia di Sekolah Dasar," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, vol. 8, no. 1, pp. 113–125, 2025, doi: 10.23887/jippg.v8i1.86775.
- [14] Defi Septiyani and Sigit Yulianto, "Media Puzzle Berbasis Augmented Reality terhadap Hasil Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, vol. 9, no. 1, pp. 207–219, 2025, doi: 10.23887/jppp.v9i1.89212.
- [15] M. Rahman, "Perancangan Augmented Reality Perangkat Jaringan sebagai Media Pembelajaran Berbasis Android," Dec. 2023.
- [16] N. Mesra, .: Andriani, R.: Lestari, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Materi Topologi Jaringan Di Sma Negeri 1 Marisa.," *jurnal inovasi Pendidikan kimia*, vol. 17, no. 1, pp. 55–63, 2023, doi: <https://doi.org/10.37905/inverted.v6i1.32611>.
- [17] D. A. Larasati, N. Binti, and M. Hanafi, "Assemblr EDU Augmented Reality Puzzle for Elementary Learning: Pengembangan Puzzle Augmented Reality Assemblr EDU untuk Sekolah Dasar.," *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, vol. 15, no. 1, pp. 49-64., 2026, doi: 10.21070/pedagogia.v15i1.2172.