

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web 3D pada Mata Pelajaran Informatika Materi Jaringan Komputer

Newsa Gora Noor ^{1*}, Ramaulvi Muhammad Akhyar ²

^{1,2} Universitas Mulawarman, Indonesia

* Newsa.noor@hotmail.com

Abstrak

Terbatasnya fasilitas laboratorium jaringan komputer di SMA Negeri 2 Samarinda menyebabkan pembelajaran komputer jaringan dilakukan lebih teoritis, sehingga menyulitkan siswa untuk memahami konsep abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis 3D web interaktif untuk materi jaringan komputer sebagai alternatif yang lebih interaktif dan mudah diakses. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Address*, yang meliputi *communication*, *quick plan*, *modeling quick design*, *construction of prototype*, *deployment and feedback*, serta *refinement*. Pendataan dilakukan melalui observasi, wawancara, validasi pakar media, validasi ahli materi, dan tes respon siswa. Media yang dikembangkan menyediakan fitur termasuk materi pembelajaran, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi topologi jaringan tiga dimensi, dan kuis evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan berdasarkan hasil validasi ahli media dengan skor rata-rata 3,71 (sangat layak), validasi ahli materi dengan skor rata-rata 3,79 (sangat layak), dan respon siswa dengan skor rata-rata 3,44 (sangat layak). Media ini dapat memberikan visualisasi konsep jaringan komputer yang lebih konkret dan mendukung proses pembelajaran melalui simulasi interaktif berbasis web.

Keywords: *Pengembangan, Media Pembelajaran Interaktif, Website 3D, Informatika, Jaringan Komputer*

Pendahuluan

Perkembangan zaman yang berlangsung sangat cepat, khususnya dalam bidang teknologi, telah memberikan dampak yang besar terhadap dunia pendidikan. Teknologi saat ini memiliki peran penting sebagai sarana untuk menyampaikan dan memperoleh berbagai informasi, termasuk informasi dalam bidang pendidikan (Novialdi et al., 2020). Dalam proses pembelajaran, media pembelajaran berfungsi sebagai sarana yang membantu menyampaikan informasi dan materi agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara lebih efektif (Zahwa & Syafi'i, 2022). Penggunaan media pembelajaran yang tepat juga dapat meningkatkan minat belajar serta membantu siswa memahami materi secara lebih optimal (Inawati & Puspasari, 2020). Oleh karena itu, media pembelajaran tidak lagi hanya berpusat pada metode konvensional, seperti ceramah, papan tulis, dan buku teks, tetapi mulai bertransformasi ke arah media digital yang lebih interaktif. Media pembelajaran berbasis web menjadi salah satu alternatif yang banyak dimanfaatkan karena memiliki aksesibilitas tinggi, dapat dioperasikan melalui berbagai perangkat, dan mampu menyajikan konten pembelajaran secara lebih menarik.

Media pembelajaran berbasis web merupakan media yang memanfaatkan teknologi internet sebagai sarana penyampaian materi pembelajaran sehingga dapat diakses kapan saja dan dari

berbagai tempat (Yunita & Aris Susanto, 2020). Pembelajaran berbasis web memberikan fleksibilitas yang tinggi bagi guru dan siswa karena pelaksanaannya tidak terikat oleh batasan ruang dan waktu (Aggarwati et al., 2023). Selain mendukung aksesibilitas pembelajaran, penggunaan media berbasis web juga berpotensi mengurangi berbagai kendala operasional, termasuk keterbatasan sarana serta biaya pendukung kegiatan pembelajaran (Nengsih et al., 2022).

Penggunaan media berbasis website terbukti dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran karena mampu menyajikan materi yang lebih bervariasi, fleksibel, dan sesuai dengan kebutuhan belajar siswa (Kusumawati & Prapanca, 2023). Modul berbasis *web-based interactive learning* juga terbukti efektif dalam mendukung pelaksanaan proses pembelajaran (Sartika et al., 2025). Media pembelajaran berbasis website dengan model *Project-Based Learning* (PjBL) pada materi konfigurasi jaringan dapat meningkatkan keterlibatan psikomotorik siswa. Sebaliknya, penerapan pembelajaran konvensional cenderung menyebabkan siswa menjadi pasif dan kurang memahami penerapan konsep secara nyata (Emba & Ekohariadi, 2024).

Pembelajaran interaktif merupakan pendekatan pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif siswa melalui interaksi antara pengguna dan media pembelajaran (Abdullah et al., 2021). Dalam perkembangannya, media pembelajaran modern umumnya dirancang secara interaktif dengan memanfaatkan perangkat digital untuk menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik (Hafiedz & Nurhamidah, 2023). Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis web yang dipadukan dengan unsur interaktivitas menjadi salah satu alternatif potensial untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Perkembangan teknologi visualisasi tiga dimensi (3D) turut memberikan peluang baru dalam pengembangan media pembelajaran digital. Teknologi 3D memungkinkan objek pembelajaran disajikan secara lebih realistis sehingga peserta didik dapat mengamati bentuk, struktur, dan hubungan antarobjek dengan lebih jelas dibandingkan melalui media dua dimensi konvensional. Penggunaan teknologi 3D dalam media pembelajaran dapat meningkatkan daya tarik pembelajaran serta membantu siswa memahami materi yang bersifat abstrak (Inawati & Puspasari, 2020). Integrasi model tiga dimensi pada media berbasis web juga dapat meningkatkan pengalaman belajar pengguna melalui visualisasi yang lebih interaktif dan mudah dipahami (Triantono et al., 2024).

Pada bidang jaringan komputer, visualisasi memiliki peran penting karena sebagian besar materi berkaitan dengan perangkat keras, topologi jaringan, dan proses konfigurasi yang sulit diamati secara langsung. Penggunaan lingkungan pembelajaran virtual dan simulasi interaktif dalam pembelajaran jaringan komputer dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap berbagai konsep jaringan (Santiyadiputra et al., 2024). Media pembelajaran tiga dimensi berbasis web pada materi perakitan komputer juga telah memperoleh hasil validasi yang sangat baik sehingga dinilai layak digunakan dalam proses pembelajaran (Istiqomah & Priyanto, 2023). Selain itu, teknologi visualisasi tiga dimensi berbasis web mampu menghadirkan representasi objek yang lebih realistis serta meningkatkan interaktivitas pengguna dalam proses pembelajaran dan eksplorasi informasi (Ülker et al., 2025).

Berdasarkan hasil observasi awal di SMA Negeri 2 Samarinda, pembelajaran jaringan komputer masih menghadapi keterbatasan fasilitas laboratorium dan peralatan praktik jaringan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pembelajaran lebih banyak dilakukan secara teoretis sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep jaringan komputer yang bersifat abstrak, terutama materi topologi jaringan, konfigurasi IP Address, dan perakitan kabel

jaringan. Padahal, materi-materi tersebut memerlukan visualisasi dan kegiatan praktik yang memadai agar siswa dapat memahami konsep secara lebih konkret.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis web dan teknologi visualisasi tiga dimensi mampu meningkatkan kualitas pembelajaran, setiap penelitian masih memiliki fokus dan ruang lingkup yang berbeda. Media pembelajaran berbasis website yang dikembangkan untuk mendukung pembelajaran jaringan komputer belum memanfaatkan visualisasi tiga dimensi (Kusumawati & Prapanca, 2023). Teknologi Web 3D telah diterapkan pada materi perakitan komputer, tetapi pengembangannya hanya berfokus pada visualisasi perangkat keras dan belum menyediakan simulasi konfigurasi jaringan maupun evaluasi pembelajaran (Istiqomah & Priyanto, 2023). Sementara itu, *virtual learning environment* pada bidang jaringan komputer telah menyediakan fasilitas laboratorium virtual, tetapi belum mengintegrasikan penyampaian materi, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, visualisasi topologi jaringan tiga dimensi, dan evaluasi pembelajaran dalam satu *platform* berbasis web (Santyadiputra et al., 2024). Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian berupa belum tersedianya media pembelajaran berbasis Web 3D yang mengintegrasikan seluruh aktivitas pembelajaran jaringan komputer ke dalam satu lingkungan belajar yang utuh, interaktif, dan mudah diakses melalui browser.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis Web 3D pada materi jaringan komputer untuk siswa kelas XI SMA Negeri 2 Samarinda. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis Web 3D yang mengintegrasikan lima komponen utama pembelajaran jaringan komputer, yaitu materi pembelajaran, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi topologi jaringan tiga dimensi, dan kuis evaluasi dalam satu platform berbasis web. Platform tersebut dapat diakses melalui browser tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada satu jenis simulasi, materi, atau aktivitas pembelajaran, media yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang sebagai lingkungan pembelajaran yang komprehensif. Melalui media tersebut, siswa dapat mempelajari materi, melakukan simulasi praktik, dan mengevaluasi pemahamannya dalam satu sistem yang terintegrasi.

Metode

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Address* menurut Pressman (dalam Trisnadoli & Yanti, 2022). Model *Address* dipilih karena memungkinkan interaksi langsung antara pengembang dan pengguna selama proses pengembangan sistem, sehingga kebutuhan pengguna dapat diidentifikasi dengan jelas melalui evaluasi dan umpan balik secara iteratif. Prosedur pengembangan dilaksanakan melalui enam tahapan. Tahap *communication* yaitu identifikasi kebutuhan pengguna melalui observasi lapangan dan wawancara dengan guru dan siswa. Tahap *quick plan* yaitu perencanaan awal fitur media yang meliputi: penyajian materi pembelajaran, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi topologi jaringan 3D, dan kuis evaluasi. Tahap *modeling quick design* yaitu perancangan antarmuka, struktur navigasi, dan storyboard media. Tahap *construction of prototype* yaitu pembangunan prototype media menggunakan *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, *Babylon.js*, *Three.js*, dan *Blender*. Tahap *deployment, delivery, and feedback* yaitu evaluasi oleh validator dan pengguna. Tahap *refinement* yaitu penyempurnaan akhir berdasarkan masukan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi observasi, wawancara, validasi ahli, dan angket respon siswa. Instrumen validasi ahli media terdiri atas 15 butir pernyataan yang mencakup aspek *interactive*, *convenience*, *completeness*, *suitability*, dan *effectiveness* yang diadaptasi (Indarta et al. 2023). Sementara itu, instrumen validasi ahli materi terdiri atas 14 butir pernyataan yang mencakup aspek *convenience*, *clarity*, *suitability*, dan *completeness*. Validasi media dilakukan oleh dua validator yang terdiri atas satu ahli media dan satu ahli materi. Ahli media bertugas mengevaluasi aspek tampilan, interaktivitas, kemudahan penggunaan, kelengkapan fitur, serta efektivitas media pembelajaran, sedangkan ahli materi mengevaluasi kesesuaian isi materi dengan capaian pembelajaran, kejelasan penyajian materi, kelengkapan materi, dan ketepatan konsep. Hasil validasi dari kedua ahli digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan (*refinement*) terhadap media sebelum dilakukan uji respon kepada siswa. Untuk mengukur respon siswa terhadap media yang dikembangkan, digunakan instrumen yang diadaptasi dari *USE Questionnaire* (yang terdiri atas 17 butir pernyataan pada aspek *usefulness*, *ease of use*, *ease of Learning*, dan *satisfaction* Lund, 2001). *USE Questionnaire* telah banyak digunakan dalam evaluasi usability berbagai sistem berbasis teknologi, termasuk dalam bidang pendidikan (Israwan et al. 2024). Menggunakan instrumen ini untuk mengukur *usability Learning Management System* (LMS) Edlink dan menunjukkan bahwa aspek *usefulness*, *ease of use*, *ease of learning*, dan *satisfaction* efektif digunakan untuk mengevaluasi persepsi pengguna terhadap sistem pembelajaran digital. Oleh karena itu, instrumen *USE Questionnaire* dinilai sesuai untuk digunakan dalam mengevaluasi respon siswa terhadap media pembelajaran interaktif berbasis web 3D yang dikembangkan pada penelitian ini. Seluruh instrumen menggunakan skala Likert empat tingkat sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Validasi Ahli dan Respon Siswa

Penilaian	Skor
Sangat Layak	4
Layak	3
Cukup Layak	2
Tidak Layak	1

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata (mean) setiap aspek penilaian. Nilai rata-rata tersebut kemudian dikonversi ke dalam kategori kelayakan untuk menentukan tingkat validitas media dan tingkat penerimaan pengguna terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Kriteria interpretasi nilai rata-rata yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Interpretasi

Interval Nilai Rata-Rata	Kategori
$3,4 < X \leq 4,0$	Sangat Layak
$2,8 < X \leq 3,4$	Layak
$2,2 < X \leq 2,8$	Cukup Layak
$1,0 < X \leq 2,2$	Tidak Layak

Hasil

Tahap Communication dan Quick Plan

Hasil observasi dan wawancara di SMA Negeri 2 Samarinda menunjukkan bahwa pembelajaran jaringan komputer menghadapi kendala keterbatasan fasilitas. Sekolah hanya memiliki satu laboratorium komputer yang berfungsi (kapasitas 50 siswa) untuk 15 kelas, sehingga penggunaan laboratorium harus bergantian. Alat dan bahan praktik jaringan seperti kabel RJ45 dan tang krimping juga tidak tersedia secara memadai.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Analisis Kebutuhan Pengguna

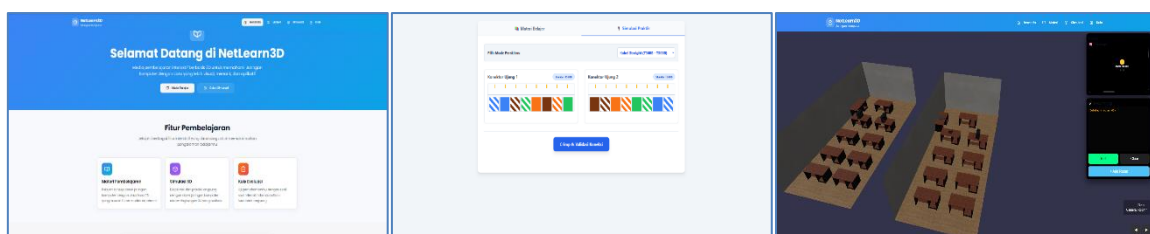
Sumber Data	Temuan Utama
Guru Informatika	Pembelajaran masih didominasi teori
Guru Informatika	Mebutuhkan media yang mengintegrasikan materi, simulasi, dan evaluasi.
Siswa	Kesulitan memahami topologi jaringan
Siswa	Belum pernah menggunakan media pembelajaran interaktif khusus jaringan komputer
Sekolah	Fasilitas laboratorium dan alat praktik terbatas

Hasil wawancara guru menunjukkan bahwa metode pembelajaran masih didominasi teori dan penggunaan *Cisco Packet Tracer* bila laboratorium tersedia, atau presentasi dan video *YouTube* bila tidak. Guru menyatakan kebutuhan terhadap media yang *all-in-one* mencakup materi, praktik, dan kuis yang interaktif. Siswa menyampaikan kesulitan utama pada materi topologi jaringan dan menyatakan belum pernah menggunakan media pembelajaran interaktif khusus untuk materi jaringan komputer. Berdasarkan temuan ini, disusun rencana pengembangan media dengan lima fitur utama: materi pembelajaran, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi topologi jaringan 3D, dan kuis evaluasi.

Tahap Modeling Quick Design dan Construction of Prototype

Media pembelajaran dikembangkan dengan struktur navigasi hierarkis yang terdiri atas *landing page* sebagai pusat navigasi, halaman materi pembelajaran, halaman simulasi interaktif (konfigurasi IP Address, perakitan kabel RJ45 straight-through dan cross-over, serta simulasi topologi 3D), dan halaman kuis evaluasi. Pengembangan media menggunakan *Visual Studio Code* sebagai editor, *HTML/CSS/JavaScript* untuk struktur dan desain antarmuka, *Babylon.js* dan *Three.js* sebagai *engine 3D* berbasis web, serta *Blender* untuk pembuatan aset objek 3D. Media dapat diakses melalui browser tanpa instalasi aplikasi tambahan. Pada tahap evaluasi prototype awal (*Address 1*), guru Informatika sebagai validator awal memberikan tiga masukan pengembangan: (1) penambahan fitur acak urutan kabel pada simulasi perakitan RJ45 agar siswa tidak menghafal pola tetap; (2) pengembangan lingkungan simulasi topologi dengan penambahan area lantai 2 untuk representasi yang lebih realistis; dan (3) penambahan fitur pengujian konektivitas jaringan berbasis mekanisme ping/reply seperti *Cisco Packet Tracer*. Seluruh masukan tersebut diimplementasikan sebelum dilanjutkan ke tahap validasi formal.

Hasil implementasi dan penyempurnaan menghasilkan media pembelajaran interaktif berbasis web 3D yang terdiri atas beberapa fitur utama, yaitu halaman utama (*landing page*), simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi topologi jaringan tiga dimensi, serta kuis evaluasi pembelajaran.



Gambar 1. Landing Page, Perakitan Kabel RJ45, dan Topologi Jaringan 3D

Landing page berfungsi sebagai halaman utama yang menyediakan akses menuju materi pembelajaran, simulasi interaktif, dan kuis evaluasi. *Simulasi Perakitan Kabel RJ45*. Fitur ini memungkinkan siswa melakukan praktik penyusunan kabel *straight-through* dan *cross-over* secara virtual melalui mekanisme *drag-and-drop*. Simulasi topologi jaringan 3D dirancang untuk memberikan visualisasi yang lebih realistis terhadap penempatan perangkat jaringan dan hubungan antar perangkat.

Tahap Deployment, Delivery, and Feedback

Tahap deployment, delivery, and feedback dilakukan untuk memperoleh umpan balik terhadap media pembelajaran yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan melalui validasi ahli media, validasi ahli materi, serta pengujian respon siswa. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan media dari aspek teknis, isi materi, dan penerimaan pengguna sebelum dilakukan penyempurnaan akhir.

Hasil Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan oleh tiga validator menggunakan instrumen 15 butir pernyataan berskala Likert 1-4. Hasil validasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Media

Validator	Total Skor	Rata-rata	Kategori
Dr. Eko Subastian, S.Pd., M.Pd	55	3,67	Sangat Layak
Galih Yudha Saputra, M.Kom	57	3,80	Sangat Layak
Dewi Rosita, M.Kom	55	3,67	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	3,71		Sangat Layak

Hasil validasi ahli media menunjukkan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,71, yang berada pada interval $3,4 < \bar{X} \leq 4,0$ sehingga termasuk dalam kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa media yang dikembangkan telah memenuhi aspek kelayakan dari sisi tampilan, interaktivitas, kemudahan penggunaan, kesesuaian desain, dan kelengkapan fitur.

Hasil Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan oleh guru Informatika SMA Negeri 2 Samarinda menggunakan instrumen 14 butir pernyataan. Hasil validasi per aspek disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Materi per Aspek

Aspek Penilaian	Jumlah Item	Total Skor	Rata-rata	Kategori
Convenience (Kemudahan)	3	12	4,00	Sangat Layak
Clarity (Kejelasan)	2	8	4,00	Sangat Layak
Suitability (Kesesuaian)	3	11	3,67	Sangat Layak
Completeness (Kelengkapan)	6	22	3,67	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	14	53	3,79	Sangat Layak

Hasil validasi ahli materi menunjukkan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,79, yang berada pada kategori sangat layak. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek convenience dan clarity (masing-masing 4,00), menunjukkan bahwa materi yang disajikan mudah dipahami dan memiliki kejelasan penyampaian yang baik.

Hasil Respon Siswa

Pengujian respon siswa dilakukan kepada 30 siswa kelas XI SMA Negeri 2 Samarinda menggunakan instrumen *USE Questionnaire* yang diadaptasi (17 butir pernyataan). Hasil respon siswa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Respon Siswa (n=30)

Aspek Penilaian	Jumlah Item	Total Skor	Rata-rata	Kategori
<i>Ease of use</i> (Kemudahan Penggunaan)	4	410	3,42	Sangat Layak
<i>Ease of learning</i> (Kemudahan Pembelajaran)	4	402	3,35	Layak
<i>Usefulness</i> (Kebermanfaatan)	4	429	3,58	Sangat Layak
<i>Satisfaction</i> (Kepuasan Pengguna)	5	515	3,43	Sangat Layak
Rata-rata Keseluruhan	17	1756	3,44	Sangat Layak

Hasil respon siswa menunjukkan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,44, yang berada pada kategori sangat layak. Aspek *usefulness* memperoleh nilai tertinggi (3,58), sedangkan aspek *ease of use* memperoleh nilai terendah (3,35) namun masih dalam kategori layak. Rekapitulasi seluruh hasil penilaian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli dan Respon Siswa

Responden/Penilai	Nilai Rata-rata	Kategori
Ahli Media	3,71	Sangat Layak
Ahli Materi	3,79	Sangat Layak
Respon Siswa	3,44	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 7, hasil rekapitulasi validasi ahli dan respon siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan berada dalam kategori sangat layak. Penilaian dari ahli media memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,71, sedangkan penilaian dari ahli materi memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,79. Sementara itu, hasil respon siswa memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,44. Seluruh nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat layak, sehingga dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran telah memenuhi aspek kelayakan dari segi tampilan, isi materi, serta penerimaan siswa dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

Tahap Refinement

Tahap refinement dilakukan setelah proses deployment, delivery, and feedback selesai dilaksanakan. Pada tahap ini dilakukan penyempurnaan media berdasarkan masukan yang diberikan oleh validator ahli untuk meningkatkan kemudahan penggunaan media pembelajaran.

Tabel 8. Hasil Refinement Media Pembelajaran

Sumber Masukan	Masukan Validator	Tindak Lanjut
Validator Ahli Materi	Menambahkan petunjuk penggunaan media agar pengguna lebih mudah memahami cara penggunaan sistem	Menambahkan fitur petunjuk penggunaan pada media pembelajaran

Berdasarkan masukan validator, dilakukan penambahan fitur petunjuk penggunaan pada media pembelajaran. Fitur tersebut bertujuan membantu pengguna memahami fungsi setiap menu dan alur penggunaan media secara lebih mudah. Penyempurnaan ini diharapkan dapat meningkatkan kemudahan penggunaan (*ease of use*) serta memberikan pengalaman belajar yang lebih baik bagi pengguna.

Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran interaktif berbasis web 3D pada materi jaringan komputer yang dikembangkan menggunakan model Address. Pemilihan model Address dinilai efektif karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara iteratif dengan melibatkan umpan balik dari pengguna dan validator pada setiap tahap. Model Address juga dapat meningkatkan efisiensi waktu pengembangan serta menghasilkan sistem yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna (Trisnadoli & Yanti, 2022). Temuan pada tahap *communication* menunjukkan bahwa keterbatasan fasilitas laboratorium menyebabkan siswa lebih banyak memperoleh pembelajaran secara teoretis dibandingkan melalui kegiatan praktik (Emba & Ekohariadi, 2024). Pengembangan media berbasis web 3D menjadi salah satu solusi terhadap kondisi tersebut dengan menghadirkan simulasi virtual yang dapat diakses kapan saja melalui peramban. Teknologi Web3D berbasis *real-time rendering* dinilai efektif dalam mengatasi keterbatasan sarana praktik pada bidang pendidikan (Yu et al., 2025).

Hasil validasi ahli media memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,71 yang termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan dari aspek teknis dan visual. Nilai tersebut juga mengindikasikan bahwa Babylon.js dan Three.js telah diimplementasikan secara efektif untuk menghadirkan visualisasi tiga dimensi yang interaktif. Mesin 3D berbasis web seperti Babylon.js memiliki peran penting dalam pengembangan aplikasi visualisasi tiga dimensi yang mudah diakses serta mampu mengintegrasikan data dan antarmuka pengguna (Ülker et al., 2025). Penggunaan visualisasi tiga dimensi dalam pembelajaran juga dapat memperkaya pengalaman belajar siswa, khususnya pada materi yang kompleks dan bersifat abstrak (Triantono et al., 2024). Dengan demikian, penerapan teknologi 3D pada media yang dikembangkan tidak hanya meningkatkan kualitas visualisasi, tetapi juga membantu siswa memahami konsep jaringan komputer secara lebih konkret.

Validasi ahli materi memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,79 yang termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konten pembelajaran yang disajikan telah sesuai dengan kompetensi dasar materi jaringan komputer kelas XI. Nilai tertinggi terdapat pada aspek *convenience* dan *clarity*, yaitu sebesar 4,00. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa materi telah disajikan secara jelas, mudah dipahami, dan nyaman digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Kejelasan dan kemudahan penyajian materi menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas suatu media pembelajaran. Teknologi tiga dimensi memungkinkan siswa berinteraksi secara langsung dengan objek pembelajaran sehingga dapat mendorong pembelajaran aktif dan membantu penguasaan konsep secara lebih mendalam dibandingkan dengan penggunaan media dua dimensi konvensional (Istiqomah & Priyanto, 2023).

Respon siswa memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,44 yang termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil tersebut menunjukkan adanya penerimaan positif dari siswa sebagai pengguna akhir terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Aspek *usefulness* memperoleh nilai tertinggi sebesar 3,58 yang mengindikasikan bahwa siswa merasakan manfaat nyata dari penggunaan media dalam membantu memahami materi jaringan komputer. Tingginya nilai pada aspek kebermanfaatan menunjukkan bahwa integrasi materi, simulasi, dan evaluasi dalam satu platform mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih terstruktur dan mudah diakses. Sementara itu, aspek *ease of use* memperoleh nilai terendah sebesar 3,35, tetapi masih berada dalam kategori layak. Temuan tersebut menunjukkan bahwa meskipun media telah tergolong mudah digunakan, masih diperlukan pengembangan lebih lanjut pada bagian panduan penggunaan dan orientasi awal pengguna. Oleh karena itu, pada tahap *refinement* dilakukan penyempurnaan dengan menambahkan petunjuk penggunaan agar siswa dapat memahami alur penggunaan media secara lebih cepat.

Secara keseluruhan, media pembelajaran berbasis web 3D yang dikembangkan dapat menjadi solusi alternatif terhadap keterbatasan fasilitas praktik jaringan komputer di sekolah. Media pembelajaran berbasis web yang bersifat interaktif dan simulatif efektif diterapkan pada bidang jaringan komputer karena mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik, fleksibel, dan efisien (Santiyadiputra et al., 2024). Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian tersebut sekaligus memperluas penerapan media pembelajaran berbasis web 3D pada jenjang SMA.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web 3D pada materi jaringan komputer untuk siswa kelas XI SMA Negeri 2 Samarinda menggunakan model

Address Pressman. Media yang dihasilkan mencakup fitur materi pembelajaran, simulasi konfigurasi IP Address, simulasi perakitan kabel RJ45, simulasi topologi jaringan berbasis tiga dimensi, dan kuis evaluasi. Berdasarkan hasil validasi, media dinyatakan sangat layak digunakan dengan nilai rata-rata ahli media sebesar 3,71, ahli materi sebesar 3,79, dan respon siswa sebesar 3,44. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada lingkup uji coba yang terbatas pada satu sekolah dengan 30 responden siswa, serta belum dilakukannya uji efektivitas terhadap peningkatan hasil belajar siswa secara eksplisit. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan: (1) melakukan uji efektivitas melalui quasi-experiment untuk mengukur dampak media terhadap hasil belajar; (2) mengembangkan fitur simulasi jaringan yang lebih kompleks dan mendalam; (3) memperluas akses media ke platform mobile; serta (4) menambahkan fitur kolaboratif untuk meningkatkan pengalaman belajar bersama.

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Abdullah, A., Achmad, A., & Sahibu, S. (2021). Media Pembelajaran Interaktif Mata Kuliah Pemograman Web Berbasis Android. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(1), 48. <https://doi.org/10.35585/inspir.v11i1.2626>
- Aggarwati, H., Murdiono, M., & Mariyani. (2023). Penggunaan Aplikasi Glideapp Sebagai Multimedia Pembelajaran Berbasis Web Pada Materi Demokrasi Mata Kuliah Pendidikan Kewarganegaraan. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 2091–2102.
- Emba, N. D., & Ekohariadi, E. (2024). Rancang Bangun Media Pembelajaran Berbasis Website Dengan Model PjBL Untuk Meningkatkan Keterampilan Mengkonfigurasi Jaringan Pada Siswa Kelas XI TKJ Di SMK Negeri 1 Surabaya. *IT-Edu : Jurnal Information Technology and Education*, 9(2), 163–171. <https://doi.org/10.26740/it-edu.v9i2.62410>
- Hafiedz, R., & Nurhamidah, D. (2023). Media Pembelajaran Interaktif Articulate Storyline Terhadap Motivasi Belajar Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Pena Literasi*, 6(1), 54. <https://doi.org/10.24853/pl.6.1.54-64>
- Inawati, A., & Puspasari, D. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Game Ular Tangga Berbasis Unity 3D Pada Mata Pelajaran Kearsipan Kelas X OTKP di SMKN 4 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 9(1), 99. <https://doi.org/10.26740/jpap.v9n1.p96-108>
- Indarta, Y., Ambiyar, Ranuharja, F., & Dewi, I. P. (2023). Measuring Validity of Interactive Presentation Media Using Content Validity Index (CVI). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 240–248. <https://doi.org/10.2991/978-2-38476-050-3>
- Israwan, L. M. F., Rachmawati, I. K., & Alamsyah, A. R. (2024). *Application of the Use Questionnaire Method in Edlink Learning Management System (LMS) Usability Measurement*. 16(January), 72–78.
- Issn, I., Ülker, E., Turanboy, A., Uysal, İ., & Arik, G. R. (2025). Revista Minelor – Mining Revue International EnviroMining Virtual Conference 2025 Development Of A Web-Based 3d Visualization Tool That Can Be Used In Geoscience Studies. *Internasional EnviroMining*, 31(2), 44–55. <https://doi.org/10.2478/minrv-2025-0017>

- Istiqomah, N. F., & Priyanto. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran 3 Dimensi Interaktif Berbasis Web Pada Materi Perakitan Komputer Untuk Siswa Kelas X Tkj Di Smk Negeri 1 Bantul Development of Web-Based Interactive 3-Dimensional Learning Media for Computer Assembly Materials for Students. *1*(1), 1–9.
- Kusumawati, A. D., & Prapanca, A. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Dengan Model Pembelajaran Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Jaringan Komputer Dan Telekomunikasi Di Smkn 7 Surabaya. *IT-Edu: Jurnal Information Technology and Education*, *8*(2), 137–146. <https://doi.org/10.26740/it-edu.v8i2.55847>
- Lund, B. A. M. (2001). *Measuring Usability with the USE Questionnaire* 12. 8, 3–6.
- Nengsih, Y. ., Nurrisalia, M., & Waty, E. R. . (2022). *Buku Ajar Media dan Sumber Belajar Pendidikan Luar Sekolah*. Bening Media Publishing.
- Novialdi, N., Zubaidah Amir MZ, & Thahir, M. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website untuk Memfasilitasi Pemahaman Konsep Siswa SMK Negeri 5 Pekanbaru. *Milenial: Journal for Teachers and Learning*, *1*(1), 25–33. <https://doi.org/10.55748/mjtl.v1i1.18>
- Santyadiputra, G. S., Purnomo, Kamdi, W., Patmanthara, S., & Nurhadi, D. (2024). Vilanets: An advanced virtual learning environments to improve higher education students' learning achievement in computer network course. *Cogent Education*, *11*(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2393530>
- Sartika, D., Wijaya, I., & Jafnihir, L. (2025). Pengembangan Modul Berbasis Web-Based Interactive Learning Modules Informatika. *Jurnal PETISI*, *06*(02), 124–134. <https://ejournal.unimudasorong.ac.id/index.php/jurnalpetisi/article/download/1650/1598/10192>
- Triantono, R. R., Rivaldi, M., Norra, B. I., & Rasyida, N. (2024). Development of Web-Based Media Integrated with 3D Models for Training Information Literacy. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, *15*(1), 123. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v15i1.19216>
- Trisnadoli, A., & Yanti, D. (2022). Analysis Of Prototyping Methods Implementation For Library Information Systems Development In Sman 3 Bengkalis Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika : JANAPATI | 281. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika : JANAPATI*, *11*(3), 280–290.
- Yu, J. (2025). The Implementation of a WebGPU-Based Volume Rendering Framework for Interactive Visualization of Ocean Scalar Data. *MDPI*, *15*(2782), 1–17.
- Yunita, & Aris Susanto. (2020). Merancang Media Pembelajaran Berbasis Web Menggunakan Aplikasi Dreamweaver Pada SMAN 1 Kapoiala. *Jurnal Sistem Informasi Dan Sistem Komputer*, *5*(2), 9–18. <https://doi.org/10.51717/simkom.v5i2.43>
- Zahwa, F. A., & Syafi'i, I. (2022). Pemilihan Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Equilibrium: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Ekonomi*, *19*(01), 63 dan 64. <https://doi.org/10.25134/equi.v19i01.3963>