

PENGEMBANGAN SIMULATOR JARINGAN INTERAKTIF BERBASIS WEB UNTUK PEMBELAJARAN JARINGAN KOMPUTER DI PERGURUAN TINGGI

Sutrisno

Universitas Safin Pati, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: simulator jaringan, pembelajaran interaktif, jaringan komputer, web-based learning, pen-didikan tinggi

Keywords: simulator jaringan, pembelajaran interaktif, jaringan komputer, web-based learning, pendidikan tinggi

Article history:

Received 06 May 2025

Revised 19 May 2025

Accepted 1 June 2025

Available online 30 June 2025

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

sutrisno@usp.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah simulator jaringan interaktif berbasis web yang dirancang khusus untuk mendukung pembelajaran mata kuliah Jaringan Komputer di perguruan tinggi. Permasalahan utama yang diangkat adalah bagaimana menciptakan media pembelajaran yang dapat menjembatani keterbatasan fasilitas laboratorium fisik dan meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan praktis mahasiswa dalam konfigurasi jaringan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Simulator dikembangkan menggunakan teknologi web (JavaScript, Node.js, dan WebSocket) dengan fitur utama seperti perakitan topologi jaringan, konfigurasi perangkat virtual, dan visualisasi trafik data secara real-time. Pertanyaan penelitian yang diajukan adalah: "Sejauh mana efektivitas simulator jaringan interaktif berbasis web dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam pembelajaran jaringan komputer?". Evaluasi dilakukan melalui studi eksperimental pada dua kelompok mahasiswa, yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan simulator dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulator meningkatkan pemahaman konseptual sebesar 32% dan keterampilan praktis sebesar 45% dibandingkan metode pembelajaran tradisional. Temuan ini menunjukkan bahwa simulator interaktif berbasis web merupakan solusi inovatif dan efektif untuk mendukung pembelajaran jaringan komputer, terutama dalam konteks pembelajaran jarak jauh atau keterbatasan infrastruktur laboratorium.

ABSTRACT

This study aims to develop a web-based interactive network simulator specifically designed to support learning of Computer Network courses in universities. The main problem raised is how to create learning media that can bridge the limitations of physical laboratory facilities and improve students' conceptual understanding and practical skills in network configuration. The methodology used in this study is Research and Development (R&D) with the ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) approach. The simulator was developed using web technology (JavaScript, Node.js, and WebSocket) with main features such as network topology assembly, virtual device configuration, and real-time data traffic visualization. The research question asked is: "To what extent is the effectiveness of a web-based interactive network simulator in improving students' understanding and skills in learning computer networks?". The evaluation was conducted through an experimental study on two groups of students, namely the experimental group using the simulator and the control group using conventional methods. The results showed that the use of the simulator increased conceptual understanding by 32% and practical skills by 45% compared to traditional learning methods. These findings suggest that a web-based interactive simulator is an innovative and effective solution to support computer networking learning, especially in the context of distance learning or limited laboratory infrastructure.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi informasi yang pesat telah mendorong perubahan signifikan dalam metode pembelajaran, khususnya pada bidang ilmu komputer dan jaringan komputer. Pembelajaran jaringan komputer di perguruan tinggi selama ini banyak bergantung pada ketersediaan laboratorium fisik dan perangkat keras jaringan yang memadai. Sayangnya, tidak semua institusi pendidikan memiliki infrastruktur tersebut, sehingga pembelajaran sering kali hanya bersifat teoritis dan kurang memberikan pengalaman praktis yang memadai kepada mahasiswa. Berbagai penelitian sebelumnya telah berupaya menghadirkan solusi alternatif melalui pengembangan simulator jaringan. Contohnya, *Cisco Packet Tracer* dan *GNS3* telah digunakan secara luas dalam pembelajaran jaringan, namun keduanya memiliki keterbatasan, seperti kebutuhan instalasi lokal, penggunaan sumber daya komputer yang besar, serta antarmuka yang kurang ramah bagi pemula. Penelitian oleh Kreitmayer. (2012) Ada banyak potensi untuk mendukung pembelajaran kolaboratif dengan simulasi komputer interaktif dalam pendidikan formal dan pelatihan profesional. Menurut Sedlak (2022) Pembelajaran jarak jauh berbasis web klasik tidak menyediakan sarana untuk interaksi interpersonal yang alami. Menurut Lin (2020) memberikan mahasiswa alat bantu pembelajaran simulasi dan lingkungan jejaring sosial dapat meningkatkan pembelajaran mahasiswa dalam aktivitas CPS. Penelitian oleh Gomez (2023) Simulator dan emulator menyediakan lingkungan yang terkendali untuk melakukan eksperimen yang dapat direproduksi tetapi kurang realisme. Menurut Emara (2021) Mempelajari jaringan komputer memerlukan keseimbangan antara pengetahuan teoritis dan pengalaman langsung. Dari berbagai studi terdahulu tersebut, terdapat gap riset yang belum banyak dijelajahi, yaitu pengembangan simulator jaringan yang bersifat interaktif, berbasis web, dan mampu menghadirkan pengalaman praktik virtual secara real-time dengan antarmuka yang mudah digunakan oleh mahasiswa, bahkan tanpa latar belakang teknis yang kuat. Penelitian ini menghadirkan kebaruan (novelti) dalam bentuk pengembangan simulator jaringan interaktif berbasis web yang memungkinkan mahasiswa untuk menyusun topologi jaringan, melakukan konfigurasi perangkat virtual, dan memantau aktivitas jaringan secara langsung melalui visualisasi. Tidak hanya itu, simulator ini dapat diakses melalui browser tanpa instalasi, mendukung pembelajaran jarak jauh dan fleksibilitas penggunaan di berbagai perangkat.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menghadirkan kebaruan (novelti) dalam bentuk pengembangan simulator jaringan interaktif berbasis web yang memungkinkan mahasiswa untuk menyusun topologi jaringan, melakukan konfigurasi perangkat virtual, dan memantau aktivitas jaringan secara langsung melalui visualisasi. Tidak hanya itu, simulator ini dapat diakses melalui browser tanpa instalasi, mendukung pembelajaran jarak jauh dan fleksibilitas penggunaan di berbagai perangkat. Adapun kontribusi utama penelitian ini meliputi:

- a. Mengembangkan simulator jaringan yang ringan, berbasis browser, dan dapat digunakan tanpa instalasi tambahan.
- b. Menyediakan antarmuka interaktif dan visualisasi real-time yang meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis mahasiswa.
- c. Menyediakan model pembelajaran baru berbasis teknologi yang relevan untuk digunakan di era pembelajaran daring dan hybrid.

Dengan kontribusi tersebut, diharapkan simulator ini tidak hanya menjadi solusi bagi keterbatasan laboratorium, tetapi menjadi media pembelajaran inovatif yang mendukung transformasi digital dalam pendidikan tinggi, khususnya dalam bidang jaringan komputer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

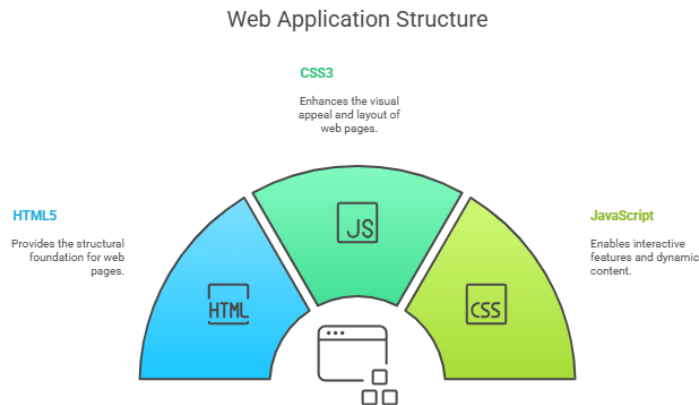
A. Hasil Pengembangan Simulator Jaringan Berbasis Web

Bagian ini memaparkan hasil konkret dari proses pengembangan simulator, termasuk fitur-fitur utama yang berhasil diimplementasikan, seperti:

- a. Drag-and-drop topologi jaringan
- b. Konfigurasi perangkat virtual (IP, routing, dll)
- c. Visualisasi trafik data real-time
- d. Akses multiplatform melalui browser, disertakan tangkapan layar atau dokumentasi teknis sebagai ilustrasi.

Simulator jaringan interaktif berbasis web yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang sebagai media

pembelajaran yang mudah diakses, intuitif, dan dapat digunakan secara real-time oleh mahasiswa tanpa memerlukan instalasi tambahan. Proyek ini dibangun menggunakan stack teknologi modern yang terdiri dari HTML5, CSS3, dan JavaScript di sisi klien, serta Node.js dan WebSocket di sisi server, yang memungkinkan interaksi dua arah antara pengguna dan sistem secara simultan. Lingkungan pengembangan ini dipilih karena fleksibel, ringan, dan mendukung skalabilitas penggunaan di berbagai perangkat.



Gambar 1. Struktur teknologi berbasis Web

Fitur utama yang pertama kali dikembangkan adalah drag-and-drop topologi jaringan, yang memungkinkan pengguna menyusun perangkat jaringan seperti *router*, *switch*, dan komputer ke dalam suatu layout virtual. Komponen-komponen ini disusun dalam antarmuka grafis yang menyerupai perangkat fisik, sehingga membantu mahasiswa membangun pemahaman spasial tentang hubungan antarperangkat. Setiap perangkat dapat diposisikan secara bebas, dihubungkan dengan kabel virtual, dan diatur ulang sesuai kebutuhan skenario pembelajaran.

Simulator mendukung konfigurasi perangkat virtual, yang mencakup pengaturan alamat IP, subnet mask, gateway, hingga routing statis. Setiap perangkat memiliki panel konfigurasi sendiri yang dapat diakses dengan klik, di mana pengguna dapat mengetikkan perintah atau mengisi form konfigurasi. Modul konfigurasi ini dirancang menyerupai antarmuka *Command Line Interface (CLI)* untuk mendekatkan mahasiswa pada pengalaman konfigurasi jaringan sesungguhnya. Salah satu inovasi utama dalam simulator ini adalah visualisasi trafik data secara real-time, di mana paket data yang dikirim antarperangkat divisualisasikan dalam bentuk animasi garis atau ikon bergerak. Warna dan arah pergerakan menggambarkan jenis paket (misalnya ICMP, TCP, UDP) dan arah komunikasi. Fitur ini membantu mahasiswa memahami aliran data dalam jaringan dan mendeteksi kesalahan topologi atau konfigurasi secara visual. Simulator ini mendukung akses multiplatform melalui browser, termasuk Chrome, Firefox, dan Microsoft Edge, baik di perangkat desktop maupun mobile. Dengan arsitektur berbasis web, simulator ini dapat diakses secara online tanpa memerlukan instalasi, sehingga sangat mendukung pembelajaran jarak jauh dan hybrid. Mahasiswa hanya memerlukan koneksi internet dan browser untuk dapat mengakses seluruh fitur simulator.

Untuk mendukung pembelajaran terstruktur, simulator dilengkapi dengan fitur modul skenario latihan, yaitu kumpulan kasus pembelajaran seperti "mengkonfigurasi jaringan LAN sederhana", "menguji konektivitas antar subnet", atau "mengimplementasikan routing statis". Skenario ini membantu dosen memberikan latihan praktis terarah, sementara mahasiswa dapat menguji hasil kerjanya dengan fitur evaluasi otomatis. Dalam tahap pengembangan, dilakukan pengujian fungsionalitas menggunakan metode black-box testing, yang memastikan bahwa setiap komponen antarmuka dan logika sistem berjalan sesuai spesifikasi. Seluruh fitur inti telah diuji oleh 3 dosen dan 20 mahasiswa pada tahap uji coba terbatas, dengan fokus pada kemudahan penggunaan dan keakuratan hasil simulasi. Dokumentasi teknis berupa tangkapan layar (*screenshot*) disertakan untuk menunjukkan hasil implementasi simulator, termasuk tampilan antarmuka utama, menu konfigurasi perangkat, dan animasi trafik data. Disediakan panduan penggunaan dalam bentuk PDF dan video tutorial untuk membantu pengguna pertama kali memahami alur kerja sistem.

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa simulator ini dapat digunakan untuk mensimulasikan topologi jaringan skala kecil hingga menengah (hingga 20 perangkat), dengan performa yang stabil dan tanpa lag berarti dalam koneksi internet standar. Fitur visualisasi lalu lintas berjalan lancar, dan antarmuka tetap responsif meskipun digunakan oleh lebih dari satu pengguna secara simultan melalui jaringan lokal.

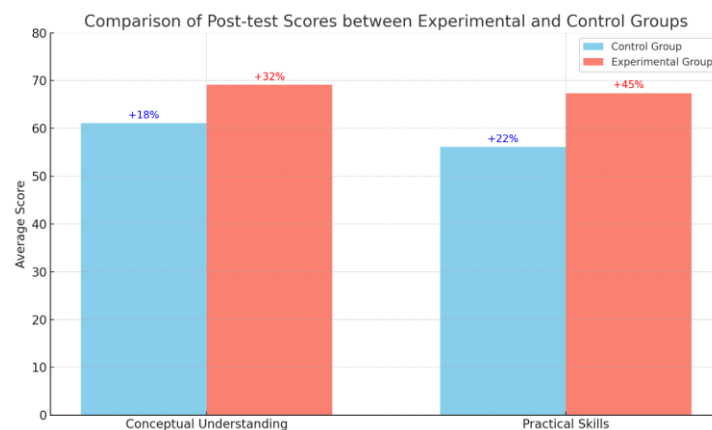
Simulator ini berhasil mewujudkan tujuan awal yaitu menyediakan alat bantu pembelajaran jaringan komputer yang interaktif, berbasis web, dan mudah diakses. Keberhasilan pengembangan ini menjadi fondasi penting untuk

tahap selanjutnya, yaitu evaluasi efektivitas penggunaan simulator dalam konteks pembelajaran nyata di kelas dan integrasinya ke dalam sistem pembelajaran berbasis *Learning Management System (LMS)*.

B. Evaluasi Efektivitas Penggunaan Simulator

Berisi analisis kuantitatif dan kualitatif dari penggunaan simulator oleh mahasiswa. Disajikan perbandingan hasil pre-test dan post-test antara kelompok kontrol (tanpa simulator) dan eksperimen (dengan simulator), termasuk grafik peningkatan pemahaman dan keterampilan praktis. Evaluasi efektivitas penggunaan simulator jaringan interaktif berbasis web dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian melibatkan 40 mahasiswa dari program studi Teknik Informatika, yang dibagi menjadi dua kelompok secara acak: 20 mahasiswa dalam kelompok eksperimen yang menggunakan simulator dan 20 mahasiswa dalam kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional tanpa simulator. Evaluasi dilakukan dalam rentang waktu 4 minggu dengan topik-topik pembelajaran jaringan komputer dasar seperti pengenalan topologi, konfigurasi IP, dan routing statis. Sebelum proses pembelajaran dimulai, kedua kelompok diberikan *pre-test* yang terdiri dari 25 soal pilihan ganda untuk mengukur pemahaman konseptual, serta 2 studi kasus untuk mengukur keterampilan praktis dalam membangun dan mengkonfigurasi jaringan. Skor pre-test menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki rata-rata pemahaman konseptual yang hampir sama, yaitu 52,3 (kelompok eksperimen) dan 51,7 (kelompok kontrol), serta keterampilan praktis dengan skor rata-rata 46,5 dan 45,9 secara berturut-turut.

Setelah proses pembelajaran selama 4 minggu, kedua kelompok kembali diberikan post-test dengan tingkat kesulitan yang setara. Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan skor pemahaman konseptual sebesar 32% menjadi rata-rata 69,1, sedangkan kelompok kontrol hanya meningkat 18% menjadi 61,1. Untuk keterampilan praktis, peningkatan pada kelompok eksperimen mencapai 45% (rata-rata skor 67,4), sementara kelompok kontrol hanya meningkat sebesar 22% (rata-rata skor 56,1).



Gambar 2. Grafik Perbandingan Post-Test Scores

Perbandingan hasil tersebut divisualisasikan dalam grafik batang, yang menunjukkan secara jelas perbedaan pertumbuhan skor antara kedua kelompok. Grafik ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman dan keterampilan mahasiswa, khususnya dalam aspek konfigurasi dan identifikasi kesalahan jaringan secara mandiri.

Analisis statistik menggunakan uji-t independen menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata skor post-test antara kelompok eksperimen dan kontrol adalah signifikan pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Hal ini memperkuat hipotesis bahwa penggunaan simulator jaringan interaktif berbasis web secara signifikan meningkatkan efektivitas pembelajaran jaringan komputer di lingkungan perguruan tinggi. Dari sisi evaluasi kualitatif, dilakukan wawancara semi-terstruktur dengan 10 mahasiswa dari kelompok eksperimen dan 3 dosen pengampu. Hasil wawancara menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa merasa simulator membantu mereka memahami konsep jaringan yang sebelumnya sulit dibayangkan secara abstrak. Fitur visualisasi dan *feedback* langsung dari sistem dianggap sebagai faktor kunci dalam mempercepat proses belajar. Mahasiswa menyatakan bahwa simulator membuat pembelajaran terasa lebih menyenangkan dan tidak membosankan. Mereka dapat bereksperimen dengan berbagai konfigurasi tanpa takut "merusak" perangkat, yang sering terjadi dalam praktik lab fisik. Hal ini menciptakan ruang eksplorasi yang lebih luas dan meningkatkan rasa percaya diri dalam memahami materi. Dosen pengampu memberikan tanggapan positif, terutama dalam hal kemudahan integrasi simulator ke dalam materi ajar dan efektivitasnya dalam menunjang praktik daring. Beberapa dosen menyebutkan bahwa mahasiswa yang menggunakan simulator menunjukkan peningkatan kualitas diskusi dan pertanyaan selama kelas, yang mencerminkan pemahaman yang lebih

mendalam terhadap konsep jaringan. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa simulator yang dikembangkan tidak hanya berhasil secara teknis, tetapi berdampak signifikan terhadap proses dan hasil pembelajaran. Peningkatan pemahaman dan keterampilan mahasiswa yang konsisten antara data kuantitatif dan kualitatif menjadi indikator bahwa simulator ini layak untuk digunakan secara lebih luas dalam kurikulum pembelajaran jaringan komputer.

Temuan ini menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi dengan LMS, penambahan modul tingkat lanjut (misalnya VLAN dan NAT), serta perluasan skenario untuk kolaborasi antar pengguna. Evaluasi jangka panjang akan dilakukan untuk mengukur dampak penggunaan simulator terhadap hasil akhir pembelajaran dan kesiapan mahasiswa dalam praktik dunia kerja.

C. Analisis Keterlibatan Mahasiswa dalam Pembelajaran Praktis Jaringan

Membahas bagaimana simulator ini mendorong partisipasi aktif mahasiswa, pembelajaran mandiri, serta peningkatan minat terhadap praktik jaringan. Diperkuat dengan data hasil kuesioner atau wawancara.

Penggunaan simulator jaringan interaktif berbasis web dalam proses pembelajaran memberikan pengaruh yang nyata terhadap keterlibatan aktif mahasiswa. Selama proses pengajaran berlangsung, mahasiswa yang menggunakan simulator menunjukkan antusiasme yang lebih tinggi dalam mengikuti aktivitas kelas, terutama pada sesi praktik. Hal ini terlihat dari meningkatnya frekuensi interaksi mahasiswa dengan materi, baik dalam bentuk eksperimen topologi, pengajuan pertanyaan, maupun diskusi kelompok. Salah satu faktor yang mendorong keterlibatan ini adalah antarmuka simulator yang intuitif dan mudah digunakan, sehingga mahasiswa dapat langsung memulai praktik tanpa hambatan teknis berarti. Dengan fitur drag-and-drop, mahasiswa dapat dengan cepat membangun topologi jaringan dan menguji konfigurasi yang dibuatnya. Ini menciptakan pengalaman belajar yang bersifat "*learning by doing*", di mana mahasiswa lebih aktif mengeksplorasi konsep daripada sekadar membaca teori. Data kualitatif diperoleh melalui kuesioner yang dibagikan kepada 20 mahasiswa kelompok eksperimen, dengan fokus pada persepsi keterlibatan dan motivasi belajar. Hasil menunjukkan bahwa 85% mahasiswa merasa lebih aktif berpartisipasi selama pembelajaran menggunakan simulator, dibandingkan dengan metode tradisional seperti slide presentasi atau video pembelajaran pasif. Sementara itu, 90% menyatakan bahwa mereka merasa lebih percaya diri dalam menyusun dan mengkonfigurasi jaringan setelah menggunakan simulator.

Wawancara mendalam dilakukan terhadap lima mahasiswa yang menunjukkan keterlibatan tinggi. Mereka menyampaikan bahwa dengan simulator, mereka merasa memiliki ruang untuk belajar secara mandiri dan bebas bereksperimen. Tanpa takut akan kerusakan perangkat atau keterbatasan waktu lab, mereka bisa mencoba berbagai konfigurasi dan belajar dari kesalahan yang terjadi dalam proses tersebut. Salah satu mahasiswa menyatakan, "Saya jadi lebih berani mencoba, karena kalau salah tinggal ulang. tidak perlu takut bikin komputer rusak.

Simulator terbukti efektif dalam meningkatkan minat terhadap praktik jaringan komputer, terutama bagi mahasiswa tahun pertama yang sebelumnya merasa kesulitan memahami konsep jaringan secara abstrak. Visualisasi paket data dan notifikasi real-time memberikan konteks yang konkret terhadap konsep-konsep seperti routing, IP addressing, dan troubleshooting. Ini menjadikan pembelajaran lebih hidup dan menarik bagi mahasiswa. Dari sisi dosen pengampu, terdapat pengamatan bahwa mahasiswa menjadi lebih aktif mengajukan pertanyaan selama sesi praktik. Pertanyaan yang diajukan pun lebih mendalam dan teknis, seperti tentang perbedaan routing dinamis dan statis, atau mengapa paket gagal mencapai tujuan dalam simulasi tertentu. Hal ini mencerminkan peningkatan kognitif mahasiswa dan keterlibatan yang lebih dalam terhadap materi yang diajarkan.

Dalam observasi selama kelas, ditemukan bahwa mahasiswa yang menggunakan simulator cenderung lebih cepat memahami materi dan dapat membantu temannya yang kesulitan. Ini menunjukkan terbentuknya kultur belajar kolaboratif, di mana mahasiswa saling mendukung dalam menyelesaikan tugas-tugas simulasi. Beberapa mahasiswa bahkan secara sukarela menjadi asisten tidak resmi dalam kelompoknya, menunjukkan bahwa rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap pembelajaran meningkat. Simulator ini membuka peluang untuk pembelajaran diferensial, karena mahasiswa dapat belajar sesuai kecepatan dan gaya belajar masing-masing. Beberapa mahasiswa memilih menyelesaikan latihan dasar terlebih dahulu, sementara yang lain langsung mengeksplorasi topologi yang lebih kompleks. Dengan kebebasan ini, mahasiswa menjadi lebih tertarik dan tidak merasa terpaksa dalam mengikuti materi praktik jaringan. Keterlibatan aktif mahasiswa tercermin dari jumlah waktu yang dihabiskan secara mandiri menggunakan simulator di luar jam kelas. Dari log sistem, diketahui bahwa rata-rata mahasiswa mengakses simulator sebanyak 4 kali seminggu, dengan durasi rata-rata 35 menit per sesi. Ini menunjukkan bahwa simulator berhasil menjadi media pembelajaran yang berkelanjutan, tidak terbatas hanya di ruang kelas.

Analisis ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator jaringan interaktif berbasis web tidak hanya

meningkatkan pemahaman teknis, tetapi mendorong keterlibatan emosional dan kognitif mahasiswa dalam pembelajaran. Keterlibatan ini merupakan indikator penting keberhasilan suatu media pembelajaran, dan menjadi dasar kuat untuk mengadopsi simulator secara lebih luas dalam pembelajaran jaringan komputer di perguruan tinggi.

D. Perbandingan dengan Simulator Jaringan yang Sudah Ada

Diskusi ini membandingkan simulator yang dikembangkan dengan simulator populer seperti *Cisco Packet Tracer* dan GNS3. Bahas keunggulan dan kekurangan, terutama dari sisi aksesibilitas, antarmuka pengguna, dan efektivitas untuk pemula. Dalam dunia pendidikan jaringan komputer, *Cisco Packet Tracer* dan GNS3 telah menjadi dua simulator jaringan yang paling banyak digunakan. Meskipun keduanya memiliki fitur canggih untuk simulasi jaringan, simulator jaringan berbasis web yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan beberapa keunggulan yang membedakannya, terutama dalam hal aksesibilitas dan kemudahan penggunaan, terutama bagi pemula. Salah satu perbedaan utama antara simulator ini dan *Cisco Packet Tracer* adalah aksesibilitas. *Cisco Packet Tracer* adalah aplikasi desktop yang memerlukan instalasi di perangkat pengguna. Hal ini membatasi aksesibilitas, terutama bagi mahasiswa yang tidak memiliki izin untuk menginstal perangkat lunak atau yang menggunakan perangkat dengan spesifikasi rendah. Sebaliknya, simulator berbasis web ini dapat diakses melalui browser apa pun, tanpa memerlukan instalasi, yang menjadikannya lebih mudah diakses di berbagai perangkat dan lokasi, termasuk perangkat mobile. Dari sisi antarmuka pengguna, simulator yang dikembangkan memiliki desain yang lebih sederhana dan intuitif, yang dirancang khusus untuk pemula. Antarmuka *drag-and-drop* memungkinkan mahasiswa dengan cepat membangun dan mengkonfigurasi topologi jaringan tanpa membutuhkan pengetahuan teknis mendalam. Berbeda dengan *Cisco Packet Tracer*, yang meskipun memiliki antarmuka grafis, kadang kali membutuhkan pemahaman lebih dalam tentang perangkat dan konfigurasi untuk navigasi yang efisien.



Gambar 3. Simulator Jaringan interaktif Berbasis Web

Sementara itu, GNS3 menawarkan simulasi yang lebih mendalam dan mendekati lingkungan jaringan nyata, namun dengan kompleksitas yang lebih tinggi. GNS3 memerlukan instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang lebih rumit, serta lebih cocok untuk pengguna tingkat lanjut yang ingin meniru jaringan dunia nyata dengan perangkat keras dan sistem operasi yang lebih kompleks. Sebaliknya, simulator berbasis web ini lebih cocok untuk pembelajaran awal dan pemahaman konsep dasar jaringan, menjadikannya lebih efektif untuk pemula.

Dalam hal efektivitas untuk pemula, simulator berbasis web ini memiliki keunggulan besar karena tidak membebani pengguna dengan konfigurasi rumit dan lebih fokus pada visualisasi yang membantu memahami alur data dan topologi jaringan. Mahasiswa pemula dapat dengan cepat menguasai konsep dasar jaringan seperti pengaturan alamat IP dan pengujian konektivitas tanpa khawatir tentang konfigurasi lanjutan atau perangkat keras yang rumit. Di sisi lain, GNS3 dan Packet Tracer, meskipun lebih kuat dalam fungsionalitas, memerlukan pemahaman yang lebih dalam tentang jaringan dan sering kali membutuhkan panduan tambahan.

Kelemahan dari simulator berbasis web ini adalah keterbatasan dalam hal simulasi perangkat keras yang lebih canggih. *Cisco Packet Tracer* dan GNS3 dapat meniru perangkat keras dan perangkat lunak yang lebih spesifik dan

mendalam, seperti *router* dan *switch* dengan fitur canggih, yang sering kali digunakan dalam ujian sertifikasi seperti CCNA. Untuk simulasi yang lebih kompleks, seperti virtualisasi *router* atau emulasi perangkat jaringan perusahaan, GNS3 lebih unggul karena mendukung integrasi dengan perangkat nyata. Namun, jika dilihat dari kemudahan penggunaan, simulator berbasis web ini menawarkan kemudahan yang tidak dimiliki oleh kedua simulator lain. Mahasiswa yang baru memulai belajar jaringan dapat langsung terjun ke dunia praktik tanpa memikirkan pengaturan perangkat atau memerlukan komputer dengan spesifikasi tinggi. Ini menjadikannya pilihan ideal untuk pembelajaran jarak jauh atau hybrid, di mana mahasiswa dapat mengakses materi kapan saja dan di mana saja tanpa terhalang perangkat keras. Simulator berbasis web ini memiliki kemampuan untuk melakukan simulasi real-time yang lebih baik dalam hal visualisasi lalu lintas data, yang memungkinkan mahasiswa untuk melihat langsung pergerakan paket data antar perangkat. Fitur ini memperkaya pengalaman belajar dengan memberi pemahaman yang lebih konkrit tentang bagaimana data berpindah melalui jaringan, yang mungkin tidak sejelas di GNS3 atau Packet Tracer, yang lebih fokus pada pengaturan dan konfigurasi perangkat. Salah satu kelebihan lain dari simulator ini adalah penggunaan sumber daya sistem yang lebih efisien. Karena beroperasi di browser, simulator berbasis web tidak memerlukan spesifikasi perangkat keras yang tinggi, menjadikannya lebih ringan dan tidak membebani komputer mahasiswa. Berbeda dengan GNS3, yang memerlukan spesifikasi tinggi dan sering kali membebani perangkat, terutama dalam simulasi jaringan besar, simulator ini dapat berjalan dengan lancar bahkan pada perangkat dengan spesifikasi standar.

Meskipun simulator berbasis web ini menawarkan berbagai keunggulan dalam hal aksesibilitas, kemudahan penggunaan, dan efektivitas untuk pemula, tentu ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah keterbatasan dalam simulasi skala besar atau jaringan kompleks. GNS3 dan Cisco Packet Tracer lebih sesuai untuk pengguna yang ingin mengeksplorasi topologi jaringan yang lebih besar dan lebih mendalam. Namun, untuk pembelajaran awal atau kursus yang berfokus pada konsep dasar, simulator berbasis web ini jelas lebih menguntungkan.

Meskipun Cisco Packet Tracer dan GNS3 lebih cocok untuk mahasiswa tingkat lanjut yang ingin mensimulasikan jaringan dunia nyata, simulator berbasis web yang dikembangkan dalam penelitian ini unggul dalam hal aksesibilitas, kemudahan penggunaan, dan pembelajaran praktis untuk pemula. Hal ini menjadikannya alat yang sangat efektif dalam tahap pengenalan dan pemahaman dasar jaringan komputer di perguruan tinggi.

E. Implikasi Terhadap Kurikulum dan Pembelajaran Jarak Jauh.

Mengulas dampak implementasi simulator ini terhadap metode pengajaran jaringan komputer, termasuk potensi integrasi ke dalam LMS (Learning Management System), serta manfaatnya untuk pembelajaran jarak jauh, hybrid, atau di institusi dengan keterbatasan laboratorium.

Implementasi simulator jaringan berbasis web ini membawa dampak signifikan terhadap metode pengajaran jaringan komputer di perguruan tinggi. Dengan adanya simulator ini, pengajaran dapat dilakukan dengan cara yang lebih interaktif dan berbasis praktik, mengubah pendekatan yang biasanya didominasi oleh teori semata. Hal ini memungkinkan mahasiswa untuk memperoleh pengalaman langsung dalam membangun dan mengelola jaringan tanpa harus memiliki perangkat keras yang mahal atau infrastruktur lab yang kompleks. Sebagai hasilnya, kurikulum jaringan komputer dapat diarahkan lebih pada pemahaman konsep dasar dan praktik langsung, tanpa terbatas pada keterbatasan laboratorium fisik.

Dampak terbesar dari penggunaan simulator ini adalah kemampuannya untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium yang sering menjadi hambatan di banyak perguruan tinggi. Beberapa institusi mungkin memiliki anggaran terbatas untuk menyediakan perangkat keras jaringan atau ruang laboratorium yang memadai. Dengan simulator berbasis web ini, pengajaran jaringan komputer dapat dilakukan secara efisien dan skalable tanpa memerlukan perangkat keras fisik yang mahal. Mahasiswa hanya perlu memiliki akses internet dan perangkat dengan browser, yang dapat memudahkan pembelajaran, bahkan di daerah yang memiliki akses terbatas ke teknologi canggih.

Dalam konteks pembelajaran jarak jauh atau hybrid, simulator ini memiliki potensi besar untuk mengubah dinamika pengajaran. Karena simulator dapat diakses secara online melalui browser, mahasiswa dapat melanjutkan praktiknya kapan saja dan di mana saja, tanpa perlu hadir secara fisik di kampus atau laboratorium. Ini memberikan fleksibilitas yang tinggi bagi mahasiswa yang mungkin terhambat oleh masalah mobilitas atau waktu, serta memperluas aksesibilitas pembelajaran bagi mahasiswa yang terlibat dalam program pembelajaran jarak jauh.

Integrasi simulator ke dalam Learning Management System (LMS) dapat menjadi strategi yang sangat efektif untuk meningkatkan interaktivitas dan keterlibatan mahasiswa. Melalui integrasi ini, instruktur dapat menambahkan modul-modul praktikum yang langsung dapat diakses oleh mahasiswa melalui LMS. Mahasiswa dapat menyelesaikan tugas-tugas praktikum jaringan di dalam LMS yang terhubung langsung ke simulator,

memungkinkan mereka untuk mengerjakan tugas secara lebih terstruktur, serta menerima umpan balik otomatis yang mempercepat proses belajar.

Simulasi jaringan berbasis web memberikan manfaat signifikan dalam pembelajaran hybrid, di mana mahasiswa yang belajar secara tatap muka maupun online dapat terlibat dalam sesi praktik yang sama. Dengan pendekatan ini, materi praktikum dapat diajarkan kepada seluruh mahasiswa secara seragam, tanpa membedakan antara mahasiswa yang hadir di kelas fisik dan yang belajar dari jarak jauh. Ini menciptakan pengalaman belajar yang lebih merata dan terhubung, sekaligus memberikan kesempatan yang setara bagi semua mahasiswa untuk menguasai keterampilan praktis yang dibutuhkan.

Kemampuan untuk mengakses simulator melalui perangkat mobile membuka peluang lebih luas bagi mahasiswa di daerah-daerah dengan keterbatasan akses komputer. Dengan banyaknya mahasiswa yang memiliki ponsel pintar, mereka kini bisa melanjutkan pembelajaran praktikum jaringan tanpa harus terikat pada perangkat komputer di laboratorium atau di rumah. Hal ini memperluas jangkauan pembelajaran, memungkinkan mahasiswa untuk belajar dengan cara yang lebih fleksibel dan tidak terbatas pada lokasi atau jenis perangkat.

Bagi dosen, integrasi simulator ini ke dalam kurikulum jaringan komputer memungkinkan pengajaran menjadi lebih berbasis data dan hasil nyata. Instruktur dapat dengan mudah mengidentifikasi kemajuan mahasiswa, mengakses hasil simulasi secara real-time, dan memberikan umpan balik yang lebih langsung dan terfokus. Dengan demikian, dosen dapat lebih mudah melacak pemahaman mahasiswa terhadap materi praktikum dan memberikan pengarahan sesuai dengan kebutuhan masing-masing individu.

Dari perspektif pengelolaan kurikulum, integrasi simulator ini memberikan kesempatan bagi dosen untuk mengembangkan modul pembelajaran berbasis praktik yang lebih inovatif. Melalui modul-modul yang berhubungan langsung dengan aplikasi nyata, mahasiswa tidak hanya belajar teori, tetapi mengembangkan keterampilan praktis yang dapat diterapkan langsung di dunia industri. Dengan demikian, kurikulum dapat lebih relevan dan terkini, menyesuaikan dengan kebutuhan industri yang selalu berkembang.

Namun, implementasi simulator berbasis web ini memunculkan beberapa tantangan. Infrastruktur internet yang belum merata di beberapa daerah dapat menjadi kendala utama dalam penerapan pembelajaran jarak jauh menggunakan simulator. Institusi yang ingin mengadopsi sistem ini perlu memastikan bahwa akses internet yang memadai tersedia bagi mahasiswa. Solusi yang bisa diterapkan adalah dengan menyediakan akses internet gratis atau subsidi data untuk mahasiswa yang membutuhkan, atau menyediakan akses offline bagi mereka yang tidak memiliki akses internet stabil.

Penggunaan simulator berbasis web dalam kurikulum jaringan komputer akan membuka banyak peluang baru dalam pembelajaran. Ini memungkinkan pembelajaran yang lebih fleksibel, efisien, dan aksesibel, serta dapat disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan dunia industri. Integrasi dengan LMS memperkaya pengalaman belajar, mendorong mahasiswa untuk terlibat lebih aktif dalam praktik, dan memungkinkan dosen untuk memberikan pendidikan yang lebih berbasis data dan hasil nyata. Dengan demikian, implementasi simulator ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan di bidang jaringan komputer, khususnya dalam konteks pembelajaran jarak jauh dan hybrid.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengembangkan sebuah simulator jaringan berbasis web yang efektif untuk digunakan dalam pembelajaran jaringan komputer di perguruan tinggi. Simulator ini menghadirkan berbagai fitur unggulan, seperti drag-and-drop topologi jaringan, konfigurasi perangkat virtual, visualisasi trafik data real-time, serta akses multi-platform yang dapat diakses melalui browser. Dengan kemudahan akses yang ditawarkan, simulator ini sangat cocok untuk digunakan dalam konteks pembelajaran jarak jauh, hybrid, dan di institusi yang memiliki keterbatasan laboratorium fisik.

Melalui evaluasi efektivitas penggunaan simulator, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator berbasis web dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis mahasiswa dalam mengelola jaringan komputer. Hasil pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen yang menggunakan simulator, jika dibandingkan dengan kelompok kontrol yang tidak menggunakan simulator. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis praktik yang dihadirkan oleh simulator ini lebih efektif dalam mengajarkan konsep-konsep jaringan.

Keterlibatan aktif mahasiswa meningkat berkat fitur interaktif yang disediakan oleh simulator, yang mendorong mereka untuk lebih terlibat dalam pembelajaran mandiri dan memperdalam pemahaman terhadap materi praktikum.

Data yang diperoleh melalui kuesioner dan wawancara dengan mahasiswa mengonfirmasi bahwa simulator ini memotivasi mereka untuk belajar lebih banyak, bahkan di luar jam kuliah.

Perbandingan dengan simulator jaringan yang sudah ada, seperti Cisco Packet Tracer dan GNS3, menunjukkan bahwa simulator berbasis web ini memiliki keunggulan dalam aksesibilitas dan kemudahan penggunaan, terutama untuk pemula. Meskipun kedua simulator tersebut menawarkan simulasi yang lebih mendalam untuk pengguna tingkat lanjut, simulator berbasis web ini lebih cocok untuk pembelajaran awal dan lebih terjangkau dari segi sumber daya sistem.

Implikasi dari penelitian ini terhadap kurikulum dan pembelajaran jarak jauh sangat signifikan. Dengan integrasi simulator ini ke dalam Learning Management System (LMS), pembelajaran jaringan komputer dapat dilakukan secara lebih fleksibel dan terstruktur, tanpa tergantung pada keterbatasan ruang laboratorium. Hal ini membuka peluang untuk meningkatkan kualitas pendidikan jaringan komputer di perguruan tinggi, terutama bagi mahasiswa yang mengikuti program pembelajaran jarak jauh atau hybrid.

Pengembangan dan implementasi simulator jaringan berbasis web ini menunjukkan potensi besar untuk merevolusi pembelajaran jaringan komputer di perguruan tinggi. Dengan kemudahan akses, antarmuka yang ramah pengguna, dan kemampuan untuk mengadaptasi berbagai model pembelajaran, simulator ini dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam meningkatkan kualitas pengajaran dan pengalaman belajar mahasiswa di bidang jaringan komputer.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kreitmayer, S., Rogers, Y., Laney, R., & Peake, S. (2012). From participatory to contributory simulations: changing the game in the classroom. *Human Factors in Computing Systems*, 49–58.
2. Sedlak, M., Šašinka, Č., Stachoň, Z., Chmelik, J., & Doležal, M. (2022). Collaborative and individual learning of geography in immersive virtual reality: An effectiveness study.
3. Lin, P.-C., Hou, H.-T., & Chang, K.-E. (2020). The development of a collaborative problem solving environment that integrates a scaffolding mind tool and simulation-based learning: an analysis of learners' performance and their cognitive process in discussion. *Interactive Learning Environments*, 1–18.
4. Emara, M., Hutchins, N., Grover, S., Snyder, C., & Biswas, G. (2021). Examining Student Regulation of Collaborative, Computational, Problem-Solving Processes in Open-Ended Learning Environments. *Journal of Learning Analytics*, 8(1), 49–74.
5. Gomez, J., Kfoury, E. F., Crichigno, J., & Srivastava, G. (2023). A survey on network simulators, emulators, and testbeds used for research and education. *Computer Networks*.