

Pengembangan Media Pembelajaran Logika Boolean Berbasis Web Menggunakan Pyodide Dengan Pendekatan Prototyping Bagi Mahasiswa Teknik Informatika

Zurnan Alfian*, Andre Effendi, Fairus Priyogi, Rajwaa Nazir Yatim

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ^{1,*}dosen02678@unpam.ac.id, ²andreeffendi311@gmail.com, ³fairuspriyogi00@gmail.com, ⁴rajwaaanaziryatim28@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: dosen02678@unpam.ac.id

Abstrak—Pembelajaran logika Boolean merupakan kompetensi dasar yang wajib dikuasai oleh mahasiswa Teknik Informatika sebagai fondasi dalam memahami konsep komputasi digital dan pemrograman. Namun, penyajian materi yang bersifat teoritis sering kali membuat mahasiswa kesulitan dalam memvisualisasikan hubungan antara input biner dan hasil operasi logika, sehingga berdampak pada rendahnya pemahaman konsep. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran logika Boolean berbasis web yang mengintegrasikan engine Pyodide untuk menyediakan simulasi interaktif secara langsung di lingkungan browser. Aplikasi dirancang untuk membantu mahasiswa memahami operasi logika Boolean melalui visualisasi tabel kebenaran, simulasi input biner, serta fitur mini game sebagai sarana latihan pembelajaran. Metode penelitian menggunakan pendekatan prototyping yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi aplikasi, dan evaluasi pengguna. Evaluasi dilakukan melalui pilot testing terhadap lima mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang untuk menguji fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan tingkat penerimaan awal aplikasi sebagai media pembelajaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu menghasilkan keluaran yang konsisten dengan tabel kebenaran logika Boolean serta memperoleh tingkat penerimaan pengguna yang tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memiliki potensi sebagai sarana pembelajaran interaktif yang efektif dalam mendukung pemahaman awal mahasiswa terhadap konsep logika Boolean sebelum dilakukan pengujian pada skala yang lebih luas.

Kata Kunci: Logika Boolean; Media Pembelajaran; Web-Based Learning; Prototyping; Pyodide

Abstract—Boolean logic learning is a fundamental competency that must be mastered by Informatics Engineering students as a foundation for understanding digital computation and programming concepts. However, the presentation of theoretical materials often makes it difficult for students to visualize the relationship between binary inputs and logical operation outputs, which leads to a low level of conceptual understanding. This study aims to develop a web-based Boolean logic learning medium that integrates the Pyodide engine to provide interactive simulations directly within a browser environment. The application is designed to assist students in understanding Boolean logic operations through truth table visualization, binary input simulations, and mini-game features as learning exercises. The research method employs a prototyping approach consisting of needs analysis, system design, application implementation, and user evaluation stages. The evaluation was conducted through pilot testing involving five Informatics Engineering students from Universitas Pamulang to assess the application's functionality, usability, and initial user acceptance as a learning medium. The results indicate that the application produces outputs that are consistent with Boolean logic truth tables and achieves a high level of user acceptance. These findings suggest that the developed learning medium has the potential to serve as an effective interactive learning tool in supporting students' initial understanding of Boolean logic concepts prior to broader-scale testing.

Keywords: Boolean Logic; Learning Media; Web-Based Learning; Prototyping; Pyodide

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran logika informatika, khususnya *Boolean logic*, merupakan fondasi dalam ilmu komputer dan sistem informasi. Logika Boolean dipergunakan secara umum dalam rancangan algoritma, struktur kontrol program, serta desain sistem digital. Mahasiswa mempelajari pemrograman di semester awal diminta untuk mampu memahami konsep dasar operator AND, OR, NOT, XOR, NAND, dan NOR, serta terapaninya dalam *conditional statements* ataupun *looping structures*. Tetapi, ragam penelitian menunjukkan, mahasiswa sering kali alami kesulitan menghubungkan teori logika dengan praktik pemrograman. Kesulitan ini tidak hanya bersifat konseptual, namun juga muncul dalam bentuk miskonsepsi saat menuliskan kode program, misalnya kesalahan dalam penggunaan operator logika, kesalahan *off-by-one* pada perulangan, serta kebingungan saat memahami ruang lingkup variabel.

Di Universitas Pamulang, fenomena ini juga ditemukan. Mahasiswa ketika mata kuliah dasar pemrograman sering kali hanya berfokus pada sintaks bahasa pemrograman dan tidak memahami logika yang mendasarinya. Dampaknya, mereka cenderung menghafal contoh kode tanpa mampu menyusun konsep logika ke dalam kasus baru. Ini berdampak kepada rendahnya kemampuan *problem solving* dan lemahnya keterampilan *computational thinking*. Kondisi ini menimbulkan urgensi untuk mendatangkan media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan teori logika dengan praktik pemrograman secara langsung, sehingga mahasiswa tidak hanya memahami konsep abstrak, tetapi juga dapat mengimplementasikannya melalui latihan berbasis kode.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya inovasi dalam media pembelajaran. Misalnya, pengembangan e-learning berbasis Android sebagai media pembelajaran bahasa pemrograman [1] membuktikan bahwa platform digital dapat meningkatkan aksesibilitas dan fleksibilitas belajar. Hal ini relevan dengan penelitian ini karena menunjukkan bahwa teknologi dapat menjadi jembatan antara teori dan praktik, meskipun fokus penelitian tersebut lebih pada bahasa pemrograman secara umum, bukan logika Boolean.

Solusi berbasis web untuk memvisualisasikan rangkaian Boolean (Circuit) [2] memberikan kontribusi penting dalam mempermudah mahasiswa memahami representasi visual dari logika Boolean. Dengan adanya visualisasi interaktif, mahasiswa dapat melihat bagaimana gerbang logika bekerja. Penelitian ini sejalan dengan tujuan penelitian sebelumnya, namun memiliki perbedaan pada pendekatan yang digunakan. Penelitian ini mengembangkan media pembelajaran berbasis web yang mengintegrasikan teknologi Pyodide untuk mengeksekusi logika Python secara langsung di sisi klien, sehingga memungkinkan simulasi logika Boolean dilakukan secara interaktif melalui browser tanpa memerlukan instalasi lingkungan pemrograman tambahan.

Pengembangan algoritma untuk meminimalkan fungsi Boolean dengan metode visual-matrix [3] menekankan aspek efisiensi analisis logika. Walaupun fokusnya pada optimasi, penelitian ini memperlihatkan bahwa logika Boolean dapat dipelajari lebih efektif dengan bantuan algoritma dan visualisasi. Penelitian kami memperluas ide ini dengan menghadirkan simulasi Python yang memungkinkan mahasiswa menguji langsung operasi logika tanpa harus memahami algoritma minimisasi yang kompleks.

Upaya pengembangan Boolean logic game [4] serta serious games sebagai platform pembelajaran pemrograman [5] menunjukkan bahwa pendekatan berbasis permainan mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa. Namun, penelitian ini berbeda karena tidak hanya menekankan aspek hiburan, tetapi juga simulasi langsung berbasis Python yang lebih dekat dengan kebutuhan akademik mahasiswa TI.

Selain itu, penerapan gamification dan AI dalam pendidikan khusus [6], serta implementasi gamifikasi dalam platform pembelajaran [7][8][9], memperlihatkan tren bahwa motivasi belajar dapat ditingkatkan melalui elemen interaktif. Penelitian ini mengambil inspirasi dari konsep gamifikasi, namun mengadaptasikannya dalam bentuk simulasi interaktif berbasis web yang dirancang untuk mendukung pembelajaran logika Boolean secara kontekstual dan mudah diakses melalui browser.

Model pembelajaran pengantar pemrograman [10] dan studi tentang peran logika pemrograman sebagai fondasi utama bagi mahasiswa TI [11] menegaskan urgensi penelitian ini. Tanpa pemahaman logika yang kuat, mahasiswa akan kesulitan dalam menguasai pemrograman tingkat lanjut. Penelitian ini hadir sebagai solusi untuk memperkuat fondasi tersebut melalui simulasi Python yang aplikatif.

Penelitian lain seperti kuantifikasi literal dalam logika Boolean [12], pengembangan Python script generator [13], serta media pembelajaran berbasis game edukasi [14] menunjukkan bahwa Python dan logika Boolean memiliki keterkaitan erat dalam dunia pendidikan. Penelitian ini memperkuat hubungan ini dengan menghadirkan simulasi Python sebagai media utama, sehingga mahasiswa tidak hanya memahami teori tetapi juga dapat langsung mempraktikkannya.

Lebih jauh, pengenalan model gamifikasi ke dalam e-learning [15], perancangan gerbang logika dengan SIMULINK [16], serta simulasi dan gamifikasi pembelajaran ilmu komputer [17] menegaskan bahwa simulasi adalah strategi efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep abstrak. Namun, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan memanfaatkan simulasi interaktif berbasis web yang dirancang secara sederhana dan terstruktur, sehingga mahasiswa dapat memfokuskan perhatian pada pemahaman operasi logika Boolean melalui visualisasi yang jelas dan mekanisme interaksi yang intuitif. Perancangan User Interface dan User Experience menjadi penting [18], penelitian tersebut menekankan bahwa keberhasilan aplikasi pembelajaran tidak hanya bergantung pada konten, tetapi juga pada desain antarmuka dan pengalaman pengguna.

Studi literatur tentang pemahaman mahasiswa terhadap logika [19] menunjukkan adanya kesenjangan signifikan dalam penguasaan konsep dasar. Penelitian tentang gamifikasi dalam e-learning environments [20] menegaskan bahwa motivasi belajar dapat ditingkatkan dengan pendekatan inovatif. Kedua penelitian ini memperkuat alasan mengapa aplikasi simulatif berbasis Python perlu dikembangkan, karena dapat menjawab kebutuhan mahasiswa yang masih kesulitan memahami logika Boolean secara mendalam.

Berbeda dengan simulasi grafis biasa, penelitian ini mengembangkan aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web yang memanfaatkan Pyodide untuk mengeksekusi logika Python murni di sisi klien. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan aksesibilitas tinggi melalui browser tanpa perlu instalasi Python pada perangkat mahasiswa, sekaligus mempertahankan akurasi logika pemrograman profesional. Hal ini menjadi kebaruan penelitian dibandingkan studi sebelumnya yang umumnya berfokus pada mobile learning, visualisasi web statis, atau gamifikasi.

Pendekatan berbasis web dengan integrasi Pyodide dipilih bukan semata-mata untuk menghadirkan antarmuka modern, melainkan untuk mendorong mahasiswa fokus pada struktur logika, alur eksekusi program, dan sintaksis Python secara murni. Dengan akses langsung melalui browser tanpa perlu instalasi tambahan, mahasiswa dapat melakukan simulasi interaktif yang menekankan hubungan antara input, proses evaluasi logika, dan keluaran program secara lebih mendalam. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkuat fondasi berpikir logis dan computational thinking mahasiswa, serupa dengan pengalaman belajar pemrograman profesional.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan aplikasi pembelajaran Boolean logic dengan integrasi Pyodide di Universitas Pamulang. Aplikasi ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara teori logika dan praktik pemrograman. Melalui aplikasi ini, mahasiswa dapat mempelajari konsep logika secara bertahap, kemudian langsung mengimplementasikannya melalui simulasi interaktif di browser. Dengan demikian, pembelajaran tidak lagi terpisah antara teori dan praktik, melainkan berlangsung secara terpadu.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas pembelajaran logika informatika di tingkat dasar. Rendahnya pemahaman mahasiswa terhadap logika berdampak pada kesulitan mereka dalam mata kuliah lanjutan seperti algoritma, struktur data, dan sistem digital. Jika masalah ini tidak segera diatasi, maka akan

berimplikasi pada rendahnya kompetensi lulusan dalam menghadapi tantangan dunia kerja yang menuntut keterampilan pemrograman dan *problem solving*. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi pembelajaran berbasis web yang mengintegrasikan Pyodide untuk simulasi interaktif logika Boolean diharapkan menjadi inovasi yang relevan dan aplikatif.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah menghadirkan platform pembelajaran interaktif berbasis web yang memanfaatkan Pyodide untuk mengeksekusi kode Python langsung di browser. Aplikasi ini tidak hanya menyajikan materi teori, tetapi juga menyediakan *hands-on practice* melalui simulasi interaktif. Dengan pendekatan ini, mahasiswa dapat memahami hubungan antara ekspresi logika dengan hasil eksekusi program. Selain itu, aplikasi ini dilengkapi dengan fitur *feedback* otomatis yang memberikan penilaian terhadap jawaban mahasiswa, sehingga proses belajar menjadi lebih adaptif, personal, dan responsif tanpa memerlukan instalasi tambahan.

State of the art dari penelitian ini terletak pada integrasi pembelajaran logika Boolean dengan simulasi interaktif berbasis web menggunakan Pyodide yang belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya. Jika penelitian terdahulu lebih menekankan pada aspek visualisasi dan motivasi melalui *game-based learning*, penelitian ini menghadirkan pendekatan berbasis praktik nyata yang menghubungkan konsep logika langsung dengan eksekusi kode Python di browser. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam bidang pendidikan informatika, yaitu menghadirkan model pembelajaran logika yang lebih kontekstual, praktis, dan relevan dengan kebutuhan mahasiswa.

Kontribusi penelitian ini dapat dirumuskan dalam dua aspek utama. Pertama, kontribusi teoretis berupa pemetaan kesenjangan antara penguasaan teori logika dengan praktik pemrograman, serta tawaran model pembelajaran berbasis simulasi interaktif berbasis web menggunakan Pyodide. Kedua, kontribusi praktis berupa aplikasi pembelajaran yang dapat digunakan oleh dosen dan mahasiswa di Universitas Pamulang untuk meningkatkan pemahaman logika Boolean. Aplikasi ini diharapkan mampu menurunkan tingkat kesalahan konseptual mahasiswa, meningkatkan keterampilan *computational thinking*, serta memperkuat kemampuan mereka dalam menulis kode program yang benar dan efisien.

Penelitian ini tidak hanya memberikan solusi atas permasalahan yang dihadapi mahasiswa, tetapi juga memperkaya literatur pendidikan informatika dengan pendekatan baru yang mengintegrasikan logika Boolean dengan simulasi interaktif berbasis web menggunakan Pyodide. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pengajar dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif, serta menjadi inspirasi bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi di bidang informatika.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *prototyping*. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada proses perancangan, pengembangan, dan evaluasi produk berupa aplikasi pembelajaran logika Boolean. Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk menggambarkan urutan kegiatan penelitian, penerapan metode pengembangan, serta proses pengujian aplikasi dalam memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi aplikasi, pengujian aplikasi, dan analisis hasil uji coba, terletak pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian.

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran logika Boolean pada mahasiswa Teknik Informatika Universitas Pamulang. Berdasarkan studi literatur dan pengamatan awal, materi logika Boolean dan gerbang logika merupakan materi dasar yang bersifat abstrak dan sering menimbulkan kesulitan pemahaman apabila disampaikan secara konvensional. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu menampilkan proses evaluasi logika Boolean secara eksplisit, bertahap, dan mudah dipahami oleh mahasiswa.

Tahap kedua adalah perancangan sistem, yaitu penyusunan desain aplikasi pembelajaran logika Boolean berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Pada tahap ini dilakukan perancangan alur kerja aplikasi, struktur menu, serta modul pembelajaran yang mencakup materi gerbang logika dasar, yaitu AND, OR, NOT, XOR, NAND, NOR, dan XNOR. Selain itu, dirancang mekanisme simulasi evaluasi logika Boolean menggunakan bahasa pemrograman Python yang menghasilkan keluaran berupa nilai kebenaran dan tabel kebenaran secara dinamis. Perancangan sistem dilakukan secara modular agar pengguna dapat mengikuti alur logika secara runtut dan sistematis.

Tahap ketiga adalah implementasi aplikasi, yaitu proses penerapan rancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi pembelajaran berbasis web yang dapat dijalankan langsung melalui browser. Aplikasi dikembangkan menggunakan HTML5, CSS3, dan JavaScript (Vanilla ES6+), dengan Pyodide sebagai engine untuk mengeksekusi kode Python secara langsung di sisi klien. Setiap modul pembelajaran diimplementasikan dalam bentuk fungsi-fungsi Python yang memproses input biner, mengevaluasi ekspresi logika Boolean, serta menampilkan hasil evaluasi dan tabel kebenaran secara langsung. Implementasi aplikasi juga dilengkapi dengan fitur simulasi dan mini game logika Boolean sebagai

sarana latihan dan evaluasi pemahaman pengguna. Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa untuk memahami tidak hanya hasil akhir, tetapi juga proses logika yang terjadi di dalam sistem.

Tahap keempat adalah pengujian aplikasi, yang bertujuan untuk menilai kelayakan dan efektivitas aplikasi sebagai media pembelajaran. Pengujian dilakukan melalui uji coba awal (*pilot testing*) dengan melibatkan sejumlah responden mahasiswa. Metode pengujian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Secara kuantitatif, responden diminta memberikan penilaian menggunakan skala Likert terhadap aspek kemudahan penggunaan, kejelasan materi, efektivitas simulasi, dan kepuasan pengguna. Secara kualitatif, responden memberikan umpan balik terbuka terkait pengalaman penggunaan aplikasi serta saran perbaikan.

Tahap terakhir adalah analisis hasil uji coba, yaitu pengolahan dan interpretasi data yang diperoleh dari tahap pengujian. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata tingkat kepuasan dan efektivitas aplikasi, sedangkan data kualitatif dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi permasalahan *usability* dan kebutuhan pengembangan lanjutan. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi ketercapaian tujuan penelitian serta sebagai dasar penyempurnaan aplikasi pada tahap pengembangan berikutnya. Model prototyping memungkinkan pengembangan aplikasi dilakukan secara iteratif berdasarkan umpan balik pengguna pada tahap uji coba awal.

2.2 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi awal (*pilot testing*) dan *usability testing* aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide untuk simulasi interaktif. Mengingat jumlah responden yang terbatas (N=5), penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis secara inferensial maupun melakukan generalisasi hasil. Evaluasi dilakukan untuk menilai kelayakan teknis aplikasi serta tingkat penerimaan awal pengguna sebagai media pembelajaran. Tujuan Evaluasi Penelitian:

- Menilai kelayakan teknis aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide untuk simulasi interaktif.
- Mengidentifikasi tingkat kemudahan penggunaan dan kejelasan materi yang disajikan dalam aplikasi.
- Mengevaluasi tingkat penerimaan awal pengguna terhadap aplikasi sebagai media pembelajaran logika Boolean.

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Fokus penelitian adalah mengembangkan dan menguji aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide untuk simulasi interaktif, serta mengevaluasi potensi aplikasi sebagai media pembelajaran dalam mendukung pemahaman mahasiswa terhadap konsep Logika Boolean.

Uji coba awal (*pilot testing*) dilakukan terhadap 5 responden (N=5) untuk mengidentifikasi indikasi awal efektivitas aplikasi dan menemukan masalah *usability* yang kritis sebelum pengumpulan data skala besar. Pengujian ini membagi hasil menjadi analisis kuantitatif dan kualitatif.

Uji coba aplikasi dilakukan pada 5 mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang. Lokasi penelitian berada di lingkungan kampus Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, dengan melibatkan mahasiswa yang sedang menempuh mata kuliah Logika Informatika.

Variable penelitian yang digunakan adalah:

- Variabel Independen (X): Penggunaan aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide untuk simulasi interaktif.
- Variabel Dependen (Y1): Persepsi motivasi belajar mahasiswa setelah menggunakan aplikasi.
- Variabel Dependen (Y2): Persepsi pemahaman konsep logika Boolean mahasiswa setelah menggunakan aplikasi.

Metode analisis data dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu

- Analisis Kuantitatif: Menggunakan skala Linkert (1–5) untuk mengukur tingkat kepuasan, motivasi, dan pemahaman mahasiswa secara deskriptif. Data diolah dengan perhitungan rata-rata skor dan distribusi frekuensi.
- Analisis Kualitatif: Menggunakan teknik analisis tematik dari umpan balik mahasiswa terkait kejelasan instruksi, fleksibilitas kontrol, dan tingkat kesulitan materi.

Kerangka pemikiran penelitian ini berangkat dari permasalahan rendahnya motivasi dan pemahaman mahasiswa terhadap materi logika Boolean yang bersifat abstrak. Dengan mengintegrasikan simulasi gerbang logika dan mini game berbasis web dengan Pyodide, diharapkan mahasiswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan. Secara konseptual, kerangka pemikiran dapat digambarkan sebagai berikut:

- Input: Aplikasi berbasis web dengan integrasi Pyodide.
- Proses: Mahasiswa menggunakan aplikasi untuk mempelajari gerbang logika melalui simulasi dan mini game.
- Output: Indikasi peningkatan motivasi belajar dan pemahaman konsep logika Boolean.

2.3 Metode dan Algoritma Penyelesaian Masalah

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi logika Boolean berbasis web dengan mengintegrasikan engine Pyodide. Aplikasi dirancang untuk memproses input logika biner (0 dan 1) yang diberikan oleh pengguna, kemudian mengevaluasi input tersebut menggunakan algoritma logika Boolean sesuai dengan jenis gerbang logika yang dipilih, seperti AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, dan XNOR

Algoritma bekerja dengan membaca nilai input, memvalidasi kesesuaian format data, dan menerapkan operasi logika Boolean menggunakan struktur percabangan (*if-else*) serta operator logika Python. Hasil evaluasi kemudian ditampilkan secara interaktif di browser melalui aplikasi web, sehingga pengguna dapat memahami hubungan antara input, proses logika, dan output yang dihasilkan

Selain simulasi gerbang logika, aplikasi juga dilengkapi dengan *mini game* berbasis soal latihan, di mana sistem secara acak menghasilkan soal logika Boolean. Jawaban pengguna akan dibandingkan dengan hasil perhitungan algoritma untuk menentukan benar atau salah, serta memberikan umpan balik secara langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Algoritma Logika Boolean

Aplikasi pembelajaran logika Boolean yang dikembangkan dalam penelitian ini mengimplementasikan algoritma logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide untuk simulasi interaktif. Algoritma dirancang untuk memproses input biner yang diberikan oleh pengguna, kemudian mengevaluasinya menggunakan aturan logika Boolean sesuai dengan jenis gerbang logika yang dipilih. Gerbang logika yang disediakan dalam aplikasi meliputi AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, dan XNOR, yang merupakan gerbang dasar dalam pembelajaran logika digital.

Setiap gerbang logika direpresentasikan dalam bentuk fungsi atau prosedur logika yang menggunakan operator logika bawaan bahasa pemrograman Python. Misalnya, gerbang AND diimplementasikan dengan operator logika AND, sedangkan gerbang OR menggunakan operator OR. Untuk gerbang logika yang lebih kompleks seperti XOR dan XNOR, algoritma disusun menggunakan kombinasi operator logika dan struktur percabangan (*if-else*) agar hasil evaluasi sesuai dengan tabel kebenaran logika Boolean.

Proses eksekusi algoritma dimulai ketika pengguna memasukkan nilai input berupa bilangan biner (0 atau 1) melalui antarmuka web interaktif. Sistem terlebih dahulu melakukan validasi input untuk memastikan bahwa nilai yang dimasukkan sesuai dengan format yang ditentukan. Jika input tidak valid, sistem akan memberikan pesan kesalahan dan meminta pengguna untuk memasukkan nilai yang benar. Tahap validasi ini penting untuk mencegah kesalahan logika dan membantu mahasiswa memahami batasan input dalam sistem logika digital.

Setelah input dinyatakan valid, algoritma logika dijalankan sesuai dengan jenis gerbang logika yang dipilih. Hasil evaluasi kemudian ditampilkan secara interaktif di browser melalui aplikasi web berbasis Pyodide. Dengan pendekatan ini, mahasiswa dapat secara langsung mengamati hubungan antara nilai input, proses logika yang diterapkan, dan output yang dihasilkan. Hal ini diharapkan dapat membantu mahasiswa memahami konsep logika Boolean secara lebih konkret dan sistematis.

3.2 Alur Proses Kerja Aplikasi

Secara umum, alur proses kerja aplikasi pembelajaran logika Boolean ini dirancang sederhana dan linear agar mudah dipahami oleh mahasiswa pemula. Proses dimulai dari tahap pemilihan menu, di mana pengguna dapat memilih jenis gerbang logika yang ingin dipelajari atau memilih mode latihan berupa *mini game*. Setelah memilih gerbang logika, pengguna diminta untuk memasukkan nilai input sesuai dengan ketentuan masing-masing gerbang.

Setelah input dimasukkan, sistem melakukan proses validasi untuk memastikan bahwa data yang diberikan sesuai dengan format yang diharapkan. Tahap ini menjadi bagian penting dari proses pembelajaran karena mahasiswa secara tidak langsung belajar mengenai pentingnya validasi input dalam pemrograman. Jika validasi berhasil, algoritma logika Boolean akan dijalankan dan menghasilkan output yang ditampilkan secara interaktif di browser.

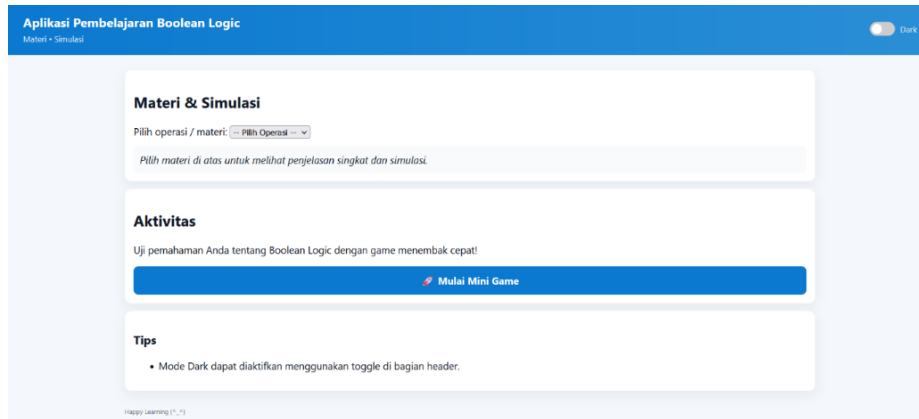
Dalam mode *mini game*, sistem secara otomatis menghasilkan soal logika Boolean secara acak. Pengguna diminta untuk menentukan hasil output dari kombinasi input dan gerbang logika yang diberikan. Jawaban pengguna kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan algoritma untuk menentukan benar atau salah. Sistem memberikan umpan balik secara langsung berupa pesan teks, sehingga pengguna dapat mengetahui kesalahan dan memperbaiki pemahamannya secara mandiri.

Alur proses kerja aplikasi ini dirancang untuk mencerminkan proses eksekusi logika yang sesungguhnya dalam pemrograman Python. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep logika Boolean secara teoritis, tetapi juga memahami bagaimana konsep tersebut diimplementasikan dalam bentuk algoritma dan kode program.

3.3 Hasil Pengembangan Aplikasi

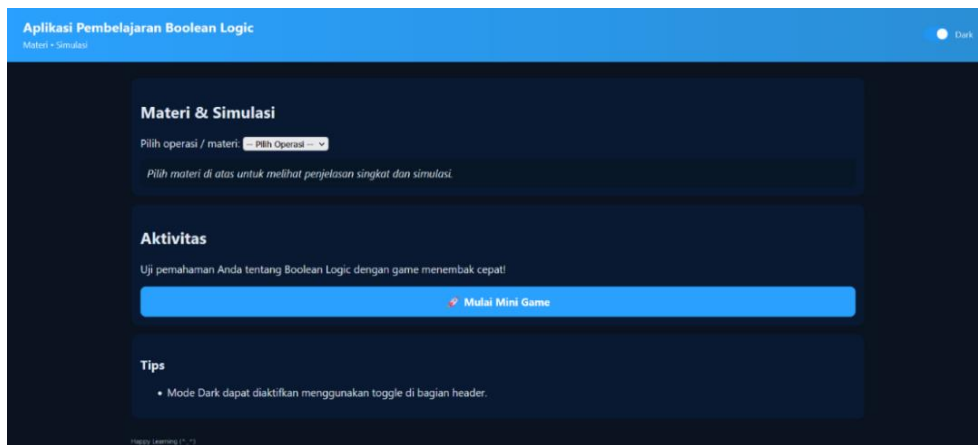
Aplikasi yang dikembangkan merupakan aplikasi berbasis web (web-based application) yang mengintegrasikan Python engine menggunakan teknologi Pyodide. Meskipun berjalan di lingkungan browser, aplikasi ini dirancang untuk memberikan pengalaman pembelajaran interaktif, di mana pengguna dapat memasukkan input, menjalankan evaluasi logika, dan memperoleh keluaran secara *real-time* melalui simulasi Python di sisi klien, tanpa memerlukan instalasi tambahan.

Hasil utama dari penelitian ini adalah sebuah aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web yang dirancang untuk membantu mahasiswa memahami konsep dasar logika Boolean melalui simulasi interaktif. Aplikasi ini mampu memproses input biner yang diberikan oleh pengguna dan menampilkan hasil evaluasi logika secara langsung disertai dengan penjelasan tertulis. Operasi logika yang diimplementasikan meliputi AND, OR, NOT, XOR, NAND, dan NOR.



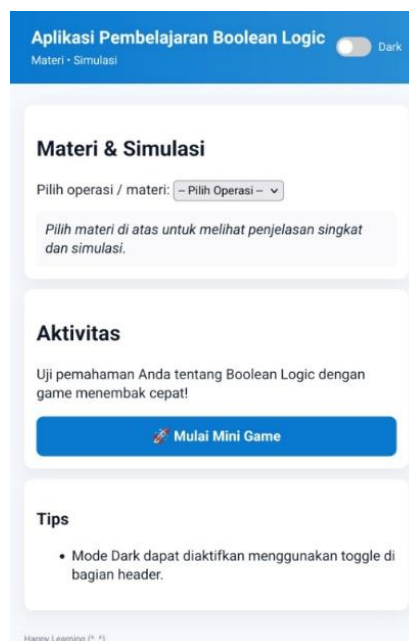
Gambar 2. Antarmuka utama (Light Mode)

Gambar 2 menunjukkan tampilan awal aplikasi saat pertama kali dimuat. Aplikasi ini dibangun menggunakan teknologi HTML5, CSS3, dan JavaScript (Vanilla ES6+). Antarmuka dirancang secara responsif agar dapat menyesuaikan tampilan saat dibuka melalui perangkat desktop maupun mobile.



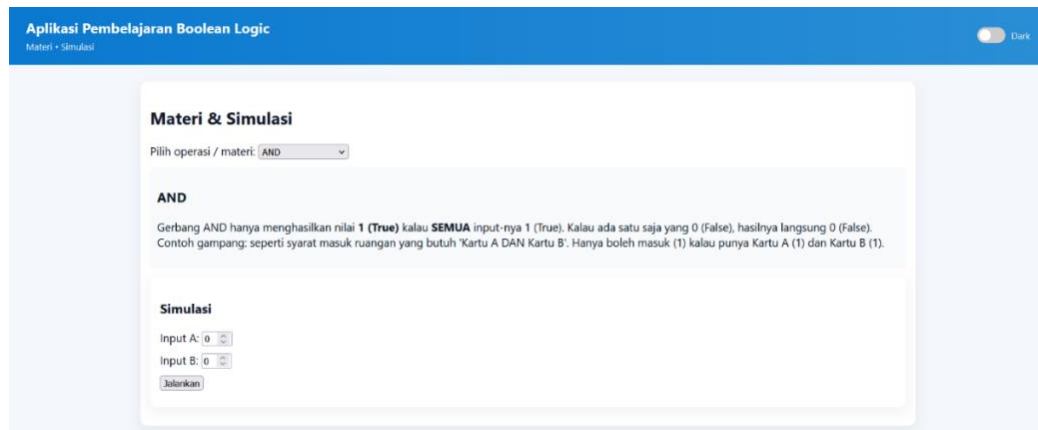
Gambar 3. Implementasi fitur dark mode

Gambar 3 mengilustrasikan fitur *Dark Mode* yang dapat diaktifkan melalui tombol *toggle* pada bagian *header*. Fitur ini disediakan untuk meningkatkan kenyamanan visual pengguna saat mengoperasikan aplikasi dalam kondisi pencahayaan rendah.



Gambar 4. Tampilan Antarmuka pada Perangkat Mobile

Gambar 4 membuktikan bahwa aplikasi telah menerapkan prinsip *Responsive Web Design*. Seluruh elemen visual, seperti *header*, menu pemilihan materi, dan tombol aktivitas, secara otomatis menyesuaikan tata letaknya agar tetap proporsional dan mudah dioperasikan menggunakan satu tangan pada layar *smartphone*.



Gambar 5. Menu Pemilihan Materi dan Teori Logika

Pada Gambar 5, terlihat pengguna memilih salah satu gerbang logika (contoh: AND) melalui menu dropdown. Secara dinamis, aplikasi akan menampilkan teks penjelasan teori yang mencakup definisi, syarat nilai kebenaran, hingga contoh analogi di dunia nyata.



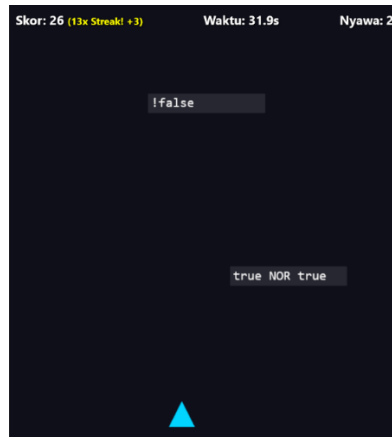
Gambar 6. Simulasi Interaktif dengan Integrasi Engine Python

Gambar 6 menunjukkan inti fungsionalitas aplikasi di mana pengguna melakukan simulasi input 0 atau 1. Proses evaluasi logika ini unik karena menggunakan Python 3 via Pyodide yang berjalan langsung di browser. Saat tombol "Jalankan" diklik, sistem mengeksekusi kode Python untuk menghasilkan *output* dan menyoroti (*highlight*) baris yang sesuai pada tabel kebenaran secara *real-time*.



Gambar 7. Tampilan Awal Mini Game "Boolean Shooter"

Gambar 7 menampilkan halaman instruksi untuk fitur gamifikasi "Boolean Shooter". Fitur ini dirancang untuk melatih kecepatan berpikir pengguna dalam mengevaluasi ekspresi logika. Terdapat informasi kontrol permainan menggunakan keyboard (panah dan spasi) untuk pengguna Desktop.



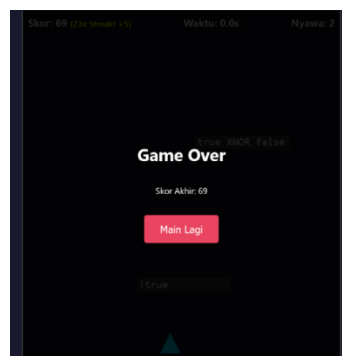
Gambar 8. Mekanisme Gameplay Boolean Shooter

Gambar 8 menunjukkan permainan yang sedang berlangsung di mana pengguna harus menembak target yang bernilai *TRUE* dan menghindari yang bernilai *FALSE*. Sistem menggunakan elemen waktu, nyawa, serta *streak bonus* (tambahan skor jika menjawab benar 5 kali berturut-turut) untuk meningkatkan retensi belajar pengguna.



Gambar 9. Mekanisme Kontrol Sentuh pada Mini Game (Versi Mobile)

Pada Gambar 9 menunjukkan versi mobile, aplikasi secara cerdas menampilkan tombol kontrol virtual (Panah Kiri, Panah Kanan, dan Tembak) di bagian bawah layar. Hal ini menggantikan fungsi *keyboard* pada perangkat desktop, sehingga memberikan pengalaman bermain yang tetap intuitif bagi pengguna perangkat sentuh tanpa mengurangi fungsionalitas permainan "Boolean Shooter".



Gambar 10. Layar Evaluasi (Game Over)

Gambar 10 menunjukkan tampilan skor akhir setelah sesi permainan berakhir. Halaman ini berfungsi sebagai instrumen evaluasi diri bagi pengguna untuk melihat tingkat kemahiran dan kecepatan mereka dalam memproses logika matematika yang telah dipelajari.

Aplikasi dikembangkan secara modular, di mana setiap operasi logika direpresentasikan dalam bentuk fungsi Python yang berdiri sendiri. Pendekatan ini memungkinkan proses evaluasi logika berjalan secara sistematis dan mudah ditelusuri. Ketika pengguna memasukkan nilai input biner (0 atau 1), sistem akan memproses nilai tersebut sesuai dengan aturan logika Boolean dan menampilkan hasil akhir dalam bentuk nilai kebenaran (true atau false). Selain itu, aplikasi juga menampilkan tabel kebenaran untuk setiap operasi logika sehingga pengguna dapat melihat seluruh kemungkinan kombinasi input dan output.

Keunikan dari aplikasi yang dikembangkan terletak pada penyajian proses evaluasi logika yang tidak hanya menampilkan hasil akhir, tetapi juga memberikan penjelasan deskriptif mengenai alasan di balik hasil tersebut. Sebagai contoh, pada operasi AND, aplikasi menampilkan penjelasan bahwa hasil bernilai true hanya apabila kedua input bernilai true. Penyajian penjelasan ini bertujuan untuk membantu mahasiswa memahami konsep logika secara konseptual, bukan sekadar menghafal tabel kebenaran.

3.4 Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap operasi logika yang diimplementasikan dalam aplikasi berjalan sesuai dengan aturan logika Boolean. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran aplikasi dengan tabel kebenaran standar untuk masing-masing gerbang logika.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh operasi logika menghasilkan keluaran yang konsisten dengan tabel kebenaran. Pada operasi AND, aplikasi menghasilkan nilai true hanya ketika kedua input bernilai true, sedangkan kombinasi input lainnya menghasilkan nilai false. Pada operasi OR, aplikasi menghasilkan nilai true ketika salah satu atau kedua input bernilai true. Operasi NOT menghasilkan nilai kebalikan dari input yang diberikan, sedangkan operasi XOR menghasilkan nilai true ketika kedua input memiliki nilai yang berbeda. Operasi NAND dan NOR juga menunjukkan hasil yang sesuai dengan definisi logika Boolean sebagai negasi dari operasi AND dan OR.

Selain menampilkan hasil evaluasi logika, aplikasi juga berhasil menampilkan tabel kebenaran secara lengkap dan dinamis. Tabel kebenaran ini memudahkan pengguna dalam memverifikasi hasil evaluasi logika yang diperoleh dari input tertentu dengan seluruh kemungkinan kombinasi input yang ada. Dengan demikian, aplikasi tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang menekankan pemahaman konseptual.

3.5 Hasil Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna dilakukan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan, kejelasan materi, interaktivitas, dan manfaat aplikasi dalam membantu pemahaman konsep logika Boolean. Uji coba dilakukan terhadap lima mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang. Metode pengujian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui kuesioner skala Likert dan pendekatan kualitatif melalui komentar terbuka dari responden.

Berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner, Tabel 1 menyajikan hasil penilaian responden terhadap berbagai aspek pada aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web interaktif. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 sampai 5, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat penilaian yang lebih positif.

Tabel 1. Penilaian kepuasan responden

Aspek Penilaian	Rata-rata(\bar{x})
Simulasi membantu memahami konsep	4.4
Mini game membuat proses belajar lebih menyenangkan	4.4
Kontrol mini game mudah dipahami	4.2
Kepuasan keseluruhan	4.2
Kemudahan navigasi dalam aplikasi	4.0
Kejelasan materi boolean logic	4.0
Kejelasan tampilan dan <i>layout</i>	3.8
Materi mudah dipahami	3.6

Berdasarkan data pada Tabel 1, aspek simulasi dan *mini game* memperoleh nilai rata-rata tertinggi, yaitu sebesar 4.4. Hal ini menunjukkan bahwa responden menilai fitur simulasi dan *mini game* sangat membantu dalam memahami konsep logika Boolean serta membuat proses pembelajaran menjadi lebih menyenangkan. Aspek kontrol *mini game* dan kepuasan keseluruhan juga memperoleh penilaian yang tinggi dengan nilai rata-rata 4.2, yang mengindikasikan bahwa aplikasi relatif mudah digunakan oleh mahasiswa.

Aspek kemudahan navigasi dan kejelasan materi logika Boolean masing-masing memperoleh nilai rata-rata 4.0, yang menunjukkan bahwa sebagian besar responden merasa navigasi aplikasi cukup jelas dan materi yang disajikan dapat dipahami dengan baik. Sementara itu, aspek kejelasan tampilan dan *layout* memperoleh nilai rata-rata 3.8, dan aspek kemudahan pemahaman materi memperoleh nilai rata-rata 3.6. Nilai ini mengindikasikan bahwa meskipun aplikasi secara umum diterima dengan baik, masih terdapat ruang untuk perbaikan, khususnya pada penyajian materi dan tampilan antarmuka agar lebih mudah dipahami oleh pengguna.

Temuan pada Tabel 1 memberikan indikasi awal bahwa pendekatan pembelajaran berbasis web dengan simulasi interaktif menggunakan Pyodide dapat diterima dengan baik oleh mahasiswa sebagai media pembelajaran logika Boolean. Meskipun evaluasi dilakukan pada skala terbatas, hasil ini menunjukkan potensi aplikasi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan penyempurnaan pada aspek tampilan dan penyajian materi.

Secara kualitatif, seluruh responden menyatakan bahwa aplikasi mudah digunakan dan membantu mereka memahami hubungan antara input biner dan hasil operasi logika. Penjelasan deskriptif yang disajikan pada setiap hasil evaluasi logika dinilai memberikan kejelasan tambahan mengenai alasan di balik keluaran yang dihasilkan sistem. Beberapa responden juga menyampaikan saran pengembangan lanjutan berupa penambahan antarmuka grafis dan fitur evaluasi otomatis untuk meningkatkan pengalaman belajar.

3.6 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web interaktif dengan integrasi Pyodide mampu memenuhi tujuan penelitian, yaitu membantu mahasiswa memahami konsep dasar logika Boolean secara lebih interaktif dan sistematis. Keberhasilan aplikasi dalam menghasilkan keluaran yang konsisten dengan tabel kebenaran menunjukkan bahwa algoritma logika yang diimplementasikan telah berjalan dengan benar dan sesuai dengan teori logika Boolean.

Dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional yang hanya mengandalkan penjelasan teoritis dan tabel statis, aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih eksploratif. Mahasiswa dapat secara langsung memasukkan nilai input dan mengamati perubahan hasil logika yang terjadi. Pendekatan ini mendukung pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), di mana mahasiswa belajar melalui interaksi langsung dengan sistem.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penggabungan simulasi logika Boolean berbasis web menggunakan pyodide dengan penjelasan deskriptif yang menyertai setiap hasil evaluasi. Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan media pembelajaran logika berbasis game atau visualisasi grafis, penelitian ini menawarkan alternatif media pembelajaran yang lebih sederhana namun tetap efektif, khususnya untuk mahasiswa tingkat awal yang sedang mempelajari dasar-dasar logika komputasi.

Selain itu, penggunaan Python sebagai bahasa pemrograman utama memberikan nilai tambah karena Python merupakan bahasa pemrograman yang banyak digunakan dalam pembelajaran pemrograman di perguruan tinggi. Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya membantu mahasiswa memahami logika Boolean, tetapi juga memperkenalkan penerapan konsep logika dalam konteks pemrograman nyata.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Jumlah responden dalam uji coba masih terbatas, sehingga hasil evaluasi pengguna belum dapat digeneralisasi secara luas. Selain itu, aplikasi saat ini memiliki antarmuka web yang masih sederhana. Namun demikian, keterbatasan ini juga membuka peluang pengembangan lanjutan, seperti penambahan fitur interaktivitas lebih kompleks, antarmuka grafis yang lebih menarik, dan modul evaluasi berbasis kuis otomatis.

3.7 Kebaruan dan Kontribusi Penelitian

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan integrasi Pyodide yang menggabungkan evaluasi logika, tabel kebenaran, dan penjelasan deskriptif dalam satu platform pembelajaran. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak mengandalkan media visual atau game grafis, penelitian ini menawarkan pendekatan simulasi interaktif di browser yang sederhana namun efektif. Kontribusi penelitian ini terhadap literatur adalah penyediaan alternatif media pembelajaran logika Boolean yang mudah diimplementasikan, ringan, dan sesuai digunakan sebagai media pendukung pembelajaran dasar logika komputasi. Aplikasi ini dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran mandiri maupun sebagai media pendukung dalam kegiatan praktikum logika digital dan pemrograman dasar.

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web dengan simulasi interaktif menggunakan Pyodide memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan lebih lanjut dan diimplementasikan dalam proses pembelajaran di lingkungan pendidikan tinggi, khususnya pada program studi Teknik Informatika.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan aplikasi pembelajaran logika Boolean berbasis web simulasi interaktif menggunakan engine Pyodide memiliki potensi efektif dalam mendukung pemahaman konsep logika Boolean, yang cenderung bersifat teoritis dan sulit divisualisasikan oleh mahasiswa. Aplikasi yang dikembangkan mampu memproses input biner dan menghasilkan keluaran operasi logika Boolean yang konsisten dengan tabel kebenaran pada seluruh gerbang logika yang diuji, yaitu AND, OR, NOT, XOR, NAND, dan NOR, serta menyajikan penjelasan deskriptif yang membantu pengguna memahami alasan di balik setiap hasil evaluasi logika. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa algoritma logika Boolean berjalan sesuai dengan teori, sementara hasil pengujian pengguna terhadap lima mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang menunjukkan tingkat penerimaan yang baik hingga sangat baik pada aspek kemudahan penggunaan, kejelasan materi, interaktivitas,

dan manfaat pembelajaran. Dengan demikian, aplikasi menunjukkan potensi yang baik dan memiliki tingkat penerimaan yang tinggi sebagai media pembelajaran logika Boolean. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain jumlah responden yang masih terbatas serta penggunaan antarmuka web yang relatif sederhana sehingga belum sepenuhnya mengakomodasi preferensi visual pengguna. Selain itu, evaluasi pembelajaran masih berfokus pada persepsi pengguna dan belum dilengkapi dengan pengukuran peningkatan hasil belajar secara kuantitatif melalui pre-test dan post-test. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan antarmuka grafis yang lebih interaktif, penambahan modul evaluasi otomatis berbasis kuis, serta perluasan jumlah responden dan metode evaluasi agar efektivitas aplikasi sebagai media pembelajaran logika Boolean dapat diukur secara lebih komprehensif dan dapat digeneralisasi secara lebih luas.

REFERENCES

- [1] M. Mutiawiyati, R. Syaban, E. Kurniasari, and O. Oktaviani, "Aplikasi E-Learning Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Pemrograman," *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 5, no. 01, pp. 161–175, May 2023, doi: 10.53863/kst.v5i01.720.
- [2] A. Kaplin and V. Pak, "Circuit: An Interactive Web-Based Solution for Visualizing Boolean Circuits," 2024. doi: 10.2139/ssrn.4975430.
- [3] M. Solomko, "Developing an Algorithm to Minimize Boolean Functions for The Visual-Matrix Form of The Analytical Method," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1, no. 4 (109), pp. 6–21, Feb. 2021, doi: 10.15587/1729-4061.2021.225325.
- [4] M. M. Kharisma, W. S. Wardhono, and A. Suharsono, "Development of a Boolean Logic Game for Visual, Auditory and Kinesthetic Learning Styles," *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)*, vol. 16, no. 1, pp. 24–29, Mar. 2024, doi: 10.18860/mat.v16i1.25578.
- [5] N. I. Prasetya, S. Syidada, and L. Retnawati, "Development of Serious Games as A Programming Learning Platform for Informatics Students," *Jurnal Paedagogy*, vol. 12, no. 1, p. 12, Jan. 2025, doi: 10.33394/jp.v12i1.12915.
- [6] P. Ashfin, "Gamification and AI in Special Education," *Multidisciplinary Sciences Journal*, vol. 01, no. 01, pp. 20–26, Dec. 2023, doi: 10.21275/sr220309091129.
- [7] P. Y. Saputra, D. R. Yuniarto, I. F. Rozi, U. Nurhasan, E. S. Wijanarko, and M. I. Al Huda, "Implementasi Gamifikasi Dalam Platform Pembelajaran Pemrograman Bahasa Java Berbasis Website," *JIT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 10, no. 2, p. 128, Oct. 2024, doi: 10.31884/jtt.v10i2.637.
- [8] D. Maryono, Budiyo, Sajidan, and M. Akhyar, "Implementation of Gamification in Programming Learning: Literature Review," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 12, no. 12, pp. 1448–1457, Dec. 2022, doi: 10.18178/ijiet.2022.12.12.1771.
- [9] K. E. Rafikovna, "Innovative Gaming Technique 'Gamification' as a Modern Approach To Learning," *European Scholar Journal (ESJ)*, vol. 4, no. 04, pp. 27–28, Apr. 2023, [Online]. Available: <https://scholarzest.com/index.php/esj/article/view/3373>
- [10] J. Bata, "Model Pembelajaran Topik Pengantar Pemrograman Berbasis Blended Learning dan Gamifikasi," *JIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, vol. 6, no. 11, pp. 8622–8629, Nov. 2023, doi: 10.54371/jiip.v6i11.2344.
- [11] D. D. A. Putri, L. Wulandari, S. Norma Aisah, I. Maula Nihayah, and D. Ramadhani Amir, "Peran Pembelajaran Logika Pemrograman Sebagai Fondasi Utama bagi Mahasiswa TI," in *Seminar Nasional Unit Kegiatan Mahasiswa Penalaran dan Riset*, 2025, pp. 353–357. [Online]. Available: <https://prosiding.ikipgribojonegoro.ac.id/index.php/SNGK/article/view/3799>
- [12] A. Darwiche and P. Marquis, "On Quantifying Literals in Boolean Logic and Its Applications to Explainable AI," *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 72, pp. 285–328, Oct. 2021, doi: 10.1613/jair.1.12756.
- [13] H. A. Wicaksono and N. Setiyawati, "Pembangunan Python Script Generator Pada Pengembangan Aplikasi Berbasis Web," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, vol. 5, no. 1, pp. 157–166, 2022, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/440820/pembangunan-python-script-generator-pada-pengembangan-aplikasi-berbasis-web>
- [14] L. M. Diana, Ana Yuniasti Retno Wulandari, and Alfina Kusuma Nilasari, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Game Edukasi Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Informatika," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 159–168, Mar. 2025, doi: 10.51454/decode.v5i1.1071.
- [15] A. K. Yanija, H. Wahyudrajat, and V. T. Devana, "Pengenalan Model Gamifikasi Ke Dalam E-Learning Pada Perguruan Tinggi," *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 22–30, Jan. 2021, doi: 10.34306/adimas.v1i1.235.
- [16] Fadilah, S. S, and Muhammad Hafiz Haikal, "Perancangan dan Analisis Gerbang Logika Dasar Dengan Menggunakan SIMULINK Pada MATLAB," *Jurnal Surya Energy*, vol. 9, no. 2, pp. 58–66, Mar. 2025, doi: 10.32502/jse.v9i2.346.
- [17] A. Nurhopipah, Z. A. Faizi, and R. Asih, "Simulasi dan Gamifikasi Pembelajaran Ilmu Komputer Dasar Melalui Aplikasi Si Biner," *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 7, no. 1, p. 340, Feb. 2023, doi: 10.31764/jmm.v7i1.12090.
- [18] D. Karlina and D. R. Indah, "Perancangan User Interface dan User Experience Sistem Informasi E-Learning Menggunakan Design Thinking," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 3, Dec. 2022, doi: 10.28932/jutisi.v8i3.5412.
- [19] I. W. A. Juliantara, I. M. A. W. Putra, W. E. Ariawan, I. N. A. Guna, I. W. M. Sarjana, and I. W. Y. Pradnyana, "Study Literatur Pemahaman Mahasiswa Tentang Logika Informatika Dalam Pemrograman," *JURNAL JIS SIWIRABUDA*, vol. 03, no. 02, p. 16, Sep. 2025, doi: <https://doi.org/10.58878/jurnalilmiahsainsosialkewirausahaankebudayaan.v3i2.403>.
- [20] C. Garcia Villegas and N. A. Lemos Agüero, "The Gamification of E-learning Environments for Learning Programming," *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, vol. 7, no. 2, p. 455, May 2023, doi: 10.30630/joiv.7.2.1602.