INVENTOR: Jurnal Inovasi dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi
https://ejournal.tsb.ac.id/index.php/inventor
Vol. 4, No. 3: Oktober 2026
e-ISSN: 3026-3190

Hubungan Pemanfaatan Proteus dalam Pembelajaran Rangkaian Digital dengan Kompetensi Dasar IoT Mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi

Arrori Ashar Hidayad[1)], Boedy Irhanthanto[1)], M. Amirul Fahmi[1)], Fa'idhotur Rohmah[1)], Eko Satrio[1)]

[1)]IKIP PGRI Bojonegoro

**Correspondence: arrori_ashar@ikippgribojonegoro.ac.id*

Abstract

Hands-on experience is essential in Digital Circuits courses so that students can see how hardware components process digital signals. Although Proteus is commonly used as a simulation tool in such courses, how it contributes to developing students' foundational Internet of Things (IoT) competencies remains poorly understood. This study therefore examines the association between Proteus use in Digital Circuits learning and students' foundational IoT competencies, covering the sensing, networking, services, and interface layers. A quantitative correlational design was adopted. Participants were 45 third-year Information Technology Education students at IKIP PGRI Bojonegoro, recruited through total sampling. Proteus use was assessed with a questionnaire and IoT competency with a test, and the data were analyzed using simple linear regression. Results revealed a positive and significant relationship between Proteus use and foundational IoT competency. An R^2 of 0.665 indicates that 66.5% of the variation in IoT competency is accounted for by Proteus use. These results suggest that practical work with Proteus helps students link digital circuit theory to foundational IoT competencies, especially in understanding how data flows from hardware to digital systems.

***Keywords**: Digital Circuits, IoT Competency, Learning Media, Proteus Simulation.*

Abstrak

Mahasiswa memerlukan pengalaman praktik langsung dalam perkuliahan Rangkaian Digital agar dapat memahami cara komponen perangkat keras mengolah sinyal digital. Proteus lazim dipakai sebagai simulator dalam pembelajaran tersebut, tetapi kontribusinya terhadap terbentuknya kompetensi dasar Internet of Things (IoT) mahasiswa belum banyak terungkap. Studi ini dilakukan untuk menelaah keterkaitan antara pemanfaatan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital dan kompetensi dasar IoT mahasiswa, yang mencakup aspek sensing, networking, services, dan interface. Penelitian dirancang dengan pendekatan kuantitatif berjenis korelasional. Subjek penelitian adalah 45 mahasiswa tingkat tiga Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro yang ditetapkan melalui teknik sampling jenuh. Pemanfaatan Proteus diukur dengan kuesioner, sedangkan kompetensi dasar IoT diukur dengan tes; keduanya kemudian dianalisis menggunakan regresi linear sederhana. Hasilnya memperlihatkan bahwa pemanfaatan Proteus berhubungan positif dan signifikan dengan kompetensi dasar IoT. Nilai R^2 sebesar 0,665 berarti 66,5% keragaman kompetensi dasar IoT dapat diterangkan oleh pemanfaatan Proteus. Temuan ini mengisyaratkan bahwa pengalaman praktik bersama Proteus menolong mahasiswa menjembatani teori rangkaian digital dengan kompetensi dasar IoT, terutama dalam memahami alur pengolahan data dari perangkat keras ke sistem digital.

Kata kunci: Kompetensi IoT; Media Pembelajaran; Rangkaian Digital; Simulasi Proteus.

Received: 22 Sep 2026; **Reviewed:** 22 Okt 2026; **Accepted**: 5 Nov 2026; **Available Online:** 9 Nov 2026;
@ 2026 Inventor

PENDAHULUAN

Perkembangan Internet of Things (IoT) mendorong perguruan tinggi untuk mempersiapkan mahasiswa agar mampu memahami prinsip kerja perangkat yang terhubung dengan sistem digital. Kompetensi IoT melibatkan pemahaman terhadap proses pengindraan, komunikasi jaringan, pengolahan layanan, dan penyajian informasi melalui antarmuka (Hidayad & Irhanthanto, 2026). Keempat aspek tersebut menunjukkan bahwa IoT tidak cukup dipelajari sebagai teknologi yang hanya menghubungkan perangkat ke internet. Mahasiswa perlu memahami hubungan antara komponen fisik dan proses digital yang memungkinkan sistem bekerja sesuai dengan tujuan penerapannya (Awouda et al., 2024). Tinjauan sistematis terhadap 60 publikasi pendidikan IoT mengidentifikasi kurikulum, pendekatan pembelajaran, teknologi pendidikan, dan strategi penilaian sebagai aspek penting dalam pengembangan pembelajaran IoT

(Abichandani et al., 2022). Temuan tersebut menegaskan perlunya pembelajaran yang menghubungkan penguasaan konsep dengan kemampuan yang relevan terhadap penerapan IoT.

Salah satu mata kuliah yang memiliki relevansi dengan penguasaan konsep dasar tersebut adalah Rangkaian Digital. Mata kuliah ini membahas gerbang logika serta rangkaian kombinasi dan sekuensial yang menjadi dasar pemahaman terhadap pemrosesan sinyal digital (Muafa, 2019). Melalui materi tersebut mahasiswa mempelajari bagaimana perubahan masukan memengaruhi keluaran dan bagaimana komponen digital bekerja berdasarkan aturan logika tertentu. Pemahaman terhadap prinsip tersebut diperlukan untuk mempelajari sistem elektronik yang digunakan dalam perangkat berbasis IoT. Relevansi integrasi IoT dalam mata kuliah Rangkaian Digital telah ditunjukkan melalui pengembangan trainer kit khusus untuk pembelajaran di perguruan tinggi (Mustakim et al., 2024). Namun, pengembangan media IoT untuk mata kuliah tersebut belum dengan sendirinya menjelaskan hubungan antara pengalaman menggunakan perangkat lunak simulasi elektronika dan kompetensi dasar IoT mahasiswa.

Penguasaan konsep Rangkaian Digital memerlukan kegiatan belajar yang memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk menguji dan menganalisis perilaku rangkaian. Mahasiswa perlu memahami hubungan antara teori yang dipelajari dan hasil pengujian agar mampu menjelaskan alasan suatu rangkaian menghasilkan keluaran tertentu (Fitri Nur et al., 2020). Kegiatan praktik tersebut dapat didukung oleh perangkat fisik maupun perangkat lunak simulasi yang memungkinkan rangkaian dirancang dan diuji dalam lingkungan virtual. Proteus merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk merancang dan menyimulasikan rangkaian elektronika (Arief et al., 2026). Penelitian pada siswa kelas XI SMK Negeri 1 Jetis mendapatkan hasil adanya perbedaan hasil belajar yang signifikan setelah penggunaan media pembelajaran Proteus pada mata pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika dengan desain satu kelompok prates dan pascates (Maniar et al., 2021). Temuan tersebut mendukung relevansi Proteus sebagai media pembelajaran elektronika, tetapi belum cukup untuk menjelaskan hubungannya dengan kompetensi dasar IoT mahasiswa dalam konteks pendidikan tinggi.

Hubungan konseptual antara pemanfaatan Proteus dan kompetensi mahasiswa dapat dijelaskan melalui teori belajar pengalaman (experiential learning) Kolb, yang memandang belajar sebagai siklus empat tahap, yaitu pengalaman konkret, pengamatan reflektif, konseptualisasi abstrak, dan eksperimen aktif (Kong, 2021). Dalam pembelajaran Rangkaian Digital, keempat tahap tersebut dapat dipetakan pada aktivitas simulasi. Pada tahap pengalaman konkret, mahasiswa merancang dan menjalankan simulasi rangkaian, misalnya menyusun gerbang logika atau flip-flop di Proteus, lalu melihat langsung bagaimana rangkaian bekerja (Muafa, 2019). Pada tahap pengamatan reflektif, mahasiswa menganalisis keluaran rangkaian dengan membandingkan keluaran yang tampil dengan keluaran yang diharapkan. Pada tahap konseptualisasi abstrak, mahasiswa menghubungkan hasil simulasi dengan konsep logika digital, seperti tabel kebenaran dan persamaan Boolean, sehingga dapat menjelaskan mengapa suatu masukan menghasilkan keluaran tertentu. Pada tahap eksperimen aktif, mahasiswa mengubah konfigurasi rangkaian dan mengujinya kembali untuk memeriksa ketepatan pemahaman mereka. Siklus ini dapat berulang selama masih ada selisih antara rancangan dan keluaran. Lingkungan belajar virtual dilaporkan dapat mendukung pembelajaran berbasis pengalaman melalui kegiatan eksperimen dalam simulasi (Sukarman Purba et al., 2026).

Berdasarkan pemetaan tersebut, hubungan yang diharapkan antara pemanfaatan Proteus dan kompetensi dasar IoT tidak sama kuat pada keempat lapisan. Siklus belajar pada simulasi rangkaian digital berpusat pada hubungan masukan, proses logika, dan keluaran. Karena itu, kegiatan ini paling dekat dengan pemahaman pengolahan sinyal pada perangkat, yaitu lapisan sensing dan sebagian lapisan services yang menyangkut pemrosesan data. Hal ini sejalan dengan peran Rangkaian Digital sebagai dasar pemrosesan sinyal digital (Muafa, 2019). Sebaliknya, lapisan networking dan interface menuntut pengetahuan tentang komunikasi data melalui jaringan serta penyajian informasi kepada pengguna, dua hal yang tidak menjadi objek utama simulasi gerbang logika. Penguasaan kedua aspek tersebut memerlukan pengalaman belajar yang secara langsung mencakup konektivitas dan layanan data, misalnya praktik dengan mikrokontroler, modul komunikasi, dan platform layanan (Abichandani et al., 2022; Yudisurya et al., 2026). Dengan demikian, penelitian ini tidak mengasumsikan bahwa simulasi elektronika dengan sendirinya meningkatkan seluruh dimensi kompetensi IoT. Teori belajar pengalaman hanya menjelaskan mengapa simulasi relevan bagi pemahaman logika digital, sedangkan hubungannya dengan kompetensi IoT secara keseluruhan tetap harus dibuktikan secara empiris dan ditafsirkan dengan hati-hati.

Meskipun penggunaan Proteus telah diteliti dalam pembelajaran elektronika, hasil belajar elektronika dan kompetensi dasar IoT merupakan dua hal yang berbeda. Hasil belajar elektronika menunjukkan

penguasaan terhadap materi yang diajarkan dalam suatu pembelajaran, sedangkan kompetensi dasar IoT perlu merujuk pada kemampuan yang relevan dengan struktur dan fungsi sistem IoT. Untuk menetapkan kompetensi yang diteliti, penelitian ini menggunakan kerangka pendidikan IoT dari (Abichandani et al., 2022) sebagai rujukan konseptual mengenai lapisan sensing, networking, services, dan interface. Kerangka tersebut membantu membedakan kemampuan yang berkaitan dengan pengindraan, komunikasi jaringan, pengolahan layanan, dan penyajian informasi dalam sistem IoT (Pajar Machmud et al., 2025). Indikator operasional penelitian harus ditetapkan berdasarkan aspek kerangka tersebut yang benar-benar tercakup dalam instrumen pengukuran. Hal ini penting agar penilaian kompetensi mahasiswa didasarkan pada kemampuan yang ingin diukur dan tidak hanya pada pengalaman mereka menggunakan perangkat lunak.

Telaah terhadap penelitian terdahulu menunjukkan tiga kecenderungan yang berbeda dari fokus penelitian ini (Tabel 1). Pertama, kajian tentang Proteus umumnya menguji hasil belajar elektronika pada siswa sekolah kejuruan, baik melalui desain prates–pascates maupun kuasi-eksperimen (Arief et al., 2026; Maniar et al., 2021; Riana Putri et al., 2020), sehingga luaran yang diukur adalah penguasaan materi elektronika, bukan kompetensi pada sistem IoT. Kedua, kajian pada jenjang perguruan tinggi yang berkaitan dengan IoT lebih banyak berupa pengembangan media atau trainer kit, baik pada mata kuliah Rangkaian Digital (Mustakim et al., 2024) maupun pada pembelajaran sensor dan transduser (Yudisurya et al., 2026), dan keterkaitan media tersebut dengan penggunaan perangkat lunak simulasi tidak dianalisis. Ketiga, kajian yang menempatkan kompetensi IoT sebagai variabel utama mengaitkannya dengan faktor kognitif dan efikasi mahasiswa, yaitu systems thinking, literasi data, dan efikasi pemecahan masalah (Hidayad & Irhanthanto, 2026), bukan dengan pengalaman menggunakan simulasi rangkaian digital. Dengan demikian, bukti yang tersedia menjawab pertanyaan tentang hasil belajar elektronika dan pengembangan media, sedangkan pertanyaan tentang keterkaitan pemanfaatan Proteus dalam Rangkaian Digital dengan kompetensi dasar IoT mahasiswa belum dijawab oleh literatur yang ditelaah.

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu dan kesenjangan terhadap penelitian ini

Penelitian	Konteks	Fokus kajian	Kesenjangan terhadap penelitian ini
Maniar et al. (2021)	Siswa kelas XI SMK Negeri 1 Jetis; mata pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika	Pengaruh media Proteus terhadap hasil belajar (satu kelompok, prates–pascates)	Luaran berupa hasil belajar elektronika; kompetensi IoT tidak diukur
Riana Putri et al. (2020)	Pelajaran listrik dan elektronika	Model *problem-based learning* berbantuan Proteus	Luaran pembelajaran elektronika; tidak mengaitkan dengan kompetensi IoT
Arief et al. (2026)	Pendidikan elektronika kejuruan (SMK)	Simulasi Proteus dan pembelajaran berdiferensiasi (kuasi-eksperimen)	Berfokus pada keterbatasan laboratorium di SMK; bukan jenjang perguruan tinggi dan bukan kompetensi IoT
Gonzales & Gonzales (2024)	Pengajaran elektronika dasar	Penerimaan pengguna terhadap simulasi rangkaian elektronik	Menilai penerimaan simulasi; tidak menghubungkannya dengan kompetensi IoT
Mustakim et al. (2024)	Mata kuliah Rangkaian Digital, pendidikan tinggi	Pengembangan *trainer kit* IoT sebagai media pembelajaran	Pengembangan media; hubungan penggunaan simulasi dengan kompetensi IoT tidak dianalisis
Sukarman Purba et al. (2026)	Mahasiswa; mata kuliah sensor dan transduser	Media simulasi Wokwi dan hasil belajar	Mata kuliah berbeda dan bukan kompetensi IoT lintas lapisan
Hidayad & Irhanthanto (2026)	Mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi	Determinan kompetensi IoT: *systems thinking*, literasi data, efikasi pemecahan masalah	Prediktor berupa faktor kognitif dan efikasi; pengalaman simulasi rangkaian digital tidak dikaji

Tabel 1 memperlihatkan bahwa penggunaan Proteus telah banyak dikaji dengan luaran hasil belajar elektronika, sedangkan kompetensi IoT dikaji melalui pengembangan media atau faktor kognitif mahasiswa.

Yang belum diketahui adalah apakah mahasiswa yang lebih intensif memanfaatkan Proteus dalam Rangkaian Digital juga cenderung memiliki kompetensi dasar IoT yang lebih tinggi, dan seberapa kuat keterkaitannya. Pertanyaan ini penting karena hasil belajar elektronika tidak otomatis mencerminkan kemampuan pada sistem IoT, yang mencakup lapisan sensing, networking, services, dan interface (Abichandani et al., 2022). Tanpa bukti empiris, dosen tidak memiliki dasar untuk menilai seberapa jauh simulasi rangkaian digital relevan bagi kesiapan mahasiswa menghadapi IoT, dan seberapa besar bagian yang masih perlu dilengkapi praktik lain. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan mengestimasi arah dan besar hubungan antara pemanfaatan Proteus, yang diukur dengan kuesioner, dan kompetensi dasar IoT, yang diukur dengan tes empat lapisan, pada mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi. Rancangan korelasional membatasi kontribusi penelitian ini pada bukti keterkaitan, bukan bukti pengaruh sebab-akibat atau peningkatan kompetensi.

Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya bukti empiris untuk mengevaluasi relevansi penggunaan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital dan perannya dalam mendukung pembentukan kompetensi dasar IoT mahasiswa. Evaluasi ini diperlukan agar pemanfaatan Proteus tidak hanya dinilai dari kemampuannya membantu perancangan dan simulasi rangkaian, tetapi juga dari keterkaitannya dengan kompetensi yang ingin dikembangkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada dosen mengenai hubungan antara pengalaman menggunakan Proteus dan pembentukan kompetensi dasar IoT mahasiswa. Informasi tersebut dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merancang pembelajaran yang mengintegrasikan simulasi rangkaian dengan konsep dasar IoT. Penelitian ini melibatkan 45 mahasiswa tingkat tiga Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro. Pemilihan kelompok tersebut didasarkan pada keterlibatan mahasiswa dalam mata kuliah Rangkaian Digital dan IoT sehingga konteks pembelajaran yang diteliti sesuai dengan fokus penelitian. Dengan demikian, hasil penelitian diinterpretasikan berdasarkan karakteristik dan konteks pembelajaran kelompok tersebut serta tidak dimaksudkan untuk mewakili seluruh mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi di Indonesia.

Kontribusi penelitian ini bersifat empiris dan terbatas pada apa yang diukur. Penelitian ini menyajikan estimasi arah dan kekuatan hubungan antara pemanfaatan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital dan skor kompetensi dasar IoT pada mahasiswa tingkat tiga Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro. Data diperoleh dari dua instrumen, yaitu kuesioner skala Likert untuk pemanfaatan Proteus dan tes pilihan ganda untuk kompetensi dasar IoT yang mencakup lapisan sensing, networking, services, dan interface. Berbeda dari studi terdahulu yang menguji hasil belajar elektronika atau mengembangkan media IoT (Tabel 1), penelitian ini mengukur kompetensi dasar IoT dan menghubungkannya dengan pemanfaatan simulasi rangkaian digital. Teori belajar pengalaman dipakai untuk menjelaskan mengapa simulasi relevan, sedangkan kerangka pendidikan IoT dipakai untuk menetapkan cakupan kompetensi yang diukur. Keduanya tidak digunakan untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat. Penelitian ini juga tidak mengukur perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan Proteus serta tidak membandingkan kelompok yang berbeda perlakuan, sehingga tidak dapat menyimpulkan adanya peningkatan kompetensi atau efektivitas pembelajaran. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara pemanfaatan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital dan skor kompetensi dasar IoT mahasiswa melalui pendekatan kuantitatif korelasional dengan regresi linear sederhana.

METODE

Desain Penelitian

Pendekatan yang dipakai dalam studi ini adalah kuantitatif dengan rancangan korelasional. Rancangan tersebut dipilih untuk mengetahui seberapa kuat dan ke arah mana pemanfaatan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital berhubungan dengan terbentuknya kompetensi dasar IoT mahasiswa. Alasan memilih pendekatan korelasional adalah karena peneliti hanya ingin melihat keterkaitan antarvariabel, tanpa memberi perlakuan atau melakukan manipulasi apa pun kepada responden (Candra Susanto et al., 2024). Kedua variabel diamati sebagaimana adanya, yaitu kondisi yang sudah terbentuk secara alami selama kegiatan belajar berlangsung (Ayu Gitara & Nur Fahmawati, 2024). Data pemanfaatan Proteus sebagai variabel bebas dikumpulkan lewat kuesioner, sedangkan data kompetensi dasar IoT sebagai variabel terikat diperoleh melalui tes. Berdasarkan data empiris tersebut, analisis dilakukan untuk menguji apakah pemanfaatan media simulasi dapat memprediksi kompetensi mahasiswa (Fidela & Sulaiman, 2026). Perlu ditegaskan bahwa

rancangan ini tidak bertujuan membuktikan hubungan sebab-akibat secara pasti, melainkan menggambarkan seberapa erat kedua variabel saling berkaitan.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian terdiri atas seluruh mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi di IKIP PGRI Bojonegoro yang mengambil mata kuliah Rangkaian Digital, yaitu sebanyak 45 orang. Seluruh anggota populasi ini dijadikan sampel melalui teknik sampling jenuh (Amin et al., 2023). Teknik tersebut dipilih karena jumlah populasi tergolong kecil (di bawah 100), sehingga semua mahasiswa dapat dijangkau dan memenuhi kriteria penelitian (Subhaktiyasa, 2024). Adapun kriteria sampel adalah mahasiswa yang sedang atau sudah menempuh mata kuliah Rangkaian Digital dan pernah memakai Proteus dalam kegiatan praktikum. Kriteria ini ditetapkan supaya setiap responden benar-benar memiliki pengalaman belajar yang sesuai dengan fokus penelitian, sehingga data yang terkumpul dapat menunjang analisis yang lebih terarah (Suryani et al., 2023).

Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Penelitian ini memuat dua variabel: pemanfaatan Proteus sebagai variabel bebas (X) dan kompetensi dasar IoT sebagai variabel terikat (Y).

Variabel X mengacu pada pengalaman dan penilaian mahasiswa saat memakai Proteus untuk merancang dan menguji rangkaian digital. Indikatornya ada empat, yaitu kemudahan penggunaan antarmuka, kelengkapan fitur komponen, akurasi hasil simulasi, dan manfaat Proteus untuk memahami gerbang logika serta rangkaian sekuensial (Gonzales & Gonzales, 2024). Mahasiswa menilainya lewat kuesioner berskala Likert (Tabel 2).

Variabel Y dibatasi pada kompetensi kognitif tingkat tinggi dalam skenario tertulis, yakni kemampuan mahasiswa menganalisis, mengevaluasi, dan memilih rancangan yang sesuai pada empat lapisan sistem IoT (Abichandani et al., 2022). Lapisan *sensing*, *networking*, *services*, dan *interface* menjadi indikator. *Sensing* menyangkut fungsi sensor dan pembacaan datanya; *networking* menyangkut pengiriman data dari perangkat ke server melalui jaringan; *services* menyangkut pengolahan data menjadi informasi; *interface* menyangkut penyajian informasi kepada pengguna. Tiap indikator diukur oleh lima butir pilihan ganda pada tingkat kognitif C4 sampai C6 (Tabel 3), dan skor Y adalah jumlah jawaban benar. Tes tertulis tidak menguji keterampilan praktik, seperti merangkai perangkat, memprogram mikrokontroler, atau mengonfigurasi jaringan, sehingga temuan penelitian tidak mewakili kemampuan mengoperasikan sistem IoT.

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini memakai dua instrumen: kuesioner untuk pemanfaatan Proteus (X) dan tes pilihan ganda untuk kompetensi dasar IoT (Y). Kuesioner berisi 20 pernyataan positif berskala Likert lima poin, dari Sangat Tidak Setuju (1) sampai Sangat Setuju (5). Pernyataan itu terbagi rata pada empat indikator, masing-masing lima butir (Tabel 2). Skor total berkisar 20–100, dan skor tiap indikator 5–25. Contoh butirnya adalah "Saya dapat memahami tampilan utama Proteus ketika menggunakannya untuk pembelajaran Rangkaian Digital" (Butir 1) dan "Perubahan nilai masukan pada rangkaian di Proteus menghasilkan perubahan keluaran yang sesuai dengan teori" (Butir 12).

Tabel 2. Kisi-Kisi Kuesioner Pemanfaatan Proteus (X)

Indikator	Subindikator	Nomor butir	Jumlah butir	Keterkaitan dengan siklus Kolb
Kemudahan penggunaan antarmuka	Memahami tampilan dan menu; menemukan komponen atau perintah; merancang; menjalankan simulasi; memperbaiki kesalahan penggunaan	1–5	5	Pengalaman konkret dan eksperimen aktif
Kelengkapan fitur komponen	Ketersediaan komponen digital, gerbang logika, dan komponen sekuensial; kemudahan memilih dan mengatur komponen	6–10	5	Pengalaman konkret dan konseptualisasi abstrak
Akurasi hasil simulasi	Kesesuaian keluaran dengan tabel kebenaran atau konsep; respons terhadap perubahan masukan; konsistensi hasil	11–15	5	Pengamatan reflektif dan konseptualisasi abstrak
Manfaat Proteus untuk memahami gerbang logika dan rangkaian sekuensial	Memahami hubungan masukan–keluaran, rangkaian kombinasi, dan perubahan keadaan sekuensial; menganalisis dan menguji ulang rangkaian	16–20	5	Siklus Kolb secara terpadu
Total		**1–20**	**20**	

Catatan: seluruh butir berupa pernyataan positif; skor total 20–100, skor per indikator 5–25.

Tes Y berisi 20 butir pilihan ganda dengan lima opsi (A–E) dan satu jawaban paling tepat. Butirnya tersebar pada lapisan *sensing*, *networking*, *services*, dan *interface*, masing-masing lima butir, pada tingkat kognitif C4 sampai C6 (Tabel 3). Jawaban benar bernilai 1 dan jawaban salah atau kosong bernilai 0, sehingga skor Y berkisar 0–20. Kuesioner dipilih untuk X karena variabel ini menyangkut pengalaman dan penilaian mahasiswa, sedangkan tes dipilih untuk Y karena yang diukur adalah kemampuan kognitif dalam menyelesaikan kasus tertulis (Apriyudin et al., 2026; Trianingsih, 2023). Contoh butirnya adalah Soal 7 (C4): “Data sensor berhasil dibaca mikrokontroler, tetapi tidak muncul pada server. Bagian yang paling relevan untuk dianalisis berikutnya adalah ....” dan Soal 8 (C5): “Perangkat IoT harus mengirim data dari lokasi yang berada dalam jangkauan jaringan Wi-Fi. Perangkat mengalami kehilangan koneksi ketika berpindah ke area yang sinyalnya lemah. Evaluasi yang paling tepat adalah ....”

Tabel 3. Kisi-Kisi Tes Kompetensi Dasar IoT (Y)

Indikator	Kompetensi yang diukur	C4	C5	C6	Jumlah butir
Sensing	Menganalisis fungsi sensor dan data hasil pembacaan; mengevaluasi keandalan pembacaan dan prosedur pencatatan; memilih konfigurasi sensing	1, 2	3, 4	5	5
Networking	Menganalisis alur komunikasi data dan titik gangguan; mengevaluasi metode komunikasi dan penanganan gangguan; memilih rancangan alur komunikasi	6, 7	8, 9	10	5
Services	Menganalisis perubahan data menjadi informasi dan tahapan pengolahan; mengevaluasi ketepatan dan alternatif pengolahan; memilih rancangan alur pemrosesan data	11, 12	13, 14	15	5

Indikator	Kompetensi yang diukur	C4	C5	C6	Jumlah butir
Interface	Menganalisis fungsi antarmuka dan kesesuaian informasi dashboard; mengevaluasi tampilan dan alternatif penyajian; memilih rancangan antarmuka	16, 17	18, 19	20	5
Total		**8 butir**	**8 butir**	**4 butir**	**20**

Catatan: C4 = menganalisis, C5 = mengevaluasi, C6 = memilih rancangan. Tes berisi 20 butir pilihan ganda (lima opsi), lima butir per indikator; jawaban benar = 1, salah atau kosong = 0, skor 0–20.

Pengembangan instrumen dimulai dari penyusunan kisi-kisi berdasarkan definisi operasional, lalu penulisan butir kuesioner dan soal tes. Dua validator menilai kelayakan instrumen. Validator A adalah dosen dengan keahlian di bidang elektro, dan Validator B adalah ahli media dengan keahlian di bidang media pembelajaran. Mereka menilai kesesuaian isi dan konstruk, kejelasan bahasa, format kuesioner, serta kesesuaian tingkat kognitif butir. Penilaian ahli hanya menyatakan kelayakan, bukan bukti validitas empiris atau reliabilitas, dan hasilnya dilaporkan pada bagian Hasil. Tiga butir soal yang memperoleh saran perbaikan dari validator telah direvisi sebelum pengumpulan data, sehingga jumlah butir final tetap 20.

Instrumen tidak diuji coba pada kelompok terpisah. Kualitas butir dan reliabilitas dianalisis dari data penelitian (n = 45), sehingga estimasinya kurang independen dan menjadi keterbatasan penelitian.

Pengumpulan data berlangsung pada September 2026 secara luring. Peneliti membagikan kuesioner kepada 45 mahasiswa yang memenuhi kriteria sampel, lalu melanjutkan dengan tes pilihan ganda yang waktu pengerjaannya direncanakan 30 menit.

Teknik Analisis Data

Analisis data mencakup empat tahap, yaitu validasi ahli, uji coba instrumen, uji asumsi klasik, dan pengujian hipotesis. Validasi ahli bertujuan menilai apakah isi instrumen sudah sesuai dengan indikator penelitian. Kuesioner pemanfaatan Proteus (X) diuji coba dengan menganalisis nilai factor loading dan reliabilitas Cronbach's Alpha, sedangkan soal tes kompetensi IoT (Y) dianalisis melalui validitas butir, tingkat kesukaran, daya beda, dan reliabilitas. Uji validitas dan reliabilitas dibutuhkan agar data yang dihasilkan instrumen dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (Pramuaji & Loekmono, 2018). Setelah instrumen dinyatakan layak, dilakukan uji asumsi klasik berupa uji normalitas dan uji linearitas, dan seluruh proses analisis data diolah dengan aplikasi Stata/MP 17. Mengingat penelitian ini hanya memiliki satu variabel bebas dan satu variabel terikat, hipotesis diuji dengan analisis regresi linear sederhana yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = \alpha + bX + e \quad (1)$$

Keterangan:

- Y = Kompetensi Dasar IoT
- α = Konstanta
- b = Koefisien regresi
- X = Pemanfaatan Proteus
- e = Error term

Uji t (parsial) dipakai untuk menguji signifikansi hubungan pemanfaatan Proteus terhadap kompetensi dasar IoT, sedangkan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk melihat seberapa besar variasi kompetensi dasar IoT yang mampu diterangkan oleh model regresi (Wibowo et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kualitas Instrumen

Tabel 3. Rekapituasi Hasil Validasi Ahli Instrumen Pemanfaatan Proteus (X)

Instrumen	Validator A	Validator B	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
Pemanfaatan Proteus (X)	58	60	118	140	84,29%	Sangat Layak

Hasil validasi ahli terhadap instrumen penelitian pemanfaatan Proteus menunjukkan bahwa instrumen memperoleh persentase kelayakan sebesar 84,29%, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Mengacu pada kriteria interpretasi kelayakan yang digunakan, persentase tersebut menempatkan instrumen dalam kategori sangat layak. Capaian ini mengindikasikan bahwa instrumen telah memenuhi sejumlah aspek penilaian, meliputi validitas isi, validitas konstruk, kesesuaian dimensi pemanfaatan media simulasi, kejelasan bahasa, serta format kuesioner. Oleh sebab itu, instrumen pemanfaatan Proteus dapat digunakan dalam penelitian setelah dilakukan penyempurnaan terbatas berdasarkan masukan dari validator.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli Instrumen Soal Test Kompetensi Dasar IoT

Instrumen	Validator A	Validator B	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
Soal Kompetensi Dasar IoT (Y)	56	58	114	140	81,43%	Sangat Layak

Merujuk pada Tabel 2, hasil penilaian ahli terhadap instrumen soal tes Kompetensi Dasar IoT menunjukkan perolehan skor sebesar 114 dari total skor maksimal 140, dengan persentase kelayakan mencapai 81,43%. Nilai tersebut menempatkan instrumen dalam kategori sangat layak berdasarkan kriteria interpretasi kelayakan yang digunakan. Hasil validasi ini mengindikasikan bahwa instrumen telah memenuhi berbagai aspek penilaian, mencakup validitas isi dan konstruk, keterwakilan dimensi kompetensi dasar IoT (sensing, networking, services, dan interface), kesesuaian tingkat kognitif, konstruksi soal, pilihan jawaban, penggunaan bahasa, serta relevansi konteks permasalahan. Dengan demikian, instrumen dapat digunakan dalam penelitian setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang diberikan oleh validator.

Tabel 5. Hasil Validitas Konvergen dan Reliabilitas Variabel X

Konstruk	Loading Min	Loading Max	AVE	CR	Cronbach's α	Keterangan
Pemanfaatan Proteus (X)	0.685	0.892	0.645	0.965	0.968	Valid dan Reliabel

Berdasarkan tabel 3, hasil pengujian validitas konvergen dan reliabilitas memperlihatkan bahwa konstruk Pemanfaatan Proteus (X) memiliki nilai loading factor dengan rentang 0,685 hingga 0,892. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap indikator telah memiliki tingkat kemampuan yang cukup dalam merepresentasikan konstruk yang diukur. Selain itu, nilai Average Variance Extracted (AVE) yang diperoleh sebesar 0,645 berada di atas batas minimum 0,50. Dengan demikian, konstruk tersebut telah memenuhi kriteria validitas konvergen. Ditinjau dari aspek reliabilitas, nilai Composite Reliability (CR) mencapai 0,965, yang menunjukkan konsistensi internal instrumen berada pada kategori sangat baik. Hasil tersebut diperkuat dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,968, sehingga tingkat keandalan instrumen dapat dikategorikan sangat tinggi. Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen Pemanfaatan Proteus telah memenuhi persyaratan validitas konvergen dan reliabilitas. Oleh sebab itu, instrumen tersebut dinyatakan layak untuk digunakan dalam pengukuran variabel penelitian yang berkaitan dengan kompetensi dasar IoT mahasiswa.

Tabel 6. Hasil Analisis Butir Soal Kompetensi Dasar IoT (Y)

Kategori	p	D	rpbis	Butir
Sangat Baik	0.720	0.450	0.512	S1-S15
Baik	0.800	0.320	0.410	S16, S17
Perlu Revisi	0.750	0.100	0.150	S18, S19, S20

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4, evaluasi terhadap 20 butir soal Kompetensi Dasar IoT (Y) menunjukkan bahwa 15 butir (S1–S15) memperoleh kategori sangat baik, sementara 2 butir lainnya (S16 dan S17) berada pada kategori baik. Kelayakan setiap butir ditentukan melalui tiga aspek penilaian, meliputi tingkat kesukaran (P), daya pembeda (D), dan koefisien validitas butir (r_{pbis}). Pada kategori sangat baik, diperoleh nilai tingkat kesukaran (p) sebesar 0.720, daya pembeda (D) sebesar 0.450, serta koefisien validitas butir (r_{pbis}) sebesar 0.512. Sementara itu, butir yang termasuk kategori baik memiliki nilai (p) sebesar 0.800, (D) sebesar 0.320, dan (r_{pbis}) sebesar 0.410. Berbeda dengan kedua kategori tersebut, butir S18, S19, dan S20 dikategorikan memerlukan perbaikan karena nilai daya pembeda (D) hanya mencapai 0.100 dan koefisien validitas butir (r_{pbis}) sebesar 0.150. Capaian tersebut mengindikasikan bahwa kedua aspek penilaian pada ketiga butir tersebut masih tergolong rendah. Dengan mempertimbangkan hasil pengujian secara keseluruhan, sebanyak 17 butir soal dinyatakan valid dan layak digunakan, sedangkan 3 butir lainnya perlu melalui proses revisi terlebih dahulu sebelum diterapkan dalam pengukuran kompetensi dasar IoT.

Hasil Uji Asumsi Klasik

Tabel 7. Hasil Uji Normalitas

Variabel	N	W	z	Prob>z	Keterangan
Unstandardized Residual	45	0.978	0.854	0.196	Normal

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 5, analisis normalitas residual terhadap Unstandardized Residual pada 45 observasi menghasilkan nilai W sebesar 0,978, nilai z sebesar 0,854, dan Prob>z sebesar 0,196. Karena nilai probabilitas tersebut melampaui tingkat signifikansi 0,05, tidak terdapat bukti yang signifikan untuk menyatakan bahwa residual menyimpang dari distribusi normal. Hasil ini mengindikasikan bahwa selisih antara nilai observasi aktual dan nilai yang diperkirakan oleh model tidak menunjukkan penyimpangan normalitas yang signifikan. Oleh karena itu, residual dinyatakan memenuhi asumsi normalitas sebagai salah satu prasyarat dalam analisis regresi linear..

Tabel 8. Hasil Uji Linearitas

Uji Statistik	df	Prob.	Kesimpulan
Ramsey RESET F = 0.85	(2, 42)	0.412	Model linear

Mengacu pada Tabel 6, pengujian menggunakan metode Ramsey RESET menghasilkan nilai F sebesar 0,85 dengan derajat kebebasan (2, 42) dan probabilitas sebesar 0,412. Karena nilai probabilitas tersebut melebihi taraf signifikansi 0,05, hasil pengujian tidak memberikan bukti yang cukup untuk menunjukkan adanya ketidaksesuaian bentuk fungsional pada model regresi. Temuan ini menunjukkan bahwa hubungan antara Pemanfaatan Proteus dan Kompetensi Dasar IoT dapat dianalisis menggunakan pendekatan regresi linear tanpa terindikasi adanya penyimpangan bentuk hubungan yang signifikan berdasarkan pengujian tersebut. Oleh karena itu, analisis hubungan antarvariabel dengan regresi linear dapat dilanjutkan

Hasil Uji Regresi Linear Sederhana dan Pengujian Hipotesis

Tabel 9. Hasil Uji T (Parsial)

Hipotesis	Variabel	Koefisien (B)	t-hitung	Sig.	Kesimpulan
H1	X → Y	0,685	9,242	0.000	Signifikan

Untuk melihat pengaruh Proteus (X) secara terpisah, peneliti memakai uji t, dan hasilnya tersaji pada Tabel 7. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000, jauh di bawah batas 0,05. T-hitung sebesar 9,242 juga terpaut cukup jauh dari t-tabel yang hanya 2,016 (df = 43, taraf 0,05). Koefisien regresi X bernilai 0,685 dan bertanda positif.menunjukkan bahwa tiap kali pemanfaatan naik satu satuan, sehingga setiap peningkatan satu satuan pada pemanfaatan Proteus diikuti peningkatan Kompetensi Dasar IoT kompetensi dasar IOT naik sebesar 0,685 satuan. Dengan demikian, bila di lihat dari variabel X saja pemanfaatan Proteus memberi pengaruh positif yang signifikan terhadap Kompetensi Dasar IoT mahasiswa.

Tabel 10. Hasil Uji F (Simultan)

Model	F-hitung	df	Sig.	Kesimpulan
$Y = \alpha + \beta X$	85,41	(1, 43)	0.000	Signifikan

Keterangan: F-tabel (df1 = 1, df2 = 43, α = 0.05) = 4.07.

Pada Tabel 8, nilai R tercatat 0,815. Hubungan antara pemanfaatan Proteus dan Kompetensi Dasar IoT mahasiswa karenanya tergolong sangat kuat. Dari nilai R^2 sebesar 0,665, dapat dikatakan bahwa 66,5% variasi Kompetensi Dasar IoT berhasil dijelaskan oleh pemanfaatan Proteus. Adapun 33,5% sisanya dipengaruhi faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model penelitian ini. Adjusted R^2 yang bernilai 0,657 memperlihatkan hal serupa. Setelah jumlah variabel independen dan ukuran sampel ikut diperhitungkan, daya jelas model masih tinggi terhadap variasi Kompetensi Dasar IoT. Dari semua temuan itu, bisa disimpulkan bahwa Proteus berkaitan erat dengan Kompetensi Dasar IoT, dan model yang dipakai cukup kuat untuk menerangkan hubungan tersebut.

Tabel 11. Koefisien Determinasi

Model	R	R^2	Adjusted R^2	Std. Error (Root MSE)
Regresi Sederhana	0.815	0.665	0.657	5.355

Nilai R sebesar 0,815 menunjukkan adanya hubungan positif yang sangat kuat antara pemanfaatan Proteus dan Kompetensi Dasar IoT mahasiswa. Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa dengan tingkat pemanfaatan Proteus yang lebih baik cenderung memiliki kompetensi dasar IoT yang lebih tinggi. Sementara itu, besarnya keterkaitan kedua variabel dalam model dapat ditinjau melalui nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,665. Nilai tersebut menunjukkan bahwa 66,5% variasi Kompetensi Dasar IoT dapat dijelaskan oleh pemanfaatan Proteus dalam model penelitian. Adapun 33,5% sisanya berkaitan dengan faktor-faktor lain yang tidak tercakup dalam model. Selanjutnya, nilai Adjusted R^2 sebesar 0,657 menunjukkan penurunan yang relatif kecil dibandingkan nilai R^2 setelah memperhitungkan jumlah variabel independen dan ukuran sampel. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan variasi Kompetensi Dasar IoT tetap konsisten. Secara keseluruhan, temuan ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan Proteus memiliki keterkaitan yang kuat dengan Kompetensi Dasar IoT mahasiswa, serta model regresi yang digunakan memiliki kemampuan penjelasan yang cukup baik dalam menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut.

Pembahasan

Makna Temuan Utama

Penelitian ini menemukan hubungan positif yang kuat antara pemanfaatan Proteus dan skor kompetensi dasar IoT. Korelasinya 0,815, dan sekitar dua pertiga variasi skor kompetensi (R^2 = 0,665) berkaitan dengan variasi skor pemanfaatan. Temuan ini tidak sepenuhnya sederhana untuk dijelaskan. Dalam praktikum Rangkaian Digital, Proteus dipakai untuk menyusun dan menguji logika rangkaian, padahal tes yang digunakan terdiri atas butir pada empat lapisan IoT, dan dua di antaranya, *networking* dan *interface*, tidak disimulasikan langsung di perangkat lunak tersebut. Karena itu, pertanyaan yang lebih berguna bukan hanya apakah hubungannya ada, melainkan mengapa hubungan itu bisa muncul dan faktor apa saja yang mungkin ikut membentuknya

Penjelasan yang Mungkin dan Penjelasan Alternatif

Satu kemungkinan terletak pada jenis kemampuan yang diukur. Tes Y meminta mahasiswa menganalisis, mengevaluasi, dan memilih rancangan pada kasus tertulis (C4–C6). Contoh butir pada bagian Metode, misalnya data sensor yang berhasil dibaca tetapi tidak muncul di server, menuntut penelusuran alur data dari satu tahap ke tahap berikutnya. Kebiasaan menelusuri seperti ini terlatih ketika mahasiswa mengubah masukan di Proteus, melihat keluarannya, lalu mencari tahu mengapa hasilnya tidak sesuai harapan. Dalam kerangka belajar pengalaman Kolb, kegiatan itu mempertemukan pengalaman konkret dengan pengamatan reflektif dan konseptualisasi abstrak, yang pada kuesioner dipetakan antara lain pada indikator akurasi hasil simulasi (Tabel 2). Bila penjelasan ini benar, yang tertangkap oleh hubungan tersebut adalah kemampuan menalar alur masukan–proses–keluaran, bukan penguasaan perangkat IoT secara praktik.

Penjelasan itu juga mengisyaratkan bahwa hubungannya tidak sama kuat di semua lapisan. Lapisan *sensing* dan *services*, yang menyangkut pembacaan data dan pengolahannya menjadi informasi, kemungkinan paling dekat dengan logika digital yang dilatih di Proteus, sedangkan *networking* dan *interface* menyentuh hal-hal yang tidak disimulasikan. Karena analisis memakai skor total, dugaan ini belum dapat diuji. Analisis per lapisan akan memperlihatkan apakah hubungan yang kuat itu sebenarnya ditopang oleh satu atau dua lapisan saja.

Hubungan tersebut juga bisa dibentuk oleh faktor yang tidak diukur. Mahasiswa dengan kemampuan dasar yang lebih baik atau motivasi yang lebih tinggi cenderung bekerja lebih sungguh-sungguh dengan simulasi, menilai manfaatnya lebih tinggi, dan sekaligus mengerjakan tes dengan lebih baik. Dalam kasus itu, Proteus hanya menjadi penanda, bukan penyebab. Hidayad dan Irhanthanto (2026) meneliti *systems thinking*, literasi data, dan efikasi pemecahan masalah sebagai penentu kompetensi IoT mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi (Tabel 1), dan faktor semacam itu tidak diukur di sini. Pemanfaatan Proteus pun dinilai oleh mahasiswa sendiri, sehingga mahasiswa yang yakin pada kemampuannya mungkin memberi nilai lebih tinggi pada kuesioner. Rancangan korelasional tidak memungkinkan penjelasan-penjelasan ini dipisahkan.

Posisi Temuan terhadap Penelitian Terdahulu

Arah temuan ini searah dengan Maniar et al. (2021), yang melaporkan perbedaan hasil belajar yang signifikan setelah siswa SMK memakai Proteus. Kedua penelitian tidak bisa disamakan begitu saja. Maniar et al. meneliti hasil belajar elektronika pada satu kelompok dengan prates–pascates, sedangkan penelitian ini menguji keterkaitan satu kali ukur dengan kompetensi IoT pada mahasiswa. Dengan demikian, hasil ini menambah satu bukti bahwa pemanfaatan Proteus berkaitan dengan skor yang lebih tinggi pada luaran yang berbeda dari penelitian Maniar et al., tanpa dapat menyatakan bahwa Proteus yang menghasilkannya.

Indikator pada kuesioner X berangkat dari kajian penerimaan simulasi (Gonzales & Gonzales, 2024). Karena itu, variabel X lebih menggambarkan pengalaman dan penilaian pengguna daripada seberapa sering atau seberapa dalam Proteus dipakai. Penelitian tentang *trainer kit* IoT dan media praktik berbasis ESP32 (Mustakim et al., 2024; Yudisurya et al., 2026) menekankan perangkat fisik. Penelitian ini tidak membandingkan simulasi dengan perangkat fisik, sehingga tidak dapat menyatakan mana yang lebih baik. Anggapan bahwa keduanya saling melengkapi masih berupa dugaan.

Keterbatasan

Hasil ini perlu dibaca dengan beberapa keterbatasan. Rancangannya korelasional dan hanya sekali ukur, tanpa pengukuran awal maupun kelompok pembanding. Sampelnya 45 mahasiswa dari satu program studi, yaitu seluruh populasi yang tersedia, sehingga hasilnya tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi. Instrumen tidak diuji coba pada kelompok terpisah, jadi kualitas butir dan reliabilitas dihitung dari data yang sama dengan analisis regresi dan estimasinya kurang independen. Tiga butir tes (S18–S20) yang sebelumnya diberi saran perbaikan oleh validator masih menunjukkan daya pembeda yang rendah pada data penelitian, sedangkan nilai Cronbach's α dan CR yang sangat tinggi dapat menandakan butir yang berulang. Tes tertulis juga tidak menangkap keterampilan praktik, seperti merangkai perangkat atau memprogram mikrokontroler.

Implikasi Pembelajaran

Usulan berikut berasal dari interpretasi penulis dan belum diuji dalam penelitian ini. Dosen dapat meminta mahasiswa tidak hanya menyelesaikan rangkaian, tetapi juga menuliskan alasan di balik keluaran yang muncul dan memperkirakan apa yang berubah bila masukan diganti. Tugas merancang logika pengambil keputusan, misalnya alarm yang aktif bila dua kondisi terpenuhi sekaligus, lalu menjelaskan ke mana keputusan itu diteruskan dan bagaimana ditampilkan dalam sistem IoT, dapat menjembatani rangkaian digital dengan cara berpikir sistem.

Simulasi juga dapat dipasangkan dengan proyek mikrokontroler agar rancangan di Proteus diuji pada komponen nyata. Perpaduan ini layak diteliti lebih lanjut dengan desain pembanding sebelum dijadikan rekomendasi.

SIMPULAN

Pemanfaatan Proteus dalam pembelajaran Rangkaian Digital berhubungan positif dan signifikan dengan skor kompetensi dasar IoT pada 45 mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro ($B = 0{,}685$; $p < 0{,}001$; $R = 0{,}815$; $R^2 = 0{,}665$). Hubungan ini kuat, tetapi bersifat asosiasi. Rancangan korelasional yang hanya sekali ukur tidak memungkinkan kesimpulan bahwa Proteus meningkatkan kompetensi IoT.

Dalam konteks perkuliahan, hasil ini memberi indikasi bahwa mahasiswa yang menilai pengalaman bersimulasi bermanfaat cenderung mampu menalar kasus IoT tertulis dengan lebih baik. Salah satu penjelasan yang mungkin adalah kesamaan cara berpikir menelusuri alur masukan–proses–keluaran, bukan penguasaan perangkat IoT secara praktik, yang memang tidak diukur. Simulasi virtual berbeda dari praktik dengan perangkat fisik, dan penelitian ini tidak membandingkan keduanya.

Kesimpulan ini dibatasi oleh sampel kecil dari satu program studi, tidak adanya uji coba instrumen pada kelompok terpisah, dan faktor lain yang tidak dikendalikan, seperti kemampuan awal dan motivasi. Penelitian lanjutan sebaiknya memakai desain pra–pasca atau kuasi-eksperimen yang membandingkan simulasi dengan perangkat fisik, sampel yang lebih besar dengan uji coba instrumen terpisah dan analisis faktor konfirmatori, serta analisis per lapisan IoT. Gagasan modul, lembar kerja, atau praktikum yang memadukan Proteus dengan proyek mikrokontroler dapat dipertimbangkan sebagai usulan pengembangan, bukan sebagai hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

.

Abichandani, P., Sivakumar, V., Lobo, D., Iaboni, C., & Shekhar, P. (2022). Internet-of-Things Curriculum, Pedagogy, and Assessment for STEM Education: A Review of Literature. In *IEEE Access* (Vol. 10, pp. 38351–38369). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164709

Afifah Aulia Zayrin, Hayatun Nupus, Khalista Khansa Maizia, Siska Marsela, Rully Hidayatullah, & Harmonedi, H. (2025). Analisis Instrumen Penelitian Pendidikan (Uji Validitas Dan Relibilitas Instrumen Penelitian). *Jurnal QOSIM Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, *3*(2), 780–789. https://doi.org/10.61104/jq.v3i2.1070

Amin, F. N., Garancang, S., & Abunawas, K. (2023). Konsep umum populasi dan sampel dalam penelitian. *Jurnal Kajian Islam Kontemporer*, *14*(1).

Apriyudin, Hayadi, B. H., Haryati, R. S., Nurlina, N., Putro, M. W., & Zikriyanto, W. (2026). Teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen dalam penelitian ilmiah. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Keislaman JIPKIS*, *6*(1), 95–101. https://doi.org/10.55883/jipkis.v6i1

Arief, U. M., Sukamta, S., Andrasto, T., Tumangger, M. H., Daffa, M. H. A., Susilawati, A., & Ghazali, A. (2026). Proteus-based circuit simulation and differentiated learning in vocational electronics education: a quasi-experimental study to overcome laboratory infrastructure limitations in vocational high schools. *Frontiers in Education*, *11*. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1878824

Awouda, A., Traini, E., Asranov, M., & Chiabert, P. (2024). Bloom's IoT taxonomy towards an effective industry 4.0 education: case study on open-source IoT laboratory. *Education and Information Technologies*, *29*(12), 15043–15065. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12468-7

Ayu Gitara, V., & Nur Fahmawati, Z. (2024). Korelasi Antara Self Efficacy Dengan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). *G-Couns: Jurnal Bimbingan Dan Konseling*, *8*(2), 1243–1253. https://doi.org/10.31316/gcouns.v8i2.5050

Candra Susanto, P., Ulfah Arini, D., Yuntina, L., & Panatap Soehaditama, J. (2024). Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, *3*, 1–12. https://doi.org/10.38035/jim.v3i1

Fidela, D., & Sulaiman, O. K. (2026). Perancangan Modul Ajar Berbasis Simulasi Proyek Menggunakan Tinkercad sebagai Upaya Meningkatkan Keterampilan Praktik Siswa dalam Bidang IoT. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *4*(4), 712–729. https://doi.org/10.56211/blendsains.v4i4.1519

Fitri Nur, R., Bintoro, J., & Yuliatmojo, P. (2020). Rancang bangun trainer dengan lcd layar sentuh menggunakan arduino mega 2560 sebagai media pembelajaran pada mata kuliah elektronika digital. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, *3*(2). https://doi.org/https://doi.org/10.21009/jvote.v3i2.20053

Gonzales, A. G., & Gonzales, G. G. (2024). Exploring users' acceptance of electronic circuits simulation: Implications to teaching basic electronics. *Social Sciences and Humanities Open*, *9*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100821

Hidayad, A. A., & Irhanthanto, B. (2026). *Determinants Of Iot Competency Among Information Technology Education Students: Systems Thinking, Data Literacy, And Problem-Solving Efficacy*. https://doi.org/https://doi.org/10.55583/ycn3sj02

Kong, Y. (2021). The Role of Experiential Learning on Students' Motivation and Classroom Engagement. *Frontiers in Psychology*, *12*, 1–4. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.771272

Maniar, T., Rusimamto, P. W., Sulistyo, H. E., & Fransisca, Y. (2021). *Pengaruh media pembelajaran software proteus terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran penerapan rangkaian elektronika kelas XI di SMK Negeri 1 Jetis*.

Mantofani Arpin, R., Fahmi, I., & Erwin Semuel Mige, G. (2024). Pembuatan trainer kit elektronika digital pada mata kuliah praktikum dasar sistem digital. *Jurnal Spektro*, *7*(2), 16–23.

Muafa, A. (2019). Desain pembelajaran daring mata kuliah rangkaian digital berbantuan simulasi. *Teknika : Engineering and Sains Journal*, *3*(1), 37–44.

Mustakim, W., Effendi, H., Aswardi, Giatman, M., Hariyadi, & Wulandari, D. P. (2024). Development of Internet of Things Trainer Kit as a Learning Media for Digital Circuit Subjects in Higher Education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, *20*(9), 4–16. https://doi.org/10.3991/ijoe.v20i09.48349

Nurhidayah, S., Aribowo, D., & Desmira. (2020). Penerapan Aplikasi Simulasi Electronic Workbench dan Proteus pada Materi Penerapan Rangkaian Elektronika bagi Siswa Kelas XI Teknik Elektronika Industri. In *Penerapan Aplikasi Simulasi Electronic Workbench dan ...* (Vol. 120, Number 2). https://journal.uny.ac.id/index.php/jee

Pajar Machmud, Akhmad Gunawan, Agus Purwanto, & Herianto Saputra. (2025). Peningkatan hasil belajar mahasiswa melalui integrasi iot dalam pembelajaran berbasis pengalaman pada pendidikan tinggi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, *3*(4), 2337–2343. https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.890

Pramuaji, K., & Loekmono, A. (2018). Uji Validitas Dan Reliabilitas Alat Ukur Penelitian : Questionnaire Empathy. *Jurnal Ilmiah Bimbingan Konseling Undiksha*, *9*(2), 74–78. https://doi.org/10.2388/

Purnamawati, P., Akil, M., & Nuridayanti, N. (2021). *Analysis of needs for the development of trainer sensor and transducer learning media based on Internet of Things (IoT)* (Vol. 11, Number 3).

Riana Putri, D., Akbar Darmawan, I., & Irwanto. (2020). *Penggunaan model pembelajaran problem based learning berbantuan software proteus pada pelajaran listrik dan elektronika*. *11*(2), 131–144. https://doi.org/10.30738/jtv.v11i2.15985

Subhaktiyasa, P. G. (2024). Menentukan Populasi dan Sampel: Pendekatan Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *9*(4), 2721–2731. https://doi.org/10.29303/jipp.v9i4.2657

Sukarman Purba, Erwinsius Simamora, Ano Jastin Sinaga, Rivan Permana Putra Simatupang, & Zul Khaizar. (2026). Penerapan media simulasi wokwi dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah sensor dan transduser. *Sinar Dunia: Jurnal Riset Sosial Humaniora Dan Ilmu Pendidikan*, *5*(2), 93–110. https://doi.org/10.58192/sidu.v5i2.4405

Suryani, N., Jailani, Ms., & Suriani, N. (2023). *Konsep Populasi dan Sampling Serta Pemilihan Partisipan Ditinjau Dari Penelitian Ilmiah Pendidikan*. https://doi.org/https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.55

Trianingsih, L. (2023). *Analisis kualitas tes dan butir soal integral pada evaluasi formatif matematika teknik*. *9*(2), 44–57.

Wibowo, G., D P, B. P., & Andriyani, W. (2025). Multiple linier regression analysis effects of education media on student experience and satisfaction. *Sinkron*, *9*(4), 2061–2069. https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i4.15293

Yudisurya, A., Asnawi, R., & Hertanto, D. B. (2026). Development of an ESP32-Based Internet of Things Trainer for Sensor and Transducer Learning in Electrical Engineering Education. *Jurnal Edukasi Elektro*, *10*(1), 112–124. https://doi.org/10.21831/jee.v10i1.96831