EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

EFEKTIVITAS MODEL *SIMULATION BASED LEARNING* BERBASIS APLIKASI ELEKTRO UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH PADA PEMBELAJARAN

Ridwan
Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Manado
e mail: ridwansatria3@gmail.com

Diterima: *14/10/2026*; Direvisi: *20/10/2026*; Diterbitkan: *4/11/2026*

ABSTRAK

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kompetensi krusial dalam pendidikan teknik elektro, namun model pembelajaran konvensional sering kali gagal menjembatani teori abstrak dengan aplikasi praktis di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model *simulation-based learning* (SBL) yang diintegrasikan dengan aplikasi elektro (*Proteus*, *Multisim*, dan *Electrical Control Techniques Simulator*) dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *pretest-posttest control group design*, penelitian ini melibatkan 60 mahasiswa yang dibagi menjadi kelas eksperimen dengan model SBL berbasis aplikasi elektro dan kelas kontrol dengan model konvensional berbasis *jobsheet* modul di laboratorium fisik. Pengumpulan data dilakukan melalui tes kemampuan pemecahan masalah yang divalidasi dan dianalisis menggunakan uji *independent sample t-test* serta skor *normalized gain* (*N-gain*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan capaian kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara kedua kelompok dengan nilai $t = 9{,}531$ ($p < 0{,}05$). Kelas eksperimen mengalami peningkatan kemampuan pemecahan masalah yang tinggi dengan rata-rata skor *N-gain* sebesar 0,71, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai peningkatan berkategori sedang dengan rata-rata skor *N-gain* sebesar 0,42. Model SBL berbasis aplikasi elektro terbukti efektif memfasilitasi visualisasi interaktif dan ruang eksplorasi yang aman dari risiko kerusakan alat, sehingga memperkuat tahapan penalaran analitis mahasiswa dalam menyelesaikan persoalan kelistrikan.

Kata Kunci: *Aplikasi elektro, kemampuan pemecahan masalah, simulation-based learning.*

ABSTRACT

Problem-solving ability is a crucial competency in electrical engineering education; however, conventional instructional models frequently fail to bridge abstract concepts with authentic laboratory practices. This study aims to examine the effectiveness of a simulation-based learning (SBL) model integrated with electrical software (such as Proteus, Multisim, and Electrical Control Techniques Simulator) in enhancing undergraduate students' problem-solving skills. Employing a quasi-experimental approach with a pretest-posttest control group design, this study involved 60 undergraduate students divided equally into an experimental class taught using software-based SBL and a control class instructed via conventional module jobsheets in a physical laboratory. Data were collected using a validated problem-solving achievement test and subsequently evaluated using independent sample t-tests and normalized gain (N-gain) formulas. The statistical findings demonstrated a significant difference in posttest problem-solving outcomes between the two cohorts ($t = 9.531$; $p < 0.05$). The experimental group exhibited substantial problem-solving growth, achieving a high-category mean N-gain of 0.71, whereas the control group only attained a moderate-category mean N-gain of 0.42. The

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

software-based SBL model proved effective in supplying an interactive visualization environment that allows students to experiment freely without fear of hardware damage, thereby systematically consolidating their diagnostic reasoning and analytical problem-solving competencies.
Keywords: *Electrical applications, problem-solving skills, simulation-based learning.*

PENDAHULUAN

Pendidikan teknik abad ke-21 menuntut transformasi fundamental dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi vokasi. Lulusan pendidikan teknik elektro tidak hanya diwajibkan menghafal formula matematis atau memahami teori sirkuit secara tekstual, melainkan harus menguasai kecakapan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), di mana kemampuan pemecahan masalah (*problem-solving skills*) menempati posisi sentral (Ridho et al., 2025). Keterampilan ini menjadi fondasi krusial karena dinamika industri elektronika dan ketenagalistrikan modern senantiasa melibatkan sistem yang kompleks, dinamis, dan menuntut tindakan pelacakan kerusakan (*troubleshooting*) secara cepat serta akurat. Kegagalan dalam melatih keterampilan diagnostik sejak masa perkuliahan berisiko menghasilkan lulusan yang canggung ketika berhadapan langsung dengan anomali instalasi sirkuit nyata di dunia industri. Oleh karena itu, institusi pendidikan vokasi bertanggung jawab menjembatani kompetensi akademis dengan realitas kebutuhan kerja melalui desain pembelajaran yang adaptif dan interaktif.

Namun, fakta di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan yang lebar antara tuntutan kompetensi tersebut dan realitas penguasaan konsep mahasiswa. Karakteristik rumpun keilmuan teknik elektro didominasi oleh fenomena mikroskopis dan abstrak, seperti dinamika aliran elektron, respons transien sakelar semikonduktor, hingga fluktuasi harmonisa gelombang bolak-balik (Rahmawati, 2025). Mayoritas mahasiswa mengalami kesulitan mendasar dalam membangun representasi mental terhadap konsep kelistrikan yang tidak kasatmata tersebut. Lemahnya visualisasi kognitif berdampak langsung pada kegagalan mahasiswa dalam mengonstruksi hipotesis ilmiah saat dihadapkan pada kerusakan rangkaian listrik (Rohman et al., 2022). Ketidakmampuan mengaitkan kaidah teoritis Hukum Ohm dan Kirchhoff dengan gejala fisis malafungsi beban sirkuit menjadi bukti empiris rendahnya kemampuan pemecahan masalah mahasiswa di kelas (Rohmansyah & Sukiyanto, 2026).

Akar persoalan tersebut diperparah oleh keterbatasan pendekatan instruksional yang selama ini diterapkan di ruang kuliah. Pembelajaran teori masih didominasi ceramah satu arah yang berpusat pada pendidik (*teacher-centered*), sementara praktikum fisik di laboratorium sering kali terbentur kendala keterbatasan instrumen ukur digital mutakhir dan durasi penggunaan alat (Novia et al., 2025). Hambatan teknis ini diperberat oleh adanya kecemasan psikologis mahasiswa (*equipment anxiety*) terhadap bahaya korsleting, komponen terbakar, atau kerusakan osiloskop berharga mahal (Chernikova et al., 2020; Rahmawati, 2025). Tekanan rasa takut salah tersebut mereduksi keberanian mahasiswa untuk melakukan eksplorasi mandiri secara leluasa melalui metode coba-ralat (*trial and error*). Akibatnya, mahasiswa cenderung hanya mengikuti instruksi lembar kerja praktikum (*jobsheet*) secara mekanis tanpa memahami esensi penalaran pemecahan masalah di balik setiap tahapan perakitan sirkuit.

Integrasi perangkat lunak simulasi dalam perkuliahan teknik elektro sesungguhnya menawarkan peluang pedagogis untuk mengatasi kendala ruang laboratorium fisik. Sejumlah studi membuktikan bahwa media komputer interaktif mampu meningkatkan motivasi serta pemahaman konsep dasar mahasiswa (Lestari et al., 2020; Lidi & Daud, 2019). Kendati demikian, mayoritas kajian terdahulu masih menempatkan simulasi semata-mata sebagai alat

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

bantu demonstrasi visual guru di depan kelas, bukan sebagai wahana eksplorasi investigatif yang dikelola secara mandiri oleh peserta didik. Selain itu, evaluasi instruksional yang dilakukan sebelumnya cenderung berfokus pada hasil belajar kognitif hafalan materi tanpa membedah fase-fase proses berpikir sistematis mahasiswa dalam melacak kerusakan sirkuit (Maulana et al., 2025). Keterbatasan literatur ini mengindikasikan bahwa perancangan model pembelajaran simulasi terstruktur yang menargetkan indikator pemecahan masalah masih sangat memerlukan kajian mendalam.

Model SBL hadir sebagai kerangka pembelajaran yang mereplikasi kondisi autentik sistem kelistrikan ke dalam lingkungan digital yang aman dan terkendali. Melalui penerapan SBL, mahasiswa tidak sekadar melihat paparan materi visual, melainkan secara aktif memanipulasi parameter tegangan, mengukur titik uji sinyal, serta mengevaluasi respons rangkaian tanpa risiko keselamatan fisik (Lateef, 2010; Piya et al., 2023). SBL menciptakan lingkungan belajar yang memberikan umpan balik langsung (*immediate feedback*), sehingga mahasiswa dapat mengidentifikasi kesalahan logika sirkuit secara mandiri (Chernikova et al., 2020; Ridho et al., 2025). Pemanfaatan perangkat lunak aplikasi elektro seperti *Proteus*, *Multisim*, dan *Electrical Control Techniques Simulator* (EKTS) dalam sintaks SBL memfasilitasi mahasiswa untuk melakukan diagnosis malafungsi komponen secara bertahap. Lingkungan virtual ini menumbuhkan iklim belajar yang ramah terhadap kegagalan (*safe failure environment*), di mana mahasiswa berani mengeksplorasi hipotesis penanganan kerusakan sirkuit secara berulang-ulang tanpa terbebani kekhawatiran merusak instrumen laboratorium (Chernikova et al., 2025; Hidayah et al., 2024).

Sintaks model SBL dikembangkan melalui lima tahapan sistematis, meliputi orientasi masalah kelistrikan, eksplorasi perencanaan solusi, pengujian simulasi, analisis pelacakan kerusakan (*fault finding*), serta evaluasi dan refleksi hasil kerja (Chernikova et al., 2020). Desain tahapan instruksional ini diselaraskan secara fungsional dengan empat indikator kemampuan pemecahan masalah, yaitu memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan rencana tindakan, dan meninjau kembali hasil penyelesaian (Amarulloh & Irvani, 2025; Waliu et al., 2025). Mengingat riset empiris yang mengkaji efektivitas model SBL berbantuan aplikasi elektro pada mata kuliah praktikum instalasi di perguruan tinggi Indonesia masih terbatas, penelitian ini sangat mendesak untuk dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model SBL berbasis aplikasi elektro terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah Instalasi dan Pengukuran Listrik. Nilai kebaruan penelitian ini terletak pada pemetaan terpadu sintaks SBL dengan tahapan diagnostik virtual sirkuit, sehingga menghasilkan bukti empiris mengenai efektivitas simulasi digital dalam mentransformasi proses berpikir kritis mahasiswa teknik elektro.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental design*). Desain penelitian yang diterapkan adalah *pretest-posttest control group design*, yang dipilih karena kondisi perkuliahan tidak memungkinkan adanya pembongkaran rombongan belajar kelas yang telah terbentuk secara alami (Creswell, 2016). Struktur operasional rancangan eksperimen dan kelompok perlakuan disajikan secara sistematis pada tabel berikut.

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

Tabel 1. Desain Penelitian Pretest-Posttest Control Group Design

Kelompok Belajar	Pengukuran Awal (Pretest)	Perlakuan Instruksional	Pengukuran Akhir (Posttest)
Kelas Eksperimen	O_1	X	O_2
Kelas Kontrol	O_3	$-$	O_4

Catatan. Diadaptasi dari Sugiyono (2017). O_1 dan O_3 merupakan pengukuran kemampuan awal pemecahan masalah; O_2 dan O_4 merupakan pengukuran kemampuan akhir; X merepresentasikan perlakuan model SBL berbasis aplikasi elektro (*Proteus*, *Multisim*, dan EKTS); tanda $-$ merepresentasikan model konvensional berbasis *jobsheet* di laboratorium fisik.

Merujuk pada Tabel 1, kedua kelompok mahasiswa terlebih dahulu diberikan tes awal (*pretest*) untuk mengukur kesetaraan baseline kemampuan awal pemecahan masalah sebelum perlakuan dimulai. Kelompok eksperimen kemudian memperoleh intervensi pembelajaran menggunakan model SBL berbantuan aplikasi elektro, sementara kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional berbantuan *jobsheet* tugas fisik. Pada akhir periode perkuliahan, kedua kelompok diberikan tes akhir (*posttest*) yang identik untuk mengukur perbedaan capaian kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Pengendalian variabel perlakuan dilakukan dengan memastikan materi kuliah, pengajar, dan alokasi waktu perkuliahan pada kedua kelas berada pada kondisi setara.

Populasi penelitian mencakup seluruh mahasiswa yang menempuh mata kuliah Instalasi dan Pengukuran Listrik semester genap tahun akademik 2025/2026 di Universitas Negeri Manado. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kesetaraan capaian indeks prestasi kumulatif dan fasilitas laboratorium yang digunakan. Sampel penelitian berjumlah 60 mahasiswa yang terbagi rata ke dalam kelas eksperimen ($n = 30$) dan kelas kontrol ($n = 30$). Instrumen pengumpulan data berupa tes pemecahan masalah berbentuk esai diagnostik sirkuit yang telah divalidasi oleh pakar isi dan dinyatakan reliabel berdasarkan uji empiris koefisien *Cronbach's Alpha* sebesar 0,82.

Teknik analisis data kuantitatif diawali dengan pengujian prasyarat analisis data, meliputi uji normalitas residual menggunakan rumus *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas varians menggunakan rumus *Levene's Test*. Setelah seluruh asumsi parametrik terpenuhi, pengujian hipotesis perbedaan capaian akhir dilakukan menggunakan teknik statistik inferensial *independent sample t-test* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$ berbantuan perangkat lunak IBM SPSS versi 21. Tingkat peningkatan kemampuan pemecahan masalah sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok dihitung menggunakan formulasi *normalized gain* ($N\text{-}gain$) menurut Hake (1998) yang dikategorikan ke dalam kriteria tinggi ($g \geq 0{,}70$), sedang ($0{,}30 \leq g < 0{,}70$), dan rendah ($g < 0{,}30$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengumpulan data kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah Instalasi dan Pengukuran Listrik menghasilkan sebaran skor *pretest*, *posttest*, dan capaian *N-gain* yang terdistribusi pada kedua kelompok perlakuan. Sebelum melaksanakan pengujian hipotesis komparatif, dilakukan analisis statistik deskriptif untuk mengetahui nilai minimum, maksimum, nilai rata-rata (*mean*), deviasi standar, serta besaran peningkatan skor pada masing-masing kelompok. Rekapitulasi perolehan data kemampuan pemecahan masalah mahasiswa disajikan pada tabel berikut.

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

Tabel 2. Perolehan Data Capaian Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Kelompok	N	Tahapan Tes	Skor Minimum	Skor Maksimum	Nilai Rata-rata (Mean)	Standar Deviasi	Rata-rata N-gain	Kategori Peningkatan
Eksperimen	30	*Pretest*	30,00	60,00	45,20	7,42	0,71	Tinggi
		Posttest	72,00	96,00	84,10	6,15		
Kontrol	30	*Pretest*	28,00	62,00	44,80	7,65	0,42	Sedang
		Posttest	55,00	80,00	68,00	6,88		

Berdasarkan paparan data pada Tabel 2, nilai rata-rata *pretest* kedua kelas menunjukkan kemampuan awal yang relatif seimbang, yakni 45,20 pada kelas eksperimen dan 44,80 pada kelas kontrol. Namun, setelah perlakuan instruksional diberikan, kelas eksperimen yang dibelajarkan menggunakan model SBL berbasis aplikasi elektro memperoleh rata-rata *posttest* sebesar 84,10, sedangkan kelas kontrol yang menggunakan metode konvensional memperoleh rata-rata sebesar 68,00. Keunggulan kelas eksperimen dikonfirmasi oleh perolehan nilai *N-gain* sebesar 0,71 yang masuk ke dalam kategori tinggi, berbanding lurus dengan efektivitas lingkungan belajar virtual. Sebaliknya, kelas kontrol hanya mencatatkan kenaikan skor *N-gain* sebesar 0,42 yang menempatkannya pada kategori peningkatan sedang.

Tahap selanjutnya adalah pengujian prasyarat analisis statistik parametrik terhadap data tes akhir kedua kelompok. Hasil pengujian normalitas dengan uji *Shapiro-Wilk* menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,241 untuk kelas eksperimen dan 0,185 untuk kelas kontrol, di mana kedua nilai tersebut lebih besar dari batas ambang 0,05 ($p > 0{,}05$) sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Pengujian homogenitas varians melalui *Levene's Test* memperoleh nilai $F = 0{,}412$ dengan nilai signifikansi sebesar 0,524 ($p > 0{,}05$), yang membuktikan bahwa varians data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen. Dengan terpenuhinya kedua asumsi distribusi data tersebut, pengujian hipotesis perbedaan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dapat dilanjutkan menggunakan statistik parametrik uji-t.

Pengujian hipotesis menggunakan *independent sample t-test* pada data *posttest* menghasilkan nilai statistik $t = 9{,}531$ dengan nilai signifikansi $p < 0{,}001$. Karena nilai probabilitas signifikansi berada jauh di bawah taraf signifikansi 0,05 ($p < 0{,}05$), maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima secara meyakinkan. Temuan ini membuktikan adanya perbedaan capaian kemampuan pemecahan masalah yang signifikan antara mahasiswa yang belajar menggunakan model SBL berbasis aplikasi elektro dan mahasiswa yang belajar dengan model konvensional di laboratorium fisik. Pengalaman memanipulasi komponen kelistrikan secara virtual terbukti memberikan sumbangsih positif yang nyata terhadap ketajaman berpikir diagnostik mahasiswa teknik elektro.

Secara lebih terperinci, keunggulan performa mahasiswa kelas eksperimen tercermin pada pencapaian setiap indikator pemecahan masalah yang diamati selama penelitian. Pada indikator memahami masalah, mahasiswa kelas eksperimen mampu mengisolasi komponen yang malafungsi melalui pengamatan visual terhadap pembacaan voltmeter dan osiloskop virtual pada simulasi *Proteus*. Pada tahap merencanakan penyelesaian dan menjalankan rencana, mahasiswa yang terlatih dengan SBL menunjukkan ketangkasan dalam merekonstruksi diagram pengawatan sirkuit serta menentukan langkah pengujian parameter secara runut. Pada indikator memeriksa kembali hasil, mahasiswa kelas eksperimen secara

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

refleks mengevaluasi kestabilan arus rangkaian virtual sebelum menyatakan bahwa gangguan sistem telah terselesaikan dengan benar.

Pembahasan

Penerapan model SBL berbasis aplikasi elektro terbukti efektif dalam mentransformasi kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah Instalasi dan Pengukuran Listrik. Keunggulan perolehan skor kelas eksperimen berakar pada pergeseran paradigma belajar dari penerimaan materi yang bersifat pasif menuju proses konstruksi pengetahuan berbasis investigasi rangkaian virtual (Davidovitch et al., 2006). Visualisasi dinamis pada aplikasi *Proteus* dan EKTS memberikan representasi konkret terhadap fenomena kelistrikan yang selama ini dianggap abstrak oleh mahasiswa, seperti hubungan fasa arus dan tegangan pada beban induktif (Fuada, 2020). Kemudahan mengubah nilai resistansi dan mengamati dampaknya secara seketika (*real-time response*) menjembatani kesenjangan kognitif mahasiswa antara rumus teoritis dan implementasi praktikum (Zontou et al., 2024).

Ditinjau dari dinamika kognitif, model SBL menghadirkan lingkungan belajar yang aman dari konsekuensi kerusakan fisik (*safe failure environment*), sehingga mereduksi kecemasan mahasiswa saat melakukan eksperimen (Chernikova et al., 2020). Rasa aman ini menumbuhkan kebebasan bagi mahasiswa untuk menguji berbagai alternatif penyelesaian masalah kelistrikan secara berulang-ulang tanpa terbebani rasa takut merusak instrumen laboratorium yang mahal. Keberanian mencoba alternatif perbaikan ini memicu kematangan metakognitif mahasiswa, khususnya dalam menyusun hipotesis dan mengidentifikasi letak kesalahan rangkaian (*fault finding*) secara mandiri (Hidayah et al., 2024; Rico et al., 2023). Pengalaman mengatasi kegagalan sirkuit virtual secara berulang membentuk pola penalaran induktif yang kokoh, sehingga mahasiswa lebih siap menghadapi skenario kerusakan instalasi yang belum pernah ditemui sebelumnya.

Sebaliknya, keterbatasan peningkatan kemampuan pemecahan masalah pada kelas kontrol disebabkan oleh sifat instruksional metode konvensional yang kaku. Penggunaan *jobsheet* cetak di laboratorium fisik cenderung mengarahkan mahasiswa untuk sekadar mengikuti prosedur perakitan kabel langkah demi langkah tanpa memicu perenungan kritis mengenai fungsi tiap percabangan sirkuit (Muawanah, 2024). Ketika terjadi kesalahan perakitan atau komponen tidak bekerja, mahasiswa kelas kontrol cenderung pasif dan langsung bergantung pada arahan dosen instruktur alih-alih melakukan analisis kerusakan mandiri (O'Flaherty & Costabile, 2020). Keterbatasan jumlah instrumen dan durasi sesi praktikum fisik membatasi kesempatan setiap individu untuk bereksplorasi secara mendalam. Kondisi pembelajaran yang mekanis ini menghambat terbentuknya keterampilan berpikir tingkat tinggi yang menjadi tuntutan kompetensi lulusan pendidikan kejuruan teknik (Amarna & Wıdodo, 2026; Gumilang et al., 2026; Huang et al., 2025; Kartikasari et al., 2026; Louvette & Budiyanto, 2026; Wahyudi et al., 2024).

Secara teoretis, temuan penelitian ini mengonfirmasi relevansi integrasi teknologi simulasi dalam model SBL sebagai sarana perancah kognitif (*cognitive scaffolding*) dalam pendidikan tinggi teknik. Bantuan visual dan penyesuaian kompleksitas tugas (*adaptivity*) dalam perangkat lunak simulasi membantu mendistribusikan beban kognitif mahasiswa, sehingga kapasitas memori kerja dapat difokuskan pada penalaran strategi penyelesaian masalah (Chernikova et al., 2025; Waliu et al., 2025). Meskipun demikian, pemanfaatan laboratorium virtual berbasis perangkat lunak tidak dimaksudkan untuk menggeser peran laboratorium fisik secara mutlak. Pengalaman kinestetik dalam merangkai kabel tembaga, merasakan getaran kontaktor magnetik, dan mengoperasikan sakelar mekanis tetap diperlukan untuk mematangkan keterampilan motorik kasar mahasiswa. Oleh karena itu, model SBL

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
Vol. 6, No. 4, Oktober-Desember 2026
e-ISSN : 2807-8659 | p-ISSN : 2807-8829
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/educator

berbasis aplikasi elektro paling tepat diposisikan sebagai fase prakondisi konseptual yang memperkuat logika pemecahan masalah sebelum mahasiswa diterjunkan pada instalasi kelistrikan fisik yang sesungguhnya.

KESIMPULAN

Model *simulation-based learning* (SBL) berbasis aplikasi elektro terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada mata kuliah Instalasi dan Pengukuran Listrik di perguruan tinggi. Peningkatan kemampuan tersebut dibuktikan oleh keunggulan skor rata-rata *posttest* kelas eksperimen yang mencapai 84,10 dengan indeks *N-gain* berkategori tinggi (0,71), dibandingkan kelas kontrol yang hanya memperoleh skor rata-rata *posttest* sebesar 68,00 dengan indeks *N-gain* berkategori sedang (0,42), serta didukung oleh nilai uji signifikansi statistik $t = 9{,}531$ ($p < 0{,}05$). Integrasi perangkat lunak simulasi dalam sintaks SBL berhasil menyediakan lingkungan belajar interaktif yang aman untuk melatih keterampilan diagnostik kelistrikan, sehingga mahasiswa mampu menguasai tahapan memahami masalah sirkuit, merancang hipotesis perbaikan, melaksanakan pelacakan kesalahan (*fault finding*), dan memverifikasi hasil pengukuran secara analitis.

Secara praktis, program studi pendidikan teknik elektro disarankan untuk mengadopsi model SBL berbasis aplikasi simulasi elektro (*Proteus*, *Multisim*, dan EKTS) sebagai metode instruksional wajib dalam modul perkuliahan instalasi, khususnya sebagai tahapan prakondisi sebelum mahasiswa melakukan pengujian pada panel fisik tegangan tinggi. Dosen pengampu disarankan menyusun lembar kerja praktikum berbasis skenario pemecahan masalah yang memuat variasi kasus malafungisehingga daya nalar diagnostik mahasiswa dapat terasah secara berkesinambungan. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengkaji retensi jangka panjang kemampuan pemecahan masalah ini melalui pengujian transfer keterampilan simulasi virtual ke laboratorium fisik riil, serta memperluas cakupan integrasi model SBL pada sistem kelistrikan berbasis automasi industri dan mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

Amarna, A. D., & Widodo, W. (2026). Penerapan inkuiri terstruktur terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik pada materi gerak. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, *6*(2), 1002–1012. https://doi.org/10.51878/science.v6i2.10027

Amarulloh, R. R., & Irvani, A. I. (2025). *Computational thinking dalam pembelajaran abad ke-21*. Sigufi Artha Nusantara.

Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *90*(4), 499–541. https://doi.org/10.3102/0034654320933544

Chernikova, O., Sommerhoff, D., Stadler, M., Holzberger, D., Nickl, M., Seidel, T., Kasneci, E., Küchemann, S., Kuhn, J., & Fischer, F. (2025). Personalization through adaptivity or adaptability? A meta-analysis on simulation-based learning in higher education. *Educational Research Review*, *46*, Article 100662. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100662

Creswell, J. W. (2016). *Research design: Pendekatan metode kualitatif, kuantitatif, dan campuran*. Pustaka Pelajar.

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

Davidovitch, L., Parush, A., & Shtub, A. (2006). Simulation-based learning in engineering education: Performance and transfer in learning project management. *Journal of Engineering Education*, *95*(4), 289–299. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00904.x

Fuada, S. (2020). *Elektronika dasar untuk mahasiswa sistem telekomunikasi: Pendekatan praktikum virtual*. Royyan Press.

Gumilang, M. D., Nugraha, E., & Fathimah, N. S. (2026). Pengembangan media virtual reality terintegrasi problem based learning untuk meningkatkan kemampuan analisis siswa SMK. *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, *6*(3), 2421–2431. https://doi.org/10.51878/edutech.v6i3.12583

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Hidayah, R., Fajaroh, F., Parlan, P., Dasna, I. W., & Nendi, I. (2024). Validitas buku model pembelajaran kolaboratif berbasis masalah untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan metakognitif mahasiswa. *Journal of Business, Social and Technology*, *5*(2), 70–83. https://doi.org/10.59261/jbt.v4i2.163

Huang, L., Zhou, X., & Zhu, W. (2025). The teaching model (IT-CSTP) for integrating intelligent technology into scientific thinking cultivation in physics: A practical study for high school students. *Journal of Science Education and Technology*, *35*(1), 27–44. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10225-0

Kartikasari, D., Suryanti, S., & Julianto, J. (2026). Profil keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPA: Studi deskriptif pada kelas VI SD Surabaya Barat. *ACADEMIA: Jurnal Inovasi Riset Akademik*, *6*(4), 2954–2963. https://doi.org/10.51878/academia.v6i4.12772

Lateef, F. (2010). Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, *3*(4), 348–352. https://doi.org/10.4103/0974-2700.70743

Lestari, A., Suryadi, A., & Ismail, A. (2020). Pengaruh media pembelajaran berbasis komputer dengan model tutorial untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran TIK. *PETIK: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, *6*(1), 18–26. https://doi.org/10.31980/petik.v6i1.1145

Lidi, M. W., & Daud, M. H. (2019). Penggunaan media animasi pada mata kuliah Biologi Dasar untuk meningkatkan hasil belajar dan motivasi mahasiswa materi genetika. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, *3*(1), 1–9. https://doi.org/10.32502/dikbio.v3i1.1886

Louvette, R. H., & Budiyanto, M. (2026). Peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penerapan model problem based learning berbasis STEM. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, *6*(2), 1346–1357. https://doi.org/10.51878/learning.v6i2.10017

Maulana, I., Fahrudin, S. P., & Taufikurrahman, M. P. (2025). *Transformasi kurikulum pendidikan dari pendekatan pembelajaran klasik hingga pendekatan pembelajaran deep learning*. PT Narasi Kita Publishing.

Novia, H., Rusdiana, D., & Fratiwi, N. J. (2025). *Digital Advanced Physics Experiment Laboratory Instruction (DiAPELi): Konsep, desain, dan implementasi*. Sigufi Artha Nusantara.

O'Flaherty, J., & Costabile, M. (2020). Using a science simulation-based learning tool to develop students' active learning, self-confidence and critical thinking in academic

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504

writing. *Nurse Education in Practice*, *47*, Article 102839. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102839

Piya, M. U., Firmansyah, F., & Pratama, Y. H. (2023). Simulasi rangkaian media pembelajaran sistem digital. *Secure and Knowledge Intelligent Research in Cybersecurity and Multimedia (SAKIRA)*, *1*(1), 13–20. https://doi.org/10.36679/s4kira.v1i1.3

Rahmawati, D. (2025). *Metode penelitian untuk teknik elektro*. CV Eureka Media Aksara.

Rico, H., De la Puente Pacheco, M. A., Pabon, A., & Portnoy, I. (2023). Evaluating the impact of simulation-based instruction on critical thinking in the Colombian Caribbean: An experimental study. *Cogent Education*, *10*(2), Article 2236450. https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2236450

Ridho, H., Asmara, A., Safarati, N., Mutoharoh, M., Marnita, M., Haryono, H., & Natadiwijaya, I. F. (2025). *Desain pembelajaran inovatif di perguruan tinggi*. Star Digital Publishing.

Rohman, M., Pradani, Y. F., & Saepuddin, A. (2022). Penerapan model PjBL-STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada mata kuliah gambar teknik. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset Industri*, *42*, 1–8. https://doi.org/10.35724/snhri.v42i1.1245

Rohmansyah, F., & Sukiyanto, S. (2026). Analisis kemampuan pemecahan masalah matematis siswa SMK elektro dalam menyelesaikan kasus Hukum Ohm dan Kirchhoff. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, *6*, 13–32. https://doi.org/10.24127/spm.v6i1.2140

Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Wahyudi, M. N. A., Budiyanto, C. W., Widiastuti, I., Hatta, P., & bin Bakar, M. S. (2024). Understanding virtual laboratories in engineering education: A systematic literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, *7*(2), 102–118. https://doi.org/10.20961/ijpte.v7i2.85271

Waliu, A. O., Matthew, U. O., Oseni, V. E., Oyekunle, D. O., Oladipupo, M. A., Adekunle, T. S., Chukwuebuka, E. S., & Esseme, A. C. B. (2025). Immersive educational pedagogy development: Cloud-based adaptive system for higher education. In *Generative AI approaches to sustainable development in higher education* (pp. 181–212). IGI Global.

Zontou, E., Kaminaris, S., & Rangoussi, M. (2024). On the role of virtual reality in engineering education: A systematic literature review of experimental research (2011–2022). *European Journal of Engineering Education*, *49*(5), 856–888. https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2369188

Copyright (c) 2026 EDUCATOR : Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan
https://doi.org/10.51878/educator.v6i4.16504