

Implementasi Project-Based Learning Berbantuan Tinkercad untuk Mendukung Pemahaman Konsep Listrik Dinamis Mahasiswa

Riskawati ^{1*}, Muhammad Saleh ²

^{1,2} Universitas Negeri Makassar, Indonesia

* riskawati@unm.ac.id

Abstrak

Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya inovasi pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep listrik dinamis yang abstrak melalui integrasi *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad agar mahasiswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan mendukung pemahaman konsep secara optimal.. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pemahaman konsep mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan Tinkercad pada materi listrik dinamis. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain *one-shot study*. Subjek penelitian terdiri atas 34 mahasiswa semester I Program Studi Pendidikan Fisika yang sedang memprogram mata kuliah Fisika Dasar. Pembelajaran dilaksanakan melalui kegiatan proyek perancangan dan simulasi rangkaian listrik menggunakan platform Tinkercad. Data dikumpulkan menggunakan tes pemahaman konsep yang mencakup indikator arus listrik, tegangan listrik, hambatan listrik, Hukum Ohm, rangkaian seri, dan rangkaian paralel. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata, standar deviasi, dan persentase capaian pemahaman konsep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor pemahaman konsep mahasiswa sebesar 75,12 dengan persentase capaian sebesar 76,27% yang termasuk dalam kategori baik. Capaian tertinggi diperoleh pada indikator analisis rangkaian paralel (78,68%), sedangkan capaian terendah terdapat pada indikator penerapan Hukum Ohm (71,57%). Temuan penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad mencapai tingkat pemahaman konsep yang baik pada materi listrik dinamis. Integrasi pembelajaran berbasis proyek dan laboratorium virtual berpotensi menjadi alternatif pembelajaran yang mendukung visualisasi konsep dan keterlibatan aktif mahasiswa dalam pembelajaran fisika.

Kata Kunci: Pemahaman Konsep, Listrik Dinamis, *Project-Based Learning*, Tinkercad

Pendahuluan

Pemahaman konsep merupakan salah satu tujuan utama pembelajaran fisika karena memungkinkan siswa menjelaskan fenomena alam secara ilmiah dan menerapkan pengetahuan yang dimiliki untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (Nikmaturoby & Nurbaiti, 2024). Salah satu materi fisika yang memerlukan pemahaman konseptual yang kuat adalah listrik dinamis (Azani, 2022). Materi ini mencakup konsep arus listrik, tegangan, hambatan, dan hubungan antar komponen dalam suatu rangkaian listrik (Nurmaya et al., 2022). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan memahami konsep listrik dinamis karena sifatnya yang abstrak, tidak dapat diamati secara langsung, serta melibatkan representasi simbolik dan matematis yang kompleks (Nooritasari et al., 2023). Akibatnya, miskonsepsi mengenai

aliran arus listrik, fungsi komponen rangkaian, dan hubungan antara besaran listrik masih sering ditemukan pada peserta didik (Basgul & Costu, 2026; Balouktsis & Kekkeris, 2026; Baah-Yanney et al., 2025).

Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang untuk menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual dalam pembelajaran fisika. Salah satu inovasi yang banyak digunakan adalah laboratorium virtual yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen secara aman, fleksibel, dan efisien. Laboratorium virtual memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan simulasi eksperimen tanpa keterbatasan alat dan bahan yang sering menjadi kendala dalam praktikum konvensional (Ridgway & Baneham, 2024). Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Tinkercad, yaitu platform simulasi yang menyediakan fasilitas perancangan dan pengujian rangkaian listrik secara virtual sehingga siswa dapat mengamati hubungan antar komponen serta memvisualisasikan proses yang sulit diamati pada pembelajaran konvensional. Penggunaan Tinkercad dilaporkan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, membantu visualisasi konsep abstrak, serta mendukung pengembangan keterampilan digital dan pemecahan masalah (Khoirunnisa & Amri, 2026; Riskawati et al., 2025).

Meskipun berbagai platform simulasi telah tersedia, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran tidak selalu menghasilkan pemahaman konsep yang optimal apabila siswa hanya berperan sebagai pengguna pasif (Warneri et al., 2025). Pada praktiknya, pembelajaran fisika masih sering didominasi oleh penyampaian informasi dari guru sehingga siswa memiliki kesempatan yang terbatas untuk mengeksplorasi, merancang, dan menguji gagasan secara mandiri (Farkhan et al., 2025). Kondisi tersebut menyebabkan proses pembelajaran kurang memberikan pengalaman autentik yang dapat membantu siswa membangun pemahaman konseptual secara mendalam (Fitriani et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan penggunaan teknologi dengan aktivitas belajar yang menuntut keterlibatan aktif siswa (Yurchenko, 2025).

Salah satu pendekatan yang dinilai sesuai dengan kebutuhan tersebut adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Model pembelajaran ini menempatkan siswa sebagai pusat kegiatan belajar melalui proses merancang, membuat, menguji, dan mengevaluasi suatu produk untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan (Febrianti et al., 2023; Sasikirana et al., 2023). Dalam pembelajaran fisika, PjBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan konsep dengan praktik melalui kegiatan investigasi dan pengembangan proyek. Melalui kegiatan proyek, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan konseptual, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi yang menjadi tuntutan pembelajaran abad ke-21 (Yurchenko, 2025; Tselegkaridis et al., 2025).

Integrasi PjBL dengan Tinkercad berpotensi menciptakan lingkungan belajar yang mendorong siswa memahami konsep listrik dinamis melalui aktivitas perancangan dan pengujian rangkaian listrik secara virtual (Riskawati, 2025). Melalui simulasi yang interaktif, siswa dapat menguji berbagai kemungkinan rancangan rangkaian, mengidentifikasi kesalahan, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh secara langsung. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa model *Project-Based Learning* berbasis Tinkercad efektif meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Hukum Ohm (Kosegeran, 2026). Selain itu, penggunaan simulasi berbasis Tinkercad pada pembelajaran elektronika dasar juga

dilaporkan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap fungsi komponen dan prinsip kerja rangkaian listrik (Riskawati et al., 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Tinkercad efektif digunakan sebagai media pembelajaran rangkaian listrik dan elektronika dasar. Melalui simulasi virtual, siswa dapat merancang rangkaian, mengidentifikasi kesalahan pemasangan komponen, serta mengamati perubahan perilaku rangkaian secara langsung tanpa risiko kerusakan alat. Selain membantu visualisasi konsep, penggunaan laboratorium virtual juga menjadi solusi terhadap keterbatasan fasilitas praktikum yang masih sering ditemukan di sekolah (Ridgway & Baneham, 2024; Khoirunnisa & Amri, 2026). Di sisi lain, berbagai penelitian mengenai *Project-Based Learning* menunjukkan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan kualitas proses pembelajaran melalui pengalaman belajar yang lebih bermakna (Yurchenko, 2025; Kosegeran, 2026).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada peningkatan hasil belajar atau pengembangan media pembelajaran (Riskawati, 2025). Kajian yang secara khusus mendeskripsikan pemahaman konsep listrik dinamis siswa setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad masih relatif terbatas. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan laboratorium virtual dengan aktivitas proyek pada materi listrik dinamis belum banyak dilakukan pada konteks pendidikan fisika di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad pada materi listrik dinamis serta mendeskripsikan pemahaman konsep siswa setelah mengikuti pembelajaran. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi *Project-Based Learning* dengan laboratorium virtual Tinkercad dalam pembelajaran listrik dinamis yang difokuskan pada analisis capaian pemahaman konsep siswa. Penelitian ini dibatasi pada materi rangkaian listrik sederhana dan listrik dinamis dengan subjek penelitian siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis proyek menggunakan Tinkercad. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi empiris mengenai potensi penggunaan PjBL berbantuan Tinkercad sebagai alternatif pembelajaran fisika yang mendukung penguatan pemahaman konsep siswa.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan Tinkercad sebagai media simulasi virtual untuk mendukung pemahaman konsep listrik dinamis mahasiswa. Penelitian ini tidak hanya memanfaatkan PjBL sebagai model pembelajaran, tetapi mengintegrasikan Tinkercad dalam proses perancangan, simulasi, pengujian, dan evaluasi rangkaian listrik secara langsung dalam lingkungan virtual. Integrasi tersebut diharapkan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan kontekstual sehingga mahasiswa dapat menghubungkan konsep teoretis listrik dinamis dengan praktik perancangan rangkaian serta mengembangkan kemampuan pemecahan masalah secara mandiri.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain one-shot study untuk mendeskripsikan pemahaman konsep mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan Tinkercad pada materi listrik dinamis. Penelitian dilaksanakan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang sedang memprogram mata kuliah Fisika Dasar pada semester ganjil tahun akademik 2025/2026.

Subjek penelitian berjumlah 34 mahasiswa semester I yang memprogram mata kuliah Fisika dasar pada Program Studi Biologi. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah total *sampling*, yaitu seluruh mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Fisika Dasar dijadikan sebagai subjek penelitian.

Pembelajaran dilaksanakan selama dua kali pertemuan dengan durasi 2×50 menit pada setiap pertemuan. Mahasiswa dibagi ke dalam beberapa kelompok yang terdiri atas 4–5 orang. Setiap kelompok diberikan proyek berupa perancangan dan simulasi rangkaian listrik sederhana menggunakan platform Tinkercad. Proyek dirancang untuk membantu mahasiswa memahami konsep arus listrik, tegangan, hambatan, Hukum Ohm, serta karakteristik rangkaian seri dan paralel.

Pelaksanaan pembelajaran mengikuti sintaks *Project-Based Learning* yang meliputi: (1) penentuan pertanyaan mendasar (*essential question*), (2) penyusunan rencana proyek, (3) penyusunan jadwal pelaksanaan proyek, (4) pelaksanaan dan monitoring proyek, (5) pengujian hasil proyek, dan (6) evaluasi pengalaman belajar. Dalam kegiatan proyek, mahasiswa memanfaatkan platform *Tinkercad* untuk merancang, mensimulasikan, dan menguji rangkaian listrik sederhana. Simulasi dilakukan dengan menggunakan komponen seperti baterai, lampu, saklar (*push button*), dan resistor sehingga mahasiswa dapat mengamati hubungan antar komponen serta perubahan perilaku rangkaian ketika konfigurasi diubah. Pendekatan ini mengadaptasi pembelajaran berbasis simulasi yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen secara aman dan interaktif sebelum melakukan analisis hasil proyek.

Instrumen penelitian terdiri atas: 1). Tes pemahaman konsep listrik dinamis, 2). Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran; dan 3). Dokumentasi kegiatan pembelajaran dan hasil proyek mahasiswa.

Tes pemahaman konsep terdiri atas 20 soal pilihan ganda beralasan yang mencakup indikator: (1) menjelaskan konsep arus listrik, (2) menjelaskan konsep tegangan listrik, (3) menjelaskan konsep hambatan listrik, (4) menerapkan Hukum Ohm, (5) menganalisis rangkaian seri dan paralel, serta (6) menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan listrik dinamis. Instrumen terlebih dahulu divalidasi oleh dua dosen Pendidikan Fisika dan satu ahli evaluasi pembelajaran untuk memastikan kesesuaian isi, konstruksi, dan bahasa.

Data penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif yang meliputi nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, standar deviasi, dan persentase capaian pemahaman konsep mahasiswa. Persentase capaian pemahaman konsep dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_{maks}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase pemahaman konsep;

$\sum X$ = skor yang diperoleh mahasiswa;

$\sum X_{maks}$ = skor maksimum.

Selanjutnya, hasil persentase pemahaman konsep dikategorikan berdasarkan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2019) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Pemahaman Konsep

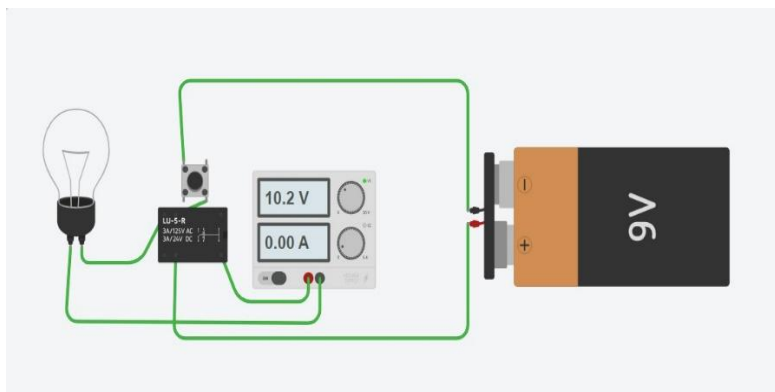
Persentase (%)	Kategori
81–100	Sangat Baik
61–80	Baik
41–60	Cukup
21–40	Kurang
≤20	Sangat Kurang

Hasil analisis digunakan untuk mendeskripsikan tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada setiap indikator materi listrik dinamis setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan *Tinkercad*. Selain itu, data observasi dan hasil proyek digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat interpretasi terhadap capaian pemahaman konsep mahasiswa.

Hasil

Implementasi *Project-Based Learning* Berbantuan *Tinkercad*

Pembelajaran listrik dinamis dilaksanakan melalui model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Tinkercad*. Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dan diberikan proyek untuk merancang serta mensimulasikan rangkaian listrik sederhana menggunakan komponen seperti baterai, lampu, saklar (*push button*), resistor, dan sumber tegangan. Melalui platform *Tinkercad*, mahasiswa dapat mengamati secara langsung hubungan antara arus listrik, tegangan, dan hambatan dalam suatu rangkaian. Kegiatan proyek dirancang agar mahasiswa terlibat secara aktif sejak tahap perancangan hingga pengujian rangkaian. Proses tersebut memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menghubungkan konsep listrik dinamis dengan kondisi rangkaian yang diamati melalui simulasi.

**Gambar 1.** Desain Rangkaian Listrik pada *Tinkercad*

Selama proses simulasi, mahasiswa melakukan pengujian berbagai konfigurasi rangkaian untuk mengamati perubahan perilaku komponen listrik. Aktivitas ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret karena mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga mengonstruksi pengetahuan melalui kegiatan eksplorasi dan pemecahan masalah. Mahasiswa juga dapat melakukan perubahan pada nilai komponen dan konfigurasi rangkaian secara langsung untuk melihat dampaknya terhadap kondisi rangkaian. Dengan demikian, penggunaan *Tinkercad* mendukung proses pembelajaran yang interaktif dan membantu mahasiswa memahami keterkaitan antara konsep teoretis dengan hasil simulasi.

Hasil Pemahaman Konsep Mahasiswa

Pemahaman konsep mahasiswa diukur menggunakan tes yang diberikan setelah pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa berada pada kategori baik. Tes tersebut digunakan untuk mengetahui sejauh mana mahasiswa mampu memahami dan menerapkan konsep listrik dinamis setelah mengikuti proses pembelajaran. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif untuk melihat gambaran kemampuan mahasiswa secara keseluruhan.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Tes Pemahaman Konsep

Statistik	Nilai
Jumlah Mahasiswa	34
Skor Maksimum	80
Skor Minimum	70
Rata-rata	75,12
Median	75
Standar Deviasi	3,21
Kategori	Baik

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh skor rata-rata sebesar 75,12 dengan skor tertinggi 80 dan skor terendah 70. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa telah memiliki pemahaman yang baik terhadap konsep-konsep listrik dinamis setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad. Distribusi skor mahasiswa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Skor Pemahaman Konsep Mahasiswa

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
70–72	7	20,59
73–75	10	29,41
76–78	11	32,35
79–80	6	17,65
Total	34	100

Berdasarkan Tabel 3, sebagian besar mahasiswa berada pada rentang skor 76–78 sebanyak 11 orang (32,35%). Tidak terdapat mahasiswa yang memperoleh skor di bawah 70. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mampu memahami konsep dasar listrik dinamis setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek menggunakan Tinkercad.

Pemahaman Konsep Berdasarkan Indikator

Analisis lebih lanjut dilakukan pada setiap indikator pemahaman konsep yang diukur dalam penelitian.

Tabel 4. Capaian Pemahaman Konsep Berdasarkan Indikator

Indikator	Persentase (%)	Kategori
Menjelaskan konsep arus listrik	78,43	Baik
Menjelaskan konsep tegangan listrik	76,47	Baik
Menjelaskan konsep hambatan listrik	74,51	Baik
Menerapkan Hukum Ohm	71,57	Baik
Menganalisis rangkaian seri	77,94	Baik
Menganalisis rangkaian paralel	78,68	Baik
Rata-rata	76,27	Baik

Tabel 4 menunjukkan bahwa indikator dengan capaian tertinggi adalah analisis rangkaian paralel dengan persentase sebesar 78,68%, sedangkan capaian terendah

terdapat pada indikator penerapan Hukum Ohm dengan persentase sebesar 71,57%. Meskipun demikian, seluruh indikator berada pada kategori baik.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan Tinkercad berada pada kategori baik, dengan rata-rata skor sebesar 75,12 dan persentase capaian pemahaman konsep sebesar 76,27%. Temuan ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis proyek dengan dukungan laboratorium virtual mampu mencapai penguasaan konsep listrik dinamis pada tingkat yang cukup baik. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa integrasi PjBL dan Tinkercad berpotensi menjadi alternatif pembelajaran yang mendukung pemahaman konsep pada materi listrik dinamis yang bersifat abstrak.

Capaian pemahaman konsep yang diperoleh dapat dikaitkan dengan karakteristik pembelajaran *Project-Based Learning* yang menempatkan mahasiswa sebagai pusat pembelajaran. Melalui kegiatan perancangan dan simulasi rangkaian listrik menggunakan Tinkercad, mahasiswa memperoleh kesempatan untuk mengeksplorasi konsep, menguji ide, dan memecahkan masalah yang muncul selama pengerjaan proyek. Pembelajaran berbasis proyek memberikan pengalaman belajar yang lebih autentik karena peserta didik terlibat secara aktif dalam proses konstruksi pengetahuan (Yurchenko, 2025). Pada penelitian ini, mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep listrik dinamis secara teoritis, tetapi juga mengaplikasikannya dalam perancangan rangkaian listrik sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih kontekstual.

Berdasarkan hasil analisis indikator, capaian tertinggi diperoleh pada indikator analisis rangkaian paralel sebesar 78,68%, diikuti oleh indikator konsep arus listrik sebesar 78,43%, dan analisis rangkaian seri sebesar 77,94%. Tingginya capaian pada indikator-indikator tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa relatif mudah memahami konsep yang dapat divisualisasikan secara langsung melalui simulasi. Pada Tinkercad, mahasiswa dapat mengamati perubahan arus dan tegangan ketika konfigurasi rangkaian dimodifikasi sehingga hubungan antar komponen menjadi lebih mudah dipahami. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa simulasi berbasis Tinkercad mampu membantu peserta didik memahami konsep elektronika dasar melalui representasi visual yang lebih konkret (Riskawati et al., 2024). Hasil serupa juga dilaporkan oleh penelitian lainnya yang menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis simulasi dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam memahami konsep rangkaian listrik melalui eksplorasi langsung terhadap komponen-komponen penyusun rangkaian (Riskawati et al., 2025).

Selain membantu visualisasi konsep, penggunaan Tinkercad memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen secara berulang tanpa risiko kerusakan alat. Mahasiswa dapat mencoba berbagai konfigurasi rangkaian, mengidentifikasi kesalahan, dan memperbaiki rancangan secara mandiri. Kondisi tersebut memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan investigasi yang lebih luas dibandingkan praktikum konvensional yang sering terkendala oleh keterbatasan alat dan waktu. Temuan ini mendukung pandangan terdahulu yang menyatakan bahwa laboratorium virtual memberikan fleksibilitas tinggi dalam pembelajaran karena peserta didik dapat melakukan

eksplorasi dan pengujian secara berulang dengan biaya yang relatif rendah (Ridgway & Baneham, 2024).

Meskipun seluruh indikator berada pada kategori baik, indikator penerapan Hukum Ohm memperoleh capaian terendah yaitu sebesar 71,57%. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan pemahaman konseptual dengan representasi matematis. Mahasiswa umumnya mampu menjelaskan hubungan antara arus, tegangan, dan hambatan secara verbal maupun visual melalui simulasi, tetapi belum sepenuhnya mampu menerapkan hubungan tersebut dalam bentuk perhitungan kuantitatif. Kesulitan ini diduga muncul karena penyelesaian masalah Hukum Ohm menuntut kemampuan mengintegrasikan representasi verbal, visual, dan matematis secara simultan. Berbeda dengan konsep rangkaian seri dan paralel yang dapat diamati secara langsung melalui simulasi, penerapan Hukum Ohm memerlukan kemampuan manipulasi matematis yang lebih kompleks. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa penggunaan teknologi digital mampu mendukung pemahaman konseptual peserta didik, namun penguasaan aspek kuantitatif masih memerlukan latihan yang lebih intensif dan berkelanjutan (Basgul & Costu, 2026).

Capaian rata-rata sebesar 75,12 juga perlu dipahami dengan mempertimbangkan karakteristik subjek penelitian. Seluruh peserta merupakan mahasiswa semester I Program Studi Pendidikan Fisika yang masih berada pada tahap adaptasi terhadap lingkungan belajar di perguruan tinggi. Sebagian besar mahasiswa belum memiliki pengalaman yang cukup dalam pembelajaran berbasis proyek maupun penggunaan laboratorium virtual. Oleh karena itu, capaian yang berada pada kategori baik dapat dianggap sebagai hasil yang positif karena menunjukkan bahwa mahasiswa mampu mengikuti proses pembelajaran dan memahami konsep-konsep dasar listrik dinamis meskipun masih berada pada tahap awal pendidikan tinggi.

Selain nilai rata-rata, standar deviasi yang relatif rendah yaitu 3,21 menunjukkan bahwa capaian pemahaman konsep mahasiswa cenderung merata. Rentang skor yang berada antara 70 hingga 80 mengindikasikan bahwa sebagian besar mahasiswa memperoleh tingkat penguasaan konsep yang relatif sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang diterapkan mampu memfasilitasi mayoritas mahasiswa untuk mencapai pemahaman konsep pada kategori yang serupa. Dengan kata lain, pembelajaran tidak hanya menguntungkan mahasiswa dengan kemampuan akademik tinggi, tetapi juga mampu membantu mahasiswa dengan kemampuan sedang untuk mencapai hasil belajar yang baik.

Penerapan PjBL berbantuan Tinkercad juga memberikan pengalaman belajar yang lebih autentik. Selama pengerjaan proyek, mahasiswa dihadapkan pada berbagai permasalahan yang memerlukan proses identifikasi dan penyelesaian masalah (*troubleshooting*). Ketika rangkaian yang dirancang tidak berfungsi sesuai harapan, mahasiswa harus menelusuri sumber kesalahan, memperbaiki konfigurasi rangkaian, dan melakukan pengujian ulang. Aktivitas tersebut tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Temuan ini mendukung hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa aktivitas perancangan dan simulasi rangkaian elektronik mampu mengembangkan kemampuan analitis peserta didik melalui proses eksplorasi dan investigasi (Tselegkaridis et al., 2025).

Meskipun memberikan banyak manfaat, penggunaan Tinkercad tetap memiliki beberapa keterbatasan. Simulasi virtual belum sepenuhnya dapat menggantikan pengalaman praktikum nyata karena mahasiswa tidak berinteraksi langsung dengan karakteristik fisik komponen, alat ukur, maupun berbagai kendala teknis yang sering muncul pada laboratorium riil. Oleh karena itu, penggunaan Tinkercad sebaiknya dipadukan dengan kegiatan praktikum langsung agar mahasiswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih komprehensif. Pandangan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya integrasi teknologi simulasi dengan strategi pembelajaran yang tepat agar dampaknya terhadap pemahaman konsep menjadi lebih optimal (Khoirunnisa & Amri, 2026).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian hanya melibatkan 34 mahasiswa pada satu program studi sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas. Kedua, penelitian menggunakan desain *one-shot study* tanpa pretest sehingga perubahan pemahaman konsep sebelum dan sesudah pembelajaran belum dapat dianalisis secara langsung. Ketiga, penelitian hanya berfokus pada aspek kognitif sehingga belum menggambarkan pengaruh pembelajaran terhadap keterampilan proses sains maupun aspek afektif mahasiswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen yang melibatkan pretest dan posttest serta mengkaji aspek keterampilan dan sikap mahasiswa secara lebih komprehensif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan Tinkercad mencapai tingkat pemahaman konsep listrik dinamis pada kategori baik. Temuan ini memperkuat hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa integrasi *Project-Based Learning* dan Tinkercad berpotensi mendukung pembelajaran konsep kelistrikan secara lebih efektif (Kosegeran, 2026). Dengan demikian, penerapan PjBL berbantuan Tinkercad dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif pembelajaran dalam mata kuliah Fisika Dasar, khususnya pada materi yang membutuhkan visualisasi dan eksplorasi konsep secara interaktif.

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pemahaman konsep mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan Tinkercad pada materi listrik dinamis dalam mata kuliah Fisika Dasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa berada pada kategori baik, dengan nilai rata-rata 75,12 dan persentase capaian sebesar 76,27%. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis proyek dengan simulasi virtual Tinkercad dapat mendukung pemahaman mahasiswa terhadap konsep listrik dinamis yang bersifat abstrak. Berdasarkan indikator, capaian tertinggi terdapat pada kemampuan menganalisis rangkaian paralel sebesar 78,68%, sedangkan capaian terendah pada kemampuan menerapkan Hukum Ohm sebesar 71,57%. Mahasiswa cenderung lebih mudah memahami konsep yang dapat divisualisasikan melalui simulasi dibandingkan konsep yang membutuhkan analisis matematis. Standar deviasi yang relatif rendah juga menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa cenderung merata. Penggunaan Tinkercad dalam PjBL memungkinkan mahasiswa melakukan eksplorasi, perancangan, pengujian, dan evaluasi rangkaian listrik secara lebih interaktif. Dengan demikian, Tinkercad berpotensi menjadi alternatif laboratorium virtual yang relevan untuk pembelajaran fisika, terutama ketika fasilitas praktikum terbatas. Pemanfaatannya juga dapat membantu mahasiswa

menghubungkan representasi visual, prosedur eksperimen, dan konsep teoritis dalam satu rangkaian aktivitas pembelajaran. Integrasi tersebut dapat memperkuat keterlibatan mahasiswa sekaligus memberikan kesempatan untuk melakukan kesalahan, memperbaiki rancangan, dan mengevaluasi hasil secara mandiri.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu jumlah subjek hanya 34 mahasiswa semester I pada satu perguruan tinggi, desain *one-shot study* tanpa *pretest* dan kelompok pembanding, serta fokus penelitian yang terbatas pada aspek pemahaman konsep. Oleh karena itu, hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas maupun digunakan untuk menyimpulkan hubungan kausal. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain *pretest-posttest* atau eksperimen dengan kelompok kontrol, melibatkan subjek dan institusi yang lebih beragam, serta mengkaji keterampilan berpikir kritis, keterampilan proses sains, pemecahan masalah, motivasi, dan kolaborasi. Dosen juga disarankan memadukan simulasi Tinkercad dengan praktikum nyata agar pengalaman belajar mahasiswa lebih komprehensif.

Acknowledgment

Daftar Pustaka

- Azani, F. (2022). Laboratorium virtual dengan aplikasi PhET untuk memperbaiki penguasaan konsep listrik dinamis siswa pada pembelajaran online. *Jurnal Eksakta Pendidikan*, 6(1). <https://doi.org/10.24036/jep/vol6-iss1/624>
- Baah-Yanney, O., Anim-Eduful, B., Aboagye, G. K., & Ocloo, F. E. (2025). An analysis of preservice elementary teachers' conceptual difficulties in learning integrated science concepts. *Futurity Education*, 5(3), 159–189. <https://doi.org/10.57125/FED.2025.09.25.08>
- Balouktsis, I., & Kekkeris, G. (2026). Making equivalent resistance visible: A Scratch–Arduino digital–physical learning suite for secondary physics. *Physics Education*, 61(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae5f56>
- Basgul, M., & Costu, B. (2026). The impact of Education 4.0 tools on students' conceptual learning and computational thinking skills in the 7th grade electrical circuits unit. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10287-0>
- Farkhan, M. M., Kuswanto, H., & Wiyatmo, Y. (2025). Project-based learning in physics education: A bibliometric review. *EDUSAINS*, 17(1). <https://doi.org/10.15408/es.v17i1.39367>
- Febrianti, F., Asrizal, A., & Emiliannur, E. (2023). Influence of project-based learning models on students' physics knowledge and critical thinking skills: Meta analysis. *Pillar of Physics Education*, 16(4), 275–283. <https://doi.org/10.24036/15460171074>
- Fitriani, N., Apsari, P. A. D., Hayati, S. H., Yulianti, S., Sukmawati, S., Wati, W., & Istiarini, Y. (2022). The effect of project-based learning model on high school physics learning. *AMPLITUDO: Journal of Science and Technology Innovation*, 1(1), 13–17. <https://doi.org/10.56566/amplitudo.v1i1.3>

- Khoirunnisa, R., Murniati, Kistiono, & Amri, I. (2026). Peningkatan kompetensi guru SMP di Indralaya melalui pelatihan media simulasi elektronika berbasis Tinkercad. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 9(1), 277–283. <https://doi.org/10.29303/jppm.v9i1.10926>
- Kosegeran, M. A., Makahinda, T., Mandang, T., Silangen, P. M., Lolowang, J., & Rampengan, A. M. (2026). Model Project Based Learning berbasis Tinkercad untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Hukum Ohm. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 121–128
- Nikmaturroby, P., & Nurbaiti, U. (2024). Pengembangan bahan ajar berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) berbantuan Augmented Reality untuk meningkatkan pemahaman konsep. *Unnes Physics Education Journal*, 13(2). <https://doi.org/10.15294/upej.v13i2.15248>
- Nooritasari, D. D., Rahmadiyah, M., & Kusairi, S. (2023). The comparison of conceptual understanding between secondary school students and pre-service physics teacher in direct current electric circuit. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 15(2). <https://doi.org/10.15294/jpfi.v15i2.17246>
- Nurmaya, E., Rusilowati, A., & Astuti, B. (2022). Development of cognitive ability test instrument based on revision Bloom taxonomy on dynamic electricity materials for students of senior high school. *Physics Communication*, 6(2). <https://doi.org/10.15294/physcomm.v6i2.37028>
- Ridgway, L. M., & Baneham, J. (2024). Delivering electronic engineering laboratories to non-specialists: A combined simulation and prototyping approach. *TechRxiv*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.172684426.62198038/v1>
- Riskawati, R. (2025). Desain dan Simulasi Sistem Remote Control IR menggunakan Arduino untuk Pembelajaran Elektronika Interaktif di Tinkercad. *Journal Artificial: Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(1), 11–20. <https://doi.org/10.54065/artificial.523>
- Riskawati, R. (2025). Integrasi simulasi Tinkercad dan Arduino untuk pembelajaran fisika: Inovasi media edukatif dalam topik pola cahaya LED. *Wanua to Caradde: Journal of Educational Issues*.
- Riskawati, R., Idris, I. I. N., Herman, N. M., Nurhasmi, N., & Sanusi, D. K. (2025). Penguatan literasi digital mahasiswa melalui pelatihan media pembelajaran berbasis pemrograman: Strategi pemberdayaan calon pendidik abad 21. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 5(2), 848–855. <https://doi.org/10.34697/jai.v5i2.1571>
- Riskawati, R., Kurnia, F., Nursam, N., Noviyanti, N., Annisa, N., Aco, P. M. S., & Muliana, N. (2025). Desain Sistem Deteksi Password pada Keypad dan LCD dengan Arduino melalui Tinkercard untuk Pembelajaran Elektronika. *Journal Artificial: Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(1), 69–78. <https://doi.org/10.54065/artificial.686>
- Sasikirana, L., Fatin, R. N., & Setiaji, B. (2023). Analisis meta dengan machine learning: Tingkat efektivitas Project-Based Learning untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika. *Journal of Physics Education and Science*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.151>
- Tselegkaridis, S., Sapounidis, T., Tokatlidis, C., & Papakostas, D. K. (2025). Exploring the role of interfaces in microcontroller circuits: An analysis of students' performance

and usability. *IEEE Transactions on Education*, 68(2), 258–267.

<https://doi.org/10.1109/TE.2025.3551927>

Warneri, W., Salam, U., Putri, W. A., Imandari, R. Z., Pratiwi, R. D., & Chairunnisa, T. (2025). Utilization, simulation and learning: The virtual laboratory learning media PhET for outcomes learning. *JTP-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(3).

<https://doi.org/10.21009/jtp.v26i3.49832>

Yurchenko, A. (2025). Integration of project-based learning and digital visualization for developing soft skills of future STEM teachers. In O. Semenikhina (Ed.), *STEM education in Canada and Ukraine: Transformations, innovations, and pathways for sustainable development* (pp. 135–184). *Open Science Initiative*.

<https://doi.org/10.31110/STEM-CaUk-3.2>