

## Analisis Persepsi Mahasiswa terhadap Kegunaan Laboratorium Virtual 3D sebagai Media Pembelajaran Pra-Praktikum Menggunakan Kuesioner USE

Edi Sarwono, Yohanes Primadiyono, Agus Suryanto

Universitas Negeri Semarang  
edisarwono@mail.unnes.ac.id

---

### Article History

accepted 10/11/2025

approved 4/12/2025

published 22/12/2025

---

### Abstract

*This study aims to analyze students' perceptions of the usefulness of the 3D Virtual Laboratory as a pre-practicum learning medium using the USE Questionnaire (Usefulness, Satisfaction, Ease of Use, Ease of Learning). The background of this research stems from the need for higher education to adopt innovative learning media that can overcome the limitations of physical laboratories, which often face challenges related to limited facilities, high operational costs, and safety risks. The 3D Virtual Laboratory provides an immersive and interactive learning experience, enabling students to independently and repeatedly conduct experimental explorations without physical risks. This study uses a quantitative approach and only uses a post-test design. The participants were 50 electrical engineering students who took part in learning activities using the 3D Virtual Lab. The research instrument was the USE questionnaire, which measures four main dimensions: usefulness, ease of use, ease of learning, and satisfaction. Data were analyzed using a one-sample t-test to determine the significance of students' perceptions of each dimension. The results showed that all four dimensions had mean scores significantly higher than the midpoint of the Likert scale ( $p < 0.001$ ). These findings indicate that students perceived the 3D Virtual Laboratory as beneficial, easy to use, easy to learn, and highly satisfying. This study contributes to the development of user-centered digital learning media and provides a foundation for implementing virtual laboratories in engineering education.*

**Keywords:** 3D Virtual Laboratory, Learning Media, Student Perception

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi mahasiswa terhadap kegunaan Laboratorium Virtual 3D sebagai media pembelajaran pra-praktikum dengan menggunakan Kuesioner USE (Usefulness, Satisfaction, Ease of Use, Ease of Learning). Latar belakang penelitian ini berangkat dari kebutuhan pendidikan tinggi akan media pembelajaran inovatif yang dapat menjembatani keterbatasan laboratorium fisik yang kerap dihadapkan pada masalah keterbatasan fasilitas, biaya tinggi, dan risiko keselamatan. Laboratorium virtual 3D memberikan pengalaman pembelajaran yang imersif dan interaktif sehingga mahasiswa dapat melakukan eksplorasi eksperimen secara mandiri dan berulang tanpa risiko fisik. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan hanya menggunakan desain post-test. Subjek penelitian adalah 50 mahasiswa Teknik Elektro yang mengikuti kegiatan pembelajaran menggunakan 3D Virtual Lab. Instrumen penelitian berupa kuesioner USE yang mengukur empat dimensi utama, yaitu usefulness, ease of use, ease of learning, dan satisfaction. Analisis data dilakukan menggunakan one-sample t-test untuk mengetahui signifikansi persepsi mahasiswa terhadap masing-masing dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat dimensi tersebut memiliki nilai rata-rata signifikan di atas nilai tengah skala Likert ( $p < 0,001$ ). Hal ini menandakan bahwa mahasiswa menilai Laboratorium Virtual 3D bermanfaat, mudah digunakan, mudah dipelajari, dan memberikan kepuasan tinggi. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan media pembelajaran digital yang berorientasi pada pengalaman pengguna serta menjadi dasar dalam penerapan laboratorium virtual di bidang teknik

**Kata kunci:** Laboratorium Virtual 3D, Media Pembelajaran, Persepsi Mahasiswa

---



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah merevolusi berbagai aspek pendidikan tinggi, termasuk pendekatan pembelajaran berbasis praktikum. Jika sebelumnya laboratorium fisik menjadi sarana utama untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan eksperimen, saat ini keberadaannya menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Laboratorium konvensional sering kali mengalami keterbatasan fasilitas, tingginya biaya operasional, risiko keselamatan, serta ketidakseimbangan antara jumlah mahasiswa dan kapasitas ruang laboratorium (Rahayu & Eliyarti, 2019). Kondisi tersebut tidak hanya menimbulkan hambatan logistik, tetapi juga berpotensi mengurangi kualitas pengalaman belajar mahasiswa. Sejumlah penelitian terbaru juga mengungkapkan bahwa beban biaya, kesiapan fasilitas, dan aspek keamanan menjadi kendala utama laboratorium fisik, sehingga laboratorium virtual muncul sebagai alternatif yang lebih efisien dan fleksibel (Schneider et al., 2022). Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi yang mampu melengkapi fungsi laboratorium tradisional sekaligus mengatasi berbagai kendala tersebut.

Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah laboratorium virtual berbasis tiga dimensi (*3D virtual laboratory*). Teknologi ini memungkinkan mahasiswa melakukan eksplorasi eksperimen secara digital tanpa terikat oleh batasan ruang, waktu, maupun risiko fisik. Berbeda dengan media pembelajaran konvensional berbasis teks atau video, laboratorium virtual menghadirkan pengalaman belajar yang lebih imersif, interaktif, dan fleksibel. Dalam konteks pendidikan STEM, beberapa studi menunjukkan bahwa virtual laboratory mampu meningkatkan kualitas pembelajaran melalui peningkatan imersi, interaktivitas, serta keterlibatan kognitif mahasiswa (Petersen et al., 2023; Radianti et al., 2020). Penelitian lain juga menegaskan bahwa virtual lab efektif dalam memperkuat pemahaman konsep, mendukung pembelajaran berbasis penyelidikan, dan menyediakan pengalaman eksperimen yang aman tanpa risiko fisik (Raman et al., 2022). Mahasiswa dapat memahami prosedur eksperimen, melakukan simulasi berulang, serta mengembangkan keterampilan dasar secara mandiri (Malik et al., 2025; Sriadhi et al., 2022). Selain itu, penggunaan laboratorium virtual terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu pembelajaran dan mengurangi potensi kesalahan berbahaya yang kerap terjadi dalam praktikum nyata (Riska et al., 2022; Sa'adah et al., 2025). Sebagaimana dijelaskan oleh Tatli & Ayas (2013), laboratorium virtual merupakan simulasi interaktif berbasis komputer yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen digital dengan kondisi menyerupai dunia nyata, sehingga konsep-konsep dasar dapat dipahami tanpa risiko maupun keterbatasan sumber daya.

Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu memberikan pengalaman belajar yang setara bahkan lebih unggul dibandingkan laboratorium fisik. Kapici & Costu (2023) menemukan bahwa siswa berbakat yang belajar menggunakan laboratorium virtual memperoleh peningkatan signifikan dalam pengetahuan konseptual dan keterampilan proses sains dibandingkan mereka yang menggunakan laboratorium fisik. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Tatli & Ayas (2013), yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep kimia melalui simulasi interaktif yang memungkinkan pengulangan eksperimen tanpa risiko, sekaligus meningkatkan partisipasi dan retensi belajar. Selain itu, penelitian mutakhir menegaskan bahwa integrasi laboratorium virtual dengan pembelajaran tradisional mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan, pemahaman konsep, dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa (Fauziah et al., 2024; Wintribrata et al., 2025). Dengan demikian, laboratorium virtual bukan hanya berfungsi sebagai pengganti praktikum fisik, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang memperkaya pengalaman belajar mahasiswa secara kognitif dan afektif. Berbeda dengan laboratorium fisik yang memerlukan ruangan khusus, peralatan keselamatan, dan sumber daya yang besar,

laboratorium virtual bersifat fleksibel dan dapat digunakan di kelas biasa, laboratorium komputer. Mahasiswa cukup menggunakan perangkat komputer atau laptop untuk menjalankan eksperimen digital tanpa resiko fisik. Fleksibilitas ini menjadikan laboratorium virtual mudah diintegrasikan dalam berbagai konteks pembelajaran STEM.

Namun, keberhasilan implementasi laboratorium virtual tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga oleh aspek *usability* (kegunaan). *Usability* mengacu pada sejauh mana sistem dapat digunakan dengan mudah, efektif, dan memuaskan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Rasheed et al., 2021). Sistem dengan fitur teknis yang baik namun sulit digunakan atau tidak intuitif dapat menurunkan keterlibatan mahasiswa dan menghambat efektivitas pembelajaran (Sharifkhani et al., 2025). Oleh karena itu, analisis *usability* menjadi komponen krusial dalam mengevaluasi efektivitas media pembelajaran digital, termasuk laboratorium virtual.

Penelitian terdahulu menegaskan pentingnya desain antarmuka dan pengalaman pengguna dalam mendukung *usability*. Tobarra et al. (2020) menunjukkan bahwa rancangan laboratorium virtual berbasis *container* dengan antarmuka interaktif dan simulasi realistis berperan penting dalam meningkatkan keterlibatan dan kepuasan pengguna. Studi tersebut menegaskan bahwa sistem berbasis *Linux Docker* dapat menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan efisien, dengan tingkat penerimaan pengguna tinggi pada aspek *perceived usefulness*, *ease of access*, dan *attitude toward use*. Selanjutnya, Vertesi et al. (2018) menegaskan bahwa evaluasi *usability* dalam lingkungan pembelajaran virtual tidak hanya mencakup aspek teknis antarmuka, tetapi juga persepsi dan pengalaman pengguna setelah implementasi. Melalui pendekatan dua fase—pemilihan platform berbasis *system usability scale* diikuti dengan evaluasi pasca-implementasi—mereka membuktikan bahwa pengukuran berkelanjutan mampu mengidentifikasi hambatan dan meningkatkan kepuasan belajar daring secara signifikan. Dari perspektif pedagogis, Marešová & Ecler (2022) menunjukkan bahwa lingkungan virtual multi-pengguna (3D-MUVE) memiliki potensi besar dalam meningkatkan *social presence*, motivasi intrinsik, serta kolaborasi antar pengguna. Integrasi interaksi avatar, komunikasi sinkron, dan imersi visual yang tinggi menciptakan pengalaman belajar yang konstruktif dan berpusat pada mahasiswa.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menilai *usability* dalam konteks pendidikan berbasis teknologi. de Freitas et al. (2022) menyoroti bahwa pengujian *usability* berbasis realitas virtual tidak hanya berfokus pada evaluasi antarmuka, tetapi juga mencakup pengalaman pengguna dalam interaksi imersif yang menyerupai konteks nyata. Melalui tinjauan paten dan artikel industri, mereka menemukan bahwa penerapan teknologi *virtual reality* dalam *usability testing* dan *design review* mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta kepuasan pengguna, sekaligus mengurangi biaya dan waktu pengembangan prototipe fisik. Studi tersebut juga menegaskan pentingnya prinsip desain yang berpusat pada pengguna—seperti konsistensi visual, kemudahan navigasi, dan kualitas interaksi taktil alami—sebagai faktor kunci keberhasilan sistem berbasis VR. Di sisi lain, instrumen kuantitatif seperti *USE Questionnaire (Usefulness, Satisfaction, Ease of Use, Ease of Learning)* yang dikembangkan oleh Lund (2001) dan divalidasi ulang oleh Jannah et al. (2020), telah terbukti efektif dalam menilai kegunaan media pembelajaran digital, termasuk laboratorium virtual. Meskipun penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas virtual lab dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, penelitian ini menawarkan fokus yang lebih spesifik, yaitu mengevaluasi *usability* dari satu platform 3D virtual laboratory—ElectricVLab—yang digunakan dalam konteks praktikum teknik elektro.

Secara keseluruhan, literatur menegaskan bahwa laboratorium virtual memiliki peran strategis dalam meningkatkan mutu pembelajaran praktikum di pendidikan tinggi. Namun, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada tingkat *usability*, yang menentukan sejauh mana pengguna dapat memanfaatkan teknologi secara optimal

untuk mencapai tujuan pembelajaran. Evaluasi yang komprehensif terhadap aspek kegunaan diperlukan agar teknologi ini tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga memberikan manfaat pedagogis yang nyata bagi mahasiswa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kegunaan (*usability*) *3D virtual laboratory* ElectricVLab, yaitu platform laboratorium virtual yang secara khusus digunakan untuk praktikum teknik elektro. Evaluasi dilakukan menggunakan Kuesioner USE untuk menilai aspek kemanfaatan, kemudahan penggunaan, kepuasan, dan kemudahan pembelajaran dari media pra-laboratorium ini. Dengan pembatasan yang jelas pada satu jenis laboratorium virtual—yakni laboratorium STEM bidang teknik elektro—penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan media pembelajaran inovatif, memperkaya literatur mengenai *usability* dalam pendidikan sains dan teknik berbasis teknologi, serta memberikan rekomendasi praktis bagi pendidik dan pengembang dalam mengintegrasikan laboratorium virtual secara efektif ke dalam kurikulum praktikum.

### METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan hanya menggunakan desain *post-test*. Subjek penelitian terdiri atas 50 mahasiswa Program Studi Teknik Elektro yang mengikuti kegiatan praktikum berbasis 3D Virtual Labs pada materi praktik pengukuran listrik, khususnya pengukuran tegangan, arus, resistansi, serta penggunaan instrumen dasar seperti *multimeter*, *power supply*, dan *Cathode Ray Oscilloscope* (CRO). Desain *post-test only* digunakan karena fokus penelitian adalah mengevaluasi *usability* dari platform 3D Virtual Lab setelah mahasiswa menyelesaikan rangkaian aktivitas praktikum. Oleh karena itu, *pre-test* tidak dilakukan karena pengukuran kemampuan awal tidak diperlukan untuk menilai aspek kegunaan, kemudahan penggunaan, kemudahan dipelajari dan kepuasan terhadap platform Virtual Lab. Pengukuran dilakukan hanya setelah sesi praktikum selesai untuk memperoleh persepsi mahasiswa yang telah sepenuhnya mengalami interaksi dengan lingkungan laboratorium virtual tersebut.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah *USE Questionnaire* (Lund, 2001) yang terdiri dari empat dimensi, yaitu kegunaan (*usefulness*), kepuasan (*satisfaction*), kemudahan penggunaan (*ease of use*), dan kemudahan dipelajari (*ease of learning*). Kuesioner disusun dalam bentuk skala Likert lima poin, dengan rentang jawaban dari 1 (*sangat tidak setuju*) hingga 5 (*sangat setuju*). Setiap mahasiswa mengisi kuesioner setelah menyelesaikan penggunaan 3D Virtual Labs, sehingga data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran persepsi mahasiswa secara langsung terhadap pengalaman belajar yang dialami.

Data yang terkumpul terlebih dahulu diuji reliabilitasnya menggunakan koefisien Cronbach's Alpha untuk memastikan konsistensi internal setiap butir pernyataan dalam kuesioner. Selanjutnya, uji normalitas dilakukan dengan uji Shapiro–Wilk untuk menentukan apakah data memenuhi syarat untuk analisis parametrik dengan distribusi normal. Uji reliabilitas instrumen dilakukan dengan menghitung nilai Cronbach's Alpha guna memastikan konsistensi internal butir pernyataan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh aspek dalam instrumen memiliki reliabilitas yang sangat tinggi. Aspek *Usefulness* memperoleh nilai  $\alpha = 0.935$  (8 item), *Ease of use* sebesar  $\alpha = 0.967$  (11 item), *Ease of Learning* sebesar  $\alpha = 0.922$  (4 item), dan *Satisfaction* sebesar  $\alpha = 0.944$  (7 item). Seluruh nilai Cronbach's Alpha tersebut berada di atas 0.90, yang menunjukkan bahwa setiap aspek memiliki konsistensi internal yang sangat baik dalam mengukur konstruk yang dimaksud.

Selanjutnya, untuk menguji signifikansi persepsi mahasiswa terhadap pengalaman belajar, dilakukan *one-sample t-test* dengan melihat skor rata-rata untuk masing-masing dimensi dibandingkan dengan nilai tengah skala (3), yang digunakan sebagai titik netral.

### HASIL

Sebelum dilakukan analisis *one-sample t-test*, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data menggunakan uji *Shapiro–Wilk* dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai signifikansi ( $p$ ) > 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal dan memenuhi asumsi untuk dilakukan analisis parametrik.

Uji *one-sample t-test* digunakan untuk mengetahui apakah rata-rata persepsi mahasiswa terhadap empat dimensi dalam kuesioner USE, yaitu kegunaan (*Usefulness*), kemudagan digunakan (*Ease of Use*), kemudahan dipelajari (*Ease of Learning*), dan kepuasan (*Satisfaction*), berbeda secara signifikan dari nilai tengah skala Likert, yaitu 3 (netral). Tabel 1. Menunjukkan hasil pengujian.

**Tabel 1. Hasil one-sample t-test**

Variabel	Test Value	t	Mean difference	p
<i>Usefulness</i>	3	7.063	.75500	.000***
<i>Easy of Use</i>	3	5.252	.64940	.000***
<i>Easy of Learning</i>	3	5.572	.67000	.000***
<i>Satisfaction</i>	3	6.488	.76820	.000***

\*\*\* $p < 0.001$

Keempat dimensi kuesioner USE— kegunaan (*Usefulness*), kemudagan digunakan (*Ease of Use*), kemudahan dipelajari (*Ease of Learning*), dan kepuasan (*Satisfaction*)—memiliki nilai  $p < 0.001$  dalam uji *one-sample t-test*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata persepsi mahasiswa dan nilai test value 3 (nilai netral). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa persepsi mahasiswa terhadap penggunaan laboratorium virtual 3D berada secara signifikan di atas nilai tengah skala Likert.

Secara lebih rinci, pada dimensi *Usefulness* diperoleh nilai  $t = 7.063$  dengan  $p < 0.001$  dan perbedaan rata-rata sebesar 0.755. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa menilai laboratorium virtual 3D bermanfaat dan berguna dalam membantu pemahaman materi pra-praktikum. Pada dimensi *Ease of Use*, nilai  $t = 5.252$  dengan  $p < 0.001$  dan perbedaan rata-rata sebesar 0.649 menunjukkan bahwa mahasiswa menilai laboratorium virtual 3D mudah digunakan, serta tidak mengalami kesulitan yang berarti dalam mengoperasikan atau menavigasi media pembelajaran tersebut.

Selanjutnya, pada dimensi *Ease of Learning* diperoleh nilai  $t = 5.572$  dengan  $p < 0.001$  dan perbedaan rata-rata sebesar 0.670. Hasil ini mengindikasikan bahwa laboratorium virtual 3D mudah dipelajari, di mana mahasiswa merasa cepat memahami cara penggunaannya serta memperoleh pengalaman belajar yang efektif melalui media tersebut. Terakhir, pada dimensi *Satisfaction*, hasil uji menunjukkan nilai  $t = 6.488$  dengan  $p < 0.001$  dan perbedaan rata-rata sebesar 0.768. Temuan ini menggambarkan bahwa mahasiswa merasa puas terhadap pengalaman belajar menggunakan laboratorium virtual 3D, yang dinilai menyenangkan dan memberikan tingkat kepuasan belajar yang tinggi.

Secara keseluruhan, hasil ini memperlihatkan bahwa laboratorium virtual 3D dinilai positif oleh mahasiswa, baik dari segi kemanfaatan, kemudahan penggunaan, kemudahan dipelajari, maupun kepuasan belajar yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual 3D dapat menjadi media pembelajaran yang efektif dan mendukung peningkatan kualitas pengalaman belajar pra-praktikum bagi mahasiswa teknik elektro.

## PEMBAHASAN

Hasil uji one-sample t-test menunjukkan bahwa keempat dimensi dalam instrumen USE—*Usefulness*, *Ease of Use*, *Ease of Learning*, dan *Satisfaction*—memiliki nilai  $p < 0,001$  dengan *mean difference* positif terhadap nilai *test value* 3. Temuan ini menandakan bahwa persepsi mahasiswa terhadap penggunaan laboratorium virtual 3D berada secara signifikan di atas nilai netral. Artinya, mahasiswa menilai bahwa laboratorium virtual 3D yang digunakan bermanfaat, mudah digunakan, mudah dipelajari, dan memberikan pengalaman belajar yang memuaskan. Dalam konteks praktikum pengukuran listrik menggunakan ElectricVLab, hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya menerima teknologi tersebut secara positif, tetapi juga merasakan manfaat langsung dalam mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran.

Pada dimensi *Usefulness*, nilai *mean difference* sebesar 0,755 menunjukkan bahwa laboratorium virtual 3D membantu mahasiswa memahami materi pra-praktikum secara lebih efektif. ElectricVLab menyediakan simulasi komponen listrik, multimeter virtual, CRO, dan rangkaian dasar yang memungkinkan mahasiswa berlatih membaca tegangan, arus, serta resistansi secara akurat sebelum memasuki laboratorium fisik. Pengalaman visual dan interaktif ini menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, terutama ketika mahasiswa harus melakukan prosedur pengukuran yang menuntut ketelitian. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa virtual laboratories mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan belajar mahasiswa karena sifatnya yang interaktif dan realistis (Li & Liang, 2024; Sapriati et al., 2023).

Pada dimensi *Ease of Use* dengan *mean difference* sebesar 0,649 dan *Ease of Learning* dengan *mean difference* sebesar 0,670, mahasiswa menilai bahwa ElectricVLab mudah dioperasikan dan dipelajari. Antarmuka yang intuitif, menu navigasi yang sederhana, serta langkah penyusunan rangkaian yang menyerupai prosedur nyata membuat mahasiswa dapat melakukan aktivitas pengukuran tanpa hambatan teknis. Selain itu, sistem memberikan umpan balik visual, teks, dan suara ketika terjadi kesalahan sambungan, sehingga mempercepat proses belajar prosedural seperti membaca multimeter, CRO, menentukan polaritas, dan melakukan troubleshooting sederhana. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa kemudahan penggunaan dan kemudahan dipelajari merupakan faktor penting dalam meningkatkan efektivitas serta penerimaan teknologi pembelajaran (Ahmad Ravi & Betti Ses Eka Polonia, 2022; Sümer & Vaněček, 2025).

Dimensi *Satisfaction* menunjukkan *mean difference* tertinggi sebesar 0,768, yang menandakan bahwa mahasiswa merasa sangat puas dengan pengalaman belajar melalui ElectricVLab. Kepuasan ini tercermin dari adanya rasa aman ketika berlatih tanpa risiko kesalahan fatal atau kerusakan alat, serta pengalaman belajar yang dinilai lebih menarik dibandingkan media statis. Interaktivitas tinggi dalam simulasi, kemampuan melakukan pengulangan eksperimen tanpa batas, serta visualisasi dinamika arus dan tegangan memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan menyenangkan. Temuan ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual dengan tingkat imersi tinggi mampu meningkatkan motivasi, kepuasan, dan keterlibatan emosional mahasiswa selama proses pembelajaran (Tsirulnikov et al., 2023; Wahyudi et al., 2025).

Dengan demikian, seluruh dimensi USE memperlihatkan bahwa laboratorium virtual 3D—dalam hal ini ElectricVLab—tidak hanya mendukung pemahaman konseptual, tetapi juga memperkuat keterampilan prosedural, meningkatkan kenyamanan belajar, dan menciptakan pengalaman praktikum yang lebih positif bagi mahasiswa teknik elektro.

### SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laboratorium virtual 3D memberikan pengaruh positif terhadap persepsi mahasiswa dalam pembelajaran pra-praktikum. Berdasarkan hasil uji *one-sample t-test*, keempat dimensi dalam instrumen USE—*Usefulness*, *Ease of Use*, *Ease of Learning*, dan *Satisfaction*—menunjukkan nilai  $p < 0,001$  dengan *mean difference* positif terhadap nilai test value 3. Temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa memiliki persepsi yang tinggi terhadap manfaat, kemudahan penggunaan, kemudahan pembelajaran, dan tingkat kepuasan terhadap laboratorium virtual 3D khususnya melalui platform ElectricVLab.

Secara lebih rinci, mahasiswa menilai bahwa laboratorium virtual 3D membantu mereka memahami materi pra-praktikum dengan lebih baik, mudah dioperasikan tanpa hambatan teknis yang berarti, serta mudah dipelajari dalam waktu relatif singkat. Selain itu, mahasiswa juga merasakan pengalaman belajar yang menyenangkan, interaktif, dan bermakna selama menggunakan media tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual 3D berpotensi menjadi alternatif efektif dalam meningkatkan kesiapan mahasiswa sebelum melaksanakan praktik di laboratorium fisik.

Secara keseluruhan, penggunaan ElectricVLab sebagai laboratorium virtual 3D tidak hanya efektif dalam memperkuat pemahaman konseptual dan prosedural mahasiswa, tetapi juga mendukung aspek afektif melalui peningkatan kepuasan dan motivasi belajar. Platform ini berpotensi menjadi solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan alat, risiko keselamatan, dan keterbatasan waktu praktikum yang umum terjadi dalam pembelajaran teknik elektro.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar evaluasi tidak hanya berfokus pada persepsi mahasiswa, tetapi juga pada pengukuran hasil belajar dan keterampilan praktis secara empiris. Pendekatan *mixed methods* atau desain eksperimen dengan kelompok kontrol akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas ElectricVLab dalam meningkatkan kompetensi mahasiswa teknik elektro, baik pada aspek teori maupun praktik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Ravi, & Betti Ses Eka Polonia. (2022). Media Pembelajaran Virtual Laboratory untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa Prodi Pemeliharaan Mesin. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(3), 754–760. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.680>
- de Freitas, F. V., Gomes, M. V. M., & Winkler, I. (2022). Benefits and Challenges of Virtual-Reality-Based Industrial Usability Testing and Design Reviews: A Patents Landscape and Literature Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031755>
- Fauziah, E. L., Nais, M. K., Kusrijadi, A., & Chaerunisa, H. N. (2024). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran berbasis Laboratorium Virtual terhadap Motivasi Belajar Peserta Didik pada Materi Keseimbangan. *Jurnal Riset Dan Praktik Pendidikan Kimia*, 12(1), 27–33. <https://doi.org/10.17509/jrppk.v12i1.69418>
- Jannah, S. N., Sobandi, A., Classroom, G., & Classroom, G. (2020). The Measurement of Usability Using USE Questionnaire on the Google Classroom Application as E-learning Media. *TEKNODIKA*, 18(02).
- Kapici, H. O., & Costu, F. (2023). Investigating the effects of different laboratory environments on gifted students' conceptual knowledge and science process skills. *Turkish Journal of Education*, 12(2), 94–105. <https://doi.org/10.19128/turje.1252402>
- Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 19(12), 1–23.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire. *Usability and User Experience*, 8(2).
- Malik, A., Chusni, M. M., Ubaidillah, M., Zakwandi, R., & Nugraha, A. R. (2025). Virtual Multiple Skill Laboratory: An Integrated Web-Based Experiment for Science Students. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(3), 761–774. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i3.45225>
- Marešová, H., & Ecler, D. (2022). Educational Potential of 3D Multi-User Virtual Environments. *Lifelong Learning*, 12(1), 9–32. <https://doi.org/10.11118/lifele20221201009>
- Petersen, G. B., Stenberdt, V., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2023). Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning. *Computers and Education*, 207(April). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104931>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). Computers & Education A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education : Design elements , lessons learned , and research agenda. *Computers & Education*, 147(July 2019), 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rahayu, C., & Eliyarti, E. (2019). Deskripsi Efektivitas Kegiatan Praktikum Dalam Perkuliahan Kimia Dasar Mahasiswa Teknik. *Edu Sains Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 7(2), 51–60. <https://doi.org/10.23971/eds.v7i2.1476>
- Raman, R., Achuthan, K., Nair, V. K., & Nedungadi, P. (2022). Virtual Laboratories- A historical review and bibliometric analysis of the past three decades. In *Education and Information Technologies* (Vol. 27, Issue 8). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11058-9>
- Rasheed, G., Khan, M., Malik, N., Akhunzada, A., Lin, W.-S., & Lin, H.-C. K. (2021). *The effect of Problem/Project-Based Learning on a desired skill set for construction professionals*. 13(19), 10812. <https://www.mdpi.com/1291944>
- Riska, D., Mayub, A., & Medriati, R. (2022). Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis Website di Kelas X Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ). *Jurnal Kumbaran Fisika*, 4(3), 193–202. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.193-202>
- Sa'adah, N. L., Putra, M. T. M., Maula, P. I., & Putra, E. R. (2025). V-Lab sebagai Sarana Pembelajaran Inovatif pada Pembelajaran Praktikum Fiber Optic. *Jurnal Ilmiah Edutic : Pendidikan Dan Informatika*, 12(1), 49–60. <https://doi.org/10.21107/edutic.v12i1.29394>
- Sapriati, A., Suhandoko, A. D. J., Yundayani, A., Karim, R. A., Kusmawan, U., Mohd Adnan, A. H., & Suhandoko, A. A. (2023). The Effect of Virtual Laboratories on Improving Students' SRL: An Umbrella Systematic Review. *Education Sciences*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/educsci13030222>
- Schneider, J., Felkai, C., & Munro, I. (2022). A Comparison of Real and Virtual Laboratories for Pharmacy Teaching. *Pharmacy*, 10(5), 133. <https://doi.org/10.3390/pharmacy10050133>
- Sharifkhani, M., Davidson, J., Walsh, C., Evans-Freeman, J., Brown, C., & MacCallum, K. (2025). Exploring the Pedagogical Implications of Virtual Labs: A Case Study of the Ward Design Project. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(3), 1–12. <https://doi.org/10.1002/cae.70016>
- Sriadhi, S., Hamid, A., & Restu, R. (2022). Web-Based Virtual Laboratory Development for Basic Practicums in Science and Technology. *TEM Journal*, 11(1), 396–402. <https://doi.org/10.18421/TEM111-50>
- Sümer, M., & Vaněček, D. (2025). A systematic review of virtual and augmented realities in higher education: Trends and issues. *Innovations in Education and Teaching*

- International*, 62(3), 811–822. <https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2382854>
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.1.159>
- Tobarra, L., Robles-Gómez, A., Pastor, R., Hernández, R., Duque, A., & Cano, J. (2020). Students' acceptance and tracking of a new container-based virtual laboratory. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/app10031091>
- Tsirulnikov, D., Stuart, C., Abdullah, R., Vulcu, F., & Mullarkey, C. E. (2023). Game on: immersive virtual laboratory simulation improves student learning outcomes & motivation. *FEBS Open Bio*, 13(3), 396–407. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13567>
- Vertesi, A., Dogan, H., & Stefanidis, A. (2020). Usability Evaluation of Virtual Learning Environments: A University Case Study. In *Proceedings of the 15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age, CELDA 2018* (pp. 161–183). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48190-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48190-2_9)
- Wahyudi, M. N. A., Budiyo, C. W., Widiastuti, I., Hatta, P., & bin Bakar, M. S. (2025). Exploring Students' Perception of Virtual Laboratory Adoption on an IoT Course. *TEM Journal*, 14(2), 1531–1547. <https://doi.org/10.18421/TEM142-52>
- Wintribrata, B. H., Amelia, R. N., & Listiaji, P. (2025). ThermoLab for STEM: An Interactive 3D Virtual Lab to Strengthen Students' Computational Thinking in Heat, Temperature, and Expansion. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 14(2), 138–156. <https://doi.org/10.26740/jpps.v14n2.p138-156>