



The Utilization of Virtual Reality in Ohm's Law Experiment Simulation

Faizatul Mabruroh^{1*}, Prisilia Talakua², Herni Yuniarti Suhendi³, Musa Marsel Maipauw⁴

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Raden Fatah Palembang, Indonesia
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri Km.3, Kota Palembang.

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi
Institut Agama Kristen Negeri Ambon, Indonesia
Jl. Dolog, Halong Atas, Teluk Ambon Baguala, Ambon.

³Program Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Siliwangi, Indonesia
Jl. Siliwangi No. 24 Kahuripan, Kota Tasikmalaya.

⁴Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Pattimura, Indonesia
Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Kec. Tlk. Ambon, Kota Ambon.

*e-mail: faizatul.mabruroh_uin@radenfatah.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.52434/jpif.v5i1.42510>

Accepted: May 26, 2025 Approved: May 31, 2025 Published: Juni 3, 2025

ABSTRACT

This study aims to analyze the utilization of virtual reality (VR) technology in simulating Ohm's Law experiments in physics education. Ohm's Law is a fundamental concept in physics that relates voltage, current, and resistance in electrical circuits, which is essential for understanding various electrical phenomena. However, conventional physics experiments are often limited by the availability of equipment, infrastructure, and costs. Virtual reality offers a solution by providing immersive and interactive simulations, allowing students to conduct experiments without physical constraints. This study employs literature review approach to evaluate trends in the use of VR in Ohm's Law experiments. The results show that VR technology can enhance students' understanding of abstract physics concepts, increase engagement and motivation, and offer more flexible and safer access to physics experiments. This study also notes that combining real and virtual experiments yields better results than relying on one type of experiment. Therefore, the use of VR in physics education holds significant potential to overcome existing limitations and support more effective and engaging learning.

Keywords: Experiments, Literature Review, Ohm's Law, Physics, Virtual Reality

Pemanfaatan *Virtual Reality* dalam Simulasi Percobaan Hukum Ohm

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan teknologi *virtual reality* (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm dalam pendidikan fisika. Hukum Ohm adalah konsep dasar dalam fisika yang menghubungkan tegangan, arus, dan resistansi dalam rangkaian listrik, yang penting untuk memahami berbagai fenomena kelistrikan. Namun, eksperimen fisika konvensional sering kali terbatas oleh keterbatasan alat peraga, infrastruktur, dan biaya. Virtual reality menawarkan solusi dengan menyediakan simulasi yang imersif dan interaktif, memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen tanpa keterbatasan fisik. Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* untuk mengevaluasi tren penggunaan VR dalam eksperimen hukum Ohm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi VR dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika yang abstrak, meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar, serta menawarkan akses yang lebih fleksibel dan aman dalam eksperimen fisika. Penelitian ini juga mencatat bahwa penggunaan eksperimen nyata dan virtual secara bersamaan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hanya mengandalkan satu jenis eksperimen. Oleh karena itu, pemanfaatan VR dalam pendidikan fisika sangat potensial untuk mengatasi keterbatasan yang ada dan mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan menarik.

Kata kunci: Eksperimen, Fisika, Hukum Ohm, Tinjauan Pustaka, Virtual Reality

PENDAHULUAN

Pemahaman tentang hukum Ohm dalam pendidikan fisika memiliki peranan yang sangat penting bagi para siswa. Sebagai salah satu konsep dasar dalam fisika, hukum Ohm menjelaskan hubungan antara tegangan, arus, dan resistansi dalam sebuah rangkaian listrik. Dengan memahami konsep ini, siswa memperoleh dasar pengetahuan yang sangat dibutuhkan untuk mempelajari konsep-konsep listrik lainnya yang lebih kompleks (Canet et al., 2024; Kim & Ha, 2024). Penguasaan hukum ini memungkinkan siswa untuk memahami prinsip-prinsip dasar yang mendasari teknologi modern seperti perangkat elektronik, sistem kelistrikan, dan inovasi energi terbarukan. Sebagai dasar dalam berbagai eksperimen listrik, pemahaman yang mendalam tentang hukum Ohm tidak hanya penting untuk memahami konsep-konsep fisika, tetapi juga dapat meningkatkan keterampilan analitis dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Keterampilan ini sangat berharga, karena dapat diterapkan dalam berbagai bidang ilmiah dan teknik, membuka peluang bagi siswa untuk mengatasi tantangan yang lebih kompleks di masa depan (Daniel et al., 2024; SALAR, 2021).

Dalam konteks eksperimen fisika konvensional, terdapat berbagai tantangan yang menghambat pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep dasar, seperti hukum Ohm. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan alat peraga yang tersedia di sejumlah sekolah, yang sering kali tidak mampu secara representatif menggambarkan interaksi kompleks antara tegangan, arus, dan resistansi secara langsung. Kondisi ini mengakibatkan kesulitan bagi siswa dalam mengonseptualisasikan aliran listrik dalam rangkaian dan memahami dampak dari variabel-variabel tersebut secara visual. Selain itu, eksperimen konvensional umumnya memerlukan perangkat keras yang relatif mahal dan pengawasan yang cermat, yang pada akhirnya membatasi aksesibilitas dan efektivitasnya dalam proses pembelajaran (Henukh & Astra, 2021; Irvani et al., 2023). Penggunaan teknologi, seperti simulasi berbasis *Virtual Reality* (VR), dapat menjadi

alternatif solusi yang potensial untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut, dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan dapat diakses dengan lebih mudah. (AlGerafi et al., 2023; Dudley et al., 2023; Irvani et al., 2023).

Virtual Reality (VR) merupakan teknologi yang memungkinkan pengguna untuk merasakan pengalaman interaktif dalam lingkungan tiga dimensi yang sepenuhnya dibangun secara digital. Teknologi ini beroperasi dengan memanfaatkan perangkat keras, seperti *headset* VR dan pengendali, untuk menciptakan dunia virtual yang dapat dirasakan seolah-olah nyata oleh penggunanya. Dalam konteks pendidikan fisika, VR memiliki potensi yang signifikan untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam eksperimen konvensional. Sebagai contoh, VR dapat menyediakan simulasi visual dan interaktif dari konsep-konsep abstrak, seperti aliran listrik dalam rangkaian yang dijelaskan oleh hukum Ohm. Dengan menggunakan VR, siswa dapat berinteraksi langsung dengan elemen-elemen dalam simulasi, mengubah variabel seperti tegangan atau resistansi, dan mengamati dampaknya secara langsung dalam bentuk yang lebih mudah dipahami. Hal ini sangat bermanfaat, mengingat bahwa konsep-konsep seperti arus listrik dan resistansi sering kali sulit untuk divisualisasikan melalui alat peraga fisik yang terbatas (Bihlmayer et al., 2022; Hanam et al., 2024; Laschuk et al., 2021; Von Meier, 2024).

Virtual Reality (VR) juga dapat mengatasi kendala infrastruktur dan keterbatasan alat peraga yang sering ditemui dalam pendidikan fisika konvensional. Sebagai contoh, eksperimen hukum Ohm yang memerlukan peralatan seperti sumber tegangan, kawat resistif, dan multimeter, dapat disimulasikan dengan akurat dalam lingkungan virtual, memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen tanpa harus bergantung pada ketersediaan peralatan fisik. Selain itu, simulasi berbasis VR memungkinkan eksperimen dilakukan secara berulang dengan biaya yang lebih rendah, memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar dari kesalahan mereka tanpa risiko kerusakan pada alat atau bahan. Dengan demikian, VR tidak hanya menyediakan pengalaman yang lebih praktis dan mudah diakses, tetapi juga menawarkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan imersif, yang pada gilirannya dapat meningkatkan pemahaman serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran hukum Ohm (Frieß et al., 2021; Sivapriyan et al., 2024).

Potensi *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran fisika memiliki nilai yang sangat besar, khususnya dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak yang sering kali sulit dipahami melalui metode konvensional (Astra et al., 2021; Pandeka et al., 2021). Fisika sering kali melibatkan prinsip-prinsip yang tidak dapat dilihat atau diukur secara langsung, seperti medan listrik, gelombang elektromagnetik, atau interaksi partikel subatomik. Dengan memanfaatkan VR, siswa dapat merasakan pengalaman langsung dari konsep-konsep tersebut dalam bentuk simulasi yang interaktif dan visual. Sebagai contoh, dalam mempelajari hukum Ohm, siswa tidak hanya mendengarkan penjelasan atau melihat diagram statis, melainkan mereka dapat berinteraksi langsung dengan rangkaian listrik dalam lingkungan tiga dimensi, mengubah variabel-variabel seperti tegangan dan resistansi, serta mengamati dampaknya terhadap arus listrik secara real-time. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk belajar dengan cara yang lebih intuitif dan praktis, yang pada gilirannya dapat memperdalam pemahaman mereka terhadap fenomena fisik yang kompleks (Banda & Nzabahimana, 2023; Crogman et al., 2025; Sadidah & Irvani, 2021; Vicovaro, 2023).

Virtual reality (VR) memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan menarik, yang berpotensi meningkatkan motivasi siswa untuk lebih terlibat dalam pembelajaran fisika (Georgiou

et al., 2021; Sun et al., 2023). Pembelajaran berbasis VR memungkinkan siswa untuk mengakses simulasi fisika dalam lingkungan yang tidak terbatas oleh kendala fisik, seperti ruang laboratorium atau peralatan percobaan yang mahal. Dengan demikian, VR dapat digunakan untuk membuat eksperimen fisika yang sulit dilakukan dalam pengajaran tradisional menjadi lebih mudah diakses, aman, dan terjangkau. Sebagai contoh, eksperimen yang melibatkan potensi bahaya, seperti eksperimen dengan bahan kimia atau tegangan tinggi, dapat disimulasikan dengan aman dalam dunia virtual. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga memungkinkan siswa untuk belajar dari kesalahan tanpa konsekuensi negatif, serta mendorong pendekatan pembelajaran yang lebih eksploratif dan kreatif (AlGerafi et al., 2023; Lee et al., 2022; Lin & Wang, 2021).

Analisis tren penelitian terkait penggunaan *Virtual Reality* (VR) dalam eksperimen fisika, khususnya dalam simulasi hukum Ohm, sangat penting untuk memahami perkembangan teknologi pendidikan dan dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran. Sebuah tinjauan sistematis terhadap literatur menunjukkan bahwa minat terhadap penerapan VR dalam pendidikan fisika terus mengalami peningkatan, dengan fokus utama pada penguatan pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak seperti hukum Ohm melalui simulasi interaktif. Penelitian-penelitian terdahulu telah mengindikasikan bahwa penggunaan VR dapat meningkatkan motivasi siswa, memperkuat keterlibatan aktif dalam pembelajaran, serta memperdalam pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan (Holly et al., 2021; Liu et al., 2022; Maroukas et al., 2023).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyajikan tren dan pola utama yang ditemukan dalam penelitian terkait pemanfaatan *Virtual Reality* (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm. Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah penelitian telah mengeksplorasi bagaimana teknologi VR dapat diterapkan untuk mengatasi tantangan dalam eksperimen fisika konvensional, khususnya dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak, seperti aliran listrik dalam rangkaian. Melalui tinjauan terhadap berbagai studi yang ada, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana perkembangan teknologi VR berkontribusi terhadap pembelajaran fisika, terutama dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap hukum Ohm. Salah satu tren utama yang muncul adalah peningkatan penggunaan VR untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif, yang memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan elemen-elemen percobaan dalam lingkungan yang lebih aman dan mudah diakses (Baxter & Hainey, 2024; Kuhail et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Literature Review*, yaitu kajian literatur untuk menilai tren, pola, dan temuan penting dari penelitian terkait penggunaan *Virtual Reality* (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat mengidentifikasi perkembangan terbaru dalam aplikasi VR di bidang pendidikan fisika, khususnya dalam memahami konsep-konsep seperti hukum Ohm. Proses review memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data secara komprehensif, memastikan bahwa studi-studi yang relevan dengan topik ini dianalisis secara mendalam untuk menghasilkan temuan yang valid dan bermanfaat dalam konteks pengajaran fisika berbasis teknologi (Hernandi et al., 2024; Zakaria et al., 2025).

Proses pengumpulan data dilakukan melalui database Scopus, yang merupakan sumber terpercaya untuk mendapatkan artikel-artikel ilmiah terkait dengan topik ini. Pencarian artikel dilakukan

menggunakan kata kunci (TITLE-ABS-KEY (virtual AND reality) AND TITLE-ABS-KEY (ohm AND experiment)). Dengan prosedur ini, peneliti dapat mengidentifikasi studi-studi yang relevan dengan tepat dan memastikan bahwa artikel-artikel yang dipilih mencerminkan tren terbaru dalam penggunaan VR dalam pendidikan fisika, khususnya dalam eksperimen hukum Ohm.

Setelah pengumpulan data, proses analisis dilakukan dengan mengidentifikasi tren penelitian yang berkembang, metodologi yang sering digunakan, serta temuan-temuan utama yang relevan dengan penggunaan VR dalam pendidikan fisika. Hasil penelitian dikategorikan berdasarkan tema-tema utama, seperti efektivitas VR dalam meningkatkan pemahaman siswa, keuntungan dan tantangan penggunaan teknologi ini dalam eksperimen hukum Ohm, serta aplikasi praktis dalam konteks pengajaran fisika. Untuk menggambarkan keseluruhan alur penelitian, diagram alur disusun untuk menunjukkan proses seleksi artikel, pengumpulan data, dan analisis temuan secara jelas dan terstruktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian artikel dari *database scopus*, diperoleh sebanyak 7 artikel yang sesuai dengan kata kunci yang diberikan. Data artikel yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

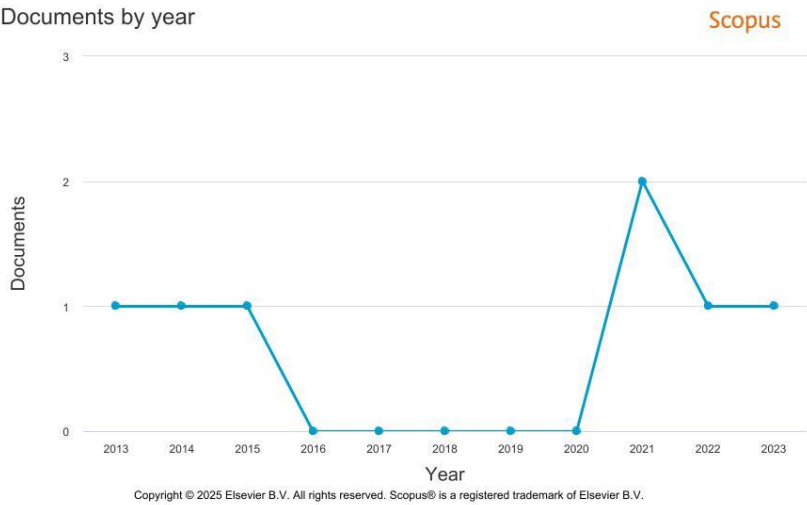
Tabel 1. Ringkasan Data Artikel Hasil Penelusuran pada *Database Scopus*

Kode	Judul (Penulis, Tahun)	Jenis Dokumen	Sumber	Temuan Penting
A1	Exploring the Effects of Game-based Learning (Mondal & Maity, 2023)	Article	Journal of Engineering Education Transformations	Laboratorium virtual interaktif berbasis <i>Unity Engine</i> untuk memungkinkan siswa melakukan eksperimen Hukum Ohm secara daring. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi ini meningkatkan efektivitas pembelajaran, keterlibatan, dan pemahaman siswa terhadap konsep fisika dasar.
A2	Effect of virtual reality-based pre-lab training simulator on students' learning and skills in laboratory work: A comparative	Conference paper	AIP Conference Proceedings	Pelatihan pre-lab berbasis VR secara signifikan meningkatkan pengalaman belajar dan kepercayaan diri mahasiswa dalam menggunakan peralatan laboratorium, meskipun tidak terdapat perbedaan signifikan dalam skor pengetahuan atau waktu penyelesaian tugas laboratorium antara kedua kelompok

Kode	Judul (Penulis, Tahun)	Jenis Dokumen	Sumber	Temuan Penting
	exploration (Sharma et al., 2022)			
A3	Mobile Virtual Reality (VR) for science projects: Ohm's law laboratory (Pandeka et al., 2021)	Conference paper	International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2021	Penelitian ini mengembangkan simulator laboratorium Hukum Ohm berbasis <i>mobile virtual reality</i> (VR) untuk mendukung pembelajaran sains. Penggunaan mobile VR ini dapat menggantikan laboratorium fisik dan memberikan pengalaman belajar yang fleksibel serta meningkatkan pemahaman konsep melalui visualisasi dan interaksi real-time
A4	Design-based research on a cooperative educational VR game about Ohm's law (Frieß et al., 2021)	Conference paper	Proceedings of the European Conference on Games-based Learning	Penggunaan <i>game</i> VR ini meningkatkan pemahaman siswa terhadap Hukum Ohm dan mengindikasikan adanya hubungan antara karakteristik peserta dan lingkungan pengujian
A5	The effect of teaching electric circuits switching from real to virtual lab or vice versa - A case study with junior high-school learners (Tsihouridis et al., 2015)	Conference paper	Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015	Penelitian ini menggunakan studi kasus dengan membandingkan dua pendekatan pembelajaran rangkaian listrik pada siswa SMP: beralih dari laboratorium nyata ke laboratorium virtual, dan sebaliknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua pendekatan transisi tersebut sama-sama efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang rangkaian listrik, namun urutan penggunaan (nyata ke virtual atau virtual ke nyata) tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap hasil belajar.
A6	Development of a suite of virtual experiments	Conference paper	ASEE Annual Conference and Exposition,	Laboratorium virtual ini memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen berulang kali secara fleksibel, meningkatkan

Kode	Judul (Penulis, Tahun)	Jenis Dokumen	Sumber	Temuan Penting
	for physics and chemistry undergraduate laboratories (Satope et al., 2014)		Conference Proceedings	pemahaman konsep, dan mengatasi kendala keterbatasan alat serta biaya pada laboratorium nyata.
A7	Remote experiments in secondary school education (Dziabenko et al., 2013)	Conference paper	Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE	Penggunaan <i>remote labs</i> memperluas akses dan frekuensi praktik eksperimen, meningkatkan keterlibatan, keterampilan berpikir kritis, dan pemahaman konsep ilmiah siswa, sekaligus mengatasi keterbatasan alat serta biaya laboratorium konvensional

Artikel yang ditemukan ini dipublikasikan pada rentang tahun 2013 sampai dengan 2023. Peneliti tidak menemukan artikel lain dengan kata kunci yang digunakan di luar tahun tersebut. Tren publikasi artikel setiap tahun ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



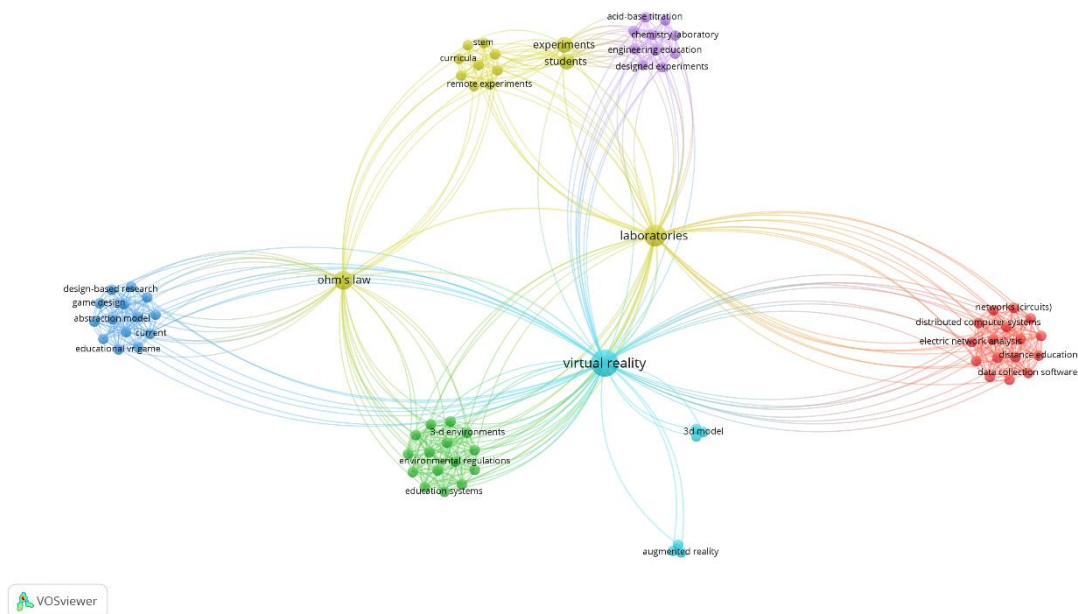
Gambar 1. Grafik Tren Jumlah Publikasi Terkait VR dalam Simulasi Eksperimen Hukum Ohm

Grafik pada Gambar 1 ini menunjukkan distribusi jumlah publikasi yang terkait dengan pemanfaatan *Virtual Reality* (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm berdasarkan tahun, yang diambil dari *database Scopus*. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa publikasi terkait topik ini cukup jarang hingga tahun 2020, dengan hanya satu artikel yang diterbitkan pada tahun 2015. Namun, terdapat lonjakan yang signifikan pada tahun 2020, di mana jumlah publikasi meningkat secara drastis, dengan dua artikel diterbitkan pada tahun tersebut. Setelah itu, jumlah publikasi

kembali menurun pada tahun-tahun berikutnya, dengan satu artikel diterbitkan lagi pada tahun 2021 dan 2023.

Lonjakan publikasi pada tahun 2020 diperkirakan terkait dengan peningkatan minat terhadap teknologi Virtual Reality (VR), yang dipengaruhi oleh kebutuhan akan pembelajaran jarak jauh dan penggunaan teknologi digital yang lebih intensif selama pandemi COVID-19. Sebelumnya, penelitian tentang penerapan VR dalam pendidikan fisika mungkin terbatas oleh kendala teknologi atau akses terhadap perangkat keras. Namun, dengan meningkatnya adopsi teknologi VR di berbagai bidang pendidikan, termasuk pendidikan fisika, minat terhadap penggunaan VR dalam eksperimen fisika mengalami peningkatan yang signifikan setelah tahun 2020 (Brown et al., 2023; Markowitz & Bailenson, 2021).

Analisis berikutnya dilihat dari keterkaitan kata kunci yang muncul. Dengan menggunakan bantuan *software VOSviewer* diperoleh visualisasi seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Visualisasi Keterkaitan Kata Kunci yang Muncul pada Artikel

Gambar 2 menunjukkan peta co-occurrence yang mengilustrasikan hubungan antara berbagai konsep yang terkait dengan penelitian tentang penggunaan *Virtual Reality* (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm dan bidang terkait lainnya. Peta ini dirancang untuk menunjukkan keterkaitan antara topik-topik utama yang muncul dalam literatur yang relevan. Dalam visualisasi ini, *node* yang lebih besar dan lebih terang menunjukkan topik yang lebih sering muncul atau lebih sentral dalam penelitian, sementara *node* yang lebih kecil dan lebih gelap menunjukkan topik yang kurang dominan.

Salah satu pengamatan utama dari visualisasi ini adalah bahwa *Virtual Reality* (VR) terhubung dengan banyak topik terkait, seperti *3D environments*, *educational systems*, dan *distance education*. Ini menunjukkan bagaimana VR sering digunakan dalam pendidikan fisika, termasuk

dalam eksperimen hukum Ohm, serta dalam sistem pendidikan jarak jauh. Topik ini sangat relevan dengan tren pembelajaran digital yang berkembang pesat, terutama dalam konteks pandemi COVID-19 yang mempercepat adopsi pembelajaran berbasis teknologi (Brown et al., 2023).

Di sisi lain, hukum Ohm juga memiliki hubungan yang erat dengan berbagai topik terkait eksperimen fisika, termasuk eksperimen, siswa, dan kurikulum. Hal ini menunjukkan bahwa hukum Ohm, sebagai konsep dasar dalam fisika listrik, sering diterapkan dalam percobaan fisika yang melibatkan Virtual Reality (VR) dan digunakan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep aliran listrik melalui eksperimen virtual. Hubungan dengan topik-topik seperti desain permainan dan permainan edukasi berbasis VR menyoroti pentingnya desain berbasis permainan dalam meningkatkan interaktivitas dan keterlibatan siswa dalam eksperimen fisika (Villada Castillo et al., 2025; Zhang et al., 2025).

Secara substantif analisis dilakukan secara mendalam dari artikel-artikel yang diperoleh. Dari tujuh artikel yang diperoleh seperti ditunjukkan pada Tabel 1, hanya tiga artikel yang dapat diakses secara penuh, yakni artikel dengan kode A1, A5, dan A7. Artikel dengan kode A6 hanya tersedia abstraknya saja, sedangkan sisanya tidak bisa diakses secara penuh.

Artikel A1 ini mengkaji pengembangan dan evaluasi aplikasi laboratorium virtual interaktif yang bertujuan untuk membantu siswa melakukan percobaan Hukum Ohm, khususnya mengatasi tantangan melakukan pekerjaan laboratorium di luar jam kelas. Aplikasi ini, yang dikembangkan menggunakan *Unity Engine* dengan C#, memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan melalui ponsel atau komputer mereka, menawarkan alternatif untuk pengaturan laboratorium tradisional yang memerlukan peralatan fisik. Laboratorium virtual ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model 3D dari peralatan laboratorium penting seperti ammeter, voltmeter, dan rheostat, meningkatkan pengalaman belajar mereka dengan memberikan sensasi praktikum yang realistis (Mondal & Maity, 2023). Inovasi ini sangat relevan selama pandemi COVID-19 ketika laboratorium fisik tidak dapat diakses.

Uji kegunaan dari aplikasi ini menunjukkan hasil yang menjanjikan, dengan peserta menunjukkan peningkatan pemahaman dan kinerja setelah menggunakan laboratorium virtual. Skor rata-rata pada kuis terkait meningkat secara signifikan, yang menunjukkan bahwa alat pembelajaran berbasis VR ini efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang Hukum Ohm. Selain itu, uji keandalan menggunakan survei IMMS dari Keller menunjukkan tingkat motivasi yang tinggi di kalangan siswa, yang semakin mendukung potensi VR dalam pendidikan (Mondal & Maity, 2023). Pengembangan ini menyoroti manfaat integrasi realitas virtual dalam pendidikan, terutama di daerah terpencil yang memiliki akses terbatas ke laboratorium fisik, sehingga percobaan ilmiah menjadi lebih mudah diakses dan terjangkau.

Pada artikel A5 mengkaji perbedaan hasil pembelajaran ketika siswa menggunakan laboratorium nyata (real lab) dan virtual secara bergantian dalam pembelajaran sirkuit listrik. Dalam studi ini, dua kelompok siswa diberi urutan pembelajaran yang berbeda: satu kelompok memulai eksperimen di laboratorium nyata kemudian beralih ke laboratorium virtual, sementara kelompok lainnya memulai dengan laboratorium virtual sebelum akhirnya melakukan eksperimen nyata (Tsihouridis et al., 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa urutan penggunaan laboratorium ini memengaruhi pemahaman konsep siswa tentang sirkuit listrik, dengan kelompok yang

memulai dengan eksperimen nyata dan kemudian beralih ke virtual menunjukkan pemahaman yang sedikit lebih baik.

Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok setelah intervensi pengajaran, terutama dalam hal pemahaman tentang sifat resistor dan hukum Ohm. Kelompok yang memulai dengan eksperimen nyata memiliki peningkatan yang lebih besar dalam kinerja dibandingkan kelompok yang mulai dengan eksperimen virtual (Tsihouridis et al., 2015). Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi eksperimen nyata dan virtual, serta urutan penggunaan keduanya, dapat meningkatkan pembelajaran dan pemahaman konsep-konsep fisika, terutama pada topik yang lebih kompleks seperti sirkuit listrik. Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dalam pemahaman konsep tegangan yang perlu penelitian lebih lanjut.

Artikel A7 membahas penerapan eksperimen jarak jauh dalam pendidikan sekolah menengah, dengan fokus pada pengajaran Hukum Ohm di kelas Fisika. Eksperimen dilakukan menggunakan platform *WebLab-Deusto* dan *VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality)*, yang memungkinkan siswa merancang, menghubungkan, dan mengukur rangkaian listrik baik secara nyata maupun virtual. Penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimen jarak jauh, yang memungkinkan siswa mengakses laboratorium dari mana saja, dapat mengurangi biaya dan meningkatkan fleksibilitas dalam pembelajaran (Dziabenko et al., 2013). Meskipun eksperimen virtual lebih mudah diakses, pengajaran yang menggabungkan eksperimen nyata dan jarak jauh memberikan hasil yang lebih efektif, memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika dasar seperti Hukum Ohm dan Kirchoff.

Hasil implementasi eksperimen jarak jauh di Sekolah Menengah Urdaneta menunjukkan umpan balik yang positif dari siswa dan guru. Sebagian besar siswa melaporkan bahwa mereka lebih mudah memahami materi pelajaran dengan eksperimen ini dan merasa lebih tertarik untuk belajar lebih banyak. Namun, ada tantangan dalam memahami perbedaan antara simulasi komputer dan eksperimen nyata, yang membutuhkan penyesuaian dalam pengenalan eksperimen jarak jauh di kelas (Dziabenko et al., 2013). Penelitian ini menyarankan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan pemahaman siswa dan memperbaiki metode pengajaran, serta memperluas penggunaan laboratorium jarak jauh di sekolah menengah untuk mendukung kurikulum STEM.

Ketiga artikel yang telah dibahas (A1, A5, dan A7) memberikan wawasan yang mendalam mengenai penggunaan laboratorium virtual dan eksperimen jarak jauh dalam pendidikan, khususnya dalam pengajaran sains seperti Hukum Ohm. Ketiganya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi untuk mendukung eksperimen fisika di tingkat pendidikan menengah tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga menawarkan alternatif yang efisien dan efektif untuk pengajaran praktikum yang konvensional.

Pada artikel A1, dikemukakan tentang pengembangan laboratorium virtual berbasis VR (*virtual reality*) yang memungkinkan siswa melakukan percobaan Hukum Ohm dengan alat dan perangkat virtual, seperti ammeter, voltmeter, dan rheostat. Hasil dari uji coba menunjukkan bahwa eksperimen virtual ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar fisika, tetapi juga memberi mereka pengalaman praktikum yang lebih fleksibel dan dapat diakses kapan saja dan di mana saja, terutama dalam situasi seperti pandemi COVID-19 yang membatasi akses ke laboratorium fisik (Erlam et al., 2021; Patel et al., 2021; Rahman & Engström, 2025). Penelitian ini juga mengindikasikan bahwa kombinasi antara eksperimen nyata

dan virtual memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan salah satu jenis eksperimen (Wörner et al., 2022).

Sementara itu, artikel A5 menyoroti pentingnya urutan penggunaan laboratorium nyata dan virtual dalam pengajaran fisika, yang menunjukkan bahwa urutan eksperimen—dimulai dengan eksperimen nyata atau virtual—dapat mempengaruhi pemahaman konsep oleh siswa. Penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimen yang dimulai dengan laboratorium nyata diikuti dengan eksperimen virtual menghasilkan pemahaman yang lebih baik terhadap sirkuit listrik dan Hukum Ohm. Hal ini sejalan dengan temuan dari artikel pertama yang menyatakan bahwa eksperimen nyata memberi siswa pemahaman yang lebih mendalam tentang peralatan dan prosedur yang digunakan dalam eksperimen fisika (Mondal & Maity, 2023).

Adapun artikel A7 menekankan pada penggunaan eksperimen jarak jauh melalui platform *WebLab-Deusto* yang memungkinkan siswa mengakses laboratorium secara virtual dan mengerjakan percobaan sirkuit listrik, termasuk Hukum Ohm dan Kirchoff, dari mana saja dan kapan saja. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun banyak siswa yang belum familier dengan eksperimen jarak jauh, setelah diberi pemahaman, mereka menunjukkan minat yang tinggi untuk menggunakan platform tersebut dalam pembelajaran mereka. Hal ini menggarisbawahi potensi eksperimen jarak jauh dalam mendukung pembelajaran sains di sekolah menengah, di mana keterbatasan sumber daya fisik sering menjadi kendala (Dalgarno et al., 2009; Tomasik et al., 2021).

Secara keseluruhan, ketiga artikel ini menunjukkan pentingnya integrasi teknologi dalam pendidikan fisika untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih menarik dan fleksibel. Mereka sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa eksperimen virtual dan jarak jauh dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi keterbatasan ruang dan waktu yang sering kali dihadapi oleh sekolah-sekolah, khususnya di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan fasilitas (Dede, 1996; Dunleavy et al., 2009; Rahayu et al., 2022). Selain itu, penggunaan eksperimen jarak jauh yang menggabungkan pendekatan berbasis proyek dan inquiry dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, yang sangat penting dalam mengembangkan kompetensi STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) mereka.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi Virtual Reality (VR) dalam simulasi percobaan hukum Ohm berpotensi besar dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam fisika. VR memberikan pengalaman pembelajaran yang imersif dan interaktif, memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan elemen-elemen eksperimen, seperti tegangan, arus, dan resistansi. Hal ini tidak hanya mempermudah pemahaman hukum Ohm tetapi juga memberikan kesempatan untuk eksperimen yang dapat diulang tanpa keterbatasan alat atau biaya.

VR dapat mengatasi tantangan dalam pendidikan fisika konvensional, seperti keterbatasan ruang laboratorium dan alat peraga yang mahal. Kombinasi eksperimen nyata dan virtual terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa, serta meningkatkan motivasi dan keterlibatan mereka dalam pembelajaran. Penelitian ini juga menegaskan bahwa meskipun teknologi VR memiliki potensi yang besar, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak yang memadai,

serta pelatihan bagi pendidik, sangat diperlukan untuk memaksimalkan efektivitas pembelajaran berbasis VR.

REFERENSI

- AlGerafi, M. A. M., Zhou, Y., Oubibi, M., & Wijaya, T. T. (2023). Unlocking the potential: A comprehensive evaluation of augmented reality and virtual reality in education. *Electronics*, 12(18), 3953.
- Astra, I. M., Henukh, A., & Loupatty, M. (2021). The analysis of cognitive abilities and critical thinking skills with contextual approaches on heat transfer concepts for junior high school students. *AIP Conference Proceedings*, 2320(1), 20023.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127–141.
- Baxter, G., & Hainey, T. (2024). Using immersive technologies to enhance the student learning experience. *Interactive Technology and Smart Education*, 21(3), 403–425.
- Bihlmayer, G., Noël, P., Vyalikh, D. V, Chulkov, E. V, & Manchon, A. (2022). Rashba-like physics in condensed matter. *Nature Reviews Physics*, 4(10), 642–659.
- Brown, J., Bailenson, J., & Hancock, J. (2023). Misinformation in virtual reality. *Journal of Online Trust and Safety*, 1(5).
- Canet, M. J., Pérez-Pascual, M. A., Atarés, L., & Trujillo, M. (2024). Helping First-Year University Students to Overcome the Threshold Concept of Ohm's Law. *IEEE Transactions on Education*.
- Crogman, H. T., Cano, V. D., Pacheco, E., Sonawane, R. B., & Boroan, R. (2025). Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in experiential learning: Transforming educational paradigms. *Education Sciences*, 15(3), 303.
- Dalgarno, B., Bishop, A. G., Adlong, W., & Bedgood Jr, D. R. (2009). Effectiveness of a virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students. *Computers & Education*, 53(3), 853–865.
- Daniel, E., Juma, Z. R., & Kyobe, J. (2024). Comparing traditional teaching methods versus computer simulations on students' performance in learning Ohm's Law at Dodoma City Secondary Schools. *Tanzania. Journal of Research Innovation and Implications in Education*, 8(3), 402–412.
- Dede, C. (1996). The evolution of distance education: Emerging technologies and distributed learning. *American Journal of Distance Education*, 10(2), 4–36.
- Dudley, J., Yin, L., Garaj, V., & Kristensson, P. O. (2023). Inclusive Immersion: a review of efforts to improve accessibility in virtual reality, augmented reality and the metaverse. *Virtual Reality*, 27(4), 2989–3020.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, 18, 7–22.

- Dziabenko, O., Orduña, P., & García-Zubia, J. (2013). Remote experiments in secondary school education. *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1760–1764.
- Erlam, G. D., Garrett, N., Gasteiger, N., Lau, K., Hoare, K., Agarwal, S., & Haxell, A. (2021). What really matters: Experiences of emergency remote teaching in university teaching and learning during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Education*, 6, 639842.
- Frieß, R., Voigt, T., Gnadlinger, F., Holtmann, C., & Steinicke, M. (2021). Design-Based Research on a Cooperative Educational VR Game. *ECGBL 2021 15th European Conference on Game-Based Learning*, 233.
- Georgiou, Y., Tsivitanidou, O., & Ioannou, A. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3051–3080.
- Hanam, E. S., Van Harling, V. N., Agustina, E. B., Budirohmi, A., Rismawati, E., Pada, S. S., Agustine, D., Afrida, J., Irvani, A. I., & Arifuddin, W. (2024). *Elektron dalam Atom*. MEGA PRESS NUSANTARA.
https://www.google.co.id/books/edition/Elektron_dalam_Atom/GE4lEQAAQBAJ
- Henukh, A., & Astra, I. M. (2021). The use of Google classroom as ICT literacy to improve physics students collaboration skill in industrial revolution 4.0. *AIP Conference Proceedings*, 2331(1), 30002.
- Hernandi, A., Warliani, R., & Irvani, A. I. (2024). Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Fisika dengan Model Talking Stick. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 12(2), 71–90.
<https://doi.org/10.24252/jpf.v12i2.50769>
- Holly, M., Pirker, J., Resch, S., Brettschuh, S., & Gütl, C. (2021). Designing VR experiences—expectations for teaching and learning in VR. *Educational Technology & Society*, 24(2), 107–119.
- Irvani, A. I., Muhajir, S. N., Amarulloh, R. R., Warliani, R., Lestari, I. F., & Mulvia, R. (2023). Pelatihan Perancangan Eksperimen Fisika berbasis Sensor Smartphone bagi Guru Fisika dan IPA di Kabupaten Garut. *JPM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(3), 267–280.
<https://doi.org/10.52434/jpm.v2i3.2830>
- Kim, M., & Ha, S. (2024). Challenging Modeling for Ohm's Law through Open-Ended In-depth Inquiry. *Science & Education*, 33(4), 1005–1032.
- Kuhail, M. A., ElSayary, A., Farooq, S., & Alghamdi, A. (2022). Exploring immersive learning experiences: A survey. *Informatics*, 9(4), 75.
- Laschuk, N. O., Easton, E. B., & Zenkina, O. V. (2021). Reducing the resistance for the use of electrochemical impedance spectroscopy analysis in materials chemistry. *RSC advances*, 11(45), 27925–27936.
- Lee, S. W.-Y., Hsu, Y.-T., & Cheng, K.-H. (2022). Do curious students learn more science in an immersive virtual reality environment? Exploring the impact of advance organizers and epistemic curiosity. *Computers & Education*, 182, 104456.
- Lin, Y.-J., & Wang, H. (2021). Using virtual reality to facilitate learners' creative self-efficacy

- and intrinsic motivation in an EFL classroom. *Education and Information Technologies*, 26(4), 4487–4505.
- Liu, R., Wang, L., Koszalka, T. A., & Wan, K. (2022). Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1422–1433.
- Markowitz, D. M., & Bailenson, J. N. (2021). Virtual reality and the psychology of climate change. *Current Opinion in Psychology*, 42, 60–65.
- Maroungkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Virtual reality in education: a review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics*, 12(13), 2832.
- Mondal, A. H., & Maity, R. (2023). Exploring the Effects of Game-based Learning. *Journal of Engineering Education Transformations*, 37(1), 98–105.
- Pandeka, N. P., Owolawi, P. A., Mapayi, T., Malele, V., Aiyetoro, G., & Ojo, J. S. (2021). Mobile Virtual Reality (VR) for Science Projects: Ohm's Law Laboratory. *2021 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, 1–6.
- Patel, R., Hoppman, N. L., Gosse, C. M., Hagen-Moe, D. J., Dunemann, S. K., Kreuter, J. D., Preuss, S. A., Winters, J. L., Sturgis, C. D., & Maleszewski, J. J. (2021). Laboratory medicine and pathology education during the COVID-19 pandemic—lessons learned. *Academic Pathology*, 8, 23742895211020490.
- Rahayu, N. S., Lestari, P. R., Ady, W. N., & Irvani, A. I. (2022). Pengenalan Eksperimen Fisika Sederhana Kepada Siswa Kelas VI di SDN 2 Limbangan Timur. *JPM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 76–84. <https://doi.org/10.52434/jpm.v1i2.1817>
- Rahman, H., & Engström, A. (2025). THE FUTURE OF LABORATORY EDUCATION: BRIDGING REAL AND DIGITAL SPACES. *INTED2025 Proceedings*, 4212–4217.
- Sadidah, A., & Irvani, A. I. (2021). Analisis Penggunaan Simulasi Interaktif dalam Pembelajaran pada Topik Hukum Coulomb. *JURNAL Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 1(2), 69–74. <https://doi.org/10.52434/JPIF.V1I2.1508>
- SALAR, R. (2021). UNDERSTANDING RESISTANCE AND OHM'S LAW WITH ARDUINO-BASED EXPERIMENTS. *Revista Cubana de Física*, 38(1).
- Satope, O. O., Boboye, I. O., Akinwale, O. B., Kehinde, L. O., & Asubiojo, O. I. (2014). Development of a suite of virtual experiments for Physics and Chemistry undergraduate laboratories. *2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, 24–419.
- Sharma, B., Gargish, S., Kaur, A., & Mantri, A. (2022). Effect of virtual reality-based pre-lab training simulator on students' learning and skills in laboratory work: A comparative exploration. *AIP Conference Proceedings*, 2357(1).
- Sivapriyan, R., Raj, L., Selvi, T., & Raj, G. (2024). Literature Review on Augmented Reality in Electrical Engineering Education. *2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, 1–8.

- Sun, J. C.-Y., Ye, S.-L., Yu, S.-J., & Chiu, T. K. F. (2023). Effects of wearable hybrid AR/VR learning material on high school students' situational interest, engagement, and learning performance: The case of a physics laboratory learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 1–12.
- Tomasik, M. J., Helbling, L. A., & Moser, U. (2021). Educational gains of in-person vs. distance learning in primary and secondary schools: A natural experiment during the COVID-19 pandemic school closures in Switzerland. *International Journal of psychology*, 56(4), 566–576.
- Tsihouridis, C., Vavougiou, D., Ioannidis, G. S., Alexias, A., Argyropoulos, C., & Poullos, S. (2015). The effect of teaching electric circuits switching from real to virtual lab or vice versa—A case study with junior high-school learners. *2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 643–649.
- Vicovaro, M. (2023). Grounding intuitive physics in perceptual experience. *Journal of Intelligence*, 11(10), 187.
- Villada Castillo, J. F., Bohorquez Santiago, L., & Martínez García, S. (2025). Optimization of Physics Learning Through Immersive Virtual Reality: A Study on the Efficacy of Serious Games. *Applied Sciences*, 15(6), 3405.
- Von Meier, A. (2024). *Electric power systems: a conceptual introduction*. John Wiley & Sons.
- Wörner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The best of two worlds: A systematic review on combining real and virtual experiments in science education. *Review of Educational Research*, 92(6), 911–952.
- Zakaria, A., Irvani, A. I., & Muhajir, S. N. (2025). ANALISIS MENDALAM PENINGKATAN KETERAMPILAN ARGUMENTASI ILMIAH SISWA PADA PEMBELAJARAN FISIKA. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(01), 956–965.
- Zhang, Y., Zhang, R., & Lee, B. Gi. (2025). From Abstract Concepts to Engaged Learning: An IVR Game-Based Framework for Physics Education. *International Journal of Changes in Education*.