

EFEKTIVITAS MEDIA *PHET SIMULATIONS* DALAM PEMBELAJARAN MENDALAM TERHADAP HASIL BELAJAR HUKUM OHM SISWA SMK

Melti Septiani^{1*}, Siswo Wardoyo², Diyajeng Luluk Karlina³

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa^{1,2,3}

e-mail: meltisel12@gmail.com

Diterima: 22/07/2026; Direvisi: 12/08/2026; Diterbitkan: 17/08/2026

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya hasil belajar peserta didik pada materi Hukum Ohm, terutama karena kesulitan memahami hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan serta masih terbatasnya penggunaan media pembelajaran interaktif. Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa *PhET Simulations* dapat mendukung hasil belajar, kajian yang mengintegrasikan *PhET Simulations* dengan pendekatan pembelajaran mendalam pada materi Hukum Ohm di SMK, khususnya kelas X Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL), masih terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi *PhET Simulations* dengan prinsip pembelajaran mendalam yang mencakup *mindful*, *meaningful*, dan *joyful learning*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar dan efektivitas penggunaan *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experimental* berupa *nonequivalent control group* yang dilaksanakan pada bulan Mei 2026 selama dua kali pertemuan. Data yang dianalisis melibatkan 72 peserta didik, terdiri atas 36 peserta didik kelas eksperimen dan 36 peserta didik kelas kontrol, yang dipilih melalui nonprobability sampling dengan teknik *purposive sampling*. Instrumen utama berupa tes hasil belajar kognitif pretest dan posttest yang telah diuji validitas dan reliabilitas, sedangkan kuesioner digunakan sebagai data pendukung untuk melihat respons peserta didik. Hasil *Independent Samples t-Test* menunjukkan perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kedua kelas ($t = -3,078$; $df = 70$; $p = 0,003$). Nilai N-Gain berdasarkan rata-rata skor pada kelas eksperimen sebesar 0,714 (71,44%) dan termasuk kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,595 (59,49%) dan termasuk kategori sedang. Nilai *effect size* sebesar 0,73 berada pada kategori sedang. Dengan demikian, penggunaan *PhET Simulations* yang terintegrasi dengan pendekatan pembelajaran mendalam lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi Hukum Ohm dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Kata Kunci: Hasil Belajar, Hukum Ohm, Pembelajaran Mendalam, *PhET Simulations*, SMK

ABSTRACT

This study was motivated by students' low learning outcomes in Ohm's Law, particularly difficulties in understanding the relationship among voltage, current, and resistance, as well as the limited use of interactive learning media. Although previous studies have shown that *PhET Simulations* can support learning outcomes, studies integrating *PhET Simulations* with a deep learning approach in Ohm's Law instruction at vocational high schools, particularly in Grade X Electrical Installation Engineering (TITL), remain limited. The novelty of this study lies in integrating *PhET Simulations* with the deep learning principles of *mindful*, *meaningful*, and *joyful learning*. This study aimed to determine differences in learning outcomes and the effectiveness of using *PhET Simulations* within a deep learning approach. The study employed

a quantitative approach with a quasi-experimental design using a nonequivalent control group design. It was conducted in May 2026 over two meetings. The analyzed data involved 72 students, comprising 36 students in the experimental class and 36 students in the control class, selected through nonprobability sampling using purposive sampling. The main instrument was a validated and reliable cognitive learning outcome test administered as a pretest and posttest, while a questionnaire was used as supporting data to describe students' responses. The Independent Samples t-Test indicated a significant difference in learning outcomes between the two classes ($t = -3.078$, $df = 70$, $p = .003$). The N-Gain based on mean scores was 0.714 (71.44%) for the experimental class, categorized as high, and 0.595 (59.49%) for the control class, categorized as moderate. The effect size was 0.73, indicating a moderate effect. Therefore, *PhET Simulations* integrated with a deep learning approach was more effective in improving students' cognitive learning outcomes in Ohm's Law than conventional instruction.

Keywords: *Deep Learning, Learning Outcomes, Ohm's Law, PhET Simulations, Vocational High School*

PENDAHULUAN

Media pembelajaran merupakan sarana yang digunakan untuk menyampaikan informasi secara efektif dan efisien selama proses pembelajaran (Wulandari et al., 2023). Media berperan sebagai perantara antara sumber informasi dan peserta didik, sedangkan pembelajaran merupakan proses yang dirancang secara sistematis agar peserta didik dapat melakukan kegiatan belajar (Wulandari et al., 2023; Isnaeni & Hildayah, 2020). Proses tersebut melibatkan interaksi antara pendidik dan peserta didik yang mencakup tujuan pembelajaran, materi, metode penyampaian, serta penilaian (Mashudi, 2021). Dalam pelaksanaannya, media pembelajaran membantu pendidik menyajikan materi agar lebih mudah dipahami peserta didik (Astri et al., 2022). Media pembelajaran dapat berbentuk visual, audio, audiovisual, maupun multimedia (Isnaeni & Hildayah, 2020).

Perkembangan teknologi mendorong pemanfaatan media pembelajaran interaktif yang memungkinkan terjadinya interaksi dua arah antara peserta didik dan materi pembelajaran. Media interaktif berpotensi meningkatkan keterlibatan, memperkuat pemahaman konsep, serta mendorong eksplorasi dan kemandirian belajar (Smaldino et al., 2008). Penggunaan media interaktif sejalan dengan pendekatan pembelajaran mendalam yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam membangun pemahaman konseptual, berpikir kritis dan reflektif, serta memperoleh pengalaman belajar yang bermakna (Wibowo et al., 2025). Aryanto et al. (2025) juga menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam dapat mendukung kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, pemahaman konseptual, dan kolaborasi peserta didik. Temuan lain menunjukkan bahwa proses pembelajaran mendalam berkaitan dengan penguatan kemandirian belajar, keterlibatan aktif, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi (Rui et al., 2024; Weng et al., 2023). Motivasi belajar juga berperan penting dalam mendukung pencapaian hasil belajar peserta didik (Fernando et al., 2024).

Salah satu media interaktif yang dapat digunakan dalam pembelajaran kelistrikan adalah PhET Simulations. Norlaila et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan media *PhET Simulations* dapat meningkatkan hasil belajar dibandingkan pembelajaran yang tidak menggunakan media simulasi. *PhET Simulations* menyediakan laboratorium virtual yang memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi konsep melalui representasi visual dan manipulasi variabel. Hadi et al. (2023) menemukan bahwa penggunaan *PhET Simulations* berbantuan model pembelajaran dapat memberikan pengaruh positif terhadap penguasaan

konsep ilmiah. Rizaldi et al. (2020) menjelaskan bahwa *PhET Simulations* mampu menyajikan konsep fisika yang kompleks secara lebih mudah dipahami, mendukung pembelajaran mandiri, meningkatkan perhatian dan motivasi belajar, serta dapat digunakan secara luring. Temuan serupa dilaporkan oleh Fitriyati dan Prastowo (2022) serta Ningsih et al. (2023), yang menunjukkan bahwa simulasi *PhET Simulations* dapat mendukung keterlibatan dan pemahaman peserta didik dalam proses pembelajaran. Pemanfaatan *PhET Simulations* sebagai laboratorium virtual juga mendukung visualisasi konsep dan pelaksanaan kegiatan pembelajaran ketika fasilitas praktikum terbatas (Roosyanti, 2022; Simbolon et al., 2023). Penerapan simulasi *PhET Simulations* dengan model inkuiri juga dilaporkan dapat meningkatkan hasil belajar pada materi fisika (Masfaratna, 2023).

Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan manfaat *PhET Simulations*, sebagian besar penelitian terdahulu menempatkan *PhET Simulations* sebagai media pembelajaran atau memadukannya dengan model pembelajaran lain pada konteks materi dan jenjang yang berbeda. Kajian yang secara khusus mengintegrasikan *PhET Simulations* dengan pendekatan pembelajaran mendalam yang mencakup prinsip *mindful*, *meaningful*, dan *joyful* pada materi Hukum Ohm di kelas X TITL SMK masih terbatas. Kesenjangan tersebut menjadi *research gap* penelitian ini. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan *PhET Simulations* sebagai media eksplorasi konsep yang secara terstruktur diintegrasikan ke dalam tahapan pembelajaran mendalam untuk meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi Hukum Ohm.

Kebutuhan terhadap inovasi tersebut diperkuat oleh kondisi awal pembelajaran di SMKN 4 Tangerang. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa hasil belajar peserta didik pada materi Hukum Ohm masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) 75. Hasil angket pra-penelitian juga menunjukkan bahwa 77,8% peserta didik mengalami kesulitan memahami konsep Hukum Ohm dan hubungan antara tegangan, arus, serta hambatan; 83,3% merasa cepat bosan ketika pembelajaran didominasi metode ceramah; dan 61,1% menilai pemanfaatan media digital atau simulasi interaktif belum optimal. Seluruh peserta didik yang mengikuti pra-penelitian juga menyatakan belum pernah menggunakan *PhET Simulations*, meskipun mereka menunjukkan ketertarikan terhadap media pembelajaran interaktif. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pembelajaran yang lebih visual, interaktif, dan berorientasi pada pemahaman konsep.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar antara peserta didik yang belajar menggunakan *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam dan peserta didik yang belajar menggunakan pembelajaran konvensional, serta mengetahui efektivitas penggunaan *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam terhadap hasil belajar peserta didik kelas X TITL SMKN 4 Tangerang pada materi Hukum Ohm.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi experimental* (eksperimen semu) dan desain *nonequivalent control group*. Penelitian dilaksanakan di SMKN 4 Tangerang pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Dalam desain ini, kelas eksperimen dan kelas kontrol sama-sama diberikan pretest dan posttest. Kelas eksperimen memperoleh perlakuan berupa pembelajaran menggunakan media interaktif *PhET Simulations* yang diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran mendalam, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran konvensional. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2026

selama dua kali pertemuan, yang meliputi pelaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol sesuai dengan perlakuan yang telah dirancang.

Sampel ditentukan menggunakan *nonprobability* sampling dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan kesamaan guru pengampu, karakteristik akademik peserta didik, hasil belajar awal yang relatif rendah, serta ketersediaan fasilitas pembelajaran. Data yang dianalisis melibatkan 72 peserta didik, terdiri atas 36 peserta didik pada kelas eksperimen dan 36 peserta didik pada kelas kontrol. Sumber data utama untuk mengukur hasil belajar adalah tes *pretest* dan *posttest* berupa 19 butir soal pilihan ganda yang telah melalui uji validitas dan reliabilitas. Penelitian ini juga menggunakan kuesioner sebagai data pendukung untuk menggambarkan respons peserta didik pada kelas eksperimen, bukan sebagai instrumen pengukuran hasil belajar. Data kuesioner dianalisis secara deskriptif dengan menghitung skor rata-rata respons peserta didik. Kuesioner terdiri atas 15 butir pernyataan menggunakan skala Likert 1–4, sehingga skor maksimum yang dapat diperoleh setiap peserta didik adalah 60. Selanjutnya, skor rata-rata dikonversi ke dalam bentuk persentase dengan membandingkan skor yang diperoleh dengan skor maksimum untuk menggambarkan tingkat penerimaan peserta didik terhadap penggunaan *PhET Simulations* dalam pembelajaran mendalam.

Analisis data dilakukan dengan SPSS 26, meliputi uji normalitas, uji homogenitas, *Independent Samples t-Test*, N-Gain, dan *effect size*. Nilai *effect size* dihitung menggunakan rumus Cohen's *d*, yaitu selisih rata-rata hasil belajar kelas eksperimen dan kelas kontrol yang dibagi dengan simpangan baku gabungan kedua kelompok. Interpretasi nilai Cohen's *d* mengacu pada kriteria 0,2 = kecil, 0,5 = sedang, dan 0,8 atau lebih = besar. Data kuesioner dianalisis secara deskriptif. Seluruh analisis penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan tidak menggunakan analisis tematik. Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen mengacu pada prinsip pengujian instrumen kuantitatif menggunakan SPSS sebagaimana dijelaskan oleh Anggraini et al. (2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menyajikan data untuk menilai efektivitas penggunaan media interaktif *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam terhadap hasil belajar peserta didik. Analisis mencakup uji prasyarat, uji hipotesis, N-Gain, dan *effect size*. Kuesioner respons peserta didik pada kelas eksperimen digunakan sebagai data pendukung untuk menggambarkan penerimaan peserta didik terhadap pembelajaran menggunakan *PhET Simulations*.

Hasil

Sebagai data pendukung, penelitian ini juga mengukur respons peserta didik terhadap penggunaan media *PhET Simulations* dalam pembelajaran mendalam melalui kuesioner yang diberikan kepada peserta didik pada kelas eksperimen. Sebelum dilakukan analisis deskriptif terhadap respons tersebut, data kuesioner terlebih dahulu diuji normalitasnya untuk mengetahui pola distribusi data yang diperoleh. Uji normalitas dilakukan menggunakan *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test* dengan taraf signifikansi 0,05. Hasil pengujian normalitas data kuesioner respons peserta didik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Kuesioner

Data	N	K-S Z	p
Kuesioner respons siswa	36	0,867	0,439

Berdasarkan Tabel 1, hasil uji normalitas kuesioner respons peserta didik menunjukkan nilai *Kolmogorov-Smirnov Z* sebesar 0,867 dengan nilai signifikansi (*p*) sebesar 0,439. Nilai signifikansi tersebut lebih besar daripada 0,05, sehingga data kuesioner dapat dinyatakan berdistribusi normal. Hasil ini menunjukkan bahwa sebaran data respons peserta didik terhadap penggunaan *PhET Simulations* tidak mengalami penyimpangan yang berarti dari distribusi normal. Oleh karena itu, data kuesioner selanjutnya dapat digunakan sebagai data pendukung untuk menggambarkan respons peserta didik terhadap penerapan pembelajaran menggunakan *PhET Simulations* yang terintegrasi dengan pendekatan pembelajaran mendalam. Hasil uji normalitas data *pretest* dan *posttest* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Tes

Data	Kelompok	W	df	p
<i>Pretest</i>	Kontrol	0,942	36	0,059
<i>Posttest</i>	Kontrol	0,940	36	0,051
<i>Pretest</i>	Eksperimen	0,962	36	0,255
<i>Posttest</i>	Eksperimen	0,940	36	0,052

Sebagaimana disajikan pada Tabel 2, hasil uji normalitas tes menggunakan Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi *pretest* kelas kontrol sebesar 0,059, *posttest* kelas kontrol sebesar 0,051, *pretest* kelas eksperimen sebesar 0,255, dan *posttest* kelas eksperimen sebesar 0,052. Seluruh nilai *p* lebih besar dari 0,05, sehingga data tes pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dinyatakan berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas varians hasil belajar antara kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Dasar perhitungan	Levene	df1	df2	p	Keputusan
Mean	0,259	1	70	0,613	Homogen
Median	0,115	1	70	0,736	Homogen
Median (adjusted df)	0,115	1	69,874	0,736	Homogen
Trimmed mean	0,211	1	70	0,647	Homogen

Berdasarkan Tabel 3, hasil Levene's Test pada dasar perhitungan mean menunjukkan nilai *p* sebesar 0,613. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga varians hasil belajar kelas kontrol dan kelas eksperimen dinyatakan homogen. Hasil berdasarkan median, median dengan adjusted df, dan *trimmed mean* juga menunjukkan nilai *p* di atas 0,05. Dengan demikian, asumsi homogenitas terpenuhi dan analisis dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik. Hasil pengujian hipotesis menggunakan *Independent Samples t-Test* untuk mengetahui perbedaan hasil belajar antara kedua kelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Independent Samples t-Test

Asumsi	F	p Levene	t	df	p (2-tailed)	Keputusan
Equal variances assumed	0,259	0,613	-3,078	70	0,003	Signifikan
Equal variances not assumed	—	—	-3,078	69,903	0,003	Signifikan

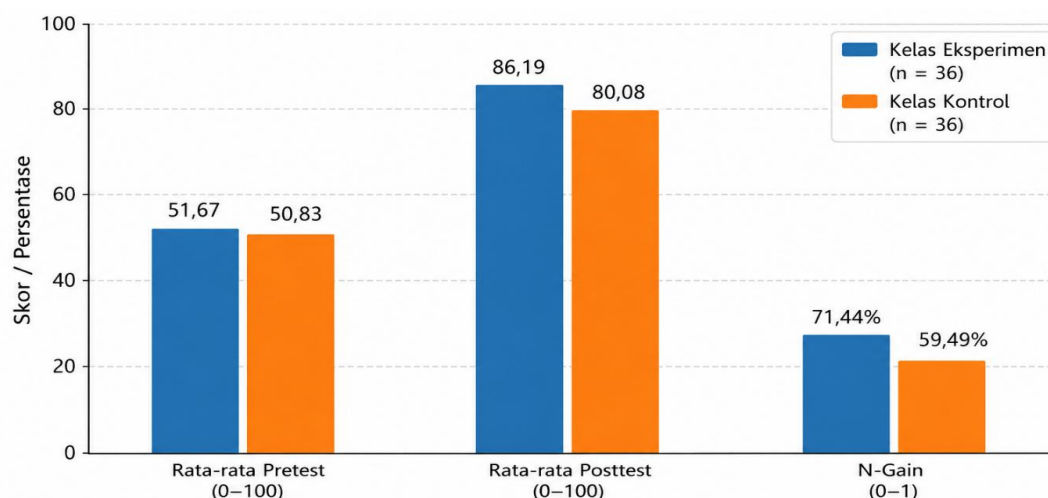
Berdasarkan Tabel 4, nilai Levene's Test sebesar 0,613 ($p > 0,05$), sehingga interpretasi Independent Samples t-Test menggunakan baris *equal variances assumed*. Hasil uji menunjukkan $t = -3,078$ dengan $df = 70$ dan $p = 0,003$. Nilai p sebesar 0,003 lebih kecil dari 0,05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa perlakuan pada kelas eksperimen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Perbandingan peningkatan hasil belajar kelas eksperimen dan kelas kontrol berdasarkan perhitungan N-Gain disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji N-Gain

Kelas	N	Rata-rata pretest	Rata-rata posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen	36	51,67	86,19	0,714 (71,44%)	Tinggi
Kontrol	36	50,83	80,08	0,595 (59,49%)	Sedang

Sebagaimana disajikan pada Tabel 5, N-Gain berdasarkan rata-rata skor kelas eksperimen sebesar 0,714 atau 71,44% dan termasuk kategori tinggi. Kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,595 atau 59,49% dan termasuk kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Hasil perhitungan *effect size* menunjukkan nilai 0,725 atau dibulatkan menjadi 0,73. Berdasarkan kriteria interpretasi yang digunakan dalam penelitian, nilai tersebut berada pada kategori sedang. Dengan demikian, penggunaan media interaktif *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam memberikan pengaruh dengan ukuran efek sedang terhadap hasil belajar peserta didik pada materi Hukum Ohm.

Untuk memperjelas perbandingan peningkatan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, data rata-rata *pretest*, *posttest*, dan N-Gain disajikan dalam bentuk diagram batang. Visualisasi ini memberikan gambaran yang lebih mudah mengenai perbedaan capaian hasil belajar kedua kelompok sebelum dan setelah pelaksanaan pembelajaran. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata *pretest* sebesar 51,67 dan meningkat menjadi 86,19 pada *posttest*, sedangkan kelas kontrol meningkat dari 50,83 menjadi 80,08. Perbandingan tersebut, termasuk perbedaan nilai N-Gain antara kedua kelas, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Rata-Rata Pretest, Posttest, dan N-Gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Berdasarkan Gambar 1, kedua kelas menunjukkan peningkatan rata-rata hasil belajar dari *pretest* ke *posttest*. Namun, peningkatan pada kelas eksperimen terlihat lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan rata-rata *posttest* sebesar 86,19 pada kelas eksperimen dan 80,08 pada kelas kontrol. Perbedaan tersebut juga terlihat pada nilai N-Gain, yaitu sebesar 71,44% pada kelas eksperimen dan 59,49% pada kelas kontrol. Visualisasi ini memperkuat hasil analisis statistik bahwa penggunaan *PhET Simulations* yang diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran mendalam menghasilkan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Pembahasan

Berdasarkan hasil uji statistik, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. N-Gain berdasarkan rata-rata skor kelas eksperimen mencapai 0,714 (71,44%) dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol memperoleh 0,595 (59,49%) dengan kategori sedang. Hasil tersebut konsisten dengan uji hipotesis yang menunjukkan adanya perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kedua kelas ($t = -3,078$; $p = 0,003$). Dengan demikian, integrasi *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam memberikan peningkatan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Temuan penelitian ini sejalan dengan Norlaila et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan *PhET Simulations* dapat meningkatkan hasil belajar. Hadi et al. (2023) juga menunjukkan bahwa simulasi PhET dapat mendukung penguasaan konsep melalui pembelajaran berbasis eksplorasi, sedangkan Fitriyati dan Prastowo (2022) melaporkan peningkatan keterlibatan dan hasil belajar melalui penggunaan simulasi PhET. Perbedaan penelitian ini terletak pada integrasi *PhET Simulations* dengan pendekatan pembelajaran mendalam yang mencakup prinsip *mindful*, *meaningful*, dan *joyful* pada materi Hukum Ohm kelas X TITL SMK. Pada tahap *mindful*, peserta didik diarahkan untuk menyadari hubungan konsep dengan fenomena kelistrikan; pada tahap *meaningful*, peserta didik mengeksplorasi hubungan tegangan, arus, dan hambatan melalui simulasi; sedangkan tahap *joyful* memberikan ruang penerapan konsep melalui aktivitas yang lebih interaktif. Integrasi tersebut membantu peserta didik membangun pemahaman melalui pengalaman belajar visual, aktif, dan kontekstual.

Selain hasil belajar, penelitian ini mengukur respons peserta didik terhadap penggunaan *PhET Simulations* melalui kuesioner pada kelas eksperimen. Sebanyak 36 peserta didik mengisi kuesioner dan memperoleh rata-rata skor sebesar 46,08 dari skor maksimal 60 atau setara dengan 76,8%. Berdasarkan hasil tersebut, respons peserta didik terhadap penggunaan *PhET Simulations* dalam pembelajaran mendalam menunjukkan kecenderungan positif. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik memberikan penerimaan yang baik terhadap penggunaan media pembelajaran yang diterapkan. Respons ini sejalan dengan karakteristik *PhET Simulations* yang memungkinkan peserta didik mengamati perubahan rangkaian listrik dan memahami hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan secara lebih konkret melalui simulasi virtual.

Efektivitas pembelajaran pada kelas eksperimen juga dapat dijelaskan melalui karakteristik materi Hukum Ohm yang menuntut peserta didik memahami hubungan fungsional antara tegangan, arus, dan hambatan. Dalam pembelajaran konvensional, hubungan tersebut cenderung dipahami melalui rumus dan contoh perhitungan, sedangkan penggunaan *PhET Simulations* memungkinkan peserta didik mengamati secara langsung perubahan satu variabel

terhadap variabel lainnya. Peserta didik dapat melakukan percobaan virtual dengan mengubah nilai tegangan atau hambatan dan kemudian mengamati perubahan arus yang terjadi. Proses tersebut membantu menghubungkan representasi matematis dengan fenomena kelistrikan secara lebih konkret. Dengan demikian, penggunaan *PhET Simulations* mendukung pembentukan pemahaman konseptual karena peserta didik tidak hanya menghafal persamaan Hukum Ohm, tetapi juga memahami hubungan antarvariabel melalui kegiatan eksplorasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media interaktif *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar kognitif peserta didik pada materi Hukum Ohm. Visualisasi dan eksplorasi virtual membantu peserta didik menghubungkan rumus dengan perubahan variabel pada rangkaian, sementara prinsip pembelajaran mendalam mendukung proses belajar yang berkesadaran, bermakna, dan menyenangkan. Kombinasi tersebut dapat menjadi alternatif strategi pembelajaran pada pendidikan vokasi, khususnya Program Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Temuan ini konsisten dengan penelitian berbantuan media pembelajaran yang menunjukkan bahwa penggunaan media yang sesuai dapat mendukung peningkatan hasil belajar peserta didik (Primaningsih, 2020).

KESIMPULAN

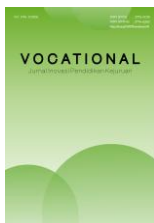
Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media interaktif *PhET Simulations* yang terintegrasi dengan pendekatan pembelajaran mendalam berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar kognitif peserta didik pada materi Hukum Ohm. Independent Samples t-Test menghasilkan $t = -3,078$ dengan $df = 70$ dan $p = 0,003$. N-Gain berdasarkan rata-rata skor kelas eksperimen sebesar 0,714 (71,44%) dan berada pada kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,595 (59,49%) dan berada pada kategori sedang. Nilai *effect size* sebesar 0,73 menunjukkan ukuran efek sedang. Kuesioner pada kelas eksperimen juga menunjukkan kecenderungan respons positif terhadap penggunaan *PhET Simulations*.

Dengan demikian, penggunaan *PhET Simulations* dalam pendekatan pembelajaran mendalam dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran untuk membantu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar Hukum Ohm pada siswa SMK. Penelitian selanjutnya disarankan dilakukan dalam waktu yang lebih panjang, melibatkan guru secara lebih langsung dalam perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran, menerapkan pendekatan ini pada materi kelistrikan lainnya, serta menambahkan penilaian keterampilan praktik agar efektivitas pembelajaran tidak hanya ditinjau dari hasil belajar kognitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, F. D. P., Aprianti, A., Setyawati, V. A. V., & Hartanto, A. A. (2022). Pembelajaran statistika menggunakan software SPSS untuk uji validitas dan reliabilitas. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6491–6504. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3206>
- Aryanto, S., Meliyanti, M., Amelia, D., Maharbid, D. A., Gumala, Y., & Gildore, P. J. E. (2025). Pembelajaran literasi dan numerasi melalui deep learning: Pendekatan transformasional di sekolah dasar. *Journal of Professional Elementary Education*, 4(1), 49–57. <https://doi.org/10.46306/jpee.v4i1.101>
- Astri, N. K. D., Wiarta, I. W., & Wulandari, I. G. A. A. (2022). Pengembangan multimedia interaktif berbasis pendekatan kontekstual pada mata pelajaran matematika pokok

- bahasan bangun datar. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(3), 575–585.
<https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i3.4371>
- Fernando, Y., Andriani, P., & Syam, H. (2024). Pentingnya motivasi belajar dalam meningkatkan hasil belajar siswa. *ALFIHRIS: Jurnal Inspirasi Pendidikan*, 2(3), 61–68.
<https://doi.org/10.59246/alfihris.v2i3.843>
- Fitriyati, I., & Prastowo, A. (2022). Pembelajaran daring menggunakan *PhET Simulations* untuk meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa madrasah ibtidaiyah. *Al-Madrasah: Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 6(4), 1041–1052.
<https://doi.org/10.35931/am.v6i4.1120>
- Hadi, D. F., Doyan, A., ‘Ardhuha, J., & Harjono, A. (2023). The influence of the PhET simulation-assisted project-based learning model on students’ ability to master the elasticity concept. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1840–1845.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3626>
- Isnaeni, N., & Hildayah, D. (2020). Media pembelajaran dalam pembentukan interaksi belajar siswa. *Jurnal Syntax Transformation*, 1(5), 148–156.
<https://doi.org/10.46799/jst.v1i5.69>
- Masfaratna, M. (2023). PhET Simulation media Hukum Pergeseran Wien menggunakan model pembelajaran inkuiri tingkatkan hasil belajar siswa. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 2(4), 362–372.
<https://doi.org/10.51878/learning.v2i4.1815>
- Mashudi, M. (2021). Pembelajaran modern: Membekali peserta didik keterampilan abad ke-21. *Al-Mudarris: Jurnal Ilmiah Pendidikan Islam*, 4(1), 93–114.
<https://doi.org/10.23971/mdr.v4i1.3187>
- Ningsih, V. M. V., Anggraini, D. M. A., Safitri, R. S., & Ma’sum, C. A. M. (2023). Efektivitas games matematika edukatif aplikasi PhET berbasis model problem based learning di kelas 4 MI Muhammadiyah 2 Kudus. *Tarunateach: Journal of Elementary School*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.54298/tarunateach.v2i1.167>
- Norlaila, N., Ansori, H., & Juhairiah, J. (2024). Pengaruh penggunaan media pembelajaran interaktif PhET Simulation terhadap hasil belajar siswa pada materi pecahan. *JURMADIKA: Jurnal Mahasiswa Pendidikan Matematika*, 4(2), 54–66.
<https://doi.org/10.20527/jurmadikta.v4i2.2770>
- Primaningsih, D. (2020). Penerapan U-Mat dan jam trigonometri untuk meningkatkan hasil belajar matematika ditinjau dari gaya kognitif siswa. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 5(1), 1–11.
<https://doi.org/10.30651/must.v5i1.4319>
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.
<https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>



- Roosyanti, A. (2022). PhET Interactive Simulation as a virtual laboratory for science learning in elementary school during the COVID-19 pandemic. *AULADUNA: Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 9(2), 121–135. <https://doi.org/10.24252/auladuna.v9i2a1.2022>
- Rui, L., Nasri, N. B. M., & Mahmud, N. D. B. (2024). The role of self-directed learning in promoting deep learning processes: A systematic literature review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(4), 3673–3695. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v13-i4/24374>
- Simbolon, M., Henukh, A., Reski, A., & Silubun, H. C. A. (2023). Pelatihan blended learning menggunakan virtual laboratory berbasis PhET Interactive Simulation di SMAS YPK Merauke. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 7(1), 599–603. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v7i1.13755>
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., Russell, J. D., & Mims, C. (2008). Instructional technology and media for learning (12th ed.). Pearson.
- Weng, C., Chen, C., & Ai, X. (2023). A pedagogical study on promoting students' deep learning through design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4), 1653–1674. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09789-4>
- Wibowo, G. W., Gunawan, D., & Mardiana, D. (2025). Implementasi pendekatan pembelajaran mendalam (deep learning) dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3), 144–158. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i3.27960>
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>