

EFEKTIVITAS LABORATORIUM VIRTUAL PHET TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP LISTRIK DINAMIS PESERTA DIDIK MTS ALKHAIRAAT BIROMARU

**Mohammad Djamil M. Nur¹, M. Jen Ismail², Rahmawati³, Nina⁴,
Radit Sugi Dwiyan⁵, Mustari H. Lumagio⁶**

Universitas Islam Negeri Datokarama Palu

e-mail: djamilnur@uindatokarama.ac.id, moh.jen.ismail@gmail.com,
rahmawatinurdin508@gmail.com, nt131476@gmail.com, raditsugi29@gmail.com,
mustarilumagio@gmail.com

Diterima: 06/10/2026; Direvisi: 22/10/2026; Diterbitkan: 29/10/2026

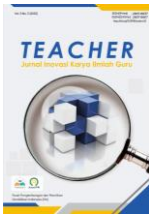
ABSTRAK

Pemahaman konsep listrik dinamis penting dikembangkan karena peserta didik sering mengalami kesulitan memahami hubungan antara arus, tegangan, dan hambatan dalam rangkaian seri maupun paralel. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan pemahaman konsep peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan laboratorium virtual *Physics Education Technology* (PhET) berbantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), menguji signifikansi perubahannya, serta menentukan besarnya peningkatan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelas pembanding. Subjek penelitian terdiri atas 20 peserta didik kelas VIII MTs Alkhairaat Biromaru. Data dikumpulkan melalui tes pemahaman konsep sebelum dan sesudah pembelajaran serta lembar observasi keterlaksanaan kegiatan. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji-*t* berpasangan, dan *N-Gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor meningkat dari 43,75 menjadi 53,75, dengan perbedaan yang signifikan secara statistik ($t_{19} = -5,210$; $p < 0,001$). Ukuran efek Cohen's *d* sebesar 1,17 termasuk kategori besar, sedangkan *N-Gain* sebesar 0,18 termasuk kategori rendah. Seluruh tahapan pembelajaran terlaksana sesuai rencana. Dengan demikian, terdapat peningkatan skor setelah pembelajaran, tetapi efektivitas PhET berbantuan LKPD belum dapat dipastikan tanpa kelas pembanding. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan kelas pembanding dan durasi pembelajaran yang lebih panjang.

Kata Kunci: PhET, Laboratorium Virtual, LKPD, Pemahaman Konsep, Listrik Dinamis

ABSTRACT

Understanding dynamic electricity is important because students often experience difficulties in understanding the relationships among electric current, voltage, and resistance in series and parallel circuits. This study aimed to analyze changes in students' conceptual understanding before and after learning with the *Physics Education Technology* (PhET) virtual laboratory supported by student worksheets (LKPD), test the statistical significance of these changes, and determine the magnitude of improvement. The study employed a quantitative approach using a *one-group pretest-posttest* design without a comparison group. The participants were 20 eighth-grade students at MTs Alkhairaat Biromaru. Data were collected through conceptual understanding tests administered before and after instruction and an observation checklist assessing implementation. The data were analyzed using descriptive statistics, a paired-samples *t*-test, and *N-Gain*. The results showed that the mean score increased from 43.75 to 53.75, with a statistically significant difference ($t(19) = -5.210$; $p < 0.001$). Cohen's



dz was 1.17, indicating a large effect size, whereas the N -Gain of 0.18 was categorized as low. All instructional stages were implemented as planned. Thus, students' scores increased following the intervention; however, the effectiveness of PhET supported by LKPD cannot be conclusively established without a comparison group. Future research should include a comparison group and a longer instructional period.

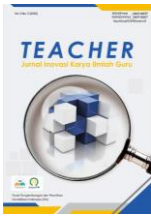
Keywords: *PhET*, virtual laboratory, student worksheets, conceptual understanding, dynamic electricity

PENDAHULUAN

Listrik dinamis merupakan salah satu materi IPA yang menantang bagi peserta didik SMP/MTs karena melibatkan konsep arus listrik, tegangan, dan hambatan yang saling berkaitan, tetapi tidak dapat diamati secara langsung. Pemahaman terhadap ketiga besaran tersebut diperlukan untuk menjelaskan karakteristik rangkaian seri dan paralel, termasuk perubahan arus dan hambatan total ketika susunan komponen diubah. Kesulitan memahami hubungan antarkonsep dapat menyebabkan peserta didik menghafal rumus tanpa mampu menjelaskan fenomena listrik berdasarkan prinsip ilmiah. Suryadi et al. (2020) mengidentifikasi adanya miskonsepsi mengenai rangkaian listrik sederhana pada peserta didik sekolah menengah dan calon guru fisika. Bauman et al. (2024) juga mengkaji sumber daya konseptual yang digunakan peserta didik dalam memahami rangkaian listrik. Temuan tersebut menegaskan bahwa pembelajaran listrik dinamis perlu diarahkan pada pembentukan pemahaman konseptual, bukan sekadar kemampuan menggunakan persamaan matematis.

Salah satu upaya untuk membantu peserta didik memahami konsep yang abstrak adalah memanfaatkan teknologi pembelajaran melalui laboratorium virtual. Media ini memungkinkan peserta didik melakukan percobaan, mengubah variabel, mengamati perubahan pada rangkaian, dan membandingkan hasil pengamatan tanpa sepenuhnya bergantung pada ketersediaan peralatan praktikum fisik. Simulasi *Physics Education Technology* (PhET) menyediakan lingkungan interaktif yang dapat digunakan untuk mengeksplorasi hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan. Banda dan Nzabahimana (2021), melalui kajian terhadap penelitian eksperimental dan kuasi-eksperimental, menunjukkan bahwa simulasi PhET berpotensi mendukung peningkatan pemahaman konsep fisika, terutama ketika diintegrasikan dengan pembelajaran aktif. Habibi et al. (2020) juga mengkaji penggunaan simulasi PhET untuk mendukung keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran konsep fisika. Dengan demikian, PhET dapat menjadi alternatif untuk menjembatani konsep listrik yang abstrak dengan representasi visual yang lebih mudah dieksplorasi peserta didik.

Meskipun demikian, penggunaan simulasi interaktif tidak secara otomatis menjamin terbentuknya pemahaman konsep yang benar. Peserta didik tetap memerlukan arahan agar mampu merumuskan pengamatan, mengidentifikasi perubahan variabel, membandingkan hasil percobaan, dan menjelaskan hubungan sebab-akibat berdasarkan bukti. Aida (2023) mengkaji penggunaan PhET dalam remediasi miskonsepsi pada materi rangkaian arus searah dan menunjukkan relevansi penggunaan simulasi dalam upaya menangani kesulitan konseptual. Namun, pemanfaatan simulasi perlu disertai kegiatan belajar yang membantu peserta didik menafsirkan hasil eksplorasi, bukan hanya menjalankan fitur yang tersedia. Dalam konteks ini, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dapat berfungsi sebagai panduan sistematis untuk mengarahkan kegiatan pengamatan, pencatatan hasil, analisis, dan penarikan kesimpulan.

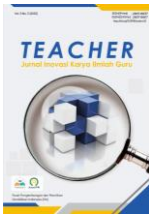


Relevansi penggabungan laboratorium virtual dan LKPD didukung oleh Habibulloh et al. (2022), yang mengembangkan dan menguji validitas LKPD berbasis laboratorium virtual pada materi listrik dinamis untuk peserta didik sekolah menengah pertama. LKPD tersebut dirancang untuk mendampingi kegiatan pembelajaran dan mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis. Sementara itu, Syahwin et al. (2022), melalui *meta-analysis*, mengkaji pengaruh pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan laboratorium virtual terhadap pembelajaran fisika di sekolah menengah atas di Indonesia. Kedua penelitian tersebut memberikan dasar bahwa simulasi virtual perlu ditempatkan dalam kegiatan pembelajaran yang terarah. Oleh karena itu, integrasi PhET dan LKPD dalam penelitian ini digunakan untuk membantu peserta didik mengeksplorasi rangkaian seri dan paralel secara sistematis serta menghubungkan hasil simulasi dengan konsep listrik dinamis.

Penelitian terdahulu juga memperlihatkan bahwa hasil penggunaan PhET dapat berbeda sesuai dengan strategi pembelajaran dan konteks penerapannya. Rianti et al. (2024) mengkaji pengaruh model *problem-based learning* berbantuan simulasi PhET terhadap pemahaman konsep fisika. Halim et al. (2024) membandingkan penggunaan simulasi PhET dan NI Multisim dalam pembelajaran konsep rangkaian listrik, sedangkan Lubis et al. (2025) meneliti pembelajaran listrik berbasis pemecahan masalah melalui web yang terintegrasi dengan simulasi PhET. Penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan beragam cara mengintegrasikan simulasi ke dalam pembelajaran. Kamilah et al. (2025) juga menyintesis temuan penelitian mengenai dampak simulasi PhET terhadap pemahaman konsep fisika di sekolah menengah. Secara lebih luas, Li dan Liang (2024) melalui *meta-analysis* mengkaji efektivitas laboratorium virtual dalam pendidikan teknik. Meskipun konteks kajiannya berbeda, penelitian tersebut memberikan perspektif bahwa manfaat laboratorium virtual perlu ditafsirkan berdasarkan tujuan pembelajaran dan konteks penerapannya. Dengan demikian, hasil positif yang dilaporkan dalam penelitian terdahulu tidak dapat langsung dianggap berlaku sama pada setiap kelompok peserta didik.

Penelitian yang lebih dekat dengan konteks penelitian ini dilakukan oleh Purnomo dan Berliana (2026), yang mengkaji implementasi aplikasi Android terintegrasi PhET pada materi listrik dinamis menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. Penelitian tersebut melaporkan *N-Gain* sebesar 0,62 dalam kategori sedang. Namun, penelitian tersebut melibatkan enam peserta didik dan menggunakan analisis deskriptif. Perbedaan konteks, jumlah peserta didik, serta bentuk media pembelajaran memberikan alasan untuk menguji kembali penerapan PhET dalam kondisi pembelajaran yang berbeda. Penelitian ini menggunakan LKPD sebagai pendamping simulasi dan melibatkan satu kelas VIII di MTs Alkhairaat Biromaru. Selain menguji perbedaan skor sebelum dan sesudah pembelajaran, penelitian ini menghitung *N-Gain* untuk menilai besarnya peningkatan. Dengan cara tersebut, hasil penelitian tidak hanya ditafsirkan berdasarkan signifikansi statistik, tetapi juga berdasarkan besarnya peningkatan yang dicapai.

Berdasarkan uraian tersebut, kesenjangan penelitian yang menjadi perhatian adalah perlunya bukti empiris mengenai perubahan pemahaman konsep listrik dinamis setelah penerapan PhET berbantuan LKPD pada peserta didik kelas VIII MTs Alkhairaat Biromaru. Penelitian ini juga membedakan antara signifikansi statistik dan besarnya peningkatan, sehingga hasil yang signifikan tidak langsung diartikan sebagai efektivitas pembelajaran yang tinggi. Penelitian menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelas pembandingan. Oleh karena itu, hasilnya difokuskan pada perubahan skor dalam kelompok yang diteliti dan



tidak dimaksudkan untuk memastikan bahwa perubahan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh penggunaan PhET.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pemahaman konsep listrik dinamis peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan laboratorium virtual PhET berbantuan LKPD, menguji signifikansi perbedaan skor, serta menentukan besarnya peningkatan berdasarkan nilai *N-Gain*. Tujuan tersebut dijabarkan ke dalam tiga pertanyaan penelitian: (1) bagaimana perubahan pemahaman konsep listrik dinamis peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan PhET berbantuan LKPD; (2) apakah terdapat perbedaan skor yang signifikan secara statistik antara sebelum dan sesudah pembelajaran; dan (3) seberapa besar peningkatan pemahaman konsep yang dicapai berdasarkan nilai *N-Gain*? Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran empiris mengenai penerapan laboratorium virtual berbantuan LKPD pada pembelajaran listrik dinamis sekaligus menjadi bahan pertimbangan untuk merancang penelitian lanjutan yang menggunakan kelas pembanding dan durasi pembelajaran lebih panjang.

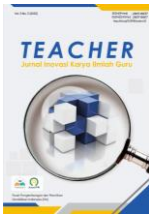
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *pre-experimental* dan desain *one-group pretest-posttest*. Desain ini digunakan untuk menganalisis perubahan pemahaman konsep listrik dinamis peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan laboratorium virtual *Physics Education Technology* (PhET) berbantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Penelitian dilaksanakan di MTs Alkhairaat Biromaru pada 25 September 2026. Subjek penelitian berjumlah 20 peserta didik kelas VIII yang mengikuti pembelajaran pada materi listrik dinamis, khususnya rangkaian seri dan paralel. Penelitian ini tidak menggunakan kelas pembanding sehingga analisis difokuskan pada perbedaan skor sebelum dan sesudah perlakuan pada kelompok yang sama.

Prosedur penelitian terdiri atas tiga tahap, yaitu *pretest*, pelaksanaan pembelajaran, dan *posttest*. Pada tahap awal, seluruh peserta didik mengerjakan *pretest* secara individu untuk mengukur pemahaman konsep sebelum pembelajaran. Selanjutnya, peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi PhET yang dipadukan dengan LKPD. Peserta didik dibagi menjadi tiga kelompok, masing-masing terdiri atas tujuh, tujuh, dan enam orang. Setiap kelompok menggunakan satu laptop milik peneliti untuk mengoperasikan simulasi dan mengerjakan LKPD secara bersama-sama. Setelah pembelajaran selesai, peserta didik mengerjakan *posttest* secara individu untuk mengukur pemahaman konsep setelah perlakuan.

Instrumen penelitian meliputi tes pemahaman konsep dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Tes berbentuk pilihan ganda sebanyak 20 butir dan digunakan pada *pretest* serta *posttest*. Lembar observasi terdiri atas 10 butir dengan pilihan jawaban Ya dan Tidak untuk mencatat keterlaksanaan tahapan penelitian, mulai dari penyampaian tujuan, pelaksanaan tes awal, penggunaan simulasi PhET, kegiatan pengamatan dan pencatatan hasil, hingga pelaksanaan tes akhir. Observasi dilakukan oleh satu orang pengamat terhadap kegiatan kelas secara keseluruhan. Lembar observasi tersebut digunakan untuk menilai keterlaksanaan kegiatan, bukan untuk mengukur tingkat keaktifan setiap peserta didik secara individual.

Data dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics. Analisis deskriptif digunakan untuk memperoleh nilai rata-rata dan simpangan baku skor *pretest* dan *posttest*. Perbedaan kedua skor dianalisis menggunakan uji-*t* berpasangan (*paired-samples t-test*) pada taraf signifikansi 0,05. Sebelum uji-*t* dilakukan, normalitas distribusi selisih skor diperiksa sebagai



salah satu asumsi analisis. Ukuran efek dihitung menggunakan Cohen's d-z, yaitu rata-rata selisih skor dibagi dengan simpangan baku selisih skor.

Besarnya peningkatan pemahaman konsep dihitung menggunakan *normalized gain* (*N-Gain*) dengan rumus: $g = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (\text{skor maksimum} - \text{skor pretest})$. Dalam penelitian ini, skor maksimum adalah 100. Nilai *N-Gain* dikategorikan rendah jika g kurang dari 0,30, sedang jika g berada pada rentang 0,30 sampai kurang dari 0,70, dan tinggi jika g sama dengan atau lebih dari 0,70. Hasil observasi dianalisis secara deskriptif dengan menghitung persentase keterlaksanaan kegiatan menggunakan rumus: $P = (\text{jumlah butir yang terlaksana} / \text{jumlah seluruh butir pengamatan}) \times 100\%$. Karena penelitian menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelas pembandingan, hasil analisis ditafsirkan sebagai perubahan skor setelah pembelajaran, bukan sebagai bukti bahwa perubahan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh penggunaan PhET berbantuan LKPD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Perbandingan Skor Pemahaman Konsep Sebelum dan Sesudah Pembelajaran

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui perubahan pemahaman konsep listrik dinamis peserta didik sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran menggunakan laboratorium virtual *Physics Education Technology* (PhET) berbantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Data diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* yang dikerjakan secara individu oleh 20 peserta didik kelas VIII MTs Alkhairaat Biromaru. Statistik deskriptif berupa rata-rata dan simpangan baku digunakan untuk menggambarkan perubahan skor setelah pembelajaran.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor Pemahaman Konsep Peserta Didik

Pengukuran	N	Rata-rata	Simpangan baku
<i>Pretest</i>	20	43,75	11,571
<i>Posttest</i>	20	53,75	12,341

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata skor pemahaman konsep meningkat dari 43,75 pada *pretest* menjadi 53,75 pada *posttest*. Dengan demikian, terdapat kenaikan rata-rata sebesar 10,00 poin setelah peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan PhET berbantuan LKPD. Simpangan baku skor *pretest* sebesar 11,571 dan *posttest* sebesar 12,341 menunjukkan adanya variasi skor antarpeserta didik pada kedua pengukuran. Hasil deskriptif ini memperlihatkan adanya peningkatan skor secara keseluruhan, tetapi belum cukup untuk menentukan apakah perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan menggunakan uji-*t* berpasangan.

Hasil Uji-*t* Berpasangan

Untuk mengetahui apakah perbedaan skor *pretest* dan *posttest* signifikan secara statistik, dilakukan uji-*t* berpasangan (*paired-samples t-test*) pada taraf signifikansi 0,05. Pengujian dilakukan terhadap skor 20 peserta didik yang sama sebelum dan sesudah pembelajaran. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji-*t* Berpasangan Skor Pemahaman Konsep

Parameter	Hasil
Rata-rata selisih skor (<i>pretest</i> – <i>posttest</i>)	-10,00
Simpangan baku selisih	8,58
Nilai t	-5,210
Derajat kebebasan (<i>df</i>)	19
Nilai p (dua arah)	< 0,001
Cohen's <i>dz</i>	1,17

Hasil uji-*t* berpasangan menunjukkan nilai $t(19) = -5,210$ dengan $p < 0,001$. Nilai p yang lebih kecil daripada 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan skor *pretest* dan *posttest* yang signifikan secara statistik. Tanda negatif pada nilai t muncul karena pengurangan dilakukan dengan urutan skor *pretest* dikurangi skor *posttest*. Dengan demikian, tanda tersebut tidak menunjukkan penurunan skor, melainkan mencerminkan bahwa rata-rata skor *posttest* lebih tinggi daripada *pretest*. Hasil ini mendukung adanya perubahan skor pemahaman konsep setelah pembelajaran, tetapi belum membuktikan bahwa perubahan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh penggunaan PhET berbantuan LKPD karena penelitian tidak menggunakan kelas pembandingan.

Besarnya Peningkatan Berdasarkan *N-Gain*

Signifikansi statistik tidak selalu menunjukkan bahwa peningkatan yang dicapai telah memenuhi kriteria efektivitas pembelajaran. Oleh karena itu, besarnya peningkatan pemahaman konsep dianalisis menggunakan *normalized gain (N-Gain)* berdasarkan rata-rata skor *pretest* dan *posttest*, dengan skor maksimum 100. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *N-Gain* Pemahaman Konsep

Parameter	Nilai
Rata-rata <i>pretest</i>	43,75
Rata-rata <i>posttest</i>	53,75
Peningkatan skor	10,00
Skor maksimum	100
<i>N-Gain</i>	0,18
Kategori	Rendah

Berdasarkan Tabel 3, nilai *N-Gain* diperoleh sebesar 0,18 dan termasuk kategori rendah. Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan skor sebesar 10,00 poin baru mencapai sekitar 18% dari ruang peningkatan yang tersedia berdasarkan rata-rata skor awal. Dengan demikian, meskipun uji-*t* menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, besarnya peningkatan berdasarkan kriteria *N-Gain* masih tergolong rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa signifikansi statistik dan kategori peningkatan memberikan informasi yang berbeda: uji-*t* menunjukkan adanya perbedaan skor, sedangkan *N-Gain* menggambarkan besarnya peningkatan relatif terhadap peluang peningkatan yang tersedia.

Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Selain menganalisis perubahan skor, penelitian ini mengamati keterlaksanaan tahapan pembelajaran menggunakan PhET berbantuan LKPD. Observasi dilakukan oleh satu orang pengamat terhadap kegiatan kelas secara keseluruhan menggunakan lembar observasi yang terdiri atas 10 butir dengan pilihan jawaban Ya dan Tidak. Hasil observasi digunakan untuk mengetahui kesesuaian pelaksanaan kegiatan dengan prosedur yang telah direncanakan, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Observasi Keterlaksanaan Kegiatan Penelitian

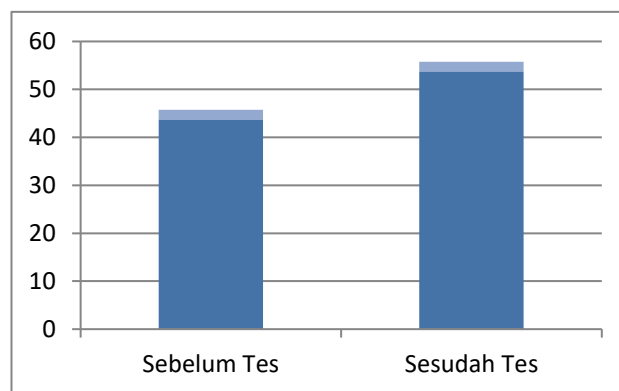
Parameter	Hasil
Jumlah butir pengamatan	10
Butir terlaksana	10
Butir tidak terlaksana	0
Persentase keterlaksanaan	100%

Berdasarkan Tabel 4, seluruh 10 butir pengamatan tercatat terlaksana sehingga persentase keterlaksanaan mencapai 100%. Kegiatan yang diamati mencakup penyampaian tujuan dan tahapan penelitian, pelaksanaan *pretest*, penggunaan simulasi PhET dan pelaksanaan kegiatan pengamatan, pencatatan hasil percobaan, serta pelaksanaan *posttest*.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tahapan kegiatan berlangsung sesuai rencana. Namun, persentase keterlaksanaan 100% tidak secara langsung menunjukkan bahwa setiap peserta didik aktif secara merata atau telah memahami seluruh konsep yang dipelajari. Lembar observasi hanya mencatat keterlaksanaan kegiatan pada tingkat kelas, bukan tingkat keterlibatan setiap peserta didik secara individual.

Perbandingan Rata-Rata Skor *Pretest* dan *Posttest*

Untuk memperjelas perubahan skor pemahaman konsep sebelum dan sesudah pembelajaran, perbandingan rata-rata kedua pengukuran disajikan dalam grafik batang. Visualisasi ini memperlihatkan perbedaan rata-rata skor secara langsung sehingga pola perubahan hasil belajar dapat diamati dengan lebih mudah.



Gambar 1. Perbandingan Rata-Rata Skor *Pretest* dan *Posttest*

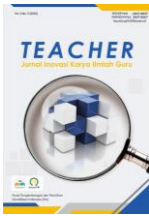
Gambar 1 memperlihatkan bahwa batang skor *posttest* lebih tinggi daripada batang skor *pretest*. Rata-rata skor meningkat sebesar 10,00 poin, dari 43,75 menjadi 53,75. Pola tersebut sejalan dengan hasil statistik deskriptif dan uji-*t* berpasangan yang menunjukkan adanya perbedaan skor signifikan secara statistik. Meskipun demikian, hasil *N-Gain* sebesar 0,18 menunjukkan bahwa peningkatan relatif terhadap ruang peningkatan yang tersedia masih berada pada kategori rendah. Oleh karena itu, grafik ini perlu ditafsirkan bersama hasil pengujian statistik dan *N-Gain*, bukan sebagai satu-satunya dasar untuk menyatakan efektivitas pembelajaran.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor pemahaman konsep listrik dinamis peserta didik meningkat dari 43,75 pada *pretest* menjadi 53,75 pada *posttest*. Uji-*t* berpasangan menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, yaitu $t(19) = -5,210$; $p < 0,001$. Namun, nilai *N-Gain* sebesar 0,18 termasuk kategori rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan skor setelah pembelajaran belum diikuti peningkatan relatif yang tinggi. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu ditafsirkan dengan membedakan signifikansi statistik dan besarnya peningkatan pemahaman konsep.

Perubahan Pemahaman Konsep Setelah Pembelajaran

Peningkatan rata-rata skor sebesar 10,00 poin menunjukkan bahwa hasil tes peserta didik setelah pembelajaran lebih tinggi daripada sebelum pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan kajian Banda dan Nzabahimana (2021), yang menyimpulkan bahwa simulasi PhET berpotensi mendukung pemahaman konsep fisika, terutama ketika diintegrasikan dengan pembelajaran aktif. Simulasi memungkinkan peserta didik mengamati perubahan fenomena



fisika ketika variabel diubah sehingga konsep yang sebelumnya abstrak dapat direpresentasikan secara visual.

Dalam materi rangkaian seri dan paralel, simulasi PhET memberikan kesempatan untuk mengamati hubungan antara sumber tegangan, hambatan, dan arus listrik. Penggunaan LKPD juga menyediakan panduan untuk mencatat hasil pengamatan dan menghubungkannya dengan konsep yang dipelajari. Habibulloh et al. (2022) menunjukkan bahwa LKPD berbasis laboratorium virtual pada materi listrik dinamis dapat digunakan sebagai pendamping pembelajaran setelah melalui validasi ahli. Meskipun demikian, penelitian ini tidak mengukur kontribusi PhET dan LKPD secara terpisah. Dengan demikian, peningkatan skor yang ditemukan tidak dapat diatribusikan secara khusus kepada salah satu komponen pembelajaran tersebut.

Signifikansi Statistik dan Besarnya Peningkatan

Hasil uji-*t* berpasangan menunjukkan adanya perbedaan skor yang signifikan secara statistik antara sebelum dan sesudah pembelajaran. Nilai $p < 0,001$ mengindikasikan bahwa perbedaan tersebut sulit dijelaskan oleh variasi acak semata berdasarkan asumsi pengujian. Akan tetapi, signifikansi statistik tidak secara otomatis menunjukkan bahwa peningkatan yang dicapai telah memenuhi kriteria efektivitas pembelajaran.

Hal tersebut terlihat dari nilai *N-Gain* sebesar 0,18 yang termasuk kategori rendah. Dengan rata-rata *pretest* sebesar 43,75 dan skor maksimum 100, ruang peningkatan yang tersedia adalah 56,25 poin. Peningkatan aktual sebesar 10,00 poin hanya mencakup sebagian kecil dari ruang tersebut. Artinya, pembelajaran diikuti oleh kenaikan skor, tetapi peningkatan relatif terhadap skor maksimum yang mungkin dicapai masih terbatas.

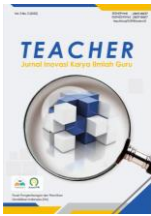
Perbedaan antara hasil uji-*t* dan *N-Gain* tersebut penting dalam menafsirkan temuan penelitian. Uji-*t* menguji apakah rata-rata skor sebelum dan sesudah pembelajaran berbeda, sedangkan *N-Gain* menggambarkan besarnya peningkatan relatif terhadap ruang peningkatan yang tersedia. Oleh karena itu, hasil yang signifikan secara statistik tidak cukup untuk menyatakan bahwa pemahaman konsep telah meningkat secara optimal. Kesimpulan yang lebih proporsional adalah bahwa terdapat peningkatan skor yang signifikan secara statistik, tetapi besarnya peningkatan berdasarkan *N-Gain* masih berada pada kategori rendah.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini memiliki kesamaan arah dengan penelitian Purnomo dan Berliana (2026), yang mengkaji penggunaan aplikasi Android terintegrasi PhET pada materi listrik dinamis menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. Penelitian tersebut melaporkan peningkatan dengan *N-Gain* sebesar 0,62, sedangkan penelitian ini memperoleh nilai 0,18. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan yang dicapai melalui pembelajaran berbantuan PhET tidak selalu sama pada setiap konteks penerapan.

Salah satu perbedaan yang dapat diperhatikan adalah bentuk media dan pola akses peserta didik terhadap simulasi. Purnomo dan Berliana (2026) menggunakan aplikasi Android yang terintegrasi dengan PhET, sedangkan penelitian ini menggunakan simulasi PhET dan LKPD yang dikerjakan secara berkelompok. Dalam penelitian ini, tiga laptop digunakan oleh tiga kelompok yang masing-masing terdiri atas enam sampai tujuh peserta didik. Kondisi tersebut memungkinkan kesempatan mengoperasikan simulasi secara langsung tidak merata di antara anggota kelompok. Namun, keterbatasan kesempatan tersebut tidak diukur secara individual sehingga belum dapat dipastikan sebagai penyebab rendahnya *N-Gain*.

Perbedaan juga terlihat dari durasi pembelajaran. Penelitian ini dilaksanakan dalam satu pertemuan yang mencakup *pretest*, kegiatan simulasi, dan *posttest*. Waktu eksplorasi



yang terbatas mungkin belum cukup untuk membantu seluruh peserta didik membangun dan mengonsolidasikan pemahaman konsep. Kemungkinan tersebut perlu dipandang sebagai penjelasan yang masih memerlukan pengujian, bukan sebagai penyebab yang telah dibuktikan. Temuan ini sejalan dengan pentingnya merancang penggunaan simulasi melalui aktivitas pembelajaran yang terarah, sebagaimana dibahas oleh Banda dan Nzabhimana (2021).

Selain itu, Aida (2023) mengkaji penggunaan PhET dalam remediasi miskonsepsi pada materi rangkaian arus searah. Kajian tersebut relevan karena menunjukkan bahwa penggunaan simulasi perlu diarahkan pada penanganan kesulitan konseptual, bukan hanya pengenalan media digital. Dalam penelitian ini, peningkatan skor belum disertai analisis perubahan pada setiap indikator pemahaman konsep atau jenis miskonsepsi peserta didik. Oleh karena itu, belum dapat diketahui konsep mana yang mengalami peningkatan paling besar dan bagian mana yang masih memerlukan penguatan.

Keterlaksanaan Pembelajaran dan Implikasinya

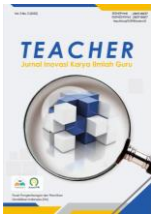
Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh 10 butir kegiatan terlaksana sesuai rencana, dengan persentase keterlaksanaan sebesar 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa tahapan pembelajaran, mulai dari pelaksanaan *pretest*, penggunaan simulasi dan LKPD, hingga pelaksanaan *posttest*, telah dijalankan sesuai prosedur. Dengan demikian, rendahnya nilai *N-Gain* tidak dapat dijelaskan sebagai akibat dari adanya tahapan yang tercatat tidak terlaksana.

Meskipun demikian, keterlaksanaan kegiatan tidak sama dengan kualitas keterlibatan peserta didik. Lembar observasi dalam penelitian ini hanya mencatat keterlaksanaan pada tingkat kelas dengan pilihan jawaban Ya dan Tidak. Instrumen tersebut tidak mengukur intensitas partisipasi setiap peserta didik, ketepatan mereka dalam menyusun rangkaian, ataupun kemampuan menjelaskan hasil simulasi. Oleh sebab itu, persentase keterlaksanaan sebesar 100% tidak dapat digunakan sebagai bukti bahwa seluruh peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang sama atau telah menguasai konsep listrik dinamis.

Implikasinya, pembelajaran berikutnya perlu memberi kesempatan lebih merata kepada setiap peserta didik untuk mengoperasikan simulasi, mengubah variabel, mencatat hasil, dan menyusun penjelasan secara individual. LKPD dapat dikembangkan dengan pertanyaan yang mengarahkan peserta didik membandingkan arus dan tegangan pada rangkaian seri dan paralel serta menjelaskan perubahan hambatan total berdasarkan hasil pengamatan. Penggunaan pertanyaan konseptual sebelum dan sesudah eksplorasi juga dapat membantu mengidentifikasi kesulitan yang belum teratasi.

Keterbatasan Penelitian

Interpretasi hasil penelitian perlu mempertimbangkan beberapa keterbatasan. Pertama, desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelas pembanding tidak dapat mengendalikan pengaruh faktor lain, seperti efek pengerjaan tes berulang dan pengalaman belajar di luar perlakuan. Oleh karena itu, perubahan skor tidak dapat dipastikan sepenuhnya sebagai akibat penggunaan PhET berbantuan LKPD. Kedua, penggunaan PhET dan LKPD secara bersamaan menyebabkan kontribusi masing-masing komponen tidak dapat dipisahkan. Ketiga, pembelajaran hanya dilaksanakan dalam satu pertemuan dengan tiga laptop untuk 20 peserta didik sehingga kesempatan eksplorasi individual mungkin terbatas. Keempat, observasi dilakukan oleh satu orang pengamat pada tingkat kelas dan tidak mengukur keterlibatan peserta didik secara individual. Kelima, jumlah subjek yang terbatas pada satu kelas membatasi generalisasi hasil ke sekolah atau kelompok peserta didik lain.



Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan perlu menggunakan kelas pembanding, melaksanakan pembelajaran dalam beberapa pertemuan, dan memberikan kesempatan eksplorasi yang lebih merata. Pengukuran berdasarkan indikator pemahaman konsep juga diperlukan agar perubahan skor dapat dianalisis secara lebih terperinci. Dengan rancangan yang lebih kuat, penelitian selanjutnya dapat menilai efektivitas pembelajaran secara lebih meyakinkan serta mengidentifikasi kondisi yang mendukung peningkatan pemahaman konsep listrik dinamis.

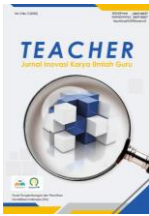
KESIMPULAN

Penggunaan laboratorium virtual PhET pada materi listrik dinamis menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep peserta didik kelas VIII MTs Alkhairaat Biromaru setelah pembelajaran dilaksanakan. Simulasi interaktif membantu peserta didik mempelajari rangkaian listrik seri dan paralel melalui visualisasi serta eksplorasi konsep secara langsung. Hasil ini menunjukkan bahwa PhET berpotensi mendukung pembelajaran fisika, khususnya pada materi yang memerlukan pemahaman hubungan antarbesaran listrik.

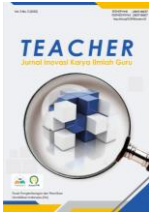
Meskipun terdapat peningkatan pemahaman konsep, peningkatan tersebut belum menunjukkan hasil yang optimal sehingga penggunaan PhET perlu disertai strategi pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif setiap peserta didik. Pelaksanaan pembelajaran yang terlaksana sesuai dengan seluruh indikator observasi menunjukkan bahwa media dapat diterapkan dalam kegiatan pembelajaran, tetapi keterlaksanaan tidak serta-merta menjamin penguasaan konsep yang tinggi. Karena penelitian ini menggunakan desain satu kelompok tanpa kelas pembanding, hasilnya perlu ditafsirkan secara hati-hati dan ditindaklanjuti melalui penelitian dengan kelompok kontrol serta waktu pembelajaran yang lebih memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmoneim, R., Hassounah, E., & Radwan, E. (2022). Effectiveness of virtual laboratories on developing expert thinking and decision-making skills among female school students in Palestine. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12), Article em2199. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12708>
- Adha, D. F., & Wahyuni, I. (2020). Penerapan model inquiry training menggunakan media laboratorium virtual (online labs) terhadap keterampilan proses sains pada pelajaran fisika di SMA. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika*, 6(3). <https://doi.org/10.24114/jiaf.v6i3.15246>
- Aida, N. (2023). Literasi digital dengan penggunaan PHET untuk remediasi miskonsepsi mahasiswa pada materi rangkaian arus searah. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 11(1). <https://doi.org/10.24252/jpf.v11i1.33635>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), Article 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Bauman, L. C., Hansen, B., Goodhew, L. M., & Robertson, A. D. (2024). Student conceptual resources for understanding electric circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 20(2), Article 020128. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.020128>



- Habibi, H., Jumadi, J., & Mundilarto, M. (2020). PhET simulation as means to trigger the creative thinking skills of physics concepts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(6), 166–172. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i06.11319>
- Habibulloh, M., Rosdiana, S. R., Santoso, A., & Mahbubah, K. (2022). Validity of student worksheet in chapter dynamic electricity based on virtual laboratory. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 5(1). <https://doi.org/10.47191/ijmra/v5-i1-29>
- Halim, A., Alinda, M., Mahzum, E., Wahyuni, A., & Ngadimin, N. (2024). Impact of using PhET and NI Multisim simulation on understanding electrical circuit concepts. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1), 161–172. <https://doi.org/10.21009/1.10114>
- Kamilah, D. P., Sulisworo, D., & Firmansyah, J. (2025). The impact of PhET simulations on conceptual understanding in high school physics: Evidence from Indonesian studies. *Journal of Educational Sciences*, 9(6), 6229–6244. <https://doi.org/10.31258/jes.9.6.p.6229-6244>
- Komalasari, N., Djudin, T., & Oktavianty, E. (2025). Penerapan model pembelajaran direct instruction berbantuan media PhET simulation untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi listrik dinamis di kelas IX MTsN 2 Sambas. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 5(6), 2275–2281. <https://doi.org/10.55081/jurdip.v5i6.3826>
- Larashati, T., & Supardi, U. S. (2025). Peningkatan keaktifan belajar menggunakan media virtual laboratorium PhET simulation dalam pembelajaran fisika materi rangkaian arus searah pada peserta didik kelas XII. *Educator*, 5(2). <https://doi.org/10.51878/educator.v5i2.5256>
- Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(12), Article e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Lubis, P. H. M., Lefudin, Khaokhajorn, W., Emiliannur, Winarno, N., & Hakim, L. (2025). Enhancing students' conceptual understanding and motivation in electricity through web-based problem-solving with PhET simulations. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(2), 1107–1128. <https://doi.org/10.23960/jpmpipa.v26i2.pp1107-1128>
- Purnomo, A., & Berliana, N. (2026). Implementasi aplikasi Android terintegrasi PhET simulation pada pembelajaran listrik dinamis siswa SMP. *Jurnal Pendidikan MIPA Pancasila*, 10(2), 671. <https://jpmp.upstegal.ac.id/index.php/jpmp/article/view/135/63>
- Rahmi, A., & Hidayati, H. (2023). Meta-analysis: The effect of using a virtual laboratory to improve students' understanding of physics concepts. *Journal of Innovative Physics Teaching*, 1(2), 113–120. <https://doi.org/10.24036/jipt/vol1-iss2/15>
- Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The effect of problem based learning model assisted by PhET simulation on understanding physics concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 28–43. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783>
- Samitra, D., Firdaus, M. L., & Krisnawati, Y. (2023). Physics Education Technology Project (PhET): Interactive simulation to improve students' understanding of concepts and perceptions. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 646–654. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7879>



- Suryadi, A., Kusairi, S., & Husna, D. A. (2020). Comparative study of secondary school students' and pre-service teachers' misconception about simple electric circuit. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16(2). <https://doi.org/10.15294/jpfi.v16i2.21909>
- Syahwin, S., Hardianti, T., & Fitriana, S. (2022). The effect of guided inquiry learning by virtual laboratory assistance in physics learning in Indonesian senior high schools: A meta-analysis. *International Journal of Instruction*, 15(4), 101–114. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.1546a>
- Wahyoerie, A. P., & Zulherman, Z. (2026). The influence of the problem based learning model assisted by PhET simulation on simple electric material on elementary school students' conceptual understanding. *Journal of Educational Sciences*, 10(8), 467–479. <https://doi.org/10.31258/jes.10.8.p.467-479>