

Perbedaan Hasil Belajar IPA Siswa dengan Laboratorium Virtual Menggunakan Aplikasi PhET dan Laboratorium Real SMP Negeri 1 Sigi

Putri Awalia Safitri^{1)*}, Ardiansyah¹⁾, Rahmawaty¹⁾

¹⁾Tadris Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Negeri Datokarama Palu

*Corresponding Author: putriawaliasafitri@gmail.com

ABSTRAK

Keterbatasan fasilitas laboratorium fisik di sekolah seringkali menghambat pelaksanaan praktikum IPA, sehingga diperlukan alternatif pembelajaran berbasis teknologi seperti laboratorium virtual. Namun, efektivitas laboratorium virtual dibandingkan laboratorium real dalam meningkatkan hasil belajar siswa masih perlu dikaji secara empiris. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan hasil belajar IPA siswa yang menggunakan laboratorium virtual berbasis aplikasi PhET dan laboratorium real pada materi unsur, senyawa, dan campuran di SMPN 1 Sigi. Penelitian kuantitatif dengan desain quasi-experimental tipe pretest-posttest control group design digunakan dalam penelitian ini. Seluruh siswa kelas VIII SMPN 1 Sigi dijadikan populasi penelitian, dengan sampel dua kelas: kelas VIII-A (20 siswa) menggunakan laboratorium real dan kelas VIII-B (20 siswa) menggunakan laboratorium virtual PhET, yang ditetapkan melalui teknik purposive sampling. Tes pilihan ganda 13 butir soal digunakan sebagai instrumen penelitian, sudah divalidasi dengan nilai Cronbach's Alpha 0,709. Statistik deskriptif, pengujian normalitas (Shapiro-Wilk), pengujian homogenitas (Levene's Test), pengujian independent sample t-test, N-Gain, serta effect size (Cohen's d) digunakan untuk menganalisis data. Temuan penelitian menunjukkan ada perbedaan nyata hasil belajar siswa yang menggunakan laboratorium virtual PhET serta laboratorium real dengan nilai sig. (2-tailed) $p < 0,05$. Nilai rata-rata posttest kelas laboratorium real (69,75) lebih tinggi dibandingkan kelas laboratorium virtual PhET (55,00). Peningkatan hasil belajar berdasarkan N-Gain menunjukkan bahwa kelas laboratorium virtual PhET memperoleh kategori sedang (33,77%) sedangkan kelas laboratorium real juga memperoleh kategori sedang (34,74%). Nilai effect size (Cohen's d) 1,057 menunjukkan bahwa laboratorium real memberikan pengaruh kecil namun signifikan terhadap hasil belajar dibandingkan laboratorium virtual PhET. Kesimpulannya, laboratorium real lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa pada materi unsur, senyawa, dan campuran dibandingkan laboratorium virtual PhET di SMP Negeri 1 Sigi.

Kata Kunci: Laboratorium Virtual; PhET; Laboratorium Real; Hasil Belajar; Unsur, Senyawa, Campuran

Received: 18 Feb 2026; Revised: 22 Feb 2026; Accepted: 24 Feb 2026; Available Online: 25 Feb 2026

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Kegiatan praktikum merupakan bagian penting dalam pembelajaran IPA yang membantu siswa memahami konsep ilmiah secara langsung melalui pengamatan dan eksperimen nyata. Melalui praktikum, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah seperti mengamati, merumuskan pertanyaan, melakukan percobaan, dan menyajikan temuan (Putri et al., 2021). Pembelajaran sains memiliki peran penting dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan siswa, terutama dalam tingkat SMP, kegiatan praktikum menjadi krusial karena siswa dapat memperoleh pengalaman langsung, mengasah kemampuan laboratorium, dan memperdalam pemahaman konsep-konsep ilmiah (Emda, 2017).

Kegiatan praktikum sebagai jantung pembelajaran sains seringkali terkendala oleh berbagai faktor yang mengakibatkan tujuan pembelajaran tidak tercapai secara optimal. Di SMPN 1 Sigi, observasi awal penelitian menunjukkan bahwa meskipun fasilitas laboratorium IPA sudah memadai, pelaksanaan praktikum riil masih menghadapi kendala berupa waktu persiapan yang panjang, variasi hasil antar kelompok siswa, dan frekuensi praktikum yang terbatas, sehingga menyebabkan pemahaman konsep IPA siswa belum optimal. Hal ini menciptakan celah penelitian untuk membandingkan efektivitas laboratorium virtual PhET sebagai alternatif

pelengkap lab riil guna meningkatkan konsistensi dan aksesibilitas pembelajaran (Hikmah et al., 2017; Zakiyah et al., 2022). Selain kendala operasional tersebut, kurangnya kompetensi guru dalam mengintegrasikan media digital serta risiko keamanan pada eksperimen fisik juga menjadi hambatan dalam pelaksanaan praktikum (Setiawati et al., 2021).

Pengaplikasian laboratorium virtual sebagai perkembangan teknologi pendidikan dapat menjadi solusi (Muhajarah, 2020; Wahab, 2020). Salah satu contoh laboratorium virtual adalah aplikasi PhET (Physics Education Technology), dikembangkan University of Colorado Boulder. PhET menyajikan simulasi interaktif untuk berbagai konsep sains dan matematika, memungkinkan siswa untuk melaksanakan eksperimen dengan virtual dengan cara menyenangkan dan mendidik (Rahmawati & Sulisty, 2022). Teknologi ini tidak hanya mengatasi keterbatasan alat dan bahan, tetapi juga memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi eksperimen yang kompleks, mahal, atau berbahaya tanpa risiko fisik (Sypsas & Kalles, 2023; Nirwana, 2017). Laboratorium virtual juga memungkinkan pembelajaran bebas dari lokasi dan waktu, dapat menyelamatkan pendidikan dari dinding kelas dan menyebarkannya ke semua jenis lingkungan dengan aplikasi yang lebih dinamis melalui simulasi (Olympiou & Zacharia, 2022).

Meskipun banyak penelitian sebelumnya menunjukkan penggunaan laboratorium virtual seperti PhET dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Hermansyah et al., 2017; Puspitasari et al., 2022), hasil penelitian lain menunjukkan inkonsistensi dimana ada yang tidak menemukan perbedaan signifikan antara kedua pendekatan, sementara yang lain menunjukkan keunggulan laboratorium real. Inkonsistensi ini menunjukkan bahwa efektivitas laboratorium virtual belum dapat digeneralisasi, terutama untuk konteks lokal seperti di SMPN 1 Sigi. Perbandingan langsung antara hasil belajar siswa yang menggunakan laboratorium virtual dengan mereka yang menggunakan laboratorium real belum banyak diteliti secara mendalam (Mutlu & Şeşen, 2020; Fitriani, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan laboratorium virtual dengan aplikasi PhET serta laboratorium real dalam materi unsur, senyawa, campuran.

Temuan penelitian ini diinginkan bisa memberikan rekomendasi untuk pengembangan strategi pengajaran SMP Negeri 1 Sigi serta sekolah-sekolah lain dalam rangka meningkatkan efektivitas pembelajaran sains melalui pemanfaatan teknologi modern. Maka sebab itu, penelitian ini bukan sekedar relevan untuk konteks lokal, namun serta memberi kontribusi terhadap pemahaman kian luas mengenai pemakaian laboratorium virtual pada pendidikan sains secara umum (Jaya et al., 2020).

Secara khusus, materi unsur, senyawa, dan campuran merupakan salah satu topik IPA yang membutuhkan pengamatan langsung terhadap perubahan sifat fisik dan kimia zat. Topik ini bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi serta eksperimentasi agar siswa dapat membangun pemahaman konseptual yang kuat (Hikmah et al., 2017). Karakteristik materi yang bersifat konkret dan fenomenologis inilah yang menjadi dasar pemilihan topik ini dalam desain eksperimen penelitian. Perbedaan antara pendekatan laboratorium real dan virtual diperkirakan akan lebih terlihat jelas pada materi yang membutuhkan interaksi sensoris nyata. Oleh karena itu, ketersediaan media praktikum yang tepat, baik berupa laboratorium real maupun virtual, menjadi penting dalam mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET mampu meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep siswa (Puspitasari et al., 2022), sementara penelitian lain menekankan bahwa pengalaman praktikum nyata memberikan dampak yang lebih mendalam terhadap pemahaman dan keterampilan siswa (Emda, 2017; Zakiyah et al., 2022). Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar IPA yang signifikan antara siswa yang menggunakan laboratorium virtual PhET dengan siswa yang menggunakan laboratorium real pada materi unsur, senyawa, dan campuran di SMPN 1 Sigi.

METODE

Penelitian kuantitatif dengan pendekatan komparatif (Comparative Research) merupakan jenis penelitian ini, menggunakan desain quasi-experimental dengan tipe pretest-posttest control group design (Sugiyono, 2017). Desain quasi-experimental dipilih karena tidak memungkinkan dilakukan randomisasi penuh mengingat siswa telah terbagi dalam kelas-kelas yang sudah terbentuk secara alami di sekolah. Penelitian dilaksanakan di SMPN 1 Sigi dalam tahun ajaran 2024/2025, semester genap. Populasi penelitian ialah semua siswa kelas VIII SMPN 1 Sigi yang sedang mempelajari materi unsur, senyawa, campuran. Teknik purposive sampling digunakan sebagai teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan bahwa kelas VIII-A dan VIII-B diajar oleh guru IPA yang sama

dan berada di sekolah yang sama, sehingga kondisi pembelajaran dapat dibandingkan secara setara. Kelas VIII-A ditetapkan sebagai kelompok yang menggunakan laboratorium real dan VIII-B sebagai kelompok yang menggunakan laboratorium virtual PhET. Masing-masing kelas terdiri dari 20 siswa, dipilih berdasarkan rekomendasi guru mata pelajaran IPA. Guru merekomendasikan kedua kelas tersebut karena dianggap memiliki kemampuan akademik yang relatif setara berdasarkan pengamatan dan penilaian guru selama proses pembelajaran berlangsung. Namun demikian, data pretest menunjukkan adanya ketidakseimbangan kemampuan awal antara kedua kelompok (rata-rata pretest kelompok laboratorium real = 53,65; kelompok laboratorium virtual PhET = 32,05), yang menjadi keterbatasan penelitian ini. Untuk mengakomodasi ketidakseimbangan tersebut, analisis N-Gain digunakan sebagai ukuran peningkatan hasil belajar yang memperhitungkan skor awal masing-masing kelompok (Yusuf, 2019).

Instrumen penelitian berwujud tes hasil belajar, tersusun atas pretest serta posttest dengan tipe soal pilihan ganda. Instrumen awal berjumlah 28 soal yang terlebih dahulu diujicobakan kepada 20 siswa di luar sampel penelitian. Uji validitas menggunakan korelasi Product Moment Pearson dengan bantuan SPSS, dan dari 28 soal yang diujicobakan sebanyak 15 soal dinyatakan tidak valid dan 13 soal dinyatakan valid (nomor 4, 8, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 23, 24, 25, 27, 28). Ke-13 soal valid tersebut dinyatakan cukup mewakili seluruh indikator pembelajaran materi unsur, senyawa, dan campuran, mencakup tingkatan kognitif C1 hingga C4 dalam Taksonomi Bloom (mengingat, memahami, mengaplikasikan, dan menganalisis), sebagaimana telah diverifikasi dan disetujui oleh dosen pembimbing dengan nilai r hitung $> r$ tabel (0,444) pada taraf signifikansi 0,05 (Gozali, 2021). Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menghasilkan nilai 0,709 yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas tinggi. Pretest diberikan sebelum perlakuan untuk mengukur pemahaman awal siswa, sedangkan posttest diberikan setelah perlakuan untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa (Purwanto, 2019). Penelitian dilaksanakan dalam 4 pertemuan, dengan jadwal 2 kali pertemuan per minggu. Pertemuan pertama digunakan untuk pelaksanaan pretest (2 jam pelajaran); pertemuan kedua dan ketiga digunakan untuk perlakuan/pembelajaran menggunakan laboratorium virtual PhET atau laboratorium real, masing-masing dengan durasi 2 dan 3 jam pelajaran; serta pertemuan keempat digunakan untuk pelaksanaan posttest (2 jam pelajaran).

Teknik analisis data yang digunakan meliputi: (1) analisis statistik deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum dan maksimum (Siregar, 2016); (2) uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk karena jumlah sampel < 30 ; (3) uji homogenitas menggunakan Levene's Test; (4) uji beda pretest menggunakan independent sample t-test untuk memverifikasi kesetaraan kemampuan awal kedua kelompok; (5) uji hipotesis menggunakan independent sample t-test untuk membandingkan rata-rata posttest kedua kelompok; (6) analisis N-Gain untuk mengukur peningkatan hasil belajar dengan kategori: ($g > 70\%$), sedang ($30\% \leq g \leq 70\%$), dan rendah ($g < 30\%$) (Purwanto, 2014); serta (7) effect size menggunakan Cohen's d dengan kategori interpretasi: kecil ($0,2 \leq d < 0,5$), sedang ($0,5 \leq d < 0,8$), dan besar ($d \geq 0,8$) (Hardani, 2019). Kriteria pengujian hipotesis adalah H_0 ditolak bila nilai signifikansi $< 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Uji validitas digunakan untuk pengujian dengan menggunakan korelasi Product Moment Pearson berbantuan aplikasi SPSS (Gozali, 2021). Dari 28 soal yang diujicobakan kepada 20 siswa di luar sampel, sebanyak 13 soal dinyatakan valid dan 15 soal tidak valid. Soal nomor 4, 8, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 23, 24, 25, 27, dan 28 merupakan soal-soal valid dengan nilai r hitung $> r$ tabel (0,444). Uji reliabilitas digunakan untuk pengujian menggunakan Cronbach's Alpha dan menghasilkan nilai 0,709, menunjukkan instrumen memiliki tingkat reliabilitas tinggi ($r > 0,70$) (Siregar, 2016), sehingga instrumen dinyatakan layak digunakan untuk mengukur hasil belajar siswa.

Analisis Statistik Deskriptif

Dimanfaatkan guna mendeskripsikan data hasil penelitian, meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi dari hasil pretest serta posttest dua kelompok. Data statistik deskriptif ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil Belajar

Kelompok	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pretest Virtual	20	8	61	32,05	15,44
Posttest Virtual	20	31	92	55,00	15,83
Pretest Real	20	38	84	53,65	10,98
Posttest Real	20	54	92	69,75	11,78

Berdasarkan Tabel 1, terdapat ketidakseimbangan kemampuan awal yang perlu diperhatikan. Nilai rata-rata pretest kelompok laboratorium real (53,65) jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok laboratorium virtual PhET (32,05), dengan selisih 21,6 poin. Hal ini mengindikasikan bahwa kelompok laboratorium real memiliki kemampuan awal yang lebih tinggi sejak sebelum perlakuan diberikan. Ketidakseimbangan ini menjadi keterbatasan penelitian dalam hal pengendalian kemampuan awal antara kedua kelompok. Untuk meminimalkan dampak ketidakseimbangan ini, analisis N-Gain digunakan sebagai ukuran peningkatan relatif yang mempertimbangkan skor awal masing-masing kelompok. Nilai rata-rata posttest kelompok laboratorium real (69,75) lebih tinggi dibandingkan kelompok laboratorium virtual PhET (55,00). Peningkatan juga terlihat pada kedua kelompok bila dibandingkan nilai pretest masing-masing (virtual: 32,05 → 55,00; real: 53,65 → 69,75), menunjukkan bahwa kedua perlakuan berhasil meningkatkan hasil belajar (Siregar, 2016).

Uji Normalitas

Pengujian Shapiro-Wilk digunakan guna melaksanakan Pengujian normalitas, sebab jumlah sampel < 30 (n=20 untuk masing-masing kelompok) (Hardani, 2019). Temuan pengujian normalitas disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

Kelompok	Statistic	df	Sig.
Pretest Virtual	0,930	20	0,154
Posttest Virtual	0,943	20	0,269
Pretest Real	0,917	20	0,087
Posttest Real	0,928	20	0,140

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji normalitas memperlihatkan seluruh data pretest dan posttest pada kedua kelompok memiliki nilai signifikansi (Sig.) > 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal dan memenuhi syarat untuk melakukan uji independent sample t-test.

Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas mempunyai tujuan guna mengidentifikasi apakah kedua kelompok memiliki varians homogen ataupun tidak. Levene's Test digunakan guna melaksanakan Pengujian homogenitas (Hardani, 2019). Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai F = 0,935 dengan nilai signifikansi 0,340 (> 0,05). Karena nilai signifikansi > 0,05, bisa ditarik simpulan varians kedua kelompok homogen. Hasil ini memenuhi syarat untuk melakukan uji independent sample t-test dengan asumsi equal variances assumed.

Uji Hipotesis (Independent Sample T-Test)

Independent sample t-test digunakan guna melaksanakan pengujian hipotesis mempunyai tujuan guna mengidentifikasi apakah ada perbedaan nyata hasil belajar (posttest) kelompok laboratorium virtual PhET dan laboratorium real. Hasil uji t disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Independent Sample T-Test

Kelompok	N	Mean	t	df	Sig. (2-tailed)
Posttest Virtual	20	55,00	-3,343	38	0,002
Posttest Real	20	69,75			

Berlandaskan Tabel 3, nilai t hitung -3,343, df = 38 dan signifikansi (2-tailed) = 0,002 < 0,05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima (Hardani, 2019). Ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok, dengan nilai rata-rata posttest laboratorium real (69,75) lebih tinggi dibandingkan laboratorium virtual PhET (55,00), dengan selisih 14,75 poin.

Analisis N-Gain

Analisa N-Gain digunakan guna menilai kenaikan hasil belajar berdasarkan potensi peningkatan maksimal yang mungkin dicapai. Temuan analisa N-Gain disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis N-Gain

Kelompok	N-Gain (%)	Kategori	Std. Deviation
Laboratorium Virtual PhET	30,62	Sedang	19,97
Laboratorium Real	33,66	Sedang	11,78

Hasil analisa N-Gain memperlihatkan kelompok laboratorium virtual PhET mendapat nilai N-Gain 33,77% dengan standar deviasi 19,97, yang termasuk dalam kategori sedang ($30\% \leq g \leq 70\%$). Sementara itu, kelompok laboratorium real memperoleh nilai N-Gain sebesar 34,74% dengan standar deviasi 11,78, yang juga termasuk dalam kategori sedang. Kelompok laboratorium real menunjukkan N-Gain sedikit lebih tinggi dengan selisih 0,97% (Purwanto, 2019).

Analisis Effect Size

Analisis effect size menggunakan Cohen's d dilakukan untuk mengukur besarnya pengaruh perlakuan pada hasil belajar. Untuk menjaga konsistensi dengan uji hipotesis yang menggunakan data posttest, effect size juga dihitung berdasarkan nilai posttest kedua kelompok. Hasil perhitungan menunjukkan nilai Cohen's d sebesar 1,057 yang termasuk dalam kategori large effect size ($d \geq 0,8$). Nilai ini diperoleh dari perhitungan: $d = (M_{\text{real}} - M_{\text{virtual}}) / SD_{\text{pooled}} = (69,75 - 55,00) / 13,95 = 14,75 / 13,95 = 1,057$. Di mana $SD_{\text{pooled}} = \sqrt{[(SD^2 + SD^2) / 2]} = \sqrt{[(11,78^2 + 15,83^2) / 2]} = \sqrt{[(138,77 + 250,59) / 2]} = \sqrt{194,68} = 13,95$. Nilai effect size yang tergolong besar ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil belajar antara kelompok laboratorium real dan laboratorium virtual PhET tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara praktis. Hal ini menunjukkan bahwa laboratorium real memberikan pengaruh yang jauh lebih besar terhadap hasil belajar posttest dibandingkan laboratorium virtual PhET (Hardani, 2019).

Pembahasan

Perbedaan hasil belajar yang ditemukan dalam penelitian ini dapat dipahami melalui perspektif teoretis pembelajaran berbasis pengalaman. Secara statistik, terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar siswa yang menggunakan laboratorium virtual PhET dengan siswa yang menggunakan laboratorium real pada materi unsur, senyawa, dan campuran ($t(38) = -3,343$, $p = 0,002$). Effect size yang tergolong besar (Cohen's $d = 1,057$) menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna secara praktis dalam konteks pembelajaran.

Keunggulan laboratorium real dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui beberapa faktor, meskipun perlu diakui bahwa perbedaan kemampuan awal (pretest) antara kedua kelompok juga berpotensi turut memengaruhi hasil. Rata-rata pretest kelompok laboratorium real (53,65) lebih tinggi dibandingkan kelompok virtual (32,05), sehingga interpretasi keunggulan laboratorium real perlu dilakukan dengan mempertimbangkan faktor awal ini. Terlepas dari itu, secara teoretis keunggulan laboratorium real dapat dijelaskan melalui beberapa aspek. Pertama, laboratorium real memberikan pengalaman langsung yang lebih konkret kepada siswa dalam berinteraksi dengan bahan dan alat laboratorium (Emda, 2017). Menurut Dale's Cone of Experience, pengalaman langsung berada pada tingkat paling bawah kerucut yang menunjukkan tingkat pengalaman paling konkret dan paling mudah diingat. Kedua, praktikum di laboratorium real melibatkan seluruh panca indra siswa, tidak hanya visual seperti pada laboratorium virtual. Keterlibatan multisensori ini dapat meningkatkan retensi memori dan pemahaman konsep yang lebih mendalam (Nurhayati et al., 2021). Ketiga, siswa yang melakukan praktikum di laboratorium real mengembangkan keterampilan psikomotorik yang lebih baik (Zakiyah et al., 2022), seperti ketepatan dalam menggunakan alat laboratorium, pengamatan langsung terhadap perubahan kimia, dan kemampuan menangani bahan dengan aman.

Secara lebih mendalam, perbedaan hasil belajar antara kedua kelompok dapat dipahami melalui proses pembelajaran yang berlangsung. Pada kelompok laboratorium real, siswa secara langsung mengamati perubahan fisik dan kimia bahan seperti larutan, campuran, dan senyawa dengan indra sesungguhnya, sehingga pemahaman konsep terbangun melalui pengalaman nyata yang bermakna. Interaksi langsung dengan alat dan bahan laboratorium menuntut siswa berpikir kritis dalam setiap tahapan percobaan, mulai dari menyiapkan bahan,

melakukan pengukuran, hingga mengamati hasil reaksi. Kondisi ini memperkuat koneksi kognitif antara konsep teoritis dan fenomena yang diamati secara langsung (Emda, 2017). Sebaliknya, pada kelompok laboratorium virtual PhET, meskipun simulasi menyediakan representasi visual yang menarik dan interaktif, siswa tidak mengalami sensasi nyata dari materi seperti bau, tekstur, atau perubahan warna yang sesungguhnya terjadi dalam praktikum kimia. Keterbatasan umpan balik sensorik ini mengurangi kedalaman pemahaman konsep, terutama dalam materi unsur, senyawa, serta campuran dengan sifat konkret serta memerlukan pengamatan fenomena nyata. Selain itu, dalam pembelajaran PhET, siswa cenderung lebih pasif karena eksperimen virtual tidak memberikan konsekuensi nyata atas kesalahan prosedur, sehingga tingkat keterlibatan dan tanggung jawab kognitif yang dihasilkan relatif lebih rendah dibandingkan praktikum laboratorium real (Hermansyah et al., 2017). Dengan demikian, nilai posttest kelompok laboratorium real yang lebih tinggi (69,75) dibandingkan laboratorium virtual PhET (55,00) mencerminkan bahwa pengalaman belajar yang lebih konkret, multisensori, dan melibatkan interaksi langsung pada laboratorium real berkontribusi secara lebih signifikan terhadap peningkatan hasil belajar kognitif siswa dalam materi unsur, senyawa, serta campuran.

Namun demikian, hasil penelitian ini tidak berarti bahwa laboratorium virtual PhET tidak efektif dalam pembelajaran. Analisis N-Gain menunjukkan bahwa terdapat kenaikan hasil belajar kedua kelompok dalam kategori sedang, dengan kelompok laboratorium virtual memperoleh N-Gain 30,62% dan kelompok laboratorium real 33,66%. Perbedaan N-Gain yang relatif kecil (hanya 3,04%) ini menunjukkan laboratorium virtual PhET tetap dapat meningkatkan hasil belajar siswa secara efektif (Hermansyah et al., 2017). Laboratorium virtual memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki laboratorium real, seperti kemudahan akses tanpa batasan waktu dan tempat, keamanan yang lebih terjamin karena tidak melibatkan bahan kimia berbahaya, biaya yang lebih rendah, dan kemampuan untuk mengulang eksperimen berkali-kali tanpa khawatir kehabisan bahan (Muhajarah, 2020; Nirwana, 2017).

Penelitian selaras penelitian Fitriani (2017) yang membandingkan efek penggunaan laboratorium virtual berbasis simulasi PhET dan laboratorium real dalam meningkatkan penguasaan konsep elektronika mahasiswa pendidikan fisika. Penelitian tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok ($t = -0,167$, $p = 0,868$), sehingga keduanya sama efektif. Perbedaan hasil dengan penelitian ini mungkin disebabkan oleh perbedaan subjek penelitian (mahasiswa vs siswa SMP), materi yang diuji (elektronika vs unsur, senyawa, campuran), dan tingkat kompleksitas praktikum yang dilakukan. Namun, penelitian Mutlu dan Şeşen (2020) yang membandingkan pembelajaran berbasis inkuiri di lingkungan laboratorium real dan virtual juga menunjukkan hasil yang mendukung pentingnya metode pembelajaran berbasis inkuiri dalam meningkatkan sikap calon guru sains, baik di laboratorium real maupun virtual.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa meskipun laboratorium real menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik, laboratorium virtual PhET dapat menjadi alternatif efektif pada kegiatan pembelajaran IPA, terutama ketika laboratorium real tidak tersedia atau terbatas. Kombinasi antara laboratorium real dan virtual (blended laboratory) dapat dipertimbangkan sebagai strategi pembelajaran yang optimal, dengan memanfaatkan keunggulan masing-masing metode (Fitryana et al., 2023). Laboratorium virtual dapat digunakan untuk pengenalan konsep awal dan simulasi eksperimen yang berbahaya atau mahal, sementara laboratorium real digunakan untuk pengalaman langsung dan pengembangan keterampilan laboratorium.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar IPA siswa antara kelompok yang menggunakan laboratorium virtual PhET dengan kelompok yang menggunakan laboratorium real pada materi unsur, senyawa, dan campuran di SMPN 1 Sigi. Berdasarkan temuan dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar IPA siswa yang menggunakan laboratorium virtual PhET dan laboratorium real, dengan nilai signifikansi $0,002 < 0,05$. Nilai rata-rata posttest kelompok laboratorium real (69,75) lebih tinggi dibandingkan kelompok laboratorium virtual PhET (55,00). Analisis effect size menunjukkan bahwa besarnya pengaruh perbedaan tersebut termasuk dalam kategori besar (Cohen's $d = 1,057$), yang berarti perbedaan ini tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga bermakna secara praktis. Peningkatan hasil belajar terjadi pada kedua kelompok dalam kategori sedang berdasarkan analisis N-Gain, dengan kelompok laboratorium virtual memperoleh N-Gain 33,77% dan kelompok laboratorium real 34,74%. Dengan demikian, laboratorium real lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA dibandingkan laboratorium virtual PhET, meskipun laboratorium virtual PhET tetap dapat menjadi alternatif yang baik

terutama ketika akses terhadap laboratorium real terbatas. Kombinasi antara laboratorium real dan virtual dapat dipertimbangkan sebagai strategi pembelajaran yang optimal untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di sekolah. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, di antaranya: (1) adanya ketidakseimbangan kemampuan awal yang cukup besar antara kedua kelompok (selisih pretest 21,6 poin) yang tidak dapat sepenuhnya dikendalikan; (2) pengambilan sampel berdasarkan rekomendasi guru sehingga tidak sepenuhnya acak; dan (3) jumlah sampel yang relatif kecil (masing-masing 20 murid per kelompok) sehingga generalisasi hasil penelitian perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain yang lebih terkontrol dan sampel yang lebih besar untuk memperoleh kesimpulan yang lebih kuat.

Daftar Pustaka

- Emda, A. (2017). Laboratorium sebagai sarana pembelajaran kimia dalam meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan kerja ilmiah. *Lantanida Journal*, 5(1), 59-84.
- Fitriani, A. (2024). Comparison of the effect of using virtual laboratory based on PhET simulation and real laboratory in improving mastery of electronic concepts of physics education students. *Tekno-Pedagogi: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(1), 12-25.
- Fitryana, D., Sulistyio Saputro, A. N., & Priyanto, E. (2023). Pengaruh pembelajaran kimia dengan metode Student Team Achievement Division (STAD) yang dilengkapi eksperimen laboratorium riil dan virtual terhadap prestasi belajar pada materi pokok koloid. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(3), 224-230.
- Gozali, I. (2021). Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 26 (Edisi 10). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hardani. (2019). Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif (Ed. I). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hermansyah, Gunawan, & Herayanti, L. (2017). Pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA di sekolah menengah pertama. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 125-132. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9481>.
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan laboratorium virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Educhemia Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 2(2), 3-14. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v2i2.1187>.
- Jaya, H., Susanto, H., & Rahman, A. (2020). Pengembangan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(2), 45-56. <https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3553>.
- Muhajarah, K. (2020). Pengembangan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran: Peluang dan tantangan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), 99-106.
- Mutlu, A., & Şeşen, B. A. (2020). Comparison of inquiry-based instruction in real and virtual laboratory environments: Prospective science teachers' attitudes. *Participatory Educational Research*, 7(3), 82-101.
- Nirwana, R. R. (2017). Pemanfaatan laboratorium virtual dan e-reference dalam proses pembelajaran dan penelitian ilmu kimia. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan*, 1(1), 115-123. <https://doi.org/10.21580/phen.2011.1.1.447>.
- Nurhayati, E., Winarso, W., & Sari, D. P. (2021). Pengaruh pembelajaran multisensori terhadap peningkatan pemahaman konsep dan hasil belajar IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 183-194. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i2.19876>.
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2022). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan. (2005). Jakarta: Sekretariat Negara
- Purwanto, N. (2019). Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran (Edisi Revisi). Bandung: Remaja Rosdakarya.

- Puspitasari, A. D., Wahyuni, S., & Subiki. (2022). Efektivitas penggunaan simulasi PhET untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.22611/jpf.v10i1.21234>.
- Putri, C. H., Fitriani, S., & Nurmalina, N. (2021). Analisis pembelajaran sains di kelompok B1 Al-Khawarizmi TK Al-Azhar Cairo Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(2), 111-120.
- Rahmawati, F., & Sulisty, G. H. (2022). Pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 523-534. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.38291>.
- Setiawati, E., Hendayana, S., & Supriatna, A. (2021). Analisis pengelolaan laboratorium IPA dan alternatif praktikum IPA pada masa pandemi Covid-19 di SMP Negeri 1 Ciamis. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 2(3), 48-56. <https://doi.org/10.25134/jkip.v2i3.3936>.
- Siregar, S. (2016). *Statistika Deskriptif untuk Penelitian Dilengkapi Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17 (Ed. 1, Cet. 5)*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (Edisi revisi)*. Bandung: Alfabeta.
- Sypsas, A., & Kalles, D. (2023). Virtual laboratories in Biology and Biochemistry higher education courses: A review of the literature. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 1952-1973. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1854310>.
- Wahab, A. (2020). Pengembangan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran: Peluang dan tantangan. *Jurnal JUSTEK*, 3(2), 99-110. <https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3539>.
- Yusuf, A. M. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan Penelitian Gabungan*. Jakarta: Prenada Media Group.
- Zakiyah, A., Sudarti, & Lesmono, A. D. (2022). Pengaruh sarana prasarana laboratorium IPA terhadap motivasi belajar siswa di SMP Negeri 10 Jember kelas 7. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(24), 140-150. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7494535>.