

Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Berbasis Virtual-Lab Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VII Pada Materi Gaya SMP NEGERI 1 TAPA

Rosalinda Ahmad¹, Mursalin², I Made Hermanto³, Nova Elysia Ntobuo⁴, Citron S Payu⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

E-mail: rossalindaahmad68@gmail.com¹, mursalin@ung.ac.id², imadehermanto@ung.ac.id³

Article History:

Received: 09 Agustus 2026

Revised: 24 Agustus 2026

Accepted: 30 Agustus 2026

Kata Kunci : *Model Pembelajaran Inkuiri, Virtual-Lab, PhET Simulation, Hasil Belajar, Materi Gaya.*

Abstrak: *Model pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory melalui PhET Simulation digunakan sebagai alternatif untuk membantu siswa memahami konsep gaya secara lebih konkret, interaktif, dan bermakna. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh model pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory terhadap hasil belajar siswa kelas VII pada materi gaya di SMP Negeri 1 Tapa. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan desain One Group Pretest-Posttest yang melibatkan tiga kelas, yaitu kelas eksperimen dan dua kelas replikasi. Instrumen penelitian berupa tes hasil belajar yang diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran, sedangkan data dianalisis menggunakan uji normalitas, homogenitas, paired sample t-test, dan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar pada seluruh kelas setelah penerapan pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory. Pengujian hipotesis menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan, sedangkan analisis N-Gain memperlihatkan peningkatan hasil belajar pada kategori sedang. Siswa juga menunjukkan respons positif melalui keterlibatan dan aktivitas belajar yang tinggi. Dengan demikian, model pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA pada materi gaya.*

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Oleh karena itu, pembelajaran perlu berorientasi pada siswa (*student-centered learning*) dengan memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung proses belajar yang lebih aktif dan bermakna. Dalam pembelajaran IPA, penggunaan teknologi dapat membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Banarsari et al., 2023; Suwartiningsih, 2021). Meskipun demikian, hasil belajar IPA siswa di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan beberapa mata pelajaran lainnya. Kondisi ini dipengaruhi oleh pembelajaran yang masih berpusat pada guru, rendahnya keterlibatan siswa, serta keterbatasan fasilitas praktikum di sekolah.

Akibatnya, siswa mengalami kesulitan memahami konsep-konsep IPA yang bersifat abstrak, termasuk materi gaya (Yandi et al., 2023; Abrar et al., 2025).

Salah satu model pembelajaran yang dinilai efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah model pembelajaran inkuiri. Model ini menekankan keterlibatan aktif siswa dalam menemukan dan membangun pengetahuan melalui kegiatan mengamati, menyelidiki, menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri mampu meningkatkan hasil belajar, keterampilan proses sains, dan kemampuan berpikir kritis siswa (Hulu et al., 2023; Siahaan et al., 2020). Penerapan model ini memungkinkan siswa tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi juga memperoleh pengalaman belajar melalui proses penyelidikan yang mendorong pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Namun, penerapan pembelajaran inkuiri sering menghadapi kendala berupa keterbatasan sarana laboratorium dan alat praktikum. Laboratorium virtual dapat menjadi alternatif karena memungkinkan siswa melakukan eksperimen melalui simulasi digital yang interaktif. Penggunaan laboratorium virtual berbasis PhET juga terbukti membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dan meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran (Hardiansyah et al., 2021; Sanimah et al., 2024). Meskipun penelitian mengenai pembelajaran inkuiri dan laboratorium virtual telah banyak dilakukan, kajian yang mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut pada materi gaya di tingkat SMP masih terbatas. Penelitian yang secara bersamaan mengkaji pengaruhnya terhadap hasil belajar dan respons siswa juga belum banyak ditemukan, sehingga menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory* terhadap hasil belajar siswa kelas VII pada materi gaya serta mengetahui respons siswa terhadap penerapannya. Integrasi model inkuiri dengan laboratorium virtual diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, interaktif, dan kontekstual sekaligus mengatasi keterbatasan fasilitas praktikum di sekolah. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran IPA berbasis teknologi serta menjadi alternatif solusi bagi sekolah dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil belajar siswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menguji pengaruh model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory* terhadap hasil belajar siswa pada materi gaya. Desain penelitian yang digunakan adalah One Group Pretest-Posttest Design yang melibatkan satu kelas eksperimen dan dua kelas replikasi. Seluruh kelompok diberikan *pretest*, perlakuan berupa pembelajaran inkuiri berbasis laboratorium virtual PhET, dan *posttest* untuk mengukur perubahan hasil belajar setelah perlakuan diberikan. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengevaluasi efektivitas pembelajaran melalui perbandingan kemampuan siswa sebelum dan sesudah perlakuan secara langsung (Sugiyono, 2022; Creswell & Creswell, 2023). Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 1 Tapa, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo pada semester genap tahun ajaran 2026/2027. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas VII yang terdiri atas tujuh kelas. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *total sampling*, dengan kelas VII-C sebagai kelas eksperimen, VII-D sebagai kelas replikasi 1, dan VII-E sebagai kelas replikasi 2 yang dipilih melalui pengundian. Jumlah sampel keseluruhan sebanyak 84 siswa, dengan masing-masing kelas terdiri atas 28 siswa (Candra Susanto et al., 2024; Sudaryono, 2021).

Instrumen penelitian berupa Tes Hasil Belajar (THB) berbentuk pilihan ganda sebanyak 15 butir soal yang mengukur kemampuan kognitif siswa pada level C1, C2, C3, dan C4 Taksonomi

.....

Bloom revisi, serta angket respons siswa terhadap penerapan pembelajaran. Sebelum digunakan, perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian divalidasi oleh ahli untuk memastikan kelayakan isi, konstruk, dan bahasa. Hasil validasi menunjukkan seluruh instrumen berada pada kategori sangat valid, sedangkan hasil uji reliabilitas menggunakan Alpha Cronbach menunjukkan instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi sehingga layak digunakan dalam penelitian (Sukendra & Atmaja, 2020; Nuryadi et al., 2020). Penelitian dilaksanakan melalui tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun serta memvalidasi perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian. Tahap pelaksanaan diawali dengan pemberian *pretest*, kemudian dilanjutkan dengan pembelajaran menggunakan model inkuiri berbasis *virtual laboratory* PhET yang meliputi kegiatan orientasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data melalui simulasi virtual, pengujian hipotesis, dan penarikan kesimpulan. Setelah perlakuan selesai, siswa diberikan *posttest* dan angket respons untuk mengetahui peningkatan hasil belajar serta tanggapan siswa terhadap pembelajaran yang diterapkan (Hardiansyah et al., 2021; Sanimah et al., 2024).

Data penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan hasil belajar siswa, sedangkan analisis inferensial meliputi uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, uji homogenitas, dan uji hipotesis menggunakan *paired sample t-test* untuk mengetahui pengaruh penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory* terhadap hasil belajar siswa. Selain itu, peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan skor N-Gain untuk menentukan tingkat efektivitas pembelajaran yang diterapkan, sementara data respons siswa dianalisis secara deskriptif dalam bentuk persentase (Nuryadi et al., 2020; Sukarelawan et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Tabel 1. Persentase Capaian Kognitif

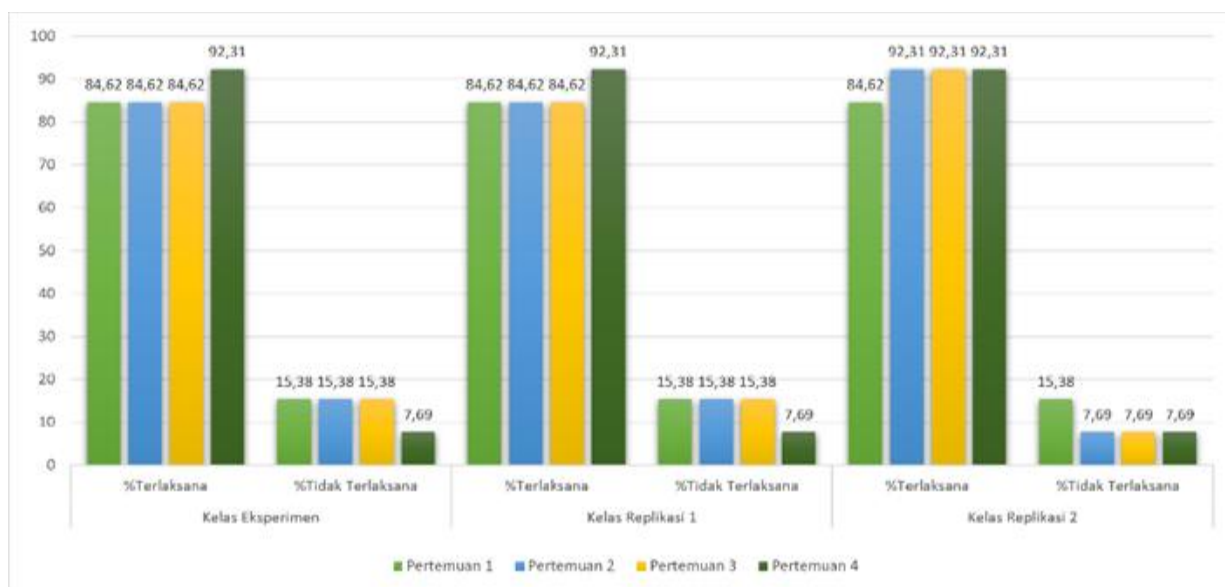
Presentase Capaian Kognitif						
Kelas	C2		C3		C4	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Eksperimen	54%	65%	44%	78%	46%	71%
Replikasi 1	66%	83%	59%	76%	46%	74%
Replikasi 2	59%	71%	64%	64%	55%	69%

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh kelas menunjukkan peningkatan capaian ranah kognitif C2, C3, dan C4 setelah diberikan pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory*. Pada kelas eksperimen, persentase C2 meningkat dari 54% menjadi 65%, C3 dari 44% menjadi 78%, dan C4 dari 46% menjadi 71%. Pada kelas replikasi 1, C2 meningkat dari 66% menjadi 83%, C3 dari 59% menjadi 76%, dan C4 dari 46% menjadi 74%. Sementara itu, pada kelas replikasi 2, C2 meningkat dari 59% menjadi 71%, C4 dari 55% menjadi 69%, sedangkan C3 tetap berada pada persentase 64%. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory* mampu meningkatkan kemampuan kognitif siswa pada aspek memahami (C2), mengaplikasikan (C3), dan menganalisis (C4).

Tabel 2. Rata-Rata Hasil Perhitungan Nilai Pre-test dan Post-test

Kelas	Rata-Rata	
	Pre-test	Post-test
Eksperimen	44,96	82,21
Replikasi 1	46,50	82,43
Replikasi 2	41,14	71

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata nilai *pre-test* siswa pada kelas eksperimen, replikasi 1, dan replikasi 2 masing-masing sebesar 44,96; 46,50; dan 41,14. Setelah diberikan perlakuan pembelajaran, rata-rata nilai *post-test* meningkat menjadi 82,21 pada kelas eksperimen, 82,43 pada kelas replikasi 1, dan 71,00 pada kelas replikasi 2. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa. Untuk mendukung temuan tersebut, dilakukan analisis keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas siswa melalui observasi selama proses pembelajaran berlangsung. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana proses pembelajaran terlaksana sesuai dengan perencanaan serta bagaimana keterlibatan siswa dalam kegiatan belajar mengajar.



Gambar 1. Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Berdasarkan hasil observasi, keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen dan replikasi 1 mencapai 84,62% pada pertemuan pertama hingga ketiga dan meningkat menjadi 92,31% pada pertemuan keempat. Pada kelas replikasi 2, keterlaksanaan pembelajaran sebesar 84,62% pada pertemuan pertama dan meningkat menjadi 92,31% pada pertemuan kedua hingga keempat. Sejalan dengan itu, persentase ketidakterlaksanaan pembelajaran mengalami penurunan dari 15,38% menjadi 7,69%, yang menunjukkan bahwa proses pembelajaran semakin optimal pada setiap pertemuan. Hasil observasi aktivitas siswa juga menunjukkan tren peningkatan selama empat kali pertemuan. Pada kelas eksperimen, persentase aktivitas siswa meningkat dari 79,64% menjadi 88,64%; pada kelas replikasi 1 meningkat dari 80,64% menjadi 89,64%; dan pada kelas replikasi 2 meningkat dari 81,64% menjadi 90,64%. Secara keseluruhan, aktivitas siswa pada ketiga kelas berada dalam kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa siswa terlibat secara aktif selama proses pembelajaran menggunakan model inkuiri berbasis *virtual laboratory*.

Pengujian Persyaratan Analisis

Tabel 3. Hasil Pengujian Normalitas Data

Kelas	Nilai Sig		Keterangan
	Pretest	Posttest	
Kelas Eksperimen	0.149	0.193	Normal
Kelas Replikasi 1	0.130	0.151	Normal
Kelas Replikasi 2	0.130	0.147	Normal

Berdasarkan hasil pengujian normalitas yang disajikan pada Tabel 3, diperoleh bahwa nilai $F_i \geq K$ pada taraf signifikansi 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari kelas eksperimen, replikasi 1, dan replikasi 2 berdistribusi normal dan memenuhi syarat untuk dilakukan pengujian statistik para metrik.

Tabel 4. Hasil Homogenitas SMPN 7 Kota Gorontalo

Perhitungan yang digunakan	Nilai Levene	df1	df2	Sig.	Keterangan
Rata-rata	0.630	2	81	0.699	Homogen
Median	0.471	2	81	0.626	Homogen
Median (Menyesuaikan)	0.471	2	80,340	0.626	Homogen
Rata-rata terpangkas	0.368	2	81	0.693	Homogen

Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan Levene's Test, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa varians data pada kelas eksperimen, replikasi 1, dan replikasi 2 bersifat homogen atau memiliki tingkat variasi yang relatif sama. Selain itu, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya kedua prasyarat tersebut, data penelitian dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji statistik parametrik, yaitu paired sample t-test.

Pengujian Hipotesis

1. Uji Paired Sample t-Test

Uji *paired sample t-test* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* setelah penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Paired Sample t-Test

Kelas	t	df	Sig. (2-tailed)	Keputusan
Eksperimen	-11,519	27	< 0,001	Ha diterima
Replikasi 1	-13,081	27	< 0,001	Ha diterima
Replikasi 2	-10,643	27	< 0,001	Ha diterima

Berdasarkan hasil uji paired sample t-test, seluruh kelas memperoleh nilai signifikansi < 0,05. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest pada kelas eksperimen, replikasi 1, dan replikasi 2 setelah penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_a diterima. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis virtual laboratory berpengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi gaya.

2. Uji N-Gain

Setelah diketahui adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*, analisis N-Gain dilakukan untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar siswa setelah mengikuti pembelajaran. Hasil analisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji N-Gain

Kelas	N-Gain	Kriteria
Eksperimen	0,45	Sedang
Replikasi 1	0,60	Sedang
Replikasi 2	0,53	Sedang

Hasil analisis N-Gain menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar pada ketiga kelas berada dalam kategori sedang. Kelas replikasi 1 memperoleh nilai N-Gain tertinggi, diikuti kelas replikasi 2 dan kelas eksperimen. Meskipun terdapat variasi nilai antarkelas, seluruh kelas menunjukkan pola peningkatan yang konsisten setelah mengikuti pembelajaran. Temuan ini memperkuat hasil uji *paired sample t-test* yang menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara hasil belajar sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory*. Secara keseluruhan, hasil uji *paired sample t-test* dan N-Gain menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis *virtual laboratory* memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada materi gaya. Konsistensi hasil pada kelas eksperimen dan dua kelas replikasi menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar terjadi pada seluruh kelas yang memperoleh perlakuan.

Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Tapa dengan menerapkan media pembelajaran interaktif berbasis *virtual laboratory* menggunakan PhET Simulation pada materi gaya di kelas VII. Sampel terdiri atas kelas VII-C sebagai kelas eksperimen, VII-D sebagai kelas replikasi 1, dan VII-E sebagai kelas replikasi 2. Penggunaan kelas replikasi dimaksudkan untuk menguji konsistensi pengaruh perlakuan pada kelompok yang berbeda. PhET Simulation memungkinkan siswa melakukan eksperimen secara virtual melalui kegiatan mengamati fenomena, memanipulasi variabel, dan mengeksplorasi konsep secara mandiri. Penggunaan simulasi ini dapat membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih konkret sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan aktivitas belajar (Haryanto et al., 2023). Temuan ini juga sejalan dengan Dalu et al. (2020) yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu memberikan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan pembelajaran berbasis eksperimen nyata.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan capaian kognitif pada aspek C2 (memahami), C3 (mengaplikasikan), dan C4 (menganalisis) setelah penerapan *virtual laboratory* pada ketiga kelas. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa siswa tidak hanya semakin mampu memahami konsep gaya, tetapi juga dapat menerapkan dan menganalisis hubungan antara gaya, massa, dan percepatan melalui simulasi. Pengalaman eksplorasi dan percobaan virtual membuat konsep yang sebelumnya abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Temuan ini sejalan dengan penelitian Anisa Septi Pratiwi dan Wiguna (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis *virtual laboratory* menggunakan PhET Simulation memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Keberhasilan tersebut juga didukung oleh keterlaksanaan pembelajaran yang berada pada kategori sangat baik serta meningkatnya aktivitas siswa selama proses pembelajaran, yang menunjukkan bahwa media virtual mampu menciptakan pembelajaran yang lebih aktif dan berpusat pada siswa.

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa data *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen maupun kelas replikasi berdistribusi normal karena seluruh nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Temuan ini sesuai dengan Usmani (2020) yang menjelaskan bahwa data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05 sehingga dapat dianalisis menggunakan statistik parametrik. Hasil uji homogenitas juga menunjukkan bahwa varians data antarkelas bersifat homogen. Dengan terpenuhinya asumsi tersebut, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *paired sample t-test*. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* pada ketiga kelas, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Nuryadi dkk. (2020) menyatakan bahwa uji t berpasangan digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata dua data yang saling berhubungan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil ini kembali sejalan dengan Anisa Septi Pratiwi dan Wiguna (2022) mengenai pengaruh positif *virtual laboratory* terhadap hasil belajar.

Analisis N-Gain menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen, replikasi 1, dan replikasi 2 seluruhnya berada pada kategori sedang. Menurut Sukarelawan et al. (2024), N-Gain digunakan untuk mengukur tingkat peningkatan kemampuan siswa setelah pembelajaran, dan nilai pada kategori sedang menunjukkan bahwa pembelajaran telah membantu meningkatkan pemahaman konsep secara cukup efektif. Perbedaan nilai N-Gain antarkelas dapat dipengaruhi oleh kemampuan awal, motivasi, tingkat partisipasi, dan kesiapan siswa dalam memanfaatkan media pembelajaran. Meskipun demikian, pola peningkatan yang konsisten pada seluruh kelas memperkuat hasil uji hipotesis bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis *virtual laboratory* memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap hasil belajar siswa pada materi gaya.

Selain meningkatkan hasil belajar, penerapan *virtual laboratory* juga memberikan dampak positif terhadap motivasi, kepercayaan diri, dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Simulasi PhET memungkinkan siswa berpartisipasi aktif, melakukan percobaan berulang, dan belajar dalam lingkungan yang lebih aman serta fleksibel. Abdul dan Ntobuo (2018) menyatakan bahwa penggunaan *virtual laboratory* dapat menarik perhatian siswa sehingga mereka lebih aktif dan antusias dalam pembelajaran, sedangkan Wulandari (2020) menunjukkan bahwa praktikum virtual memberikan rasa nyaman yang membantu siswa memahami materi secara lebih baik. Temuan ini juga didukung Bogar dkk. (2023) yang menjelaskan bahwa *virtual laboratory* lebih efisien, aman, dan ekonomis dibandingkan praktikum konvensional. Dengan demikian, penggunaan *virtual laboratory* tidak hanya mendukung peningkatan hasil belajar, tetapi juga menjadi alternatif praktikum yang relevan untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis *Virtual Laboratory* berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa kelas VII SMP Negeri 1 Tapa pada materi gaya. Peningkatan terlihat pada kemampuan memahami, mengaplikasikan, dan menganalisis konsep setelah pembelajaran berlangsung. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi model inkuiri dengan laboratorium virtual mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih aktif, interaktif, dan bermakna. Penggunaan PhET Simulation juga membantu siswa mengeksplorasi konsep gaya melalui percobaan virtual, sehingga pemahaman konsep dapat berkembang secara lebih optimal. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena dilaksanakan pada satu sekolah, melibatkan jumlah sampel yang terbatas, serta berfokus pada materi gaya dan hasil belajar kognitif. Oleh karena itu, generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan cakupan sekolah yang lebih luas serta mengkaji pengaruh pembelajaran inkuiri berbasis *Virtual Laboratory* terhadap keterampilan proses sains, berpikir

kritis, kreativitas, motivasi belajar, dan retensi konsep. Secara praktis, *Virtual Laboratory* berbasis PhET dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembelajaran IPA, khususnya bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium, karena mampu mendukung pembelajaran yang lebih efektif, aman, fleksibel, dan berpusat pada siswa.

DAFTAR REFERENSI

- Abdjul, T., & Ntobuo, N. (2018). Developing device of learning based on virtual laboratory through PhET simulation for physics lesson with sound material. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 39(2), 105–115.
- Abrar, M., Sulistyowati, & Mahmudah, I. (2025). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran IPA materi gaya kelas IV SDIT Al Qonita. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 6(1), 56–65.
- Banarsari, A., Nurfadilah, D. R., & Akmal, A. Z. (2023). Pemanfaatan teknologi pendidikan pada abad 21. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 6(1), 459–464. <https://doi.org/10.20961/shes.v6i1.71152>
- Bogar, D. Y., Jufriansah, A., & Prasetyo, E. (2023). Pengembangan laboratorium virtual untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Buletin Edukasi Indonesia*, 2(3), 102–112. <https://doi.org/10.56741/bei.v2i03.397>
- Candra Susanto, P., Ulfah Arini, D., Yuntina, L., Panatap Soehaditama, J., & Nuraeni, N. (2024). Konsep penelitian kuantitatif: Populasi, sampel, dan analisis data (Sebuah tinjauan pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.38035/jim.v3i1.504>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Dalu, N. F., Abdjul, T., & Ntobuo, N. E. (2022). Pengaruh model pembelajaran berbasis virtual laboratory terhadap hasil belajar fisika siswa pada materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya. *Jambura Physics Journal*, 4(2), 113–123. <https://doi.org/10.34312/jpj.v4i2.14759>
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2021). Pengaruh penerapan laboratorium virtual PhET terhadap motivasi belajar IPA siswa pada materi gerak lurus. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 271–277. <https://doi.org/10.31764/orbita.v7i2.5514>
- Haryanto, Ernawati, M. D. W., Fuldijatman, Afrida, & Ekaputra, F. (2023). Implementasi aplikasi PhET simulation dalam pembelajaran MIPA berbasis eksperimen. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(3), 1372–1379. <https://doi.org/10.33379/icom.v3i3.3160>
- Hulu, P., Harefa, A. O., & Mendrofa, R. N. (2023). Studi model pembelajaran inkuiri terhadap pemahaman konsep matematika siswa. *Educativo: Jurnal Pendidikan*, 2(1), 152–159. <https://doi.org/10.56248/educativo.v2i1.97>
- Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-dasar statistik penelitian*. Sibuku Media.
- Pratiwi, A. S., & Wiguna, F. A. (2022). Analisis efektivitas LKPD berbasis PhET Simulation terhadap pemahaman siswa SMP materi bentuk dan perubahan energi. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 5(2), 26–29. <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v5i02.6650>
- Sanimah, Haniyyah, U., & Rambe, I. W. (2024). Kajian kelebihan dan kelemahan penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 129–137. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9815>
- Siahaan, K. W. A., Lumbangaol, S. T. P., Marbun, J., Nainggolan, A. D., Ritonga, J. M., & Barus, D. P. (2020). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan multi representasi terhadap keterampilan proses sains dan penguasaan konsep IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(1),

- 195–205. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.614>
- Sudaryono. (2019). *Metodologi penelitian: Kuantitatif, kualitatif, dan mix method* (Edisi ke-2). Rajawali Pers.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif*. Alfabeta.
- Sukarelawan, M. I., Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). *N-Gain vs stacking: Analisis perubahan abilitas peserta didik dalam desain one group pretest-posttest*. Suryacahya.
- Sukendra, I. K., & Atmaja, I. K. S. (2020). *Instrumen penelitian*. Mahameru Press.
- Suwartiningsih. (2021). Penerapan pembelajaran berdiferensiasi untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran IPA pokok bahasan tanah dan keberlangsungan kehidupan di kelas IXB semester genap SMPN 4 Monta tahun pelajaran 2020/2021. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 1(2), 80–94. <https://doi.org/10.53299/jppi.v1i2.39>
- Usmadi. (2020). Pengujian persyaratan analisis (uji homogenitas dan uji normalitas). *Inovasi Pendidikan*, 7(1), 50–62. <https://doi.org/10.31869/ip.v7i1.2281>
- Wulandari, N., & Vebrianto, R. (2017). Studi literatur pembelajaran kimia berbasis masalah ditinjau dari kemampuan menggunakan laboratorium virtual. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)* 9 (pp. 709–715).
- Yandi, A., Putri, A. N. K., & Putri, Y. S. K. (2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil belajar peserta didik (literature review). *Jurnal Pendidikan Siber Nusantara*, 1(1), 13–24. <https://doi.org/10.38035/jpsn.v1i1.14>
-