

Efektivitas Pembelajaran Fisika Berorientasi *Guided Inquiry* Berbantuan PhET Simulasi Terhadap Pengembangan Keterampilan Proses Sains Siswa

Diterima:

12 Juni 2025

Disetujui:

12 Juli 2025

Diterbitkan:

23 Juli 2025

*** I Gede Purwana Edi Saputra**

Program Studi Pendidikan Fisika

Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Jl. Pemuda, No. 339, Kabupaten Kolaka, Indonesia

E-mail: [*gedepurwana@gmail.com](mailto:gedepurwana@gmail.com)

*Corresponding Author

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) siswa SMA. Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan rancangan *Pretest-Posttest Control Group Design*. Populasi penelitian adalah siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Watubangga dengan sampel dua kelas yang dipilih secara *cluster random sampling* untuk kelompok eksperimen dan kontrol. Instrumen utama adalah tes KPS berbentuk esai yang telah divalidasi ahli, konstruk, dan empiris serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji asumsi normalitas dan homogenitas, dan Uji Analisis Kovarians (ANCOVA) untuk menguji hipotesis, dilengkapi dengan analisis N-gain untuk mengukur peningkatan KPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan KPS siswa dibandingkan pembelajaran konvensional dengan nilai N-gain 0,75. Terjadi peningkatan KPS pada berbagai indikator, termasuk mengobservasi, memprediksi, mengukur, mengklasifikasikan, menginterpretasi data, dan menyimpulkan.

Kata Kunci: Desain; Hipotesis; Fisika.

Abstract— This study aims to analyze the effectiveness of physics instruction based on guided inquiry assisted by PhET simulations in improving senior high school students' science process skills. The research employed a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group. The study population consisted of Grade XI science students at SMA Negeri 1 Watubangga, with two classes selected using cluster random sampling for the experimental and control groups. The main instruments included a validated SPS essay test (expert judgment, construct, and empirical validity) and an observation sheet to assess implementation. Data were analyzed using descriptive statistics, normality and homogeneity tests, and Analysis of Covariance (ANCOVA) to test the hypothesis, supplemented by N-gain analysis to measure improvements in SPS. The results indicated that guided inquiry learning assisted by PhET simulations significantly outperformed conventional instruction in enhancing Sains Process Skills with N-gain score 0,75, particularly in indicators such as observing, predicting, measuring, classifying, interpreting data, and drawing conclusions.

Keywords: Design; Hypothesis; Physics.

I. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika di tingkat sekolah menengah atas (SMA) menghadapi berbagai tantangan signifikan yang menghambat pemahaman dan keterlibatan siswa. Salah satu permasalahan utamanya adalah karakteristik konsep fisika yang bersifat abstrak, seperti gerak, gaya, energi, hukum newton, dan teori relativitas yang sulit divisualisasikan secara langsung oleh peserta didik [1], [2]. Kesulitan ini diperparah oleh kurangnya sumber daya pembelajaran yang interaktif dan pendekatan praktis, seperti laboratorium yang memadai di banyak sekolah. Hal ini berdampak pada minimnya pengalaman eksperimen langsung siswa, sehingga menurunkan minat dan motivasi belajar fisika [3], [4]. Faktor lain yang memperburuk kualitas pembelajaran fisika adalah kendala internal dari siswa sendiri, seperti perbedaan daya tangkap dalam memproses informasi atau pemrosesan kognitif, kurangnya penguasaan konsep dasar, dan perhitungan matematika yang masih rendah, berkontribusi pada kesulitan belajar fisika siswa [5], [6], [7]. Permasalahan pembelajaran fisika ini dapat divisualisasikan secara ringkas seperti gambar berikut.

Tantangan dalam Pembelajaran Fisika

Pembelajaran fisika seringkali dianggap sulit dan kurang menarik. Penelitian mengidentifikasi beberapa tantangan utama yang menghambat pemahaman dan keterlibatan siswa secara efektif.



GAMBAR 1. TANTANGAN PEMBELAJARAN FISIKA

Pendekatan pembelajaran yang masih didominasi oleh ceramah dan hafalan juga menghambat perkembangan keterampilan berpikir ilmiah siswa secara aktif [8]. Penyampaian guru dengan metode konvensional seperti ceramah atau *direct instruction* sering kali kurang jelas diterima oleh siswa, karena kondisi kelas yang tidak kondusif misalnya ruangan panas, jumlah siswa padat, suara ribut [9], dapat semakin memperburuk situasi pembelajaran fisika. Kondisi-kondisi ini merupakan pendekatan praktis, yang secara kolektif menghambat siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah dan keterampilan yang diperlukan untuk

memahami fenomena fisika secara mendalam. Kurangnya pendekatan praktis dalam pembelajaran juga secara khusus dapat menghambat pengembangan keterampilan proses sains (KPS) dasar seperti mengamati, mengukur, dan menginterpretasi data, yang merupakan fondasi penting untuk pemahaman konsep fisika yang komprehensif.

Keterampilan Proses Sains (KPS) merupakan kemampuan esensial yang harus dikembangkan dalam pendidikan sains, khususnya fisika [10], [11], [12]. KPS mencakup kemampuan seperti mengamati, mengklasifikasi, mengukur, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan menarik kesimpulan [13], [14]. Kompetensi ini tidak hanya penting dalam konteks akademik, tetapi juga sebagai keterampilan abad ke-21 yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, serta dalam dunia kerja berbasis teknologi dan sains [15], [16]. Oleh karena itu, KPS harus menjadi fokus utama dalam desain pembelajaran fisika, agar siswa mampu berpikir kritis, analitis, serta memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik [17], [18], [19] untuk menguasai konsep fisika berbasis metode ilmiah.

KPS adalah dasar untuk melakukan penelitian ilmiah dan pemecahan masalah, karena memungkinkan siswa untuk memiliki keterampilan dalam merumuskan hipotesis, merancang eksperimen, dan menganalisis data [20], [21]. Namun demikian, kenyataannya siswa masih mengalami berbagai kendala dalam menguasai aspek-aspek KPS tertentu. Misalnya, kesulitan dalam menginterpretasikan data dari grafik atau tabel [22], serta kesulitan dalam menerapkan konsep fisika dalam konteks yang berbeda [23], [24]. Hal ini menunjukkan bahwa KPS belum dilatihkan secara optimal dalam proses pembelajaran fisika. Untuk itu, diperlukan desain pembelajaran yang mampu mengembangkan KPS secara sistematis dan kontekstual.

Pengembangan KPS yang dilakukan menunjukkan siswa tidak hanya akan menjadi lebih kompeten dalam fisika, tetapi juga memperoleh bekal keterampilan berpikir ilmiah yang berguna dalam berbagai aspek kehidupan secara kontekstual [25]. KPS memungkinkan siswa untuk mengakses dan memahami informasi ilmiah, berpikir logis, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti dan data [23], [26]. Dengan demikian, peningkatan KPS akan memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan sumber daya manusia yang unggul sejalan dengan pendekatan ilmiah (*scientific approach*) yang menjadi pilar utama dalam pendidikan sains modern.

Kurikulum 2013 (K-13) di Indonesia secara eksplisit menekankan penerapan *scientific approach* dalam proses pembelajaran [27], yang meliputi kegiatan mengamati, menanya, mencoba/eksperimen, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan terkait konsep yang sedang dipelajari [28]. Pendekatan ini bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir

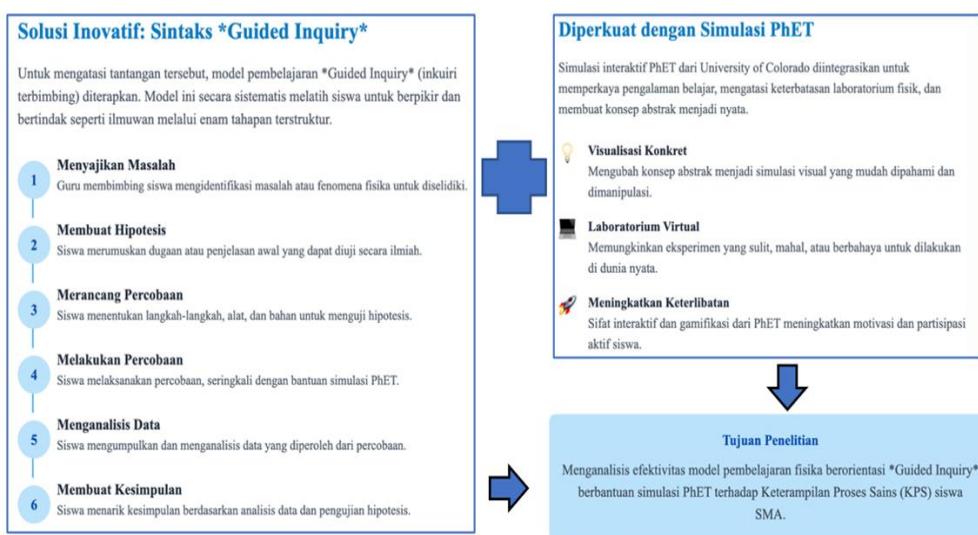
ilmiah siswa serta membangun pemahaman yang mendalam terhadap materi ajar. Salah satu model pembelajaran yang sejalan dan relevan dengan penerapan *scientific approach* adalah pembelajaran inkuiri terbimbing (*Guided Inquiry*). Strategi ini menekankan keterlibatan aktif siswa dalam proses penyelidikan dan eksplorasi terhadap suatu masalah atau konsep [29], [30], [31]. *Guided inquiry*, mendorong siswa untuk menemukan pengetahuan secara mandiri melalui pengamatan, pertanyaan, eksperimen, serta diskusi, yang secara langsung memperkuat pemrosesan informasi dan pemahaman mereka terhadap materi pelajaran [32], [33].

Strategi *guided inquiry* berakar pada teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa secara aktif membangun pengetahuannya sendiri. Dalam paradigma ini, guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan berperan sebagai fasilitator pembelajaran. Guru bertugas menciptakan lingkungan belajar yang kondusif dan menantang, memberikan arahan, serta memfasilitasi interaksi antara siswa dengan sumber belajar, sesama teman, dan guru itu sendiri. Strategi ini juga sejalan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21, di mana siswa dituntut untuk mampu mengakses, mengolah, dan mengomunikasikan informasi secara efektif dalam berbagai konteks kehidupan.

Sintaks model *guided inquiry* umumnya meliputi langkah-langkah sistematis yakni: orientasi, menanya, membuat hipotesis, merancang percobaan, melakukan percobaan, menganalisis data, dan membuat kesimpulan. Setiap tahap dalam inkuiri terbimbing secara langsung memupuk keterampilan proses sains tertentu. Misalnya, tahap 'menanya' dan 'membuat hipotesis' melatih siswa untuk merumuskan pertanyaan dan mengajukan dugaan yang dapat diuji. Sementara itu, tahap 'melakukan percobaan' dan 'menganalisis data' memperkuat keterampilan mengobservasi, mengukur, dan menginterpretasi data. Dengan demikian, model ini secara intrinsik selaras dengan tujuan pengembangan KPS.

Berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas strategi *guided inquiry* dalam meningkatkan berbagai kemampuan siswa. Strategi ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis [34], pemahaman konsep [35], [36], dan keterampilan proses sains [37], [38], [39]. Keterlibatan siswa yang optimal dan kegiatan belajar yang terstruktur secara logis dan sistematis pada proses pencapaian tujuan pembelajaran, adalah sasaran utama *guided inquiry*. Namun, efektivitas strategi *guided inquiry* juga sangat bergantung pada ketersediaan dan kelengkapan sarana dan prasarana pembelajaran, salah satunya laboratorium yang memadai dalam pembelajaran fisika. Tanpa dukungan fasilitas yang memadai, kegiatan eksploratif dalam *guided inquiry* tidak dapat berlangsung optimal. Kondisi inilah yang menjadi kendala di SMA Negeri 1 Watubangga.

Hasil observasi awal menunjukkan bahwa pelaksanaan strategi *guided inquiry* menghadapi tantangan signifikan akibat keterbatasan fasilitas laboratorium. Ditemukan fakta jika alat peraga dan instrumen eksperimen fisika (KIT Praktikum) yang tersedia sangat terbatas, sehingga siswa kesulitan untuk melakukan proses investigasi ilmiah secara langsung. Situasi ini berpotensi menghambat pengembangan KPS siswa, terutama pada aspek merancang eksperimen, menganalisis data, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya alternatif solusi berbasis teknologi untuk mendukung implementasi *guided inquiry* secara maksimal. Berikut adalah solusi yang dirancang dalam penelitian ini.



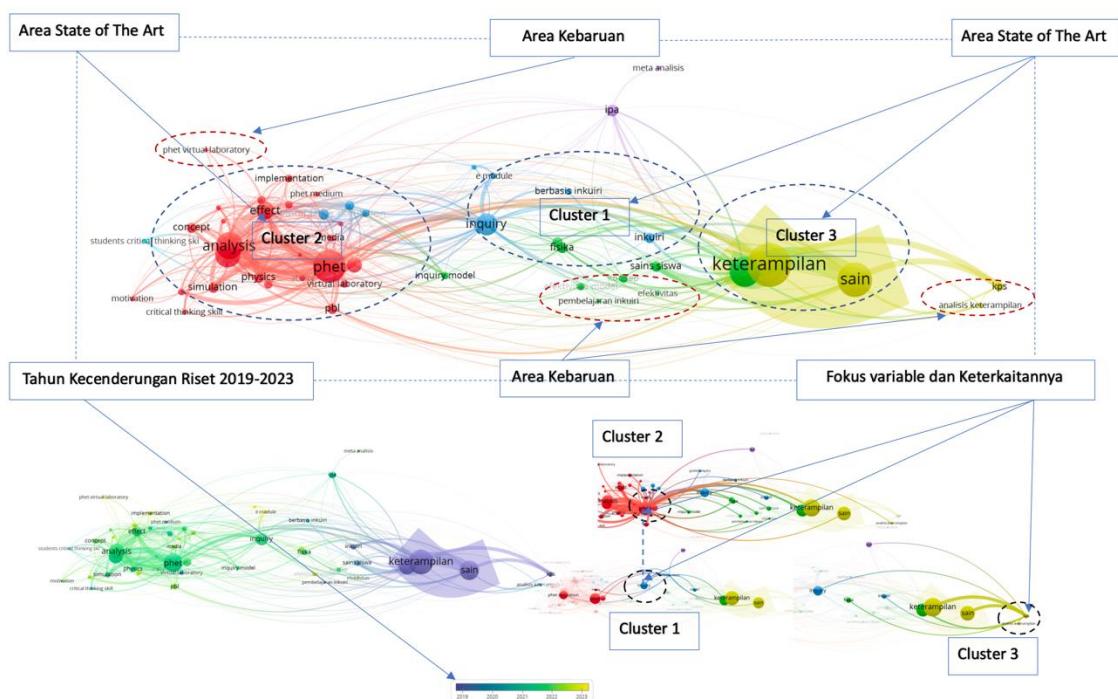
GAMBAR 2. SOLUSI PENYELESAIAN MASALAH DALAM PENELITIAN

Penelitian ini, integrasi PhET *Interactive Simulations* yang dikembangkan University of Colorado [40] menjadi solusi strategis. PhET menyediakan simulasi interaktif yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual dengan representasi visual yang jelas dan dapat dioperasikan. Simulasi ini menyediakan berbagai alat visualisasi yang menarik untuk membantu siswa memahami konsep-konsep fisika yang kompleks dan abstrak [41]. Salah satu manfaat utama PhET adalah kemampuannya untuk mengubah konsep abstrak menjadi lebih konkret melalui representasi visual, verbal, dan matematis [42]. Hal ini sangat relevan dalam pembelajaran fisika, di mana banyak fenomena sulit diamati secara langsung atau memerlukan peralatan laboratorium yang mahal dan tidak selalu tersedia. Siswa dapat mengamati fenomena fisika, memvariasikan parameter, serta menganalisis data dalam lingkungan digital yang menyerupai eksperimen nyata dengan menggunakan simulasi PhET [43]. Fitur-fitur ini mendukung strategi *guided inquiry*, terutama pada tahap eksperimen virtual dan analisis hasil yang tidak dapat dilakukan secara langsung di laboratorium fisik sekolah. PhET dapat berfungsi

sebagai alternatif atau pelengkap laboratorium fisik, memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan virtual dan mengumpulkan data [44]. Ini sangat penting karena memungkinkan siswa untuk 'melakukan percobaan' dan 'mengumpulkan data' secara virtual, yang merupakan komponen kunci KPS 4, bahkan ketika laboratorium fisik tidak tersedia atau konsepnya terlalu abstrak untuk demonstrasi langsung.1 Simulasi ini juga bersifat mandiri, mudah diakses secara offline, dan menarik perhatian siswa, sehingga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan belajar.

Penggunaan *guided inquiry* berbantuan PhET semakin memperkuat prinsip konstruktivisme dalam pembelajaran fisika, di mana siswa secara aktif mengonstruksi pengetahuan melalui eksplorasi digital dan kolaborasi. Dengan demikian, pengintegrasian teknologi simulasi PhET ke dalam *guided inquiry* bukan hanya menjadi solusi atas keterbatasan fasilitas, tetapi juga mampu meningkatkan kualitas pembelajaran fisika untuk pengembangan KPS yang lebih mendalam, sistematis, dan kontekstual. Penelitian yang berfokus pada *guided inquiry*, PhET, dan KPS telah banyak dilakukan, baik secara terpisah maupun dalam berbagai kombinasi. Pembelajaran *guided inquiry* terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan pemahaman konsep siswa. Demikian pula, simulasi PhET telah menunjukkan dampak positif pada pemahaman konseptual dan hasil belajar fisika. Beberapa studi juga telah mengeksplorasi kombinasi *guided inquiry* dan PhET, yang berfokus pada peningkatan pemahaman konsep [45], [46], dan keterampilan berpikir kritis [47][48]. Meskipun demikian, penelitian terdahulu tidak menguji efektivitas pembelajaran *guided inquiry* dan simulasi PhET untuk meningkatkan keseluruhan aspek KPS siswa dengan instrumen yang tervalidasi secara komprehensif.

Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas model pembelajaran yang mengintegrasikan *guided inquiry* dengan PhET dalam mengembangkan KPS siswa, berdasarkan pada tantangan yang telah diidentifikasi dalam pembelajaran fisika. Hal ini akan menjadi kontribusi signifikan terhadap penelitian pendidikan fisika, menawarkan model yang selaras dengan kebutuhan pengembangan keterampilan analitis kritis yang diperlukan untuk keberhasilan akademik dan professional. Untuk memperjelas posisi dari penelitian ini, *State of The Art* dan *Novelty* dari penelitian ini dapat dilihat secara detail pada hasil analisis variable menggunakan Vosviewer seperti gambar berikut.



GAMBAR 3. VISUALISASI BIBLIOMETRIK DENGAN VOSVIEWER UNTUK MENGUATKAN POTENSI NOVELTY PENELITIAN

Visualisasi bibliometrik dengan VOSviewer (Gambar 3) menguatkan potensi novelty penelitian ini, yakni pada irisan keterkaitan antara guided inquiry, PhET, dan pengembangan KPS dalam konteks keterbatasan fasilitas laboratorium. Berdasarkan analisis bibliometrik terhadap variabel penelitian dengan VOSviewer pada 200 artikel dari Google Scholar yang telah terindeks SINTA dan Scopus, diperoleh pemetaan visual yang menunjukkan bahwa penelitian tentang “*guided inquiry*”, “*Keterampilan Proses Sains*”, dan “*PhET*” terbagi dalam tiga klaster utama, yaitu pendekatan pedagogis berbasis inkuiri (Cluster 1), media dan teknologi pembelajaran berbasis PhET (Cluster 2), serta hasil pembelajaran berupa keterampilan sains (Cluster 3). Cluster 1 didominasi oleh kata kunci seperti *inquiry*, *guided inquiry*, dan *fisika*, yang mengindikasikan bahwa pendekatan inkuiri, khususnya *guided inquiry*, telah menjadi fondasi pedagogis penting dalam pembelajaran fisika karena menekankan keterlibatan aktif siswa dalam proses eksplorasi ilmiah. Sementara itu, Cluster 2 berisi kata kunci seperti *PhET*, *simulation*, *virtual laboratory*, dan *critical thinking*, menunjukkan bahwa media simulasi interaktif PhET telah banyak digunakan sebagai solusi terhadap keterbatasan eksperimen langsung di laboratorium. Namun, penelitian-penelitian tersebut cenderung memposisikan PhET sebagai alat bantu belajar mandiri, belum secara sistematis diintegrasikan dalam kerangka pedagogis yang eksploratif seperti *guided inquiry*.

Cluster 3 berfokus pada aspek hasil belajar, khususnya pada pengembangan keterampilan proses sains (KPS), yang ditandai oleh kata kunci seperti keterampilan, sains, dan analisis keterampilan. Walaupun keterampilan proses sains telah menjadi fokus penting dalam evaluasi pembelajaran sains, hubungan langsung antara strategi pedagogi dan dukungan teknologi untuk mengoptimalkannya masih belum banyak diuraikan secara mendalam. Hal ini membuka peluang kebaruan (*novelty*), yaitu pada integrasi antara model pembelajaran *guided inquiry* dengan dukungan media PhET untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Integrasi ini menjadi relevan khususnya dalam konteks sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium, seperti yang teridentifikasi dalam hasil observasi di SMA Negeri 1 Watubangga. Sekolah tersebut memiliki keterbatasan sarana laboratorium fisik sehingga implementasi model pembelajaran yang berbasis eksperimen seperti *guided inquiry* tidak dapat berjalan secara optimal.

PhET menjadi solusi alternatif yang layak karena memungkinkan siswa melakukan eksplorasi ilmiah berbasis simulasi dengan prinsip keterlibatan aktif dan eksperimen virtual. Dengan menggabungkan kekuatan pendekatan *guided inquiry* yang mendorong keterampilan berpikir ilmiah dengan fleksibilitas media simulasi interaktif PhET, pembelajaran dapat tetap berjalan efektif meskipun dalam kondisi terbatas. Penekanan pada keterampilan proses sains sebagai outcome yang dituju juga menguatkan posisi kebaruan penelitian ini, mengingat keterampilan tersebut mencakup observasi, prediksi, eksperimen, interpretasi data, hingga kesimpulan semua kompetensi yang dapat dikembangkan melalui kombinasi inquiry dan simulasi.

Tren bibliometrik juga memperkuat arah kebaruan ini, di mana sejak tahun 2019 hingga 2023, terjadi pergeseran arah riset dari fokus media pembelajaran ke integrasi model pedagogi dan hasil belajar keterampilan. Hal ini terlihat dari kemunculan warna kuning pada simpul keterkaitan antara *guided inquiry*, PhET, dan keterampilan sains dalam peta tren riset, yang menunjukkan bahwa integrasi tiga variabel ini mulai mendapat perhatian dalam publikasi terbaru tahun 2023. Dengan demikian, penelitian tentang efektivitas *guided inquiry* berbantuan PhET dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa bukan hanya memberikan kontribusi teoretis pada pengembangan model pembelajaran sains, tetapi juga menjawab persoalan praktis di sekolah yang memiliki keterbatasan infrastruktur laboratorium. Inilah yang menjadikan kajian ini memiliki kekuatan dalam aspek *novelty* dan relevansi aplikatif yang tinggi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian kuasi-eksperimen [49], [50]. Desain penelitian yang dipilih adalah *Pretest-Posttest Control Group Design* [50]. Penggunaan metode kuasi-eksperimen dipilih karena pertimbangan kebutuhan praktis dan kontekstual dalam lingkungan sekolah yang sesungguhnya [49]. Meskipun pemberian perlakuan secara acak (*random assignment*) idealnya adalah eksperimen murni, namun hal ini seringkali tidak memungkinkan atau tidak etis dalam pengaturan kelas nyata di sekolah. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Watubangga semester genap tahun ajaran 2024/2025, yang terdistribusi dalam 5 kelas dengan total 165 siswa. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *cluster random sampling* [51], [52], dua dari lima kelas diundi untuk ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dengan perlakuan pembelajaran berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET dan kelompok kontrol dengan pembelajaran konvensional. Jumlah total sampel adalah 67 siswa, terdiri dari 33 siswa kelompok eksperimen dan 34 siswa kelompok kontrol. Kedua kelompok diberikan tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*) untuk mengukur KPS siswa. Pemilihan sampel ini, meskipun tidak sepenuhnya acak pada tingkat individu, dianggap representatif untuk populasi siswa SMA dengan konteks dan karakteristik serupa. Indikator KPS yang diukur ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. INDIKATOR KETERAMPILAN PROSES SAINS (KPS) YANG DIUKUR

No.	Keterampilan Proses Sains	Indikator yang Diukur
1.	Mengobservasi	Mengidentifikasi detail penting dari fenomena atau data.
2.	Mengklasifikasikan	Mengelompokkan objek atau data berdasarkan kriteria tertentu.
3.	Memprediksi	Membuat dugaan hasil berdasarkan pola data yang ada.
4.	Mengukur	Menggunakan alat ukur atau skala dengan akurat.
5.	Mengomunikasikan	Menyajikan informasi dalam bentuk grafik, tabel, atau lisan secara jelas.
6.	Menginterpretasi Data	Menganalisis data, menemukan hubungan, dan menarik kesimpulan.
7.	Merumuskan Hipotesis	Mengajukan penjelasan awal yang dapat diuji melalui eksperimen.
8.	Merencanakan Percobaan	Merancang prosedur eksperimen yang sistematis dan logis.
9.	Melaksanakan Percobaan	Melakukan percobaan sesuai langkah yang benar dan aman.
10.	Mengontrol Variabel	Mengidentifikasi dan mengendalikan faktor yang memengaruhi hasil percobaan.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET. Variabel dependen adalah keterampilan proses sains (KPS) siswa. Sebagai variabel kovariat, digunakan nilai *pretest* KPS siswa untuk mengontrol

kemampuan awal siswa. Instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi tes KPS dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Tes KPS berbentuk esai sebanyak 15 nomor yang telah diuji validitas dan reabilitasnya [53].

Prosedur penelitian ini terdiri dari lima tahapan utama yang disusun secara sistematis. Tahap pertama adalah persiapan, yang mencakup pengembangan dan validasi instrumen penelitian seperti tes KPS dan lembar observasi, penentuan populasi serta pemilihan sampel, serta penyusunan perangkat pembelajaran berupa Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Lembar Kerja Siswa (LKS) untuk kelompok eksperimen dan kontrol. Tahap kedua adalah pemberian *pretest*, di mana tes KPS diberikan kepada kedua kelompok untuk mengukur kemampuan awal siswa sebelum perlakuan dilakukan. Secara lebih sederhana, prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



GAMBAR 4. PROSEDUR PENELITIAN YANG DILAKUKAN

Tahap 3 yakni intervensi, kelompok eksperimen diberi perlakuan pembelajaran fisika dengan model *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET. Sintaks pembelajaran *guided inquiry* mencakup beberapa langkah, yaitu: orientasi atau menyajikan masalah, megajukan pertanyaan, membuat hipotesis, merancang percobaan, melakukan percobaan, menganalisis data, serta membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis [54]. Secara detail dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. SINTAKS GUIDED INQUIRY BERBANTUAN PHET SIMULASI DALAM PENELITIAN INI

No.	Sintaks Guided Inquiry	Deskripsi Kegiatan	KPS yang Dilatih
1.	Orientasi/Menyajikan Masalah	Guru membimbing siswa untuk mengidentifikasi masalah atau fenomena fisika yang menjadi dasar kegiatan inkuiri.	Mengobservasi, Merumuskan Masalah
2.	Membuat Hipotesis	Guru membimbing siswa dalam merumuskan hipotesis yang relevan dengan permasalahan yang telah diidentifikasi.	Merumuskan Hipotesis, Memprediksi
3.	Merancang Percobaan	Guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk merancang prosedur percobaan sesuai dengan hipotesis, termasuk menentukan alat dan bahan yang diperlukan.	Merencanakan Percobaan, Mengontrol Variabel
4.	Melakukan Percobaan	Siswa melaksanakan percobaan atau pengamatan untuk memperoleh informasi, seringkali menggunakan simulasi PhET yang memungkinkan eksperimen virtual dan pengumpulan data.	Melaksanakan Percobaan, Mengukur, Mengobservasi
5.	Mengumpulkan dan Menganalisis Data	Guru membimbing siswa dalam proses analisis data yang diperoleh dari percobaan atau simulasi, serta memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyampaikan hasil temuannya.	Mengumpulkan Data, Menginterpretasi Data
6.	Membuat Kesimpulan	Guru membimbing siswa dalam merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dan pengujian terhadap hipotesis yang telah dibuat.	Menyimpulkan, Mengomunikasikan

Kelompok kontrol mendapatkan intervensi pembelajaran fisika dengan metode konvensional seperti biasa di sekolah. Durasi intervensi yakni sebanyak 8 pertemuan dengan mengobservasi perlakuan menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Setelah intervensi selesai, tahap keempat yaitu pemberian *posttest* dilakukan dengan menggunakan instrumen tes KPS yang sama untuk kedua kelompok guna mengukur hasil pembelajaran. Terakhir, tahap kelima adalah pengumpulan data, yang diperoleh dari hasil *pretest*, *posttest*, dan lembar observasi untuk dianalisis lebih lanjut dalam mengevaluasi efektivitas pembelajaran

Data dianalisis dengan statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan skor *pretest* dan *posttest* KPS siswa pada kedua kelompok, mencakup nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum. Sebelum dilakukan uji hipotesis parametrik, beberapa uji asumsi statistik perlu dipenuhi, yaitu uji normalitas untuk memastikan

distribusi data mengikuti pola normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, uji homogenitas dengan uji Bartlett, serta uji linearitas untuk prasyarat inferensial.

Statistik inferensial dilakukan untuk uji hipotesis menggunakan Analisis kovarians (ANCOVA)[55], [56]. Uji ANCOVA dipilih karena mampu mengontrol pengaruh kemampuan awal siswa (nilai *pretest*), sehingga efek perlakuan terhadap nilai *posttest* KPS dapat dianalisis secara lebih valid [57]. Selain itu, perhitungan skor *N-gain (normalized gain)* dilakukan untuk mengukur peningkatan KPS siswa dari pretest ke posttest secara individu dan kelompok. Skor *N-gain* kemudian dikategorikan ke dalam kategori rendah, sedang, atau tinggi, sehingga memberikan gambaran lebih rinci tentang efektivitas pembelajaran terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

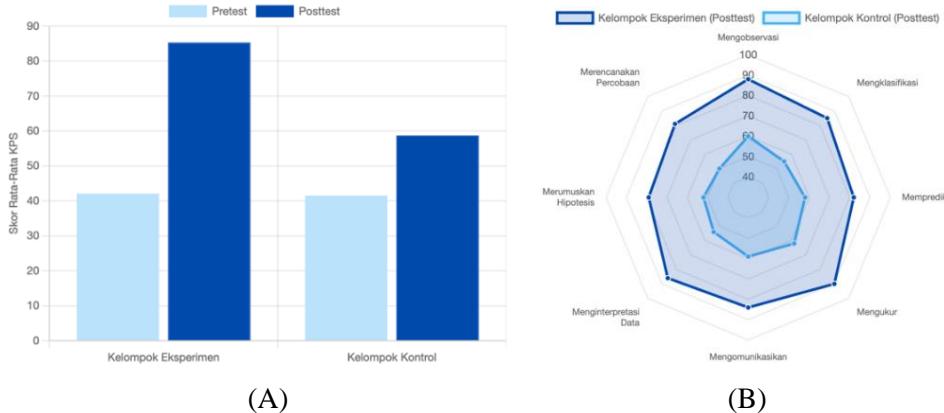
Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada skor rata-rata Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa setelah diterapkannya model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET, terutama pada kelompok eksperimen. Pada tabel statistik deskriptif, rata-rata skor *pretest* untuk kelompok eksperimen dan kontrol hampir setara, masing-masing 42,1 **dan** 41,8, yang mengindikasikan bahwa kemampuan awal kedua kelompok berada pada tingkat yang relatif sama. Hal ini penting karena menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan mendasar antar kelompok sebelum perlakuan (intervensi) dilakukan, sehingga valid untuk membandingkan hasil *posttest* sebagai dampak perlakuan. Hasil analisis deskriptif secara lengkap tampak pada tabel berikut.

TABEL 3. HASIL ANALISIS ANCOVA TERHADAP SKOR KPS

Kelompok	Pengukuran	N	Rata-rata	Standar Deviasi	Min	Maks
Eksperimen	<i>Pretest</i>	33	42.1	6.2	30	55
Kontrol	<i>Pretest</i>	34	41.8	6.5	30	54
Eksperimen	<i>Posttest</i>	33	85.3	5.8	75	94
Kontrol	<i>Posttest</i>	34	60.1	6.0	48	72

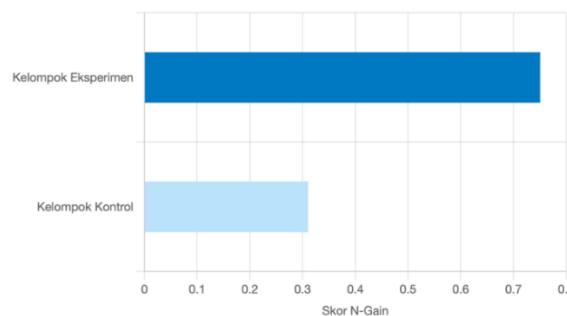
Setelah proses pembelajaran, rata-rata *posttest* kelompok eksperimen naik menjadi 85,3, sedangkan kelompok kontrol hanya meningkat menjadi 60,1. Kenaikan skor yang signifikan pada kelompok eksperimen dengan selisih lebih dari 43 poin dari *pretest*, menunjukkan bahwa model pembelajaran *guided inquiry* yang dikombinasikan dengan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Sementara itu, peningkatan yang relatif lebih kecil pada kelompok kontrol sekitar 18 poin, menunjukkan bahwa metode pembelajaran

konvensional yang digunakan tidak menghasilkan pengaruh peningkatan yang sama. Secara visual perbandingan efektivitas kedua kelompok ditampilkan pada diagram berikut:



GAMBAR 5. (A) PERBANDINGAN PEINGKATAN RERATA SKOR KPS DAN (B) PERBANDINGAN SKOR TIAP INDIKATOR KPS, ANTARA KELOMPOK EKSPERIMENT DAN KONTROL

Gambar 6 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan signifikan pada skor *posttest* dibanding kelompok kontrol. Perbedaan peningkatan ini mencerminkan bahwa penggunaan simulasi PhET tidak hanya memfasilitasi pemahaman konseptual, tetapi juga mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam proses penyelidikan ilmiah sebagaimana prinsip pembelajaran *guided inquiry*. Dengan pendekatan ini, siswa dilatih untuk mengamati, menginterpretasi data, merumuskan hipotesis, dan menarik kesimpulan, yang merupakan seluruh komponen penting dari KPS siswa. Secara detail hasil analisis *N-Gain* kelompok eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada gambar berikut:



GAMBAR 6. PERBANDINGAN *N-GAIN* KELOMPOK EKSPERIMENT DAN KONTROL

Berdasarkan Gambar 7, jika dikaitkan dengan hipotesis penelitian menyatakan bahwa "pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan PhET dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa", maka data yang ditampilkan dalam tabel dan grafik, hipotesis

ini terbukti secara empiris. Perbedaan skor *posttest* yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, dengan pengaruh yang besar secara praktis, terlihat dari efektivitas $>75\%$, menunjukkan bahwa intervensi yang dilakukan memang berdampak positif dan kuat terhadap peningkatan KPS. Hasil analisis inferensial untuk menguji hipotesis menggunakan uji ANCOVA dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL 4. HASIL ANALISIS ANCOVA TERHADAP SKOR KPS

Sumber Variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig. (p-value)	Partial Eta Squared
Kelompok	520.50	1	520.50	35.60	0.000	0.750
Pretest (Kovariat)	112.30	1	112.30	7.68	0.009	0.180
Error	293.40	52	5.64	—	—	—
Total	926.20	54	—	—	—	—

Hasil analisis ANCOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan skor *posttest* keterampilan proses sains (KPS) yang signifikan antara kelompok eksperimen yang menggunakan model pembelajaran fisika berbasis *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET dan kelompok kontrol yang menerima pembelajaran konvensional. Hal ini dibuktikan oleh nilai signifikansi ($\text{Sig.} = 0,000$) pada faktor "Kelompok", yang berada jauh di bawah ambang batas $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, secara statistik dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kedua kelompok tidak terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan akibat dari perlakuan yang diberikan, yakni penerapan model *guided inquiry* berbantuan PhET. Nilai *Partial Eta Squared* sebesar 0,750 menunjukkan bahwa 75% variansi skor posttest KPS dapat dijelaskan oleh perbedaan perlakuan antar kelompok. Ini merupakan ukuran efek yang sangat besar, mengindikasikan bahwa model *guided inquiry* berbantuan PhET tidak hanya efektif secara statistik, tetapi juga memiliki dampak praktis yang substansial terhadap peningkatan KPS siswa. Nilai ini mendekati batas atas ukuran efek menurut interpretasi Cohen (1988), dengan ambang batas nilai 0,14 sudah berada dalam kategori besar [58]. Oleh karena itu, pembelajaran dengan strategi *guided inquiry* dapat diinterpretasikan sangat berhasil dalam menumbuhkan kemampuan siswa untuk mengamati, menghipotesis, merancang eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan secara ilmiah keseluruhan dimensi inti dari KPS siswa.

Faktor kovariat berupa skor *pretest* juga menunjukkan pengaruh signifikan ($\text{Sig.} = 0,009$), yang berarti bahwa kemampuan awal siswa turut memengaruhi hasil akhir. Namun, dengan dikontrolnya pengaruh *pretest* melalui analisis ANCOVA, maka efek dari perlakuan menjadi lebih terisolasi dan valid. Ini memperkuat validitas internal penelitian, sehingga hubungan kausal

antara penerapan *guided inquiry* berbantuan PhET dan peningkatan KPS dapat dilihat secara lebih meyakinkan. Interpretasi hasil utama penelitian secara jelas menunjukkan bahwa implementasi model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan KPS siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. *Guided inquiry* secara intrinsik mendorong pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*), yang secara substansial meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam proses konstruksi pengetahuan mereka sendiri. Siswa tidak lagi menjadi penerima informasi pasif, melainkan aktor utama yang didorong untuk merumuskan pertanyaan, menyusun hipotesis, merancang eksperimen, dan menginterpretasi data [59], [60]. Keterlibatan aktif siswa semacam ini terbukti esensial untuk pengembangan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah [61]. Selain itu, peran simulasi PhET menjadi krusial dalam menjembatani kesenjangan antara teori fisika yang abstrak dengan pemahaman konkret siswa, mengingat banyak konsep fisika seperti medan listrik, mekanika kuantum, Hukum Newton, listrik statis, atau gelombang, seringkali sulit divisualisasikan dan dipahami secara langsung. Simulasi interaktif PhET mampu mengubah konsep-konsep abstrak ini menjadi representasi visual yang dinamis dan dapat dimanipulasi secara *real-time* [62], sehingga memungkinkan siswa untuk "melihat" dan "berinteraksi" dengan fenomena yang tidak dapat diamati di laboratorium fisik untuk memfasilitasi pembentukan pemahaman konseptual yang lebih mendalam.

Korelasi pembelajaran *guided inquiry* berbantuan PhET simulasi sejalan dengan teori konstruktivisme yang didukung oleh pandangan Piaget dan Vygotsky, yang menyatakan bahwa siswa secara aktif membangun pengetahuannya melalui interaksi dengan lingkungan dan eksplorasi [63]. Sinergi antara model inkuiiri yang terstruktur dan lingkungan eksplorasi bebas yang ditawarkan PhET menciptakan kondisi optimal bagi konstruksi pengetahuan yang bermakna. Selain itu, simulasi PhET berfungsi sebagai *scaffolding tool* yang efektif, yaitu alat bantu yang secara sementara mendukung pembelajaran siswa hingga mereka mampu melaksanakan tugas secara mandiri; dengan menyediakan representasi visual dan interaktif dari konsep kompleks, PhET mengurangi beban kognitif awal (*cognitive load*) yang mungkin dialami siswa saat berhadapan dengan konsep abstrak [64], memungkinkan siswa untuk fokus pada pemahaman konseptual dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta mempercepat proses konstruksi pengetahuan dan memfasilitasi pemahaman yang lebih dalam [65]. Kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan KPS yang jauh lebih signifikan, penting untuk dicatat bahwa kelompok kontrol juga menunjukkan peningkatan pada skor KPS, meskipun tidak signifikan dan jauh lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen. Peningkatan pada

kelompok kontrol ini dapat diatribusikan pada beberapa faktor yang inheren dalam lingkungan pembelajaran konvensional, seperti adanya pembelajaran terstruktur, latihan dan penugasan rutin, serta diskusi terbatas sesekali dalam kelas kontrol yang dapat memicu sedikit peningkatan pemahaman dan keterampilan. Namun, peningkatan pada kelompok kontrol ini cenderung bersifat superfisial dan kurang melibatkan pemrosesan kognitif mendalam yang diperlukan untuk pengembangan KPS yang komprehensif, menegaskan bahwa meskipun pembelajaran konvensional dapat menghasilkan peningkatan, namun tidak mampu menstimulasi dan melatih KPS siswa seefektif pendekatan yang mengedepankan penyelidikan aktif dan visualisasi interaktif seperti *guided inquiry*.

Hasil penelitian ini membawa implikasi praktis yang signifikan bagi pengembangan praktik pedagogis dalam pembelajaran fisika. Guru fisika sangat dianjurkan untuk mengadopsi strategi pembelajaran *guided inquiry* yang diintegrasikan dengan simulasi PhET. Secara spesifik, guru dapat memanfaatkan simulasi PhET pada fase exploration dan elaboration dalam strategi *guided inquiry*. Sebagai contoh, dalam mengajarkan Hukum Newton, guru dapat menggunakan simulasi "*Forces and Motion*" dari PhET untuk memvisualisasikan hubungan antara gaya, massa, dan percepatan, memungkinkan siswa berekspeten dengan berbagai skenario. Demikian pula, untuk topik listrik statis, simulasi "*Charges and Fields*" dapat digunakan untuk memvisualisasikan medan listrik dan interaksi muatan yang sulit direplikasi di kelas. Selain itu, temuan ini memberikan bukti empiris yang kuat untuk mendukung integrasi model pembelajaran aktif dan penggunaan teknologi simulasi dalam desain kurikulum fisika, yang dapat dirancang untuk mempromosikan pendekatan berbasis inkuiri dengan memasukkan penggunaan sumber daya digital interaktif seperti PhET sebagai bagian integral dari kegiatan pembelajaran, selaras dengan kebutuhan untuk mengembangkan KPS siswa sebagai kompetensi kunci abad ke-21. Berdasarkan temuan ini, maka hipotesis penelitian yakni pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan PhET dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa terbukti secara empiris dan statistik. Peningkatan keterampilan proses sains yang dicapai bukan hanya signifikan secara statistik, tetapi juga menunjukkan efektivitas yang tinggi secara praktis dalam konteks pendidikan sains di sekolah menengah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan KPS siswa. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan skor rata-rata KPS pada kelompok eksperimen yang

secara signifikan lebih tinggi dibanding kelompok kontrol. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pendekatan *guided inquiry* yang didukung oleh simulasi interaktif PhET memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, mendorong eksplorasi, dan melatih siswa dalam mengamati, merumuskan hipotesis, menganalisis data, serta menarik kesimpulan secara ilmiah. Dengan demikian, hipotesis penelitian diterima, bahwa pembelajaran fisika dengan pendekatan *guided inquiry* berbantuan PhET efektif dan secara signifikan mampu meningkatkan KPS siswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Temuan ini juga menegaskan pentingnya pemanfaatan teknologi interaktif dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya dalam membangun literasi sains dan berpikir ilmiah siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. Putri, S. Siswoyo, and W. Indrasari, “Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Lectora Inspire pada Materi Usaha dan Energi SMA,” *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, vol. 2, no. 2, pp. 71–78, Dec. 2016, doi: 10.21009/1.02210.
- [2] V. A. Putri, P. D. Sundari, F. Mufit, and W. S. Dewi, “Analysis of Students’ Physics Conceptual Understanding using Five-Tier Multiple Choice Questions: the Newton’s Law of Motion Context,” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 5, pp. 2275–2285, May 2024, doi: 10.29303/JPPIPA.V10I5.5847.
- [3] D. U. Rahmawati, J. Jumadi, and E. M. Ramadhan, “Developing Physics Learning Tools of Blended Learning Using Schoology with Problem-Based Learning Model,” *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, vol. 6, no. 2, pp. 139–152, Dec. 2020, doi: 10.21009/1.06201.
- [4] I. G. P. E. Saputra, “Development of Circular Motion Simulation Assisted by Microsoft Excel Spreadsheets to Create Fun Physics Learning,” *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, vol. 15, no. 1, pp. 48–60, Apr. 2025, doi: 10.23887/JJPF.V15I1.91456.
- [5] J. C. Speirs, R. Leuteritz, T. K. Lê, R. Deng, and S. W. Ell, “Investigating the efficacy of attending to reflexive cognitive processes in the context of Newton’s second law,” *Phys Rev Phys Educ Res*, vol. 19, no. 1, p. 010108, Jan. 2023, doi: 10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.19.010108/FIGURES/5/MEDIUM.
- [6] D. M. Ellis, M. K. Robison, and G. A. Brewer, “The Cognitive Underpinnings of Multiply-Constrained Problem Solving,” *Journal of Intelligence 2021*, Vol. 9, Page 7, vol. 9, no. 1, p. 7, Feb. 2021, doi: 10.3390/JINTELLIGENCE9010007.
- [7] S. Turşucu, J. Spandaw, and M. J. de Vries, “Search for Symbol Sense Behavior: Students in Upper Secondary Education Solving Algebraic Physics Problems,” *Res Sci Educ*, vol. 50, no. 5, pp. 2131–2157, Oct. 2020, doi: 10.1007/S11165-018-9766-Z/FIGURES/3.
- [8] J. A. Amador, “Active learning approaches to teaching soil science at the college level,” *Front Environ Sci*, vol. 7, no. JUN, p. 458527, Aug. 2019, doi: 10.3389/FENVS.2019.00111/BIBTEX.
- [9] R. L. Gómez and A. M. Suárez, “Do inquiry-based teaching and school climate influence science achievement and critical thinking? Evidence from PISA 2015,” *Int J STEM Educ*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, Dec. 2020, doi: 10.1186/S40594-020-00240-5/FIGURES/6.

- [10] M. Y. Lestari and N. Diana, "Keterampilan Proses Sains (KPS) pada Pelaksanaan Praktikum Fisika Dasar I," *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 1, no. 1, pp. 49–54, Aug. 2018, doi: 10.24042/IJSME.V1I1.2474.
- [11] Y. Yolanda, "Profil Keterampilan Proses Sains (KPS) Mahasiswa Fisika pada Materi Listrik Magnet," *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, vol. 3, no. 2, pp. 70–78, Nov. 2019, doi: 10.30599/JIPFRI.V3I2.533.
- [12] S. E. Aditiyas and H. Kuswanto, "Analisis Implementasi Keterampilan Proses Sains Di Indonesia Pada Pembelajaran Fisika : Literatur Review," *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, vol. 15, no. 2, pp. 153–166, Mar. 2024, doi: 10.26877/JP2F.V15I2.15912.
- [13] M. Hunaidah, L. Sukariasih, and I. G. P. E. Saputra, "Penerapan Model Pembelajaran Discovery untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA Peserta Didik Kelas VIIID SMP Kartika XX-6 Kendari," *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, vol. 7, no. 3, Nov. 2019.
- [14] I. G. P. E. Saputra and M. Akhfar, "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Science Oriented Guided Inquiry dengan Virtual Laboratory untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa SMP di Kendari," *JPPP (Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika)*, vol. 7, no. 1, pp. 13–22, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jppp/article/view/16336>
- [15] M. Z. Azzahra, A. M. Nawahdani, and I. Falani, "The Relationship Between Science Process Skills and 21st Century Skills in Science Learning: Systematic Literature Review," *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 9, no. 3, pp. 297–305, Dec. 2024, doi: 10.59052/EDUFISIKA.V9I3.38451.
- [16] J. C. González-salamanca, O. L. Agudelo, and J. Salinas, "Key Competences, Education for Sustainable Development and Strategies for the Development of 21st Century Skills. A Systematic Literature Review," *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 10366, vol. 12, no. 24, p. 10366, Dec. 2020, doi: 10.3390/SU122410366.
- [17] U. Hasanah and K. Shimizu, "Crucial Cognitive Skills in Science Education: A Systematic Review," *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, vol. 6, no. 1, pp. 36–72, May 2020, doi: 10.30870/JPPI.V6I1.7140.
- [18] H. Antara *et al.*, "Hubungan Antara Keterampilan Proses Sains Terintegrasi dan Efikasi Diri dengan Literasi Biologi Siswa," *Biopedagogia*, vol. 4, no. 2, pp. 26–37, Nov. 2022, doi: 10.35334/BIOPEDAGOGIA.V4I2.3110.
- [19] H. Hartono, R. Susanti, and M. Ariska, "Science Process Skills Analysis of Junior High School Students in South Sumatera Using Test Basic of Process Skill (BAPS)," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 8, no. 5, pp. 2184–2190, Nov. 2022, doi: 10.29303/JPPIPA.V8I5.2276.
- [20] A. R. R. Agus, "Meta-Analysis: Correlation Study Between Science Process Skills and Learning Outcomes," *Journal of Digital Learning and Education*, vol. 2, no. 3, pp. 196–202, Dec. 2022, doi: 10.52562/JDLE.V2I3.427.
- [21] R. S. Anam, "The Analysis of Science Process Skills on Pre-Service Elementary School Teachers," *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, vol. 7, no. 2, pp. 226–236, Oct. 2020, doi: 10.24235/AL.IBTIDA.SNJ.V7I2.6470.
- [22] O. Chokchai and P. Pimdee, "Examining of Secondary School Students' Integrated Science Process Skills," *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, vol. 7, no. 4, pp. 1137–1157, Dec. 2019, doi: 10.17478/JEGYS.597449.
- [23] N. Balta, N. Japashov, M. Abdulbakioglu, and A. W. Oliveira, "High-school students' cognitive responses to counterintuitive physics problems," *Phys Educ*, vol. 55, no. 1, p. 015003, Nov. 2019, doi: 10.1088/1361-6552/AB4DF9.

- [24] S. Sabah, “Science and engineering students’ difficulties in understanding vector concepts,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 19, no. 8, p. em2310, Aug. 2023, doi: 10.29333/EJMSTE/13431.
- [25] N. Nazifah, H. T. Amir, and S. Hidayatullah, “The Effect of The Problem Based Learning on Students Science Process Skills in Learning Physics: A Meta Analysis,” *Jurnal Pendidikan MIPA*, vol. 23, no. 2, pp. 651–660, Jul. 2022, doi: 10.23960/JPMIPA/V23I2.PP651-660.
- [26] S. L. Zorluoglu *et al.*, “The Scope of Science Process Skills and The 5e Educational Model in Science Education,” *Journal of Baltic Science Education*, vol. 21, no. 6, pp. 1101–1118, 2022, doi: 10.33225/JBSE/22.21.1101.
- [27] F. I. Iftirani, S. Cahyani, W. Pratiwi, Suliyah, and N. A. Lestari, “Penerapan Kurikulum 2013 (K-13) Pada Pelaksanaan Pembelajaran Fisika di SMA,” *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 1, no. 1, pp. 24–32, Jul. 2022, doi: 10.58706/JIPP.V1N1.P24-32.
- [28] I. Ismail, “Pendekatan Pembelajaran Saintifik Dengan Model Discovery Learning Untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa Pai Di Ma Ronggowsito Ponorogo,” Nov. 2020.
- [29] S. R. Yunus, I. G. M. Sanjaya, and B. Jatmiko, “Implementasi Pembelajaran Fisika Berbasis Guided Inquiry Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Auditorik,” *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 48–52, Apr. 2013, doi: 10.15294/JPII.V2I1.2509.
- [30] D. A. Ridzal, M. Hatuala, H. Haswan, and F. Farnia, “Meta-analysis: The effect of guided inquiry on students’ critical thinking skills in biology learning,” *BIO-INOVED : Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, vol. 5, no. 2, pp. 171–178, Jun. 2023, doi: 10.20527/BINO.V5I2.16030.
- [31] L. Sukriasih, I. Gede, P. E. Saputra, F. A. Ikhsan, A. E. Sejati, and K. Nisa, “Improving The Learning Outcomes of Knowledge And Inquiry Skill Domain of Third Grade Students at SMP Negeri 14 Kendari Using Guided Inquiry Learning Model Assisted by Science Kit,” *Luh Sukriasih et al/ GEOSI*, vol. 4, no. 2, pp. 175–187, 2019, doi: 10.19184/geosi.v4i2.10097.
- [32] J. Maknun, “Implementation of Guided Inquiry Learning Model to Improve Understanding Physics Concepts and Critical Thinking Skill of Vocational High School Students,” *International Education Studies*, vol. 13, no. 6, p. p117, May 2020, doi: 10.5539/IES.V13N6P117.
- [33] M. A. Al Mamun, G. Lawrie, and T. Wright, “Exploration of learner-content interactions and learning approaches: The role of guided inquiry in the self-directed online environments,” *Comput Educ*, vol. 178, p. 104398, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2021.104398.
- [34] R. A. Rosania, I. Ibrohim, and N. Handayani, “Improvement of Critical Thinking Skills and Cognitive Learning Outcomes Through Guided Inquiry Learning Models,” *AIP Conf Proc*, vol. 2569, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.1063/5.0112964/2869756.
- [35] S. J. Husnaini and S. Chen, “Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment,” *APS*, vol. 15, no. 1, Mar. 2019, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119.
- [36] M. Nasir, C. Cari, W. Sunarno. “The effect of STEM-based guided inquiry on light concept understanding and scientific explanation,” *... and Technology Education*, 2022, [Online]. Available: <https://www.ejmste.com/article/the-effect-of-stem-based-guided-inquiry-on-light-concept-understanding-and-scientific-explanation-12499>
- [37] G. Gunawan, A. Harjono, H. Hermansyah. “Guided Inquiry Model Through Virtual Laboratory to Enhance Students’science Process Skills on Heat Concept,” *Jurnal*

- Cakrawala. 2019. [Online]. Available: <http://journal.uny.ac.id/index.php/cp/article/view/23345>
- [38] P. I. Ramadhani, E. Hariyono, and ..., "Development of Students' Worksheet Through Guided Inquiry Model to Increase Science Process Skills in The Harmonic Vibration Subject," ... *of Recent Educational* ..., 2023, [Online]. Available: <https://journal.ia-education.com/index.php/ijorer/article/view/319>
- [39] A. Juniar, R. D. Fardilah, and P. M. Tambunan, "The Distinction of Students' Science Process Skill and Learning Activities between Guided Inquiry and Conventional Learning with Experiment," *J Phys Conf Ser*, vol. 1788, no. 1, Feb. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012043.
- [40] B. Badriyah, R. D. Setiyo, Z. El Firdausi, K. Nuqia, I. K. Mahardika, and S. Baktiarso, "Manfaat PhET Simulasi Dalam Menopang Sarana dan Prasarana Laboratorium Fisika Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 2, pp. 84–90, Jan. 2023, doi: 10.5281/ZENODO.7564905.
- [41] D. R. Rizaldi, A. W. Jufri, and J. Jamaluddin, "PhET: Simulasi Interaktif Dalam Proses Pembelajaran Fisika," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, vol. 5, no. 1, pp. 10–14, May 2020, doi: 10.29303/JIPP.V5I1.103.
- [42] S. N. Faizah, L. Dina, A. Kartiko, and ..., "Student Acceptance Study of PhET Simulation with an Expanded Technology Acceptance Model Approach," ... *Science (JAETS)*, 2023, [Online]. Available: <https://journal.yrpipku.com/index.php/jaets/article/view/3041>
- [43] S. R. Muzana, S. P. W. Lubis, and W. Wirda, "Penggunaan Simulasi PhET TERHADAP Efektifitas Belajar IPA," *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, vol. 5, no. 1, pp. 227–236, Jan. 2021, doi: 10.30601/DEDIKASI.V5I1.1587.
- [44] M. M. Arifin, S. B. Prastowo, and A. Harijanto, "Efektivitas Penggunaan Simulasi PhET dalam Pembelajaran Online Terhadap Hasil Belajar Siswa," *JURNAL PEMBELAJARAN FISIKA*, vol. 11, no. 1, pp. 16–27, Apr. 2022, doi: 10.19184/JPF.V11I1.30612.
- [45] S. Fatkhulloh and B. Jatmiko, "Perbandingan Pembelajaran Guided Inquiry Menggunakan Metode Demonstrasi dan Eksperimen Berbantuan PhET Terhadap Penurunan Miskonsepsi," *Kappa Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 158–163, Apr. 2025, doi: 10.29408/KPJ.V9I1.30063.
- [46] S. K. Wahda and S. Jumini, "Literatur Review : Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiiri Terbimbing Berbantuan Simulasi Virtual PhET Materi Fisika Pada Peserta Didik," *Jurnal Pendidikan Inklusif*, vol. 8, no. 7, Jul. 2024, Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://oaj.jurnalhst.com/index.php/jpi/article/view/407>
- [47] E. Yulianti, N. N. Zhafirah, and N. Hidayat, "Exploring Guided Inquiry Learning with PhET Simulation to Train Junior High School Students Think Critically," *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, vol. 9, no. 1, pp. 96–104, Mar. 2021, doi: 10.20527/BIPF.V9I1.9617.
- [48] B. A. Qahfi and Rahmatillah, "Penerapan Model Pembelajaran Inkuiiri Terbimbing Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMAN 1 Donggo," *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, vol. 5, no. 2, pp. 133–139, Jun. 2022, doi: 10.29303/jpmi.v5i2.1591.
- [49] I. Abraham and Y. Supriyati, "Desain Kuasi Eksperimen dalam Pendidikan: Literatur Review," *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, vol. 8, no. 3, Aug. 2022, doi: 10.58258/JIME.V8I3.3800.
- [50] T. D. Hastjarjo, "Rancangan Eksperimen-Kuasi," *Buletin Psikologi*, vol. 27, no. 2, pp. 187–203, Dec. 2019, doi: 10.22146/BULETINPSIKOLOGI.38619.
- [51] D. Cousineau and L. Laurencelle, "A correction factor for the impact of cluster randomized sampling and its applications," *Psychol Methods*, vol. 21, no. 1, pp. 121–135, Mar. 2016, doi: 10.1037/MET0000055.
- [52] P. Sedgwick, "Cluster sampling," *BMJ*, vol. 348, Jan. 2014, doi: 10.1136/BMJ.G1215.

- [53] N. I. Susilowati, W. Liliawati, and D. Rusdiana, "Science Process Skills Test Instruments in The New Indonesian Curriculum (Merdeka): Physics Subject in Renewable Energy Topic," *Indonesian Journal of Teaching in Science*, vol. 3, no. 2, pp. 121–132, Jun. 2023, doi: 10.17509/IJOTIS.V3I2.60112.
- [54] R. K. Schmidt, *A Guided Inquiry Approach to High School Research*. ABC-CLIO, LLC, 2013. doi: 10.5040/9798400660535.
- [55] T. R. Belin and S. L. T. Normand, "The role of ANCOVA in analyzing experimental data," *Psychiatr Ann*, vol. 39, no. 7, pp. 753–759, Jul. 2009, doi: 10.3928/00485713-20090625-01;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.
- [56] H. J. Keselman *et al.*, "Statistical practices of educational researchers: An analysis of their ANOVA, MANOVA, and ANCOVA analyses," *Rev Educ Res*, vol. 68, no. 3, pp. 350–386, 1998, doi: 10.3102/00346543068003350;JOURNAL:JOURNAL:RERA.
- [57] N. K. D. Septiari, I. N. Suardana, and K. Selamet, "Efektivitas Model Pembelajaran Inkui Terbimbing dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA Siswa SMP," *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, vol. 1, no. 1, pp. 45–56, Nov. 2018, doi: 10.23887/JPPSI.V1I1.21917.
- [58] J. Cohen, "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences," *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, May 2013, doi: 10.4324/9780203771587.
- [59] G. Gusliana and A. Danawan, "Penerapan Model Pembelajaran Guided Inquiry Menggunakan Pendekatan Diferensiasi untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik," *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, vol. 5, no. 2, pp. 91–100, Jan. 2023, doi: 10.37058/DIFFRACTION.V5I2.8496.
- [60] I. N. Suardana, K. Selamet, A. A. I. A. R. Sudiatmika, P. Sarini, and N. L. P. L. Devi, "Guided inquiry learning model effectiveness in improving students' creative thinking skills in science learning," *J Phys Conf Ser*, vol. 1317, no. 1, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1317/1/012215.
- [61] A. Drastisianti, A. K. Dewi, and D. Alighiri, "Effectiveness of Guided Inquiry Learning With PhET Simulation to Improve Students' Critical Thinking Ability and Understanding of Reaction Rate Concepts," *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, vol. 8, no. 2, p. 235, Dec. 2024, doi: 10.20961/IJPTE.V8I2.93924.
- [62] B. Badriyah, R. Dwi Setiyo, Z. El Firdausi, K. Nuqia, I. Ketut Mahardika, and S. Baktiarso, "Manfaat PhET Simulasi Dalam Menopang Sarana dan Prasarana Laboratorium Fisika Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 9, no. 2, pp. 84–90, Jan. 2023, doi: 10.5281/ZENODO.7564905.
- [63] F. H. Pakpahan and M. Saragih, "Theory Of Cognitive Development By Jean Piaget," *Journal of Applied Linguistics*, vol. 2, no. 2, pp. 55–60, Jul. 2022, doi: 10.52622/JOAL.V2I2.79.
- [64] W. Wirda, E. Mauvizar, S. P. W. Lubis, and S. R. Muzana, "Utilization of PhET Simulations in Replacing Real Laboratories for Physics Learning," *Radiasi : Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, vol. 16, no. 2, pp. 71–79, Sep. 2023, doi: 10.37729/RADIASI.V16I2.3539.
- [65] A. Drastisianti, A. K. Dewi, and D. Alighiri, "Effectiveness of Guided Inquiry Learning With PhET Simulation to Improve Students' Critical Thinking Ability and Understanding of Reaction Rate Concepts," *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, vol. 8, no. 2, p. 235, Dec. 2024, doi: 10.20961/IJPTE.V8I2.93924.