

Volume 2. Number 4. 128-135	DESEMBER 2024
Contextual Natural Science Education Journal (CNSEJ) https://jurnalpasca.unram.ac.id/index.php/cnsej DOI: https://doi.org/10.29303/cnsej.v2i4.1236	e-ISSN: 3046-8094

TINJAUAN SISTEMATIS: PENGGUNAAN SIMULASI PhET UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA SMA DALAM MATERI GAS IDEAL

Baiq Oriza Januarlinda¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram.

**Corresponding Address:* baiqorizajanuarlinda09@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: October 30, 2024
Accepted: November 15, 2024
Published: December 30, 2024

Keywords:

Simulasi PhET;
Pembelajaran Berbasis
Inkuiri;
Gas Ideal;
Pemahaman Konseptual;
Analisis Bibliometrik.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis efektivitas penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri dalam meningkatkan pemahaman siswa SMA terhadap konsep gas ideal. Kajian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan analisis bibliometrik untuk mengidentifikasi tren penelitian, tema dominan, serta efektivitas penerapan PhET dalam pembelajaran fisika. Data dikumpulkan dari berbagai basis data ilmiah seperti Google Scholar, ERIC, ResearchGate, dan ScienceDirect dengan rentang tahun publikasi 2010– 2025. Dari total 45 artikel yang diidentifikasi, sebanyak lima artikel terpilih setelah melalui tahapan seleksi PRISMA. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET secara konsisten meningkatkan pemahaman konseptual siswa, terutama ketika dipadukan dengan pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri. Simulasi PhET memungkinkan siswa melakukan eksplorasi ilmiah secara mandiri melalui visualisasi dinamis fenomena mikroskopis gas, sehingga mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah. Analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer menunjukkan bahwa topik penelitian yang paling sering muncul adalah “PhET”, “pemahaman”, “penggunaan”, dan “siswa”, sedangkan tren terbaru (2022–2024) menunjukkan perluasan kajian ke arah critical thinking skills dan higher-order thinking. Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis PhET berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir ilmiah siswa pada materi gas ideal.

© 2024 Doctoral Program of Science Education, Postgraduate, University of Mataram, Indonesia.

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang sains yang paling mendasar karena mempelajari perilaku dan struktur materi. Salah satu konsep penting dalam fisika adalah gas ideal, yang bersifat abstrak karena melibatkan konsep mikroskopis seperti gerak partikel, tekanan, suhu, dan energi kinetik.

Konsep-konsep ini sulit dipahami oleh siswa karena tidak dapat diamati secara langsung melalui pancaindra (Sadaghiani, 2011). Pemahaman terhadap gas ideal menjadi sangat penting karena merupakan

dasar bagi berbagai hukum fisika, seperti Hukum Boyle, Hukum GayLussac, dan Hukum Avogadro, yang menjelaskan hubungan antara tekanan, volume, suhu, dan jumlah molekul gas dalam kondisi tertentu (Riana & Anggini, 2024). Meskipun penting, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gas ideal. Salah satu penyebab utama adalah keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah, sehingga siswa jarang melakukan eksperimen nyata untuk mengamati fenomena gas secara langsung (Mahardika et al., 2023).

How to cite

Jauarlinda, B.O. (2024). TINJAUAN SISTEMATIS: PENGGUNAAN SIMULASI PhET UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA SMA DALAM MATERI GAS IDEAL. *Contextual Natural Science Education Journal (CNSEJ)*, 2(4), 128-135.

Pembelajaran yang masih berfokus pada penjelasan teoritis dan perhitungan matematis juga membuat siswa kesulitan mengaitkan konsep dengan fenomena fisika nyata. Pendekatan ini cenderung hanya efektif bagi siswa dengan kecerdasan logismatematis, sementara siswa lainnya merasa kesulitan dan kurang tertarik terhadap pembelajaran fisika (Sitohang, 2016). Apabila permasalahan ini tidak segera diatasi, maka pemahaman konseptual siswa terhadap gas ideal akan semakin lemah. Hal ini dapat berimplikasi pada rendahnya hasil belajar dan pemahaman terhadap hukum-hukum dasar fisika lainnya. Kelemahan dalam pemahaman konsep dasar juga dapat menghambat kemampuan siswa dalam mengaplikasikan prinsip-prinsip fisika dalam kehidupan sehari-hari dan dalam pemecahan masalah ilmiah yang lebih kompleks (Maris, 2022). Salah satu solusi yang dapat mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium adalah penggunaan simulasi virtual seperti PhET Interactive Simulations. Simulasi ini memberikan pengalaman eksperimen secara digital yang interaktif, memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep-konsep fisika secara visual dan dinamis tanpa memerlukan peralatan fisik yang mahal (Rutten et al., 2012). Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika karena menyajikan visualisasi yang menarik dan lebih mudah dipahami dibandingkan metode konvensional (Bunga et al., 2021).

Efektivitas penggunaan simulasi PhET akan lebih optimal apabila dipadukan dengan pendekatan berbasis inkuiri. Melalui pembelajaran inkuiri, siswa didorong untuk aktif mengeksplorasi, merumuskan pertanyaan, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil eksplorasi mereka. Pendekatan ini berfokus pada keterlibatan aktif siswa dalam proses penemuan konsep dengan bimbingan guru (Pramudia & Agustin, 2018). Menurut Perkins dkk. (2006), setiap simulasi PhET dirancang sebagai alat pembelajaran mandiri yang fleksibel untuk digunakan dalam

berbagai konteks, seperti kegiatan laboratorium, diskusi kelas, atau tugas berbasis eksplorasi ilmiah. Berdasarkan berbagai temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri berpotensi menjadi alternatif pembelajaran yang efektif dalam mengatasi kesulitan siswa memahami konsep gas ideal.

Kombinasi antara visualisasi interaktif dan eksplorasi ilmiah mandiri dapat meningkatkan pemahaman konseptual, minat belajar, serta keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran fisika. Oleh karena itu, kajian lebih lanjut diperlukan untuk menelaah, bagaimana penerapan simulasi PhET berbasis inkuiri dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep gas ideal secara signifikan manusia yang bermutu.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah Systematic Literature Review (SLR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai hasil penelitian terdahulu secara sistematis dan terstruktur mengenai efektivitas penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri dalam meningkatkan pemahaman konsep gas ideal pada pembelajaran fisika, serta dilengkapi dengan analisis bibliometrik untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai perkembangan penelitian pada topik tersebut. Proses penelitian diawali dengan perumusan pertanyaan utama tentang sejauh mana penerapan simulasi PhET berbasis inkuiri dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, ERIC, ResearchGate, dan ScienceDirect dengan rentang tahun 2010–2025, menggunakan kata kunci “PhET simulation”, “inquiry-based learning”, “ideal gas”, “physics education”, dan “conceptual understanding”.

Artikel yang disertakan adalah penelitian empiris yang relevan dengan penggunaan PhET atau pendekatan inkuiri dalam pembelajaran fisika, sedangkan artikel non-

empiris atau yang tidak sesuai topik dikecualikan. Seleksi dilakukan melalui penyaringan judul dan abstrak, pembacaan penuh artikel relevan, serta penilaian kualitas metodologi. Selanjutnya, dilakukan analisis isi (content analysis) untuk mengekstraksi informasi penting seperti desain pembelajaran, hasil penelitian, dan rekomendasi, serta analisis bibliometrik menggunakan perangkat lunak seperti VOSviewer atau Publish or Perish untuk memetakan tren publikasi, distribusi tahun terbit, penulis dan jurnal yang paling produktif, serta hubungan antar topik melalui analisis kata kunci. Hasil dari kedua analisis tersebut disintesis secara deskriptif untuk menggambarkan pola umum, efektivitas pendekatan, dan kesenjangan penelitian

(research gap) terkait penerapan simulasi PhET berbasis inkuiri dalam pembelajaran konsep gas ideal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi artikel melalui tahapan PRISMA, diperoleh lima artikel utama yang relevan dengan fokus penelitian, yaitu penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri dalam pembelajaran fisika pada konsep gas ideal dan konsep-konsep terkait. Artikel-artikel tersebut memberikan gambaran yang komprehensif mengenai efektivitas pembelajaran berbasis simulasi digital, strategi penerapan, serta dampaknya terhadap pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir ilmiah siswa pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis literatur artikel dengan kutipan tertinggi

NO	Penulis/Tahun	Judul Artikel	Sumber Jurnal	Revlansi	Fokus Utama
1	Lintangesukmanjaya (2024)	A EFA Analy is of Digital Technology Teaching	JPPS(Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains)	Tinggi	Analisis efektivitas Pembelajaran berbasis teknologi digital dalam fisika
2	Tawil (2024)	Alternative Virtual Lab Based Practical Learning	Jurnal Penelitian & Pembelajaran Fisika	Tinggi	Penerapan laboratorial virtual menggunakan simulasi PhET
3	Yani,A (2021)	Analisis Hasil Belajar yang Diajari Menggunakan Simulasi PhET di SMA Negeri	Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika	Sangat Tinggi	Eksperimen pembelajaran fisika dengan media PhET
4	Kuswanto (2024)	Analisis Implementasi Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika	Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika	Tinggi	Integrasi pendekatan inkuiri dalam pembelajaran fisika
5	(2022)	Analisis Konsep Fisika Kesetimbangan pada Peralatan Tradisional Indonesia	Jurnal Penelitian pendidikan IPA	Sedang	Penguatan konsep fisika berbasis konteks lokal (penunjang pemahaman konsep)

Artikel pertama, A EFA Analysis of Digital Technology Teaching ... (JPPS, 2024), menyoroti pentingnya integrasi teknologi digital dalam proses pembelajaran fisika. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu digital, termasuk

simulasi interaktif, dapat meningkatkan efektivitas pengajaran karena siswa lebih mudah memahami konsep abstrak melalui representasi visual dan interaktif. Meskipun tidak secara eksplisit membahas PhET, hasil penelitian ini memperkuat argumen bahwa

media berbasis simulasi digital mampu menciptakan lingkungan belajar yang bermakna dan konstruktif.

Artikel kedua, Alternative Virtual Lab-Based Practical Learning . (JPPF, 2024), secara langsung meneliti penerapan laboratorium virtual berbasis PhET sebagai alternatif kegiatan eksperimen nyata di sekolah. Penelitian ini menemukan bahwa simulasi PhET dapat menggantikan keterbatasan fasilitas laboratorium konvensional tanpa mengurangi kualitas pengalaman belajar siswa. Siswa menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan memahami hubungan antarvariabel fisika (tekanan, volume, dan suhu) yang menjadi dasar konsep gas ideal. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Rutten et al. (2012) bahwa laboratorium virtual efektif dalam membangun pemahaman konseptual.

Selanjutnya, penelitian oleh Yani (2021) berjudul Analisis Hasil Belajar yang Diajar Menggunakan Simulasi PhET di SMA Negeri ... menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan simulasi PhET memperoleh hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang diajar dengan metode konvensional. Siswa juga menunjukkan peningkatan minat dan keterlibatan dalam pembelajaran karena dapat bereksperimen secara mandiri dan mengamati perubahan fenomena fisika secara real-time. Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa media PhET mampu meningkatkan conceptual understanding sekaligus scientific engagement siswa.

Artikel keempat, karya Kuswanto (2024), menitikberatkan pada penerapan pendekatan inkuiri dalam pembelajaran fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan inkuiri mendorong siswa untuk berpikir kritis dan ilmiah melalui proses merumuskan pertanyaan, melakukan penyelidikan, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti. Ketika pendekatan ini dikombinasikan dengan media PhET, kegiatan pembelajaran menjadi lebih bermakna karena siswa dapat langsung menguji hipotesisnya dalam

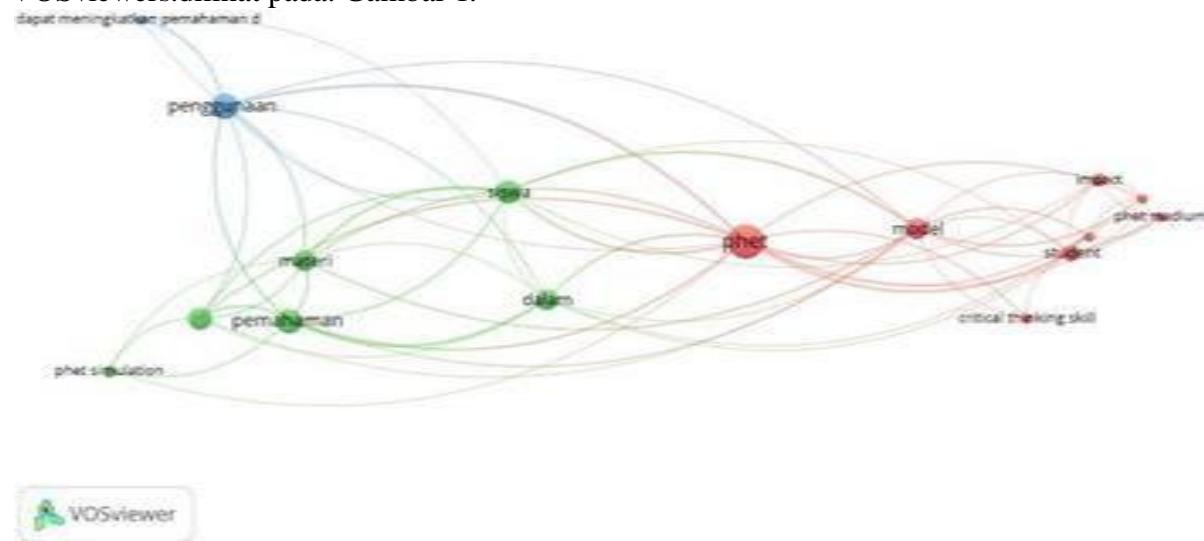
simulasi interaktif. Hal ini memperkuat temuan Perkins et al. (2006) bahwa PhET dirancang untuk mendukung pembelajaran berbasis eksplorasi dan inkuiri.

Artikel kelima, Analisis Konsep Fisika Kesetimbangan pada Peralatan Tradisional Indonesia ... (JPPIPA, 2022), meskipun tidak secara langsung meneliti konsep gas ideal, tetap relevan karena berfokus pada penguatan pemahaman konseptual fisika melalui konteks lokal dan visualisasi fenomena. Penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan media yang kontekstual dan visual untuk membantu siswa memahami konsep abstrak. Prinsip yang sama dapat diterapkan dalam pembelajaran gas ideal menggunakan PhET, di mana siswa dapat mengaitkan representasi mikroskopis partikel gas dengan fenomena makroskopis yang dapat diamati.

Secara umum, hasil kelima artikel menunjukkan pola temuan yang konsisten, yaitu bahwa simulasi PhET berbasis inkuiri mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa, mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran, serta mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah. Kombinasi visualisasi interaktif dan eksplorasi ilmiah mandiri terbukti efektif untuk menjembatani kesenjangan antara teori abstrak dan pengalaman empiris siswa. Temuan ini sejalan dengan studi Bunga et al. (2021) dan Mahardika et al. (2023) yang menyatakan bahwa media digital interaktif mampu memperkuat konsep dasar fisika serta meningkatkan motivasi belajar siswa.

Dengan demikian, berdasarkan hasil analisis literatur dan bibliometrik, dapat disimpulkan bahwa pendekatan pembelajaran menggunakan simulasi PhET berbasis inkuiri merupakan strategi efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gas ideal dan keterampilan proses sains siswa. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi lebih dalam bagaimana desain pembelajaran berbasis PhET dapat diintegrasikan secara sistematis dalam kurikulum fisika sekolah menengah. Berikut

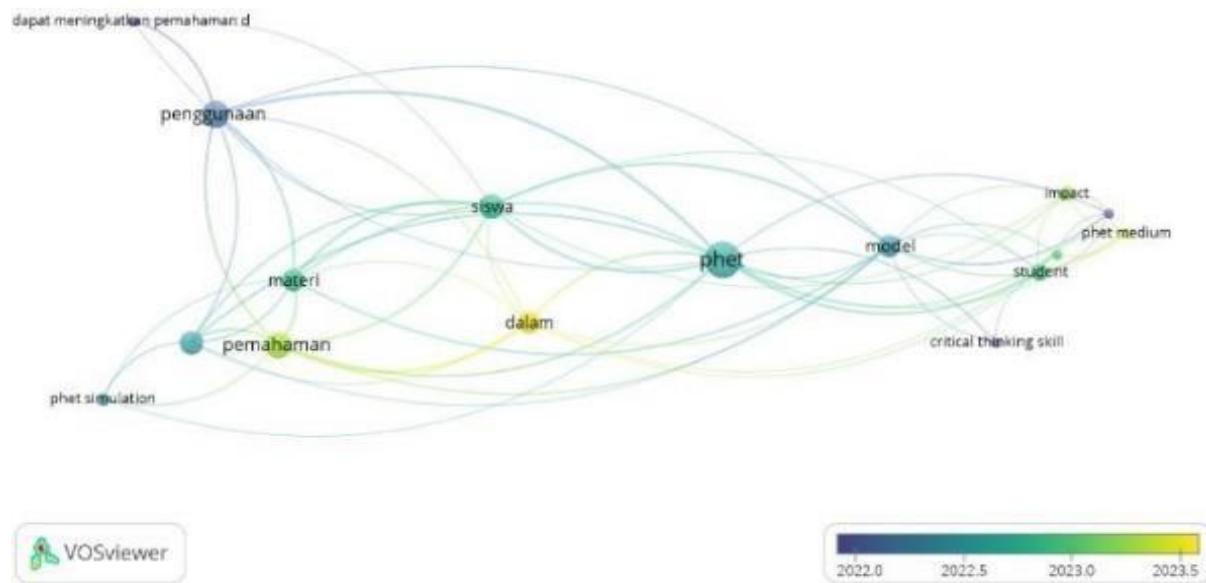
disajikan gambar Bebliometrik dari VOSviewers.dilihat pada. Gambar 1.



Gambar 1 . Network Visualization

Gambar network visualization menampilkan hubungan antar kata kunci yang membentuk klaster penelitian. Terdapat tiga klaster utama yang diidentifikasi melalui warna yang berbeda. Klaster pertama (berwarna biru) berfokus pada aspek penggunaan, materi, dan pemahaman, yang mencerminkan penelitian terkait penerapan PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep melalui pembelajaran berbasis inkuiri. Klaster kedua (berwarna hijau) mencakup kata siswa, dalam, dan phet simulation, menunjukkan keterkaitan antara siswa sebagai subjek pembelajaran dan peran simulasi PhET dalam konteks kelas. Klaster ketiga (berwarna merah) menyoroti kata model, student, impact, dan critical thinking skill, yang menggambarkan penelitian

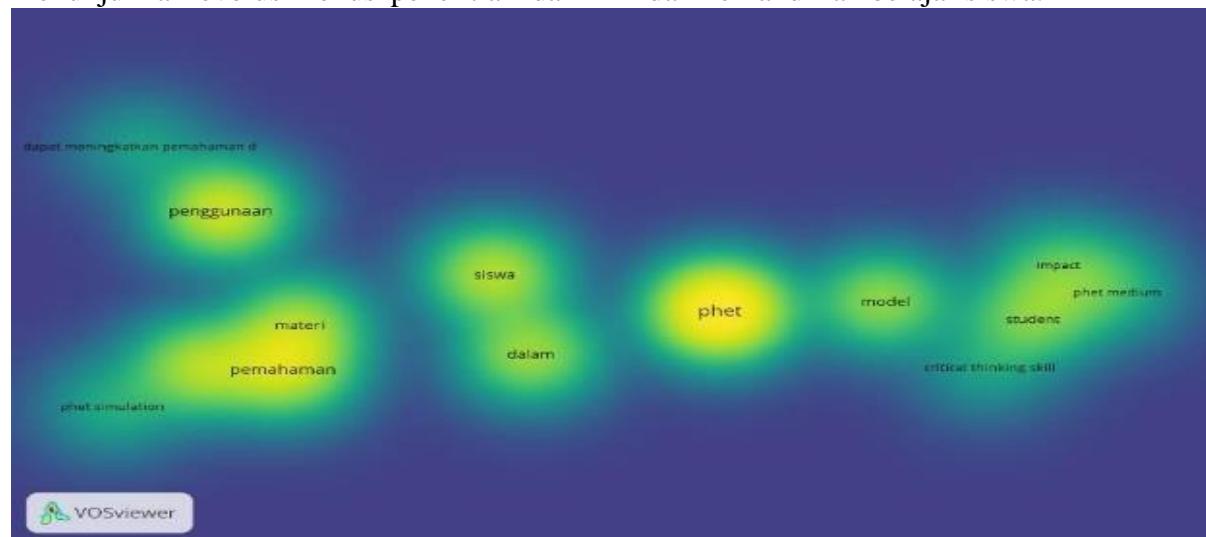
lanjutan yang menilai dampak model pembelajaran berbasis PhET terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa. Hubungan antar klaster yang saling terhubung menunjukkan bahwa pendekatan berbasis inkuiri dan pemanfaatan PhET bukan hanya efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dasar, tetapi juga memiliki potensi besar dalam membentuk keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah ilmiah siswa. Temuan ini mendukung kesimpulan bahwa penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri merupakan strategi pembelajaran yang komprehensif, yang mampu meningkatkan baik aspek kognitif maupun keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi gas ideal.



Gambar 2. Overlay Visualization

Gambar overlay visualization menggambarkan perkembangan temporal penelitian berdasarkan tahun publikasi. Warna biru merepresentasikan penelitian yang lebih lama, sedangkan warna hijau dan kuning menandakan penelitian yang lebih baru. Berdasarkan hasil visualisasi, tren penelitian terkini (2022–2024) berfokus pada kata kunci seperti critical thinking skill, impact, dan student, yang menunjukkan pergeseran arah penelitian dari sekadar penggunaan PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep menuju pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Hal ini menunjukkan evolusi fokus penelitian dari

conceptual understanding menuju *higher-order thinking skills*. Di sisi lain, kata kunci seperti penggunaan, materi, dan pemahaman yang muncul pada warna biru hingga hijau menunjukkan bahwa tema tersebut sudah menjadi dasar penelitian yang dilakukan sebelumnya dan terus menjadi landasan pengembangan studi baru. Dengan demikian, hasil overlay ini memperlihatkan bahwa penelitian terkini tidak hanya menekankan pada efektivitas PhET sebagai media pembelajaran, tetapi juga mengeksplorasi dampaknya terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis dan kemandirian belajar siswa.



Gambar 3. Density Visualization

Gambar density visualization menunjukkan kepadatan kemunculan kata

kunci yang sering muncul dalam publikasi terkait topik penelitian. Warna kuning

menandakan area dengan frekuensi kemunculan kata kunci yang tinggi, sementara warna hijau dan biru menunjukkan kepadatan yang lebih rendah. Hasil visualisasi memperlihatkan bahwa kata “PhET”, “penggunaan”, dan “pemahaman” memiliki intensitas warna paling terang, menandakan bahwa ketiga istilah tersebut merupakan fokus utama penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas penelitian dalam satu dekade terakhir menitikberatkan pada penggunaan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa dalam pembelajaran fisika. Selain itu, kemunculan kata “materi”, “siswa”, dan “model” menunjukkan bahwa banyak penelitian menyoroti aspek penerapan simulasi PhET pada materi fisika tertentu dengan pendekatan model pembelajaran berbasis inkuiri. Temuan ini menegaskan bahwa PhET dipandang sebagai media efektif yang mampu menjembatani pemahaman konseptual melalui pengalaman belajar visual dan interaktif, terutama ketika dikombinasikan dengan pendekatan pembelajaran aktif seperti inkuiri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis dan analisis bibliometrik, dapat disimpulkan bahwa penggunaan simulasi PhET berbasis inkuiri merupakan pendekatan pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa SMA pada materi gas ideal. Simulasi ini tidak hanya membantu siswa memvisualisasikan hubungan antara tekanan, volume, suhu, dan jumlah partikel gas, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif dalam proses penemuan konsep melalui eksplorasi ilmiah. Hasil sintesis dari lima artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa PhET dapat menggantikan peran laboratorium nyata dengan memberikan pengalaman belajar interaktif yang menarik dan bermakna. Selain itu, temuan bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian terkini bergerak ke arah pengembangan keterampilan berpikir tingkat

tinggi seperti critical thinking dan problem solving melalui penggunaan media simulasi digital. Dengan demikian, integrasi PhET dalam pembelajaran berbasis inkuiri dapat menjadi solusi inovatif terhadap keterbatasan fasilitas laboratorium, sekaligus memperkuat kemampuan kognitif dan ilmiah siswa. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi penerapan model pembelajaran berbasis PhET dalam konteks kurikulum Merdeka serta menilai dampaknya terhadap dimensi Profil Pelajar Pancasila.

DAFTAR PUSTAKA

- Bunga, S., Khaeruddin, K., & Yani, A. (2021). Analisis Hasil Belajar Yang Diajar Menggunakan Simulasi Phet (Physics Education Technology) Pada Peserta Didik Kelas Xi Ipa Di Sma Negeri 8 Luwu Timur. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 17(3), 162.
- JPPIPA.(2022).Analisis konsep fisika kesetimbangan pada peralatan tradisional Indonesia sebagai penguatan pembelajaran kontekstual. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 177–185.
- JPPS. (2024). A EFA analysis of digital technology teaching for physics learning.JPPS (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains), 14(1), 22–30
- Jurnal Penelitian & Pembelajaran Fisika. (2024). Alternative virtual lab-based practical learning using PhET simulation to enhance conceptual understanding. *Jurnal Penelitian & Pembelajaran Fisika*, 12(2), 101– 110.
- Kuswanto, H. (2024). Analisis implementasi keterampilan proses sains dalam pembelajaran fisika menggunakan pendekatan inkuiri. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 10(1), 22–33.
- Mahardika, I. K., Bektiarso, S., Cecilia, H. M., Pitri, I. W. R., Malihah, B. M., & Sabeta, M. N. (2023). Analisis Hukum Gay-Lussac Tentang Fluida Pada Kaleng Parfum (Dalam Kajian Studi

- Literatur). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(3), 204-209.
- Lintangesukmanjaya, R. T., Mahendra, A., Anugrah, S., Prahani, B. K., Dwikoranto, & Satriawan, M. (2024). A EFA Analysis of Digital Technology Teaching Materials in Improving Students' Critical Thinking in Physics Learning. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains (JPPS)*, 14(1), 1–10.
- Maris, K. (2022). Buku Ajar Kimia 1 (n.p.): Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Pramudia, R. P., & Agustin, A. A. (2018). Pemahaman Konsep Fisika pada Materi Termodinamika Mahasiswa Pendidikan Fisika Melalui Representasi Grafis. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 3(1), 8-14
- Riana, M., & Anggini, A. (2024). Hukum-Hukum Gas Ideal. *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(3), 01-07.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The Learning Effects of Computer Simulations in Science Education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153
- Sadaghiani, H. R. (2011). Using Computer Simulations to Improve Students' Conceptual Understanding of Thermodynamics. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(1), 3-8.
- Sitohang, H. (2016). Perancangan Media Pembelajaran Fisika Materi Konsep Termodinamika Dalam Mesin Kalor Dan Sifat-Sifat Gas Ideal Monoatomik Untuk SMA Kelas XI IPA. *Jurnal Saintekom: Sains, Teknologi, Komputer dan Manajemen*, 6(1), 27-39.
- Yani, A. (2021). Analisis hasil belajar yang diajarkan menggunakan simulasi PhET di SMA Negeri. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*,
- Tawil, M., Rusli, M. A., Bakkara, H., & Jatmiko, B. (2024). Alternative Virtual Lab-Based Practical Learning Model to Improve Scientific Attitude and Science Process Skills. *Jurnal Penelitian & Pembelajaran Fisika*, 10(2), 120–131.