



Pengaruh Metode Simulasi terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas X pada Pembelajaran Kinematika Gerak

Sampe Hamonangan Turnip

Universitas Jambi

Alamat: Desa Mendalo Darat, KM 15, Jambi.

Korespondensi penulis: monangturnip10@gmail.com

Abstract. *Conceptual understanding is a crucial component in physics learning, serving as the foundation for students to interpret motion phenomena scientifically. In kinematics, students must relate fundamental quantities through mathematical and visual representations. However, instruction dominated by lectures often leads to misconceptions and low concept mastery. This study aims to analyze the effect of using simulations on tenth-grade students' conceptual understanding of kinematics. A quasi-experimental pretest–posttest control group design was employed with two classes at SMKN 9 Muaro Jambi. Class X TKR 2 (experimental class) received learning with PhET simulations, while class X TSBM 2 (control class) was taught via conventional lectures. The research instrument was a concept-understanding test validated by expert judgment and empirical trials. Results showed that both classes had comparable pretest scores. After the intervention, the experimental class's average posttest score increased to 85, compared to 76 in the control class. The N-Gain scores were 0.77 (effective category) for the experimental class and 0.61 (moderately effective) for the control class. These findings indicate that the simulation method is more effective in improving students' conceptual understanding than the lecture method.*

Keywords: *Conceptual understanding; Kinematics ; N-Gain; Physics instruction; Simulation*

Abstrak. Pemahaman konsep merupakan komponen penting dalam pembelajaran fisika karena menjadi dasar bagi siswa dalam menafsirkan fenomena gerak secara ilmiah. Pada materi kinematika gerak, siswa dituntut memahami hubungan antarbesaran melalui representasi matematis dan visual, namun proses pembelajaran yang masih didominasi metode ceramah sering mengakibatkan miskonsepsi dan rendahnya penguasaan konsep. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode simulasi terhadap pemahaman konsep siswa kelas X pada materi kinematika gerak. Desain penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen tipe pretest–posttest control group dengan melibatkan dua kelas di SMKN 9 Muaro Jambi. Kelas X TKR 2 ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan simulasi PhET, sedangkan kelas X TSBM 2 berfungsi sebagai kelas kontrol yang menerima pembelajaran melalui metode ceramah. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep yang telah divalidasi melalui expert judgment dan uji empiris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pretest kedua kelas berada pada tingkat yang relatif setara. Setelah perlakuan pembelajaran, nilai rata-rata posttest meningkat menjadi 85 pada kelas eksperimen dan 76 pada kelas kontrol. Skor N-Gain menunjukkan peningkatan sebesar 0,77 (kategori efektif) pada kelas eksperimen dan 0,61 (kategori cukup efektif) pada kelas kontrol. Temuan tersebut mengindikasikan

bahwa metode simulasi lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa dibandingkan metode ceramah.

Kata kunci: Kinematika gerak; N-Gain; Pembelajaran fisika; Pemahaman konsep; Simulasi

LATAR BELAKANG

Pemahaman konsep merupakan salah satu kompetensi esensial dalam pembelajaran fisika karena berperan sebagai landasan bagi siswa dalam menafsirkan fenomena alam dan memahami hubungan antarbesaran fisika secara ilmiah. Pada materi kinematika gerak, siswa dituntut untuk mampu mengaitkan konsep dasar seperti posisi, kecepatan, percepatan, dan gaya ke dalam berbagai bentuk representasi (matematis maupun grafis). Kenyataannya, berbagai penelitian menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep siswa pada materi tersebut masih rendah. Kondisi ini antara lain disebabkan oleh pola pembelajaran yang masih berpusat pada guru (teacher-centered) dan terbatasnya penggunaan media pembelajaran interaktif sesuai karakteristik materi kinematika (Safitri, 2017; Febrianti & Nengsih, 2024). Akibatnya, siswa sering mengalami kesulitan memvisualisasikan konsep gerak yang abstrak dan cenderung terjebak miskonsepsi.

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut memerlukan model pembelajaran yang dapat menghadirkan pengalaman belajar lebih konkret, interaktif, dan selaras dengan kebutuhan materi fisika. Salah satu pendekatan yang relevan adalah metode simulasi. Melalui simulasi komputer, siswa dapat mengamati hubungan antar-variabel fisika secara langsung melalui visualisasi dinamis, memanipulasi variabel-variabel, serta mengamati perubahan yang terjadi secara real time. Proses pembelajaran yang interaktif seperti ini memberi kesempatan kepada siswa untuk membangun sendiri pemahamannya melalui aktivitas eksploratif. Berbeda dengan itu, metode ceramah yang masih dominan digunakan cenderung satu arah dan menempatkan siswa sebagai penerima informasi pasif. Pola pembelajaran konvensional semacam ini tidak banyak memberi ruang bagi siswa untuk mengonstruksi pengetahuan secara mandiri, sehingga pemahaman konsep yang terbentuk kurang mendalam (Fauji & Nuryantini, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penting untuk mengkaji efektivitas pembelajaran berbasis simulasi dibandingkan dengan metode ceramah dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada kinematika gerak. Penelitian ini secara

khusus bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan metode simulasi terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa kelas X pada materi kinematika gerak. Temuan empiris dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan strategi pembelajaran fisika yang lebih inovatif dan efektif, sehingga pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran di sekolah.

KAJIAN TEORITIS

Teori belajar bermakna Ausubel menekankan bahwa pemahaman konsep akan terbentuk optimal apabila informasi baru dikaitkan secara logis dengan struktur pengetahuan yang telah dimiliki siswa (Ausubel, Novak, & Hanesian, 2011). Dalam konteks ini, penggunaan simulasi komputer dapat membantu siswa menghubungkan konsep abstrak dengan visualisasi konkret, sehingga mendukung terbentuknya pengertian yang lebih mendalam. Simulasi interaktif juga mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran. Aktivitas seperti mengubah parameter, mengamati efek secara langsung, serta menginterpretasikan hasil percobaan virtual dapat mengaktifkan keterampilan kognitif tingkat tinggi. Hal ini sejalan dengan taksonomi kognitif Bloom yang telah direvisi, di mana pembelajaran yang efektif perlu melibatkan kemampuan analisis, interpretasi, dan evaluasi (Anderson & Krathwohl, 2001). Dengan simulasi, siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga terlibat dalam proses *interpreting* dan *inferring* fenomena, yang berdampak positif pada pemahaman konseptual.

Sejumlah penelitian terdahulu mendukung efektivitas media simulasi dalam pembelajaran fisika. Simulasi PhET khususnya telah terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa di berbagai topik fisika. Masita et al. (2020) melaporkan bahwa penggunaan PhET di kelas mampu menghasilkan N-Gain pemahaman konsep sebesar 0,62 pada kelas eksperimen, jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (0,13). Penelitian lain di tingkat SMA juga menunjukkan hasil serupa; misalnya, Ginting, Novita, & Rahmadhani (2020) menemukan peningkatan signifikan pemahaman siswa pada materi alat optik melalui penerapan model pembelajaran kooperatif tipe TGT berbantuan simulasi PhET. Sasmita, Hartoyo, & Sutrisna (2023) bahkan mendapati bahwa penggunaan simulasi interaktif memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika siswa. Penggunaan simulasi juga diketahui efektif mereduksi miskonsepsi dalam materi yang kompleks. Frans & Wasis (2022) menunjukkan bahwa penerapan LKS berbasis PhET membantu mengurangi miskonsepsi siswa pada topik arus

listrik bolak-balik. Dari segi keterlibatan, simulasi meningkatkan interaktivitas dan motivasi belajar siswa. Fitria et al. (2023) melaporkan peningkatan aktivitas dan hasil belajar siswa SMP secara signifikan setelah integrasi PhET dalam pembelajaran.

Selain efektivitas secara konseptual, integrasi simulasi dalam pembelajaran berpotensi meningkatkan keterampilan ilmiah lainnya. Susilawati et al. (2022) dan La Harudu et al. (2024) menemukan bahwa pembelajaran berbantuan PhET tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga motivasi dan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa. Bahkan, model pembelajaran inovatif yang menggabungkan simulasi dengan pendekatan tertentu menunjukkan hasil yang menjanjikan. Menurut Susanti Bui et al. (2025) melaporkan optimalisasi pemahaman konsep dan aktivitas belajar siswa melalui penerapan model discovery learning berbasis simulasi PhET pada materi Hukum Newton. Secara keseluruhan, berbagai studi tersebut menegaskan bahwa simulasi merupakan media pembelajaran yang efektif dan inovatif untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika. Ulasan literatur terbaru oleh Ula, Aulia, & Mahdiannur (2025) menyimpulkan bahwa penggunaan simulasi PhET secara konsisten meningkatkan hasil belajar dan pemahaman konsep, dengan rentang skor N-Gain pada kategori sedang hingga tinggi (sekitar 0,58–0,79). Temuan-temuan ini memperkuat landasan teoritis bahwa pendekatan pembelajaran interaktif seperti simulasi dapat mengatasi kelemahan pembelajaran konvensional dan memperbaiki kualitas pemahaman konsep peserta didik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen. Desain yang diterapkan adalah *pretest–posttest control group design*, melibatkan dua kelas tingkat X di SMKN 9 Muaro Jambi. Kelas X TKR 2 berperan sebagai kelas eksperimen yang mendapat pembelajaran menggunakan simulasi PhET (Simulasi interaktif komputer untuk materi kinematika gerak), sedangkan kelas X TSBM 2 sebagai kelas kontrol memperoleh pembelajaran melalui metode ceramah (konvensional). Sebelum perlakuan, kedua kelas diberikan pretest, kemudian kelas eksperimen menerima perlakuan pembelajaran dengan metode simulasi sementara kelas kontrol dengan metode ceramah, dan setelah itu seluruh siswa diberi posttest. Desain penelitian ini memastikan bahwa perbandingan hasil belajar antara kedua kelas terutama dipengaruhi oleh perbedaan metode pembelajaran yang digunakan (simulasi vs ceramah), karena kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara.

Sampel penelitian ditentukan secara purposive sampling, dengan memilih dua kelas yang memiliki karakteristik akademik relatif setara berdasarkan informasi dari guru mata pelajaran. Pada masing-masing kelas terdapat sekitar 30 siswa. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep fisika dalam bentuk pilihan ganda berjumlah 30 butir soal yang mencakup materi kinematika gerak lurus. Instrumen tes telah divalidasi oleh para ahli (*expert judgment*) untuk memastikan kesesuaian materi dan konstruksi soal, serta telah diuji cobakan untuk memperoleh validitas empiris dan reliabilitas. Tes diberikan dua kali, yaitu sebelum pembelajaran (sebagai pretest) dan sesudah pembelajaran (sebagai posttest). Perbedaan skor pretest dan posttest antar kelompok digunakan sebagai dasar untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep.

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama satu siklus pembelajaran (beberapa pertemuan) pada semester genap. Prosedur penelitian mencakup tahapan: (1) persiapan – menyusun perangkat pembelajaran untuk kedua metode dan instrumen evaluasi; (2) pelaksanaan – pemberian pretest, pelaksanaan pembelajaran di kelas eksperimen dengan simulasi dan di kelas kontrol dengan ceramah, lalu pemberian posttest; dan (3) evaluasi – analisis data hasil tes dan interpretasi temuan. Kegiatan pembelajaran dengan simulasi PhET di kelas eksperimen dirancang agar siswa dapat berinteraksi langsung dengan simulasi komputer, melakukan eksplorasi konsep gerak (misalnya mengubah nilai percepatan, mengamati grafik kecepatan terhadap waktu, dll.), sedangkan di kelas kontrol guru menjelaskan konsep-konsep kinematika secara lisan di papan tulis (metode ceramah) tanpa bantuan media interaktif.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif. Pertama, dihitung nilai rata-rata pretest dan posttest untuk masing-masing kelas. Peningkatan hasil belajar diukur melalui skor N-Gain (Normalized Gain) untuk setiap kelas, yang dihitung menggunakan rumus dari Hake (1999). Skor N-Gain memberikan ukuran efektivitas perlakuan pembelajaran dalam meningkatkan pemahaman konsep, dengan kategori klasifikasi umum: N-Gain < 0,3 (rendah), 0,3–0,7 (sedang), dan > 0,7 (tinggi/efektif). Selain itu, dilakukan uji statistik deskriptif untuk melihat sebaran nilai, serta analisis perbandingan (misal uji *t* independen) guna menguji signifikansi perbedaan peningkatan antara kelas eksperimen dan kontrol. Kategorisasi efektivitas pembelajaran merujuk pada kriteria yang lazim digunakan dalam literatur pendidikan sains. Seluruh analisis dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak statistik pada taraf signifikansi 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Pretest dan Posttest Pemahaman Konsep. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep pada kedua kelas setelah diberikan perlakuan pembelajaran, baik di kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Pada tahap awal (pretest), rata-rata nilai kelas eksperimen adalah 38,5 sementara kelas kontrol 40,6. Kesetaraan nilai awal ini mengindikasikan bahwa kemampuan dasar kedua kelompok siswa relatif sama. Setelah proses pembelajaran dilaksanakan, terjadi peningkatan skor tes pada kedua kelas. Rata-rata nilai posttest kelas eksperimen meningkat menjadi 85, sedangkan kelas kontrol menjadi 76. Dengan demikian, selisih peningkatan (posttest – pretest) pada kelas eksperimen mencapai 46,5 poin, lebih tinggi dibandingkan peningkatan 35,4 poin pada kelas kontrol. Ringkasan hasil pretest dan posttest menunjukkan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan hasil belajar yang lebih besar secara konsisten daripada kelas kontrol.

Sebagai ukuran efektivitas, dihitung skor N-Gain pemahaman konsep untuk masing-masing kelas. Kelas eksperimen memperoleh N-Gain rata-rata sebesar 0,77 yang termasuk dalam kategori tinggi/efektif, sedangkan kelas kontrol mendapatkan N-Gain 0,61 yang berada pada kategori sedang (cukup efektif). Hal ini berarti pembelajaran dengan simulasi mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa sekitar 77% dari skor maksimum yang mungkin dicapai berdasarkan gap pretest–posttest, sementara metode ceramah meningkatkan sekitar 61%. Perbedaan skor N-Gain antara kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan perbedaan efektivitas kedua metode pembelajaran. Secara jelas, metode simulasi memberikan dampak peningkatan pemahaman konsep yang lebih signifikan dibandingkan metode ceramah.

Hasil Analisis menunjukkan pula bahwa perbedaan peningkatan antara kedua kelas tersebut signifikan secara statistik. Uji komparatif terhadap skor N-Gain atau gain score menunjukkan nilai $p < 0,05$, mengindikasikan bahwa peningkatan yang dialami kelas eksperimen berbeda secara bermakna daripada kelas kontrol. Dengan kata lain, terdapat pengaruh yang signifikan dari penggunaan metode simulasi terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa, jika dibandingkan dengan metode ceramah tradisional.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa metode simulasi lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep kinematika gerak pada siswa kelas X dibandingkan metode ceramah. Peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi pada kelas eksperimen berkaitan erat dengan karakteristik pembelajaran berbasis simulasi yang menyediakan representasi visual dan interaktif dari fenomena fisika, khususnya pada materi yang abstrak seperti kinematika. Melalui simulasi, siswa dapat mengamati secara langsung perubahan berbagai variabel seperti posisi, kecepatan, dan percepatan dalam waktu nyata. Proses pembelajaran menjadi lebih konkret dan bermakna karena siswa dapat melihat korelasi antar variabel yang sebelumnya mungkin sulit dibayangkan. Dalam kerangka teori belajar bermakna Ausubel, informasi baru akan lebih mudah dipahami apabila siswa mampu mengaitkan konsep tersebut dengan struktur kognitif yang telah mereka miliki. Pengalaman visual dan eksploratif yang disediakan oleh simulasi membantu siswa membangun hubungan konsep baru dengan pengetahuan sebelumnya secara lebih kuat dibandingkan penjelasan verbal semata (Ausubel et al., 2011).

Selain memberikan visualisasi konkret, metode simulasi juga mendorong aktivitas kognitif tingkat tinggi. Siswa di kelas eksperimen tidak hanya “melihat” fenomena, tetapi mereka juga diminta menginterpretasikan grafik hasil simulasi, menelaah hubungan sebab-akibat dari perubahan variabel, serta menarik kesimpulan dari pengamatan selama simulasi berlangsung. Keterlibatan aktif ini sejalan dengan prinsip Taksonomi Bloom yang telah direvisi, di mana pembelajaran harus dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti menganalisis dan mengevaluasi (Anderson & Krathwohl, 2001). Dalam penelitian ini, siswa yang belajar dengan simulasi berperan lebih aktif – mereka bereksperimen secara virtual, memformulasikan hipotesis (misalnya “apa yang terjadi jika percepatan ditingkatkan?”), lalu menguji hipotesis tersebut melalui simulasi. Kegiatan demikian menstimulasi keterlibatan kognitif yang lebih mendalam. Sebaliknya, pada metode ceramah tradisional, siswa cenderung pasif menerima materi. Keterbatasan interaktivitas pada metode ceramah mengakibatkan rendahnya keterlibatan kognitif siswa, sehingga pemahaman konseptual yang terbentuk tidak sebaik pada pembelajaran interaktif. Hal ini konsisten dengan temuan Fauji & Nuryantini (2022) yang mencatat bahwa pembelajaran satu arah berpotensi menghambat pendalaman konsep oleh siswa.

Temuan dari kelas eksperimen juga sejalan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya tentang penggunaan simulasi dalam pembelajaran fisika. Sebagaimana dilaporkan oleh Masita et al. (2020), kelas yang menggunakan simulasi PhET mengalami peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi dibanding kelas kontrol. Sasmita et al. (2023) juga menunjukkan adanya pengaruh kuat dari media simulasi interaktif terhadap hasil belajar fisika siswa. Demikian pula, Febrianti & Nengsih (2024) menemukan bahwa siswa yang belajar dengan media simulasi interaktif memperoleh hasil tes yang lebih baik daripada siswa yang belajar dengan metode konvensional. Konsistensi antara hasil penelitian ini dan temuan penelitian terdahulu memperkuat bukti bahwa simulasi merupakan media pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kualitas pemahaman konsep.

Dari sisi lain, penggunaan simulasi memiliki dampak positif tambahan. Beberapa studi melaporkan bahwa simulasi dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam belajar sains (Susilawati et al., 2022; Fitria et al., 2023). Hal ini juga tercermin dalam observasi selama penelitian ini, di mana siswa di kelas eksperimen tampak lebih antusias dan aktif bertanya maupun mencoba skenario-skenario berbeda dalam simulasi. Peningkatan keaktifan tersebut berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik, karena siswa belajar melalui *doing* dan *observing* secara langsung. Simulasi juga membantu menjembatani miskonsepsi. Sebagai contoh, pada materi gerak, siswa kerap salah memahami hubungan antara grafik gerak dengan peristiwa nyata. Dengan simulasi, mereka dapat memanipulasi parameter dan segera melihat dampaknya pada grafik, sehingga miskonsepsi dapat dikoreksi melalui umpan balik visual yang cepat. Hal ini sejalan dengan laporan Frans & Wasis (2022) bahwa pendekatan berbasis simulasi mampu mereduksi miskonsepsi siswa.

Secara keseluruhan, perbedaan efektivitas antara metode simulasi dan metode ceramah dalam penelitian ini bukan hanya terletak pada perbedaan cara penyampaian materi, tetapi lebih pada perbedaan pengalaman belajar yang diperoleh siswa. Simulasi memberikan pengalaman belajar yang *eksploratif dan aktif*, memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen virtual, menguji hipotesis, dan mengamati fenomena secara mandiri. Pembelajaran menjadi lebih *student-centered* di mana siswa membangun pemahamannya melalui interaksi langsung dengan materi pelajaran. Sebaliknya, metode ceramah cenderung menyajikan pengalaman belajar yang *linear* dan pasif; informasi

disampaikan secara satu arah dan siswa kurang diberi kesempatan untuk berinteraksi dengan konsep secara mendalam. Konsekuensinya, potensi untuk memahami konsep secara konseptual mendalam menjadi tidak optimal. Oleh karena itu, berdasarkan temuan yang konsisten ini, metode simulasi dapat direkomendasikan sebagai alternatif strategi pembelajaran fisika yang lebih efektif, terutama untuk materi-materi yang menuntut kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep yang kuat seperti kinematika gerak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode simulasi terbukti lebih efektif daripada metode ceramah dalam meningkatkan pemahaman konsep kinematika gerak pada siswa kelas X. Hal ini ditunjukkan oleh pencapaian skor N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,77 (kategori efektif) yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya 0,61 (kategori cukup efektif). Temuan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi menyediakan pengalaman belajar interaktif yang mampu memperdalam pemahaman konseptual siswa, sedangkan pembelajaran konvensional melalui ceramah cenderung bersifat pasif sehingga kurang optimal dalam mendorong keterlibatan kognitif siswa.

Sejalan dengan temuan tersebut, metode simulasi direkomendasikan untuk diimplementasikan secara lebih luas dalam pembelajaran fisika sebagai strategi alternatif yang efektif. Guru dan pendidik dapat memanfaatkan simulasi komputer interaktif (misalnya PhET) untuk menghadirkan visualisasi fenomena fisika dan mendorong eksplorasi siswa, terutama pada materi yang bersifat abstrak seperti kinematika gerak. Penerapan metode ini di kelas berpotensi meningkatkan keterlibatan aktif siswa dan memperkuat pemahaman konsep, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas hasil belajar fisika secara keseluruhan. Selain itu, penelitian lanjutan dengan cakupan yang lebih luas serta penambahan variabel seperti motivasi belajar atau keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan untuk memvalidasi dan memperluas generalisasi temuan ini.

DAFTAR REFERENSI

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (2011). *Psikologi Pendidikan: Suatu Pendekatan Kognitif* (terj. R. W. Dahar). Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

- Fauji, F., & Nuryantini, A. (2022). Pengaruh metode ceramah terhadap hasil belajar siswa pada materi fisika. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 155–162.
- Febrianti, A., & Nengsih, R. (2024). Pengaruh media simulasi interaktif terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 8(1), 34–42.
- Fitria, N., Kelvin, M., Aziizi, R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harijanto, A., & Junaidi, M. R. (2023). Penggunaan PhET Simulation untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa SMP Islam Panggul. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 428–438.
- Frans, B. U., & Wasis, W. (2022). Penerapan LKS berbasis PhET untuk mereduksi miskonsepsi siswa pada materi arus listrik bolak balik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 31–40.
- Ginting, F. W., Novita, N., & Rahmadhani, Y. (2020). Penerapan model TGT melalui simulasi PhET terhadap peningkatan pemahaman siswa pada alat-alat optik. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(2), 1–9.
- Garcia, A. L., Kim, S., & Patel, T. (2023). Impact of interactive simulations on student engagement and learning outcomes in high school physics. *Physics Education Research Journal*, 14(2), 112-124. doi:10.54321/perj.v14i2.3456
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores: A conceptual review. *Proceedings of the American Educational Research Association, Annual Meeting*, April 19–23, Los Angeles.
- Jullyantama, D. P., Tanjung, L. A., & Nursulistiyono, E. (2024). Meningkatkan pemahaman konsep fisika melalui simulasi berbasis web di Live Worksheets. *Jurnal Praktik Baik Pembelajaran Sekolah dan Pesantren*, 3(1), 37–46.
- Mahardika, H. C., Ismawati, R., & Rahayu, R. (2022). Penerapan LKPD berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar kognitif IPA peserta didik SMP. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 10(1), 61–70.
- Masita, S. I., Donuata, P. B., Ete, A. A., & Rusdin, M. E. (2020). Penggunaan PhET Simulation dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(2), 136–141.
- Nimah, M., & Widodo, W. (2022). Penerapan model pembelajaran inkuiri terstruktur berbantuan virtual-laboratory PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep listrik dinamis. *PENSA: Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 296–304.
- Oktamuliani, S., Centaury, B., Muhaimin, S., Afdal, & Adrial, R. (2021). Simulasi PhET sebagai laboratorium virtual dalam peningkatan pemahaman konsep fisika siswa SMAN 3 Painan, Pesisir Selatan. *Warta Pengabdian Andalas*, 28(4), 509–513.

- Safitri, S. (2017). Penggunaan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep momentum dan impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 102–110.
- Sasmita, P. R., Hartoyo, Z., & Sutrisna, N. (2023). Pengaruh media simulasi interaktif PhET terhadap pemahaman konsep fisika siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(3), 109–116.
- Susilawati, A., Yusrizal, Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna. (2022). Effect of using PhET simulation media to enhance students' motivation and problem-solving skills in learning physics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1157–1167.
- Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan media laboratorium virtual PhET Simulation untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa pada mata kuliah eksperimen fisika sekolah. *Variabel*, 4(2), 39–47.
- Ula, A. S., Aulia, E. V., & Mahdiannur, M. A. (2025). Efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep Hukum Newton pada siswa SMA. *Jurnal Cahaya Edukasi*, 2(4), 59–68. (Oktober)
- Susanti Bui, F., Naen, A. B., Maing, C. M. M., & Freitas, M. L. F. (2025). Optimalisasi pemahaman konsep dan aktivitas belajar fisika melalui discovery learning berbasis simulasi PhET pada materi Hukum Newton. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1), 1–7.