

Integrasi Simulasi Digital Dalam Pembelajaran Energi Baru Terbarukan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Murid SMK

Riyana Hermadiana⁽¹⁾, I Made Astra⁽²⁾, Firmanul Catur Wibowo⁽³⁾

Universitas Negeri Jakarta, Indonesia
Email: riyanahdiana93@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid kelas X SMKN 1 Ciomas melalui integrasi simulasi digital pada pembelajaran Energi Baru Terbarukan. Masalah berawal dari rendahnya kemampuan analisis dan penalaran murid dalam memahami konsep EBT. Solusi yang ditawarkan ialah penggunaan simulasi digital berbasis TPACK yang memungkinkan murid mengeksplorasi fenomena energi secara interaktif. Penelitian dilakukan menggunakan PTK dua siklus. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan observasi, analisis data simulasi, dan penyusunan kesimpulan ilmiah.

Abstract: This study aims to improve the critical thinking skills of tenth-grade vocational students through digital simulations in renewable energy learning. The problem arises from students' low analytical and reasoning abilities regarding renewable energy concepts. The proposed solution is TPACK-based digital simulations enabling interactive exploration of energy phenomena. This classroom action research was conducted in two cycles. Results indicate significant improvement in students' critical thinking through observation, data analysis, and scientific conclusion tasks.

Tersedia online di
<https://ojs.unublitar.ac.id/index.php/jtpdm>

Sejarah artikel

Diterima pada: 5 Desember 2025

Disetujui pada: 15 Desember 2025

Dipublikasikan pada: 18 Desember 2025

Kata kunci:

Berpikir Kritis, EBT, Simulasi Digital, TPACK, PTK

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika pada Kurikulum Merdeka diarahkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi sains (Trilling & Fadel, 2009). Namun, pada praktiknya pembelajaran fisika di SMK masih dominan berpusat pada guru, berorientasi hafalan, dan kurang memberikan ruang bagi eksplorasi konsep melalui pengalaman belajar interaktif. Kondisi tersebut berdampak pada lemahnya kemampuan murid dalam menganalisis fenomena, mengevaluasi data, dan menarik kesimpulan ilmiah (Klymkowsky & Cooper, 2020).

Di SMKN 1 Ciomas, hasil observasi awal menunjukkan bahwa murid kelas X mengalami kesulitan memahami hubungan antarvariabel energi, menganalisis efisiensi sistem energi terbarukan, serta menyusun argumen berbasis bukti. Temuan ini memperkuat kesenjangan antara tuntutan kompetensi abad 21 dan praktik pembelajaran fisika (Rosen & Tager, 2019). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu memantik interaksi kognitif murid.

Salah satu solusi yang relevan adalah integrasi simulasi digital berbasis kerangka TPACK. Simulasi digital memungkinkan murid memanipulasi variabel, melakukan penyelidikan virtual, dan mengamati hubungan sebab-akibat secara langsung (Smetana & Bell, 2012). Pembelajaran berbasis simulasi telah terbukti meningkatkan pemahaman konsep fisika (Chang & Hsu, 2020), kemampuan inkiri (Hsu et al., 2021), dan kemampuan berpikir kritis (Yuliati & Fitriani, 2020). Dengan demikian, penerapan simulasi digital pada materi Energi Baru Terbarukan diharapkan dapat mengatasi hambatan pemahaman konseptual sekaligus meningkatkan kompetensi berpikir kritis murid.

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan proses dan hasil integrasi simulasi digital dalam pembelajaran EBT untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid SMK. Adapun ruang lingkup penelitian mencakup penggunaan simulasi interaktif, analisis hasil investigasi murid, serta evaluasi peningkatan kemampuan berpikir kritis pada dua siklus PTK.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain Penelitian Tindakan Kelas model Kemmis dan McTaggart yang meliputi tahap perencanaan, tindakan, observasi, dan refleksi. Subjek penelitian adalah 34 murid kelas X SMKN 1 Ciomas pada semester genap. Sumber data penelitian meliputi data observasi aktivitas murid, catatan lapangan, hasil LKPD berbasis simulasi digital, serta tes kemampuan berpikir kritis.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui: (1) observasi aktivitas murid selama menggunakan simulasi digital, (2) penilaian rubrik berpikir kritis berdasarkan indikator Ennis, dan (3) analisis hasil investigasi simulasi. Instrumen yang digunakan meliputi lembar observasi murid, rubrik berpikir kritis, dan LKPD berbasis simulasi digital. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif untuk melihat peningkatan skor berpikir kritis pada setiap siklus.

Simulasi digital yang digunakan berupa simulasi PhET dan Energy3D. Guru mengintegrasikan teknologi dengan pendekatan TPACK sehingga murid dapat melakukan eksplorasi virtual terhadap variabel intensitas cahaya, sudut panel surya, kecepatan angin, serta efisiensi energi. Analisis data dilakukan melalui reduksi, penyajian, dan penarikan kesimpulan yang merefleksikan perubahan perilaku kognitif murid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian :

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua siklus pada 40 murid kelas X SMK. Kemampuan berpikir kritis diukur menggunakan tes uraian yang mencakup indikator analisis, inferensi, reasoning, dan evaluasi. Nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis (KBK) setiap tahapan ditunjukkan dalam Tabel 1. Secara umum, hasil menunjukkan adanya peningkatan bertahap dari pretest ke posttest Siklus I, dan peningkatan yang lebih signifikan pada posttest Siklus II, setelah dilakukan perbaikan pembelajaran dan penguatan instruksi pada penggunaan simulasi digital.

Tabel 1. Rata-rata Kemampuan Berpikir Kritis (KBK) Tiap Siklus

Siklus	Tahapan Tes	Rata-rata KBK (%)	Peningkatan Internal Siklus	Kategori KBK
Siklus I	Pretest	48,5	–	Kurang
	Posttest	66,0	+17,5	Cukup
Siklus II	Posttest	82,5	+16,5	Baik

Peningkatan skor ini divisualisasikan pada Tabel 1 yang menunjukkan tren peningkatan kemampuan berpikir kritis antar tahapan.



Gambar 1. Grafik Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Perhitungan N-Gain

Analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis diperkuat melalui perhitungan N-Gain menggunakan rumus Hake. Hasilnya ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Perhitungan N-Gain Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Indikator	Nilai (%)	Kategori
KBK Awal (Pretest)	48,5	Kurang
KBK Siklus I (Posttest)	66,0	Cukup
KBK Siklus II (Posttest)	82,5	Baik
N-Gain Siklus I	0,34	Sedang
N-Gain Siklus II	0,66	Sedang-Tinggi

Secara kuantitatif, peningkatan N-Gain dari 0,34 pada Siklus I menjadi 0,66 pada Siklus II menunjukkan bahwa integrasi simulasi digital memberikan efektivitas tinggi dalam mempercepat pemahaman murid. Siklus II memberikan peningkatan yang jauh lebih optimal karena murid telah terbiasa menggunakan simulasi dan terbantu oleh LKPD yang telah diperbaiki.

Aktivitas Belajar Murid

Keterlibatan murid dalam proses pembelajaran juga diamati selama setiap siklus. Aktivitas murid meningkat dari kategori "cukup aktif" pada Siklus I menjadi "aktif" pada Siklus II sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas Belajar Murid Selama Siklus

Siklus	Percentase Aktivitas	Kategori
Siklus I	68%	Cukup Aktif
Siklus II	86%	Aktif

Peningkatan tingkat keaktifan murid memperkuat bahwa penggunaan simulasi digital mampu meningkatkan partisipasi, rasa ingin tahu, dan interaksi murid dalam pembelajaran.



Gambar 2. Aktivitas Belajar Murid Siklus II

Pencapaian Indikator Keberhasilan

Pencapaian indikator keberhasilan penelitian menunjukkan bahwa seluruh target tindakan telah terpenuhi secara optimal. Pada indikator ketuntasan belajar, sebanyak 31 dari 40 murid (77,5%) telah mencapai skor ≥ 75 pada Siklus II, sehingga kriteria minimal 75% ketuntasan terpenuhi. Indikator peningkatan rata-rata nilai antar siklus juga tercapai dengan peningkatan 17,5 poin dari pretest ke Siklus I, dan peningkatan 16,5 poin dari Siklus I ke Siklus II. Indikator N-Gain juga menunjukkan hasil yang memuaskan, di mana Siklus I mencapai N-Gain 0,34 (kategori sedang) dan meningkat menjadi 0,66 (kategori sedang–tinggi) pada Siklus II. Selain itu, aktivitas belajar murid meningkat dari 68% menjadi 86%, sehingga indikator aktivitas belajar pada kategori aktif juga berhasil dicapai.

Pembahasan

Peningkatan kemampuan berpikir kritis murid yang signifikan menunjukkan bahwa integrasi simulasi digital pada pembelajaran Energi Baru Terbarukan (EBT) memberikan dampak positif terhadap proses kognitif murid. Simulasi digital memungkinkan murid untuk memanipulasi variabel-variabel energi secara langsung, seperti intensitas cahaya, sudut panel surya, kecepatan angin, dan debit air. Lingkungan belajar yang interaktif ini mendorong murid untuk melakukan pengamatan, analisis, dan evaluasi data, sehingga mendukung proses berpikir kritis secara lebih mendalam.

Peningkatan nilai N-Gain dari kategori sedang pada Siklus I menjadi sedang–tinggi pada Siklus II menunjukkan bahwa pemahaman dan kemampuan analitis murid berkembang lebih cepat setelah mereka terbiasa menggunakan simulasi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Agustian & Seery (2021), Chang & Hsu (2020), dan Hsu et al. (2021), yang menegaskan bahwa simulasi digital mendukung peningkatan reasoning ilmiah dan pemahaman konseptual.

Selain itu, pendekatan TPACK yang digunakan dalam penelitian ini membantu menyelaraskan aspek teknologi dengan pedagogi dan konten, sehingga desain pembelajaran menjadi lebih bermakna dan terstruktur. Penggunaan LKPD berbasis simulasi digital yang dirancang ulang pada Siklus II terbukti membuat murid lebih terarah dalam eksplorasi dan menganalisis fenomena energi secara sistematis. Peningkatan aktivitas murid dari kategori cukup aktif menjadi aktif menunjukkan bahwa simulasi digital mampu membangun keterlibatan murid secara lebih menyeluruh.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi simulasi digital efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kualitas pembelajaran fisika pada materi Energi Baru Terbarukan. Keberhasilan seluruh indikator PTK memperkuat bahwa pendekatan ini relevan digunakan di kelas SMK dan dapat menjadi model pembelajaran inovatif berbasis teknologi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi simulasi digital dalam pembelajaran Energi Baru Terbarukan efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid kelas X SMK. Penerapan tindakan pada dua siklus menghasilkan peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis dari 48,5 pada pretest menjadi 66,0 pada Siklus I dan meningkat lebih lanjut menjadi 82,5 pada Siklus II. Peningkatan ini diperkuat dengan nilai N-Gain yang naik dari 0,34 (kategori sedang) pada Siklus I menjadi 0,66 (kategori sedang–tinggi) pada Siklus II, yang menunjukkan efektivitas tinggi dari pemanfaatan simulasi digital dalam mempercepat proses belajar murid. Selain itu, aktivitas belajar murid juga meningkat dari 68% menjadi 86%, menunjukkan pelibatan aktif murid dalam eksplorasi konsep energi melalui praktik simulasi.

Keberhasilan seluruh indikator penelitian—mulai dari ketuntasan belajar, peningkatan nilai rata-rata, capaian N-Gain, hingga aktivitas murid—menegaskan bahwa penggunaan simulasi digital memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, mendalam, dan bermakna bagi murid. Dengan demikian, pembelajaran berbasis simulasi digital yang dipadukan dengan pendekatan TPACK dapat direkomendasikan sebagai strategi pembelajaran inovatif dalam pengajaran fisika di SMK, khususnya pada materi Energi Baru Terbarukan yang membutuhkan visualisasi fenomena dan analisis data secara lebih konkret.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustian, H. Y., & Seery, M. K. (2021). Using simulation-based learning to enhance students' conceptual understanding in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 452–466.
- Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., & Lefler, M. (2017). Synthesizing research on computer-based scaffolding in STEM education. *Review of Educational Research*, 87(2), 309–344.
- Chang, C. Y., & Hsu, C. K. (2020). Effects of simulation-based physics learning on students' inquiry abilities. *Computers & Education*, 150, 103857.
- Cheng, M. T., She, H. C., & Huang, L. Y. (2018). The impact of immersive virtual reality on students' scientific inquiry performance. *Interactive Learning Environments*, 26(7), 895–910.
- Graham, C. R., Borup, J., & Smith, N. B. (2020). Using the TPACK framework to study teacher professional development. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(1), 55–68.
- Hsu, L., Huang, Y., & Liu, M. (2021). Enhancing students' scientific reasoning through computer simulations. *International Journal of Science Education*, 43(5), 765–785.
- Klymkowsky, M. W., & Cooper, M. M. (2020). Teaching critical thinking in STEM. *CBE—Life Sciences Education*, 19(4), 1–8.
- Li, S., Tsai, C. C., & Cheng, W. (2022). Using digital simulations to promote the development of students' scientific explanation skills. *Journal of Science Education and Technology*, 31(3), 351–366.
- Nordmann, E., & McAleer, S. (2021). Online simulation tools improve conceptual understanding in undergraduate physics. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 010128.
- Rosen, Y., & Tager, M. (2019). Critical thinking assessment in technology-enhanced learning environments. *Computers & Education*, 139, 1–15.
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations in science education: A synthesis of research. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370.
- Tsai, C. Y. (2019). Improving students' critical thinking using argumentation instruction in flipped science classrooms. *Interactive Learning Environments*, 27(8), 1095–1109.
- Wu, H. K., & Chen, J. C. (2020). Understanding energy concepts through simulation-supported inquiry learning. *Science Education*, 104(2), 287–320.
- Wong, L. H., Milrad, M., & Specht, M. (2020). Seamless learning and digital simulations to enhance students' inquiry competencies in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 894–908.
- Zacharia, Z. C., & de Jong, T. (2014). The effects of combining real and virtual laboratories on students' conceptual understanding in physics. *Learning and Instruction*, 32, 31–40.