

Pengaruh E-Book Interaktif dan Simulasi PhET terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa

Rian Saputra¹, Fahmi Ramadhan^{2*}

¹Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten

²Universitas Muhammadiyah Enrekang

Email Koresponden: fahmi_98@gmail.com

(* : corresponding author)

Abstrak - Kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan esensial dalam pendidikan tinggi yang perlu dikembangkan melalui strategi pembelajaran yang inovatif. Salah satu pendekatan yang berpotensi meningkatkan keterampilan ini adalah pemanfaatan e-book interaktif dan simulasi PhET, yang memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi konsep secara lebih mendalam melalui visualisasi dan interaktivitas. Namun, masih terdapat keterbatasan dalam penerapan teknologi ini dalam pembelajaran di perguruan tinggi, terutama dalam disiplin ilmu sains dan teknik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan desain *pretest-posttest control group*. Sampel penelitian terdiri dari mahasiswa program studi sains dan teknik yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Instrumen penelitian berupa tes berpikir kritis yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Analisis data dilakukan dengan uji statistik inferensial untuk menentukan signifikansi perbedaan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang belajar menggunakan e-book interaktif dan simulasi PhET mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih signifikan dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran dapat memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis. Kesimpulannya, penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan kurikulum dan metode pembelajaran berbasis teknologi dalam pendidikan tinggi.

Kata Kunci: e-book interaktif, simulasi PhET, berpikir kritis, pembelajaran berbasis teknologi

Diterima	Direvisi	Diterbitkan
16-09-2024	22-10-2024	15-12-2024

Url Artikel : <https://ejournal.ranedu.my.id/index.php/pendiri/article/view/66>

Doi : doi.prefix

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah memberikan dampak signifikan terhadap dunia pendidikan, terutama dalam metode pembelajaran berbasis teknologi. Salah satu inovasi yang semakin banyak diterapkan adalah penggunaan e-book interaktif dan simulasi digital seperti PhET (*Physics Education Technology*) [1], [2], [3], [4]. E-book interaktif tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar dengan fitur multimedia yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual [5]. Sementara itu, simulasi PhET memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen virtual yang interaktif dan berbasis praktik, sehingga mereka dapat mengeksplorasi konsep-konsep abstrak dengan lebih mudah [6].

Di era digital, menumbuhkan keterampilan berpikir kritis (CT) di kalangan siswa semakin penting, namun banyak yang masih berjuang untuk mengembangkan kompetensi ini, terutama dengan konsep abstrak [7], [8]. Penelitian menunjukkan bahwa metode pembelajaran tradisional dan pasif, seperti kuliah, tidak memadai untuk meningkatkan keterampilan CT, karena mereka sering memprioritaskan konten daripada keterlibatan kritis [9], [10]. Instruksi CT yang efektif harus menggabungkan pendekatan aktif yang berpusat pada siswa, termasuk kegiatan berbasis dialog dan pengalaman belajar otentik, yang telah terbukti secara signifikan meningkatkan kemampuan analitis dan evaluatif siswa [7]. Selain itu, integrasi teknologi dalam pendidikan menghadirkan peluang baru untuk metode pengajaran inovatif yang dapat lebih mendukung pengembangan keterampilan CT [8], [10]. Oleh karena itu, pendidik harus mengadopsi strategi instruksional yang lebih dinamis yang mendorong eksplorasi dan pemecahan masalah untuk menumbuhkan pemikir kritis yang mampu menavigasi tantangan kompleks dalam masyarakat kontemporer [9].

Fenomena utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah masih rendahnya tingkat berpikir kritis mahasiswa, terutama dalam memahami konsep-konsep sains dan teknik yang bersifat abstrak. Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa e-book interaktif dan simulasi digital memiliki potensi untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan berpikir kritis mahasiswa [11]. Namun, penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi pengaruh gabungan antara e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap berpikir kritis mahasiswa masih terbatas. Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada salah satu teknologi ini secara terpisah, tanpa mengkaji dampak sinergis dari kedua metode pembelajaran tersebut dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Beberapa penelitian telah mengkaji efektivitas e-book interaktif dalam pembelajaran. Misalnya, penelitian oleh Pustikayasa [12] menunjukkan bahwa e-book interaktif dengan elemen multimedia dapat meningkatkan pemahaman konsep dan retensi informasi dibandingkan dengan buku teks statis. Selain itu, simulasi PhET telah terbukti meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran sains [13]. Meskipun demikian, masih terdapat gap penelitian dalam memahami bagaimana integrasi kedua teknologi ini dapat memberikan dampak terhadap peningkatan berpikir kritis mahasiswa. Sebagian besar studi yang ada lebih berfokus pada dampak e-book interaktif terhadap pemahaman materi, sementara penelitian mengenai simulasi PhET lebih banyak membahas peningkatan keterampilan eksploratif dan eksperimen virtual. Kurangnya penelitian yang menghubungkan kedua pendekatan ini dalam satu kerangka pembelajaran menjadi alasan utama mengapa penelitian ini perlu dilakukan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan e-book interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa, menguji efektivitas simulasi PhET dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta mengkaji dampak integrasi antara e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap peningkatan berpikir kritis mahasiswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan strategi pembelajaran berbasis teknologi yang lebih inovatif dan efektif. Dari segi teoretis, penelitian ini dapat memperkaya kajian tentang bagaimana kombinasi e-book interaktif dan simulasi PhET dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi bagi dosen dan pengembang kurikulum dalam merancang metode pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis teknologi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan wawasan akademik mengenai efektivitas teknologi dalam pendidikan, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan praktik pembelajaran yang lebih modern, interaktif, dan berbasis kompetensi berpikir tingkat tinggi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode quasi-eksperimen dengan desain pretest-posttest control group design. Desain ini dipilih karena memungkinkan pengukuran perubahan kemampuan berpikir kritis mahasiswa sebelum dan setelah perlakuan, serta membandingkan efektivitas intervensi antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dalam penelitian ini, kelompok eksperimen diberikan pembelajaran berbasis e-book interaktif dan simulasi PhET, sementara kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional menggunakan ceramah dan buku teks standar. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini karena bertujuan untuk menguji hipotesis secara objektif melalui analisis statistik. Dengan metode ini, dampak penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET dapat diukur secara sistematis dan hasilnya dapat digeneralisasikan pada populasi yang lebih luas.

2.2 Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa program sarjana yang sedang menempuh mata kuliah berbasis sains atau teknik di salah satu perguruan tinggi di Indonesia. Sampel penelitian dipilih menggunakan purposive sampling, yaitu teknik pemilihan subjek berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Untuk memastikan homogenitas sampel, kriteria inklusi dan eksklusi berikut diterapkan:

a. Kriteria inklusi

- Mahasiswa aktif program sarjana semester 3-5 yang telah mengambil mata kuliah berbasis sains atau teknik.
- Memiliki akses ke perangkat digital (laptop/tablet) dan jaringan internet yang stabil.
- Bersedia berpartisipasi dalam penelitian dengan mengikuti seluruh rangkaian tes dan pembelajaran.

b. Kriteria eksklusi

- Mahasiswa yang memiliki keterbatasan dalam mengakses perangkat digital atau internet secara berkala.
- Mahasiswa yang telah mengikuti pelatihan khusus atau mata kuliah lain yang secara eksplisit melatih keterampilan berpikir kritis.
- Mahasiswa yang tidak hadir dalam lebih dari 20% sesi pembelajaran selama penelitian berlangsung.

Penelitian ini melibatkan total 60 mahasiswa yang dibagi ke dalam dua kelompok perlakuan. Kelompok eksperimen terdiri dari 30 mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran berbasis e-book interaktif dan simulasi PhET, sedangkan kelompok kontrol, yang juga berjumlah 30 mahasiswa, mengikuti metode pembelajaran konvensional dengan menggunakan buku teks dan ceramah. Pemilihan sampel dilakukan secara acak setelah mempertimbangkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, sehingga memastikan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik awal yang seimbang.

2.3 Instrumen Pengumpulan Data

Untuk mengukur kemampuan berpikir kritis mahasiswa, digunakan tes berpikir kritis yang telah dikembangkan berdasarkan model yang dikemukakan oleh Facione (1990) dalam *California Critical Thinking Skills Test (CCTST)*. Tes ini terdiri dari 25 soal pilihan ganda dimana setiap indikator memiliki bobot skor yang berbeda sesuai dengan tingkat kesulitan soal, berikut lima indikator utama yang digunakan dalam soal:

- **Interpretasi** - kemampuan memahami, mengategorikan, dan mengidentifikasi informasi yang relevan.
- **Analisis** - kemampuan mengidentifikasi hubungan antar-konsep dalam suatu argumen atau informasi.
- **Evaluasi** - kemampuan menilai kredibilitas sumber informasi dan validitas suatu argumen.
- **Inferensi** - kemampuan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti yang tersedia.
- **Eksplanasi** - kemampuan menyampaikan alasan yang logis terhadap suatu keputusan atau pendapat.

2.4 Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Validitas dan reliabilitas instrumen penelitian diuji secara ketat untuk memastikan akurasi pengukuran kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Validitas isi diperiksa oleh pakar pendidikan dan dosen bidang sains guna memastikan bahwa setiap butir soal relevan dengan konsep berpikir kritis yang diukur. Validitas konstruk kemudian dianalisis menggunakan Exploratory Factor Analysis (EFA) untuk mengonfirmasi bahwa instrumen mencerminkan lima indikator berpikir kritis yang telah ditetapkan. Sementara itu, uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan Cronbach's Alpha, di mana nilai $\alpha > 0,7$ menunjukkan tingkat konsistensi internal yang baik. Selain pengukuran kuantitatif melalui tes, penelitian ini juga melibatkan metode kualitatif, seperti observasi untuk menilai tingkat keterlibatan mahasiswa selama proses pembelajaran, serta wawancara semi-terstruktur dengan beberapa mahasiswa guna menggali lebih dalam pengalaman belajar mereka dalam menggunakan e-book interaktif dan simulasi PhET.

2.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap utama, yaitu persiapan, pelaksanaan pretest, intervensi, dan posttest.

1. Tahap Persiapan

- Menyusun instrumen penelitian, termasuk tes berpikir kritis, pedoman observasi, dan wawancara.
- Melakukan uji coba instrumen kepada 15 mahasiswa di luar sampel penelitian untuk memastikan validitas dan reliabilitasnya.
- Merekrut partisipan sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi.
- Memberikan pelatihan kepada dosen yang akan mengajar menggunakan e-book interaktif dan simulasi PhET agar implementasi pembelajaran dapat dilakukan secara optimal.

2. Pelaksanaan Pretest

- Sebelum pembelajaran dimulai, mahasiswa dari kedua kelompok diberikan tes kemampuan berpikir kritis (pretest) untuk mengukur kondisi awal mereka.
- Hasil pretest dianalisis untuk memastikan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam kemampuan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol sebelum perlakuan diberikan.

3. Intervensi (Pembelajaran Berbasis E-Book Interaktif dan Simulasi PhET)

Intervensi dilakukan selama 8 minggu dengan frekuensi 2 sesi per minggu, masing-masing berdurasi 90 menit.

a. Kelompok eksperimen

- Menggunakan e-book interaktif yang menyajikan konsep-konsep sains melalui teks, gambar, animasi, dan video interaktif.
- Menggunakan simulasi PhET untuk melakukan eksperimen virtual, mengeksplorasi hubungan antar-variabel, dan menguji hipotesis sendiri.
- Berdiskusi dan menyusun laporan hasil eksplorasi konsep dengan panduan dosen.

b. Kelompok kontrol

- Menggunakan metode pembelajaran konvensional (ceramah dan buku teks).
- Materi diberikan dalam bentuk kuliah dengan sesi tanya jawab di akhir.
- Tidak ada penggunaan teknologi interaktif dalam pembelajaran.

4. Pelaksanaan Posttest

- Setelah pembelajaran selesai, kedua kelompok kembali mengikuti tes berpikir kritis (posttest) untuk mengukur perubahan yang terjadi.
- Dilakukan wawancara kepada beberapa mahasiswa kelompok eksperimen untuk mengetahui pengalaman mereka dalam menggunakan e-book interaktif dan simulasi PhET.

2.6 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan statistik inferensial dengan beberapa teknik berikut:

1. **Uji Normalitas (Kolmogorov-Smirnov):** untuk memastikan bahwa data pretest dan posttest berdistribusi normal.
2. **Uji Homogenitas (Levene's Test):** untuk memastikan kesamaan varians antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.
3. **Uji-t Berpasangan (Paired Sample t-test):** digunakan untuk menguji perbedaan kemampuan berpikir kritis sebelum dan sesudah intervensi dalam masing-masing kelompok.
4. **Uji-t Independen (Independent Sample t-test):** digunakan untuk membandingkan hasil posttest antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, guna menentukan apakah intervensi yang diberikan berdampak signifikan.
5. Jika data tidak berdistribusi normal, digunakan **uji Mann-Whitney** sebagai alternatif untuk membandingkan hasil antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Dengan menggunakan metode analisis ini, penelitian ini dapat menguji secara empiris sejauh mana e-book interaktif dan simulasi PhET berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh dari analisis data pretest dan posttest terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Hasil yang disajikan meliputi deskripsi statistik, perbandingan skor

antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, serta uji hipotesis untuk mengetahui pengaruh e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap peningkatan berpikir kritis mahasiswa.

3.1.1. Statistik Deskriptif

Sebelum dilakukan uji statistik inferensial, data dianalisis secara deskriptif untuk memberikan gambaran awal mengenai distribusi skor pretest dan posttest di masing-masing kelompok.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest

Kelompok	N	Rata-rata Pretest	SD Pretest	Rata-rata Posttest	SD Posttest	Δ Skor
Eksperimen (E-Book & PhET)	30	56.87	8.52	82.43	6.94	+25.56
Kontrol (Konvensional)	30	57.12	7.96	68.92	7.43	+11.80

Hasil analisis data yang disajikan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata skor pretest antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol hampir sama (56.87 vs 57.12), yang mengindikasikan bahwa sebelum perlakuan, kedua kelompok memiliki tingkat kemampuan berpikir kritis yang setara. Setelah diberikan perlakuan, rata-rata skor posttest kelompok eksperimen meningkat secara signifikan menjadi 82.43, jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang hanya mencapai 68.92. Selisih rata-rata skor (Δ Skor) juga menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang lebih besar (+25.56) dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya mengalami peningkatan sebesar +11.80. Temuan ini mengonfirmasi bahwa pembelajaran berbasis e-book interaktif dan simulasi PhET memberikan dampak yang lebih signifikan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional.

3.1.2. Uji Normalitas dan Homogenitas

Sebelum melakukan uji perbedaan, langkah pertama yang dilakukan adalah menguji normalitas dan homogenitas varians untuk memastikan bahwa data yang digunakan memenuhi asumsi-asumsi statistik parametrik yang diperlukan. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk menguji apakah data berdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji, diperoleh nilai $p > 0,05$, yang menunjukkan bahwa data yang dianalisis berdistribusi normal dan memenuhi asumsi normalitas. Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas varians menggunakan Levene's Test untuk memastikan bahwa varians antar-kelompok yang dibandingkan tidak berbeda secara signifikan. Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa varians antar-kelompok tidak berbeda signifikan dengan nilai $p > 0,05$, yang berarti bahwa asumsi homogenitas varians juga terpenuhi. Dengan demikian, kedua asumsi tersebut telah dipenuhi, dan uji-t dapat dilanjutkan untuk menguji perbedaan antar kelompok.

3.1.3. Uji-T Berpasangan (Paired Sample T-Test)

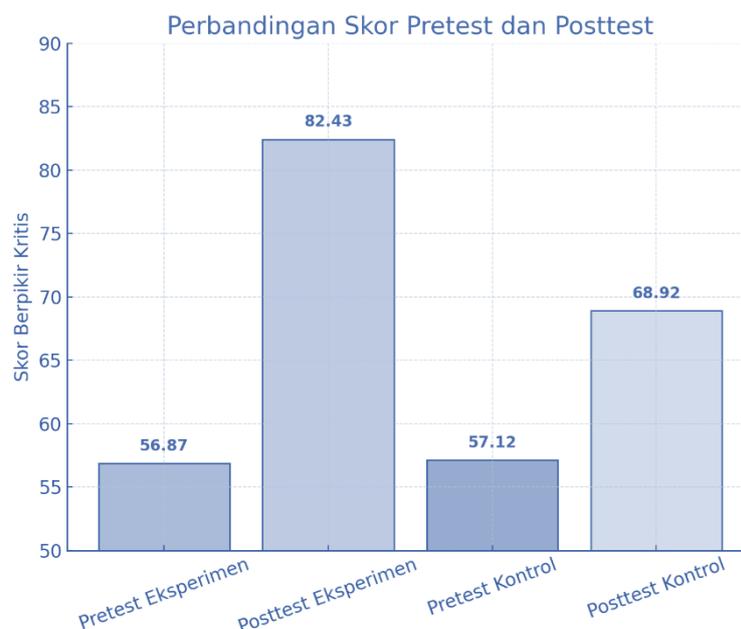
Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan dalam skor pretest dan posttest pada masing-masing kelompok. Pada kelompok eksperimen, hasil uji t menunjukkan nilai $t(29) = 12.45$ dengan $p < 0.001$, yang mengindikasikan adanya peningkatan signifikan dalam skor berpikir kritis setelah penerapan e-book interaktif dan simulasi PhET. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET secara efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta. Sementara itu, pada kelompok kontrol, hasil uji t menunjukkan nilai $t(29) = 6.72$ dengan $p < 0.001$, yang juga menunjukkan peningkatan signifikan dalam skor berpikir kritis, namun peningkatannya tidak sebesar pada kelompok eksperimen. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun ada peningkatan pada kelompok kontrol, intervensi yang diberikan pada kelompok eksperimen lebih efektif dalam meningkatkan skor berpikir kritis.

3.1.4. Uji-T Independen (Independent Sample T-Test)

Uji ini dilakukan untuk membandingkan skor posttest antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil uji t menunjukkan nilai $t(58) = 7.62$ dengan $p < 0.001$, yang mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Kelompok eksperimen memperoleh skor yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, menunjukkan bahwa intervensi yang diterapkan pada kelompok eksperimen memberikan dampak yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan yang diukur dalam posttest. Perbedaan ini menegaskan efektivitas intervensi yang diberikan kepada kelompok eksperimen.

3.1.5. Visualisasi Data

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perubahan yang terjadi pada masing-masing kelompok, berikut disajikan diagram batang (Gambar 1) yang menggambarkan perbandingan antara skor pretest dan posttest pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Diagram ini bertujuan untuk menunjukkan seberapa besar peningkatan yang tercatat pada setiap kelompok setelah dilakukan intervensi.



Gambar 1. Perbandingan Skor Pretest dan Posttest

3.2 Pembahasan

3.2.1. Pengaruh E-Book Interaktif dan Simulasi PhET terhadap Berpikir Kritis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-book interaktif dan simulasi PhET berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya oleh Rahmadani, dkk [14], yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis multimedia interaktif dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui stimulasi kognitif yang lebih kompleks. Peningkatan yang signifikan pada kelompok eksperimen dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme yang mendukung pemahaman dan keterlibatan mahasiswa. Pertama, simulasi PhET memungkinkan mahasiswa untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak, yang membantu mereka memahami fenomena ilmiah melalui eksperimen virtual, sehingga meningkatkan kemampuan analisis dan inferensi mereka. Kedua, interaktivitas dalam e-book memberikan manfaat tambahan dengan fitur-fitur seperti hyperlink, animasi, dan video yang membantu mahasiswa menginterpretasikan dan mengevaluasi informasi dengan lebih efektif. Terakhir, diskusi dan eksplorasi aktif yang dilakukan oleh mahasiswa dalam kelompok eksperimen mendorong mereka untuk lebih terlibat dalam proses pembelajaran, seperti menyusun hipotesis, menguji konsep, dan melakukan refleksi terhadap materi yang dipelajari. Hal ini berbeda dengan kelompok kontrol yang lebih pasif, di mana pembelajaran lebih berfokus pada ceramah dan tidak banyak memberikan kesempatan untuk eksplorasi aktif.

3.2.2. Perbandingan dengan Metode Pembelajaran Konvensional

Meskipun kelompok kontrol juga mengalami peningkatan skor berpikir kritis, peningkatannya tidak sebesar kelompok eksperimen. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian oleh Alaudin & Missouri [15], yang menunjukkan bahwa pembelajaran pasif cenderung kurang efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi jika dibandingkan dengan metode berbasis eksplorasi. Metode konvensional memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya adalah kurangnya keterlibatan aktif mahasiswa dalam eksplorasi konsep, yang membuat mereka tidak terlibat secara mendalam dalam proses pembelajaran. Selain itu, metode ini juga minim dalam memberikan umpan balik langsung, sehingga mahasiswa lebih cenderung menghafal konsep tanpa memahami hubungan kausalitas secara menyeluruh. Keterbatasan-keterbatasan ini dapat menghambat pengembangan keterampilan berpikir kritis yang lebih mendalam pada mahasiswa.

3.2.3. Implikasi Temuan

Implikasi Teoritis

- Hasil ini memperkuat teori **konstruktivisme**, yang menyatakan bahwa pembelajaran aktif berbasis eksplorasi lebih efektif dalam mengembangkan pemahaman mendalam dan keterampilan berpikir kritis.
- Mendukung teori Cognitive Load Theory (Sweller, 1998), di mana penggunaan media interaktif dapat mengoptimalkan beban kognitif sehingga pembelajaran lebih efektif.

Implikasi Praktis

- Institusi pendidikan sebaiknya memasukkan e-book interaktif dan simulasi PhET dalam kurikulum untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.
- Dosen dapat mengadopsi pendekatan pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran sains dan teknik.

3.2.4. Keterbatasan Penelitian dan Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, ukuran sampel yang terbatas pada satu perguruan tinggi membuat hasil penelitian ini sulit untuk digeneralisasi ke populasi yang lebih luas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan beragam. Kedua, durasi intervensi yang hanya berlangsung selama 8 minggu mungkin belum cukup untuk mengamati dampak jangka panjang dari metode pembelajaran berbasis e-book dan simulasi PhET, sehingga penelitian lebih lanjut dengan periode waktu yang lebih lama diperlukan. Ketiga, aspek keterampilan non-kognitif seperti motivasi dan keterlibatan mahasiswa belum dianalisis secara mendalam dalam penelitian ini, padahal faktor-faktor ini dapat memengaruhi hasil belajar secara signifikan.

Untuk penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain: pertama, meningkatkan ukuran sampel dan melakukan penelitian di beberapa perguruan tinggi berbeda untuk memperoleh hasil yang lebih dapat digeneralisasi. Kedua, melakukan studi longitudinal untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dari penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Ketiga, mengintegrasikan metode kualitatif, seperti wawancara mendalam, untuk memahami lebih lanjut pengalaman mahasiswa dalam menggunakan teknologi ini, yang dapat memberikan wawasan tambahan mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan metode pembelajaran ini.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis e-book interaktif dan simulasi PhET dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional. Oleh karena itu, integrasi teknologi dalam pembelajaran sains harus terus dikembangkan untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media pembelajaran berbasis teknologi ini memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Peningkatan ini disebabkan oleh karakteristik e-book interaktif dan simulasi PhET yang menawarkan visualisasi konsep yang lebih jelas, interaktivitas yang tinggi, serta peluang eksplorasi yang lebih luas, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam dan mengembangkan keterampilan analitis yang lebih baik.

Penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap bidang pendidikan, khususnya dalam mendukung pengembangan strategi pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Temuan ini memperkuat argumen bahwa pemanfaatan media pembelajaran digital dapat menjadi pendekatan yang lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan kualitas pemahaman dan analisis ilmiah. Dari perspektif institusi pendidikan, hasil penelitian ini menekankan pentingnya integrasi teknologi interaktif dalam kurikulum guna meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. Selain itu, bagi tenaga pendidik, hasil penelitian ini memberikan wawasan tentang strategi inovatif dalam penyampaian materi, yang dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar kajian ini diperluas dengan menginvestigasi efektivitas metode serupa dalam berbagai disiplin ilmu dan jenjang pendidikan yang berbeda. Penelitian longitudinal juga diperlukan untuk mengeksplorasi

dampak jangka panjang penggunaan e-book interaktif dan simulasi PhET terhadap perkembangan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Selain itu, pendekatan kualitatif, seperti wawancara mendalam dan observasi partisipatif, dapat digunakan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terkait interaksi mahasiswa dengan teknologi pembelajaran ini. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan e-book interaktif dan simulasi PhET dalam pembelajaran memiliki potensi besar dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa, sehingga inovasi dalam teknologi pendidikan harus terus dikembangkan guna mendukung efektivitas pembelajaran di era digital.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. R. Rizaldi, A. W. Jufri, and J. Jamaluddin, "PhET: SIMULASI INTERAKTIF DALAM PROSES PEMBELAJARAN FISIKA," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 5, no. 1, pp. 10–14, May 2020, doi: 10.29303/jipp.v5i1.103.
- [2] F. Liswar, A. Hidayati, R. Rayendra, and F. Yeni, "Use of Phet Interactive Simulation Software in Physics Learning," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. SpecialIssue, pp. 135–142, Dec. 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.5982.
- [3] R. Sari, "Pemanfaatan PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Fisika Peserta Didik Kelas XII MIPA pada Materi Listrik Arus Searah," *Indones. J. Innov. Multidisipliner Res.*, vol. 1, no. 4, pp. 413–419, Dec. 2023, doi: 10.31004/ijim.v1i4.48.
- [4] L. A. D. Meiliyadi, B. A. Ruhana, and N. Khasanah, "Pengenalan virtual laboratory berbasis Physics Education Technology (PhET) interactive simulation sebagai alternatif praktikum pada siswa sekolah internasional luar negeri Riyadh," *Transform. J. Pengabd. Masy.*, vol. 19, no. 1, pp. 60–69, Jun. 2023, doi: 10.20414/transformasi.v19i1.6189.
- [5] H. S. Wibowo, *Pengembangan Teknologi Media Pembelajaran: Merancang Pengalaman Pembelajaran yang Inovatif dan Efektif*. Tiram Media, 2023.
- [6] V. Vannilia, A. Fanani, and C. T. Rosidah, "Model Inquiry learning Berbantuan Media PhET Sebagai Virtual Laboratory Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa SD," *Progress. Cogn. Abil.*, vol. 2, no. 4, pp. 338–348, 2023.
- [7] L. F. Santos-Meneses and E. A. Drugova, "Trends in critical thinking instruction in 21st-century research and practice: Upgrading instruction in digital environments," *Think. Ski. Creat.*, vol. 49, p. 101383, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.tsc.2023.101383.
- [8] M. Akhvlediani, L. Abdaladze, and K. Lataria, "The Challenges of the XXI Century – Development of Critical Thinking among the Students," *SHOTA MESKHIA STATE Teach. Univ. ZUGDIDI*, Dec. 2023, doi: 10.52340/zssu.2023.15.11.
- [9] L. R. Sharma, R. Bhattarai, A. Humagain, S. P. Subedi, S. Thapa, and H. Acharya, "Exploring the Underlying Ways of Enhancing Critical Thinking Skills," *Int. Res. J. MMC*, vol. 4, no. 4, pp. 83–96, Dec. 2023, doi: 10.3126/irjmmc.v4i4.61939.
- [10] N. J. Alsaleh, "Teaching Critical Thinking Skills: Literature Review.," *Turkish Online J. Educ. Technol.*, vol. 19, no. 1, pp. 21–39, 2020.
- [11] M. N. Majid, H. R. Achmadi, and N. Suprpto, "Studi literatur pemanfaatan interactive multimedia related to real life untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik," *Inov. Pendidik. Fis.*, vol. 9, no. 3, pp. 382–393, 2020.
- [12] I. M. Pustikayasa et al., *TRANSFORMASI PENDIDIKAN: Panduan Praktis Teknologi di Ruang Belajar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [13] O. D. Pranata and S. Seprianto, "PEMAHAMAN KONSEP SISWA MELALUI SKEMA BLENDED LEARNING MENGGUNAKAN LEMBAR KERJA BERBASIS SIMULASI," *Karst J. Pendidik. Fis. DAN Ter.*, vol. 6, no. 1, pp. 8–17, Jun. 2023, doi: 10.46918/karst.v6i1.1724.
- [14] A. Rahmadani, A. Ariyanto, N. N. S. Rohmah, Y. M. Hidayati, and A. Dessty, "Model Problem Based Learning Berbasis Media Permainan Monopoli Dalam Meningkatkan Pemahaman Siswa Sekolah Dasar," *J. Ilm. Pendidik. Citra Bakti*, vol. 10, no. 1, pp. 127–141, 2023.
- [15] N. Alaudin and R. Missouri, "Strategi Pembelajaran Multidimensional dalam Meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) di Sekolah Menengah," *PENDIRI J. Ris. Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–41, 2023.