



Efektivitas E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pembuatan Lapek Sarikayo untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Murid

Putri Mardiyah^{1*}, Nurhasnah², Pipi Deswita³,
^{1,2,3} Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia
*e-mail: putrimardiyah85@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran dan menguji efektivitas penggunaan e-modul fisika berbasis Etno-STEM pada pembuatan Lapek Sarikayo terhadap kemampuan berpikir kritis murid. Penelitian menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Sampel penelitian terdiri atas 32 murid kelas XI F1 sebagai kelas eksperimen yang menggunakan e-modul berbasis Etno-STEM dan 31 murid kelas XI F5 sebagai kelas kontrol yang menggunakan buku paket fisika Kurikulum Merdeka. Data kemampuan berpikir kritis diperoleh melalui tes esai sebanyak 10 butir berdasarkan lima indikator Ennis, sedangkan keterlaksanaan pembelajaran diamati menggunakan lembar observasi. Analisis data dilakukan menggunakan N-Gain dan *Analysis of Covariance* (ANCOVA) dengan skor pretest sebagai kovariat. Hasil penelitian menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen sebesar 93,75% dengan kategori sangat baik. Rata-rata N-Gain kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen sebesar 0,569, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,399. Hasil ANCOVA menunjukkan terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara kedua kelas setelah kemampuan awal dikontrol, dengan nilai Sig. = 0,000 dan *partial eta squared* = 0,223 yang menunjukkan ukuran efek besar. Dengan demikian, penggunaan e-modul fisika berbasis Etno-STEM pada pembuatan Lapek Sarikayo lebih efektif dibandingkan penggunaan buku paket dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid.

Kata Kunci: Berpikir kritis; e-modul; Etno-STEM; kearifan lokal; pembelajaran fisika

Abstract. This study aims to describe the implementation of instruction and examine the effectiveness of using an Ethno-STEM-based physics e-module—centered on the preparation of *Lapek Sarikayo* (a traditional local delicacy)—on students' critical thinking skills. A quasi-experimental research method with a *Nonequivalent Control Group Design* was employed. The sample consisted of 32 students from class XI F1 (the experimental group), who used the Ethno-STEM-based e-module, and 31 students from class XI F5 (the control group), who used the *Kurikulum Merdeka* (Independent Curriculum) physics textbook. Data on critical thinking skills were collected via a 10-item essay test based on Ennis's five indicators, while the implementation of instruction was monitored using an observation sheet. Data analysis was conducted using N-Gain and *Analysis of Covariance* (ANCOVA), with pretest scores serving as a covariate. The results indicate that the implementation of instruction in the experimental group reached 93.75%, categorized as "very good." The mean N-Gain for critical thinking skills in the experimental group was 0.569, which is higher than the 0.399 observed in the control group. The ANCOVA results reveal a significant difference in critical thinking

*skills between the two groups after controlling for initial ability (Sig. = 0.000; partial eta squared = 0.223, indicating a large effect size). Consequently, the use of the Ethno-STEM-based physics e-module—focused on the preparation of *Lapek Sarikayo*—is more effective than using a standard textbook for enhancing students' critical thinking skills.*

Keywords: *Critical thinking; e-module; Ethno-STEM; local wisdom; physics instruction*

PENDAHULUAN

Pendidikan bertujuan mengembangkan potensi murid agar menjadi manusia yang beriman, berilmu, kreatif, dan mandiri, sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Penerapan Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran yang berpusat pada murid, bermakna, dan kontekstual, sehingga murid tidak hanya dituntut menguasai materi tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis untuk menghadapi tuntutan abad ke-21. Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan secara logis berdasarkan informasi yang diperoleh (Mardhani Slamet, 2022), yang juga melibatkan sikap reflektif dan rasional dalam mempertimbangkan suatu permasalahan (Verawati & Wahyudi, 2024). Dalam pembelajaran fisika, kemampuan ini diperlukan agar murid mampu menganalisis permasalahan, menghubungkan konsep dengan fenomena, serta memberikan alasan logis berdasarkan konsep fisika.

Berbagai temuan menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis murid dalam pembelajaran fisika masih tergolong rendah, khususnya pada indikator interpretasi, evaluasi, dan analisis (Irmayanti *et al.*, 2025). Kondisi tersebut juga ditemukan pada studi pendahuluan di MAN 2 Kota Payakumbuh melalui wawancara dan observasi pembelajaran fisika kelas XI. Guru fisika menyampaikan bahwa murid masih kesulitan menganalisis permasalahan, menghubungkan konsep dengan fenomena kehidupan sehari-hari, serta memberikan alasan logis atas jawaban yang dikemukakan. Data hasil Ujian Semester 1 memperkuat temuan tersebut. Dari 15 butir soal yang dipetakan pada indikator berpikir kritis, sebagian besar murid pada lima kelas paralel berada di bawah Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP 76–85), yaitu 24 dari 32 murid (75%) pada kelas XI F1, 28 dari 37 (76%) pada XI F2, 28 dari 33 (85%) pada XI F3, 28 dari 36 (78%) pada XI F4, dan 26 dari 31 (84%) pada XI F5, atau secara keseluruhan sekitar 79% dari 169 murid populasi.

Kondisi ini berkaitan dengan proses pembelajaran yang masih didominasi buku paket dan latihan soal, sehingga belum memberi ruang bagi murid untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri dan mengaitkannya dengan konteks nyata. Salah satu upaya untuk menjembatani konsep fisika dengan pengalaman nyata murid adalah melalui pemanfaatan kearifan lokal, misalnya proses pembuatan Lapek Sarikayo, makanan tradisional Minangkabau yang sarat dengan konsep suhu, kalor, dan termodinamika. Secara fisis, tahap pemanasan santan dan gula aren melibatkan perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi, perubahan suhu bahan selama proses memasak, transfer energi selama pengukusan adonan, serta pencapaian kesetimbangan termal antara bahan dan media pemanas, sehingga memberikan landasan ilmiah bagi penggunaan konteks ini dalam pembelajaran, bukan sekadar ilustrasi budaya.

Konteks tersebut dipadukan dengan pendekatan Etno-STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) agar murid tidak sekadar mengenal budaya sebagai contoh fenomena, tetapi juga terlibat dalam aktivitas menganalisis, mengukur, dan memecahkan masalah, sebagaimana tercermin dari sintaks pembelajaran yang diterapkan. Pada tahap *Science* murid mengamati fenomena pembuatan Lapek Sarikayo dan mengidentifikasi konsep suhu, kalor, dan termodinamika di dalamnya. Pada tahap *Technology* murid memanfaatkan e-modul yang dilengkapi gambar, video, animasi, dan latihan interaktif. Pada tahap *Engineering* murid berdiskusi dan menghubungkan konsep fisika dengan proses pembuatan Lapek

Sarikayo; dan pada tahap *Mathematics* murid melakukan perhitungan dan analisis kuantitatif hingga penarikan kesimpulan. Bahan ajar yang mewadahi keterpaduan tersebut secara terstruktur adalah e-modul, yang memadukan teks, gambar, video, dan aktivitas evaluasi sehingga murid dapat belajar secara mandiri.

Penelitian tentang e-modul menunjukkan bahwa bahan ajar ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid (Nanda *et al.*, 2024; Sujanem *et al.*, 2022). Pada aspek yang berbeda, pembelajaran berbasis etnosains terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Rahmatin *et al.*, 2022). Kedua aspek tersebut terdapat pada penelitian yang memadukan e-modul dengan pendekatan Etno-STEM terintegrasi etnosains, yang terbukti praktis dan efektif meningkatkan berpikir kritis (Kurniawan & Syafriani, 2021). Secara khusus pada konteks kearifan lokal Lapek Sarikayo, e-modul Fisika Merdeka Belajar berbasis kearifan lokal ini telah dikembangkan dan dinyatakan layak digunakan (Amanda, 2024), tetapi penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan dan kelayakan produk, sedangkan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid belum diuji secara empiris.

Penelitian ini terletak pada pengujian empiris efektivitas e-modul fisika Merdeka Belajar berbasis Etno-STEM yang telah dikembangkan dengan mengintegrasikan konteks kearifan lokal Lapek Sarikayo, terhadap kemampuan berpikir kritis murid, melalui desain kuasi ekspe rimen dengan kontrol kemampuan awal sesuatu yang belum dilakukan pada penelitian pengembangan sebelumnya. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran dan menguji efektivitas penggunaan e-modul fisika berbasis Etno-STEM pada pembuatan Lapek Sarikayo dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid pada materi suhu, kalor, dan termodinamika. Hipotesis penelitian yang diuji adalah terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara murid yang belajar menggunakan e-modul Etno-STEM dan murid yang belajar menggunakan buku paket, setelah mengontrol kemampuan awal.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen (*quasi-experimental research*) dengan desain *Nonequivalent Control Group Design* (Aszari *et al.*, 2024; Abraham & Supriyati, 2022), seperti tabel berikut:

Tabel 1. *Nonequivalent Control Group Design*

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O_1	X	O_2
Kontrol	O_3	-	O_4

Keterangan:

O_1 : Pretest kemampuan awal berpikir kritis kelas eksperimen.

O_2 : Posttest kemampuan akhir berpikir kritis kelas eksperimen.

O_3 : Pretest kemampuan awal berpikir kritis kelas kontrol.

O_4 : Posttest kemampuan akhir berpikir kritis kelas kontrol.

X : Pembelajaran menggunakan e-modul fisika merdeka belajar berbasis Etno-STEM pembuatan Lapek Sarikayo.

Populasi penelitian adalah seluruh murid kelas XI IPA Fase F MAN 2 Kota Payakumbuh Tahun Ajaran 2025/2026 yang berjumlah 169 murid, tersebar pada lima kelas XI F1–XI F5 (Subhaktiyasa, 2024). Sebelum penentuan sampel, dilakukan uji prasyarat yang menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen (uji *Levene*), kemudian uji kesamaan rata-rata populasi menggunakan *One-Way ANOVA* dari data nilai ujian semester 1 menghasilkan Sig. = 0,592 > 0,05, yang berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata kemampuan

awal yang signifikan di antara kelima kelas, sehingga kelimanya dinyatakan setara dan layak dijadikan dasar penarikan sampel.

Sampel ditentukan melalui teknik cluster random sampling dua tahap menurut Sugiyono, (2013) pengundian pertama untuk memilih dua dari lima kelas sebagai sampel penelitian terpilih XI F1 dan XI F5, dan pengundian kedua untuk menentukan kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan hasil XI F1 sebagai kelas eksperimen dengan 32 murid dan XI F5 sebagai kelas kontrol dengan 31 murid. Setelah kedua kelas terpilih, perbedaan kemampuan awal keduanya diuji kembali menggunakan skor pretest kemampuan berpikir kritis melalui *independent samples t-test*, dan diperoleh Sig. (2-tailed) = 0,037 < 0,05 yang berarti kedua kelas sampel memiliki kemampuan awal berpikir kritis yang berbeda secara signifikan.

Perbedaan hasil ini konsisten secara metodologis, nilai Sig. = 0,592 diperoleh dari uji kesamaan rata-rata nilai ujian semester 1 pada kelima kelas populasi, sedangkan nilai Sig. = 0,037 diperoleh dari uji beda skor pretest instrumen berpikir kritis pada dua kelas sampel terpilih setelah pengundian. Karena kedua kelas sampel terbukti tidak setara pada pretest, analisis efektivitas selanjutnya menggunakan *Analysis of Covariance* (ANCOVA) dengan skor pretest sebagai kovariat, agar perbedaan kemampuan awal tersebut dikendalikan secara statistik.

Variabel bebas adalah penggunaan e-modul fisika Merdeka Belajar berbasis Etno-STEM pada pembuatan Lapek Sarikayo, variabel terikat adalah kemampuan berpikir kritis murid pada materi suhu, kalor, dan termodinamika (Payadnya & Jayantika, 2018). Untuk mengetahui bahwa perbedaan hasil disebabkan oleh perbedaan bahan ajar, beberapa variabel dikendalikan agar setara pada kedua kelas, yaitu: guru yang mengajar (guru yang sama pada kedua kelas), materi pelajaran (suhu, kalor, dan termodinamika), alokasi dan jumlah waktu pertemuan (enam kali pertemuan dengan durasi yang sama), serta tujuan pembelajaran dan evaluasi; yang berbeda hanya bahan ajar utama, yaitu e-modul Etno-STEM pada kelas eksperimen dan buku paket Kurikulum Merdeka pada kelas kontrol.

Data primer diperoleh melalui tes esai kemampuan berpikir kritis sebanyak 10 butir soal yang mengacu pada lima indikator Ennis, (1996) klarifikasi dasar (*elementary clarification*), dukungan dasar (*basic support*), menyimpulkan (*inference*), klarifikasi lanjut (*advanced clarification*), serta strategi dan taktik (*strategies and tactics*), diberikan sebagai pretest dan posttest. Instrumen divalidasi secara isi dan konstruk oleh tiga validator ahli (dosen Tadris Fisika UIN Imam Bonjol Padang), kemudian diujicobakan pada 15 murid di luar sampel penelitian dan dianalisis menggunakan SPSS 25.

Uji validitas menggunakan korelasi Pearson skor tiap butir dengan skor total diperoleh $r_{\text{tabel}} = 0,514$ pada taraf signifikansi 5%, dan seluruh 10 butir soal dinyatakan valid ($r_{\text{hitung}} > r_{\text{tabel}}$). Uji reliabilitas menggunakan *Cronbach's Alpha* menghasilkan koefisien sebesar 0,918 (kategori sangat tinggi, $0,80 \leq r_i < 1,00$), sehingga instrumen dinyatakan reliabel. Analisis daya pembeda menggunakan *Corrected Item-Total Correlation* menunjukkan seluruh butir soal memiliki nilai di atas 0,40 kategori baik sekali. Analisis indeks kesukaran menunjukkan 8 butir nomor 1–6, 8, dan 10 berkategori mudah (0,76–0,87) dan 2 butir nomor 7 dan 9 berkategori sedang (0,66–0,68), sehingga secara umum instrumen berada pada kategori mudah ke sedang dan layak digunakan.

Data pendukung berupa lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran berskala 1–4 digunakan untuk mengamati aktivitas guru dan murid selama enam kali pertemuan (Elcane *et al.*, 2021; Puloo *et al.*, 2020). Observasi dilakukan oleh satu orang observer pada setiap pertemuan; penggunaan observer tunggal berpotensi meningkatkan subjektivitas penilaian dan menjadi salah satu keterbatasan metodologis penelitian ini.

Tabel 2. Tahapan Penelitian

Pertemuan	Materi	Aktivitas Kelas Eksperimen (Etno-STEM)	Aktivitas Kelas Kontrol
1	Suhu dan Pemuaian	Pretest, dilanjutkan pembelajaran e-modul Etno-STEM konteks Lapek Sarikayo	Pretest, dilanjutkan pembelajaran buku paket
2	Kalor dan Perpindahan Kalor	Mengaitkan konsep kalor dan perpindahan kalor dengan proses pengolahan Lapek Sarikayo	Penyampaian materi, tanya jawab, latihan
3	Termodinamika: Hukum ke-0 dan Hukum I	Mengaitkan konsep termodinamika dengan proses pengukusan Lapek Sarikayo	Penyampaian materi, tanya jawab, diskusi, latihan
4	Hukum II Termodinamika	Mengaitkan Hukum II dan efisiensi dengan proses pengolahan Lapek Sarikayo	Penyampaian materi, tanya jawab, latihan
5	Hukum III Termodinamika dan penerapannya	Analisis dan penerapan konsep termodinamika dalam kehidupan sehari-hari	Penyampaian materi, tanya jawab, latihan
6	Posttest	Posttest kemampuan berpikir kritis	Posttest kemampuan berpikir kritis

Pendekatan pembelajaran pada kelas eksperimen mengikuti tahapan *Science-Technology-Engineering-Mathematics*. Tahap *Science* mengamati fenomena dan mengidentifikasi konsep fisika, *Technology* memanfaatkan e-modul digital, *Engineering* berdiskusi dan menghubungkan konsep dengan proses pembuatan Lapek Sarikayo, dan *Mathematics* melakukan perhitungan dan analisis kuantitatif.

Teknik analisis data meliputi analisis deskriptif, uji *N-Gain*, uji prasyarat (normalitas dengan *Shapiro-Wilk* dan homogenitas dengan *Levene's test*), serta pengujian hipotesis menggunakan ANCOVA dengan skor pretest sebagai kovariat. ANCOVA dipilih karena kedua kelas sampel terbukti tidak setara pada pretest, sehingga diperlukan pengendalian statistik terhadap kemampuan awal saat membandingkan posttest. Sebagai prasyarat ANCOVA, dilakukan uji homogenitas kemiringan regresi (*homogeneity of regression slopes*) untuk memastikan tidak ada interaksi antara kelompok dan kovariat. *Effect size* dihitung menggunakan *partial eta squared* dari ANCOVA sebagai ukuran utama, serta *Cohen's d* berdasarkan *N-Gain* sebagai analisis deskriptif tambahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Keterlaksanaan pembelajaran dinilai menggunakan rumus $P = (\bar{X}/4) \times 100\%$, dengan kategori: $3,25 \leq \bar{X} \leq 4,00$ sangat baik; $2,50 \leq \bar{X} < 3,25$ baik; $1,75 \leq \bar{X} < 2,50$ cukup; dan $1,00 \leq \bar{X} < 1,75$ kurang. Hasil rekapitulasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Kelas	Guru (%)	Murid (%)	Total (%)
Eksperimen	4,00 100	3,50 87,50	3,75 93,75
Kontrol	4,00 100	3,40 85,00	3,70 92,50

Keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen dan kontrol berada pada kategori sangat baik (93,75% dan 92,50%). Keterlaksanaan yang tinggi dan relatif setara pada kedua kelas menunjukkan bahwa data ini berfungsi sebagai data pendukung, bukan bukti utama efektivitas e-modul terhadap kemampuan berpikir kritis; efektivitas ditentukan melalui hasil ANCOVA berikut. Kemampuan berpikir kritis diukur melalui tes esai 10 butir soal. Statistik deskriptif kedua kelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis

Statistik	Pretest Eksperimen	Posttest Eksperimen	Pretest Kontrol	Posttest Kontrol
Rata-rata	53,67	79,92	50,16	70,89
Tertinggi	67,50	95,00	62,50	87,50
Terendah	45,00	60,00	35,00	55,00
N	32	32	31	31

Tabel 5. Uji Perbedaan Kemampuan Awal (*Independent Samples t-Test*)

Variabel	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Diff.	95% CI
Pretest	2,132	61	0,037	-3,59	[-6,95, -0,22]

Berdasarkan hasil uji kesetaraan kemampuan awal menggunakan *Independent Samples t-test* pada Tabel 4.6, diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar $0,037 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan awal yang antara murid pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, kemampuan awal kedua kelas tidak setara sehingga analisis hipotesis selanjutnya dilakukan menggunakan *Analysis of Covariance (ANCOVA)* dengan skor pretest sebagai kovariat.

Tabel 6. Hasil N-Gain Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas	N	Min.	Maks.	Rerata N-Gain	Kategori
Eksperimen	32	0,143	0,850	0,569	Sedang
Kontrol	31	0,000	0,762	0,399	Sedang

Analisis *N-Gain* digunakan sebagai informasi deskriptif tambahan mengenai besar peningkatan pada masing-masing kelompok, bukan sebagai pengganti analisis inferensial utama. Uji prasyarat menunjukkan data pretest-posttest kedua kelas berdistribusi normal (*Shapiro-Wilk*, seluruh Sig. $> 0,05$: pretest eksperimen 0,071, pretest kontrol 0,529, posttest eksperimen 0,368, posttest kontrol 0,521) dan homogen (*Levene's test*, Sig. pretest = 0,960; Sig. posttest = 0,424). Uji homogenitas kemiringan regresi menunjukkan interaksi kelompok $\times$ pretest tidak signifikan, $F(1,59) = 2,045$, $p = 0,158$, partial $\eta^2 = 0,033$, sehingga asumsi ANCOVA terpenuhi. Hasil pengujian hipotesis ANCOVA disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji ANCOVA (*Dependent Variable: Posttest*)

Sumber	SS	df	MS	F	Sig.	Partial η^2
Model Terkoreksi	1404,30	2	702,15	10,24	0,000	0,254
Kelompok	1183,54	1	1183,54	17,26	0,000	0,223

Sumber	SS	df	MS	F	Sig.	Partial η^2
Pretest	27,80	1	27,80	0,41	0,527	0,007
Error	4113,76	60	68,56	—	—	—
Corrected Total	5518,06	62	—	—	—	—

Berdasarkan hasil analisis ANCOVA dengan skor *posttest* sebagai variabel dependen, diperoleh nilai signifikansi pada variabel kelompok sebesar $0,000 < 0,05$. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah pengaruh kemampuan awal (*pretest*) dikendalikan, terdapat perbedaan skor *posttest* yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil menunjukkan bahwa setelah mengontrol skor pretest, kelompok yang belajar menggunakan e-modul Etno-STEM menunjukkan skor posttest yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok yang belajar menggunakan buku paket, dengan ukuran efek yang tergolong besar.

Sebagai analisis pendukung, dengan rumus:

$$d = \frac{\bar{X}_E - \bar{X}_K}{SD_{pooled}}$$

Dengan standar deviasi gabungan dihitung menggunakan rumus:

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_E - 1)SD_E^2 + (n_K - 1)SD_K^2}{n_E + n_K - 2}}$$

Keterangan:

d : effect size

$\bar{X}_E$: rata-rata N-Gain kelas eksperimen

$\bar{X}_K$: rata-rata N-Gain kelas kontrol

SD_E : standar deviasi N-Gain kelas eksperimen

SD_K : standar deviasi N-Gain kelas kontrol

n_E : jumlah murid kelas eksperimen

n_K : jumlah murid kelas kontrol

Berdasarkan kriteria *Cohen's d*, nilai *effect size* sebesar 0,89 termasuk dalam kategori besar. Dengan demikian, terdapat perbedaan peningkatan kemampuan berpikir kritis antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan ukuran efek yang besar. Hasil *effect size* ini digunakan sebagai informasi mengenai besarnya perbedaan peningkatan.

Pembahasan

Keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen (93,75%) sedikit lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (92,50%), keduanya kategori sangat baik. Hal ini sejalan dengan penelitian Iman *et al.*, (2023) yang menemukan keterlaksanaan sangat baik pada pembelajaran berbasis e-modul kearifan lokal. Karena keterlaksanaan tinggi pada kedua kelas, data ini berfungsi sebagai data pendukung, bukan bukti utama efektivitas.

Skor posttest kelas eksperimen (79,92) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (70,89), dan perbedaan ini tetap signifikan setelah kemampuan awal dikontrol melalui ANCOVA (partial $\eta^2 = 0,223$). Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui rangkaian aktivitas kognitif yang dibangun konteks Lapek Sarikayo: murid mengamati fenomena pemanasan dan pengukusan (fenomena autentik), mengidentifikasi variabel suhu dan waktu, menghubungkannya dengan konsep kalor dan kesetimbangan termal, melakukan perhitungan kuantitatif, mengevaluasi

hasil, memberi alasan, hingga mengambil kesimpulan ilmiah rangkaian inilah yang menjelaskan mengapa integrasi Etno-STEM ke dalam e-modul mendorong peningkatan berpikir kritis, bukan sekadar motivasi belajar. Ditinjau dari komponen Etno-STEM, unsur Science tercermin pada penguasaan konsep kalor dan termodinamika, Technology pada pemanfaatan e-modul digital, Engineering pada aktivitas menghubungkan konsep dengan proses pembuatan Lapek Sarikayo, dan Mathematics pada perhitungan kuantitatif.

Ditinjau dari indikator berpikir kritis pada kelas eksperimen (Tabel 7), peningkatan tertinggi terjadi pada indikator klarifikasi dasar dan strategi dan taktik, sedangkan peningkatan terendah pada klarifikasi lanjut karena indikator ini menuntut penjelasan dan analisis lebih mendalam. Pada kelas kontrol, nilai pretest berkisar 41,53–55,65 dan posttest 59,68–88,31 pada seluruh indikator.

Tabel 8. Peningkatan Skor per Indikator Berpikir Kritis (Kelas Eksperimen)

No.	Indikator	Pretest	Posttest	Peningkatan
1	Klarifikasi dasar	59,77	90,63	30,86
2	Dukungan dasar	57,03	82,03	25,00
3	Menyimpulkan	55,08	78,52	23,44
4	Klarifikasi lanjut	50,78	68,36	17,58
5	Strategi dan taktik	45,70	80,08	34,38

Dibandingkan dengan Kurniawan & Syafriani, (2021) dan Sujanem *et al.*, (2022), yang juga menemukan bahwa e-modul fisika berbasis Etno-STEM mendukung peningkatan berpikir kritis, penelitian ini memberi kontribusi berbeda karena secara eksplisit menguji efektivitas melalui desain kuasi eksperimen dengan kontrol kemampuan awal (ANCOVA), bukan sekadar uji coba terbatas atau evaluasi kelayakan produk seperti pada (Amanda, 2024). Dengan demikian, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa integrasi konteks budaya autentik dalam kerangka Etno-STEM dapat menjadi pendekatan pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan berpikir kritis pada konsep termal.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, dilaksanakan pada satu sekolah dengan dua kelas sampel sehingga generalisasi terbatas; unit analisis berbasis kelas, bukan individu yang dirandomisasi, sebagaimana lazim pada kuasi eksperimen; durasi intervensi relatif singkat (enam pertemuan) sehingga efek retensi belum diketahui; data keterlaksanaan diperoleh dari satu observer yang berpotensi meningkatkan subjektivitas; serta potensi efek guru yang belum dapat sepenuhnya dipisahkan dari efek bahan ajar, meskipun guru, durasi, materi, dan evaluasi kedua kelas telah diupayakan setara.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran menggunakan e-modul Fisika Merdeka Belajar berbasis Etno-STEM berada pada kategori sangat baik dengan persentase mencapai 93,75%. Selain itu, analisis ANCOVA menunjukkan bahwa e-modul tersebut memiliki tingkat efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan buku paket dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa setelah kemampuan awal dikontrol, sebesar $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, penelitian ini menggunakan desain kuasi eksperimen yang hanya dilakukan pada satu sekolah dan dua kelas, generalisasi terhadap hasil temuan ini masih terbatas pada karakteristik subjek, materi, serta konteks spesifik dari penelitian ini saja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala MAN 2 Kota Payakumbuh beserta guru fisika kelas XI atas izin dan kerja sama selama pelaksanaan penelitian, kepada murid kelas XI F1 dan XI F5 yang telah berpartisipasi sebagai subjek penelitian, serta kepada Dosen pembimbing dan validator ahli dari Program Studi Tadris Fisika UIN Imam Bonjol Padang atas bimbingan, masukan dan arahan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, I., & Supriyati, Y. (2022). Desain Kuasi Eksperimen Dalam Pendidikan : Literatur. *Jurnal Ilmiah Mandala Education (JIME)*, 8(3), 2476–2482.
<https://doi.org/10.36312/jime.v8i3.3800>
- Amanda, S. (2024). *Pengembangan E-Modul Fisika Merdeka Belajar Berbasis Kearifan Lokal: Pembuatan Lapek Sarikayo Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA/MA*.
- Aszari, E., Nuvitalia, D., & Artharina, F. P. (2024). Efektifitas Model Pembelajaran Coopertative Tipe Team Games Tournament (Tgt) Kelas Iv Materi Wujud Zat Dan Perubahannya Terhadap Hasil Belajar Ips Dan Keterampilan Kolaborasi Di SD N 3 Ngambakrejo. *Wawasan Pendidikan*, 4(1), 32–42.
<https://doi.org/10.26877/wp.v4i1.16588>
- Elcane, D., Purwanto, A., & Putri, D. (2021). Pengembangan Lkpd Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Siswa Sma Di Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmu Dan Pembelajaran Fisika*, 1(1), 9–18.
<https://doi.org/10.33369/ajipf.1.1.9-18>
- Ennis, R. H. (1996). Critical Thinking Dispositions: Their Nature and Assessability. *Informal Logic*, 18(2), 165–182. <https://doi.org/10.22329/il.v18i2.2378>
- Iman, S. H., Yusuf, M., Abdjul, T., & Odja, A. H. (2023). Pengembangan E-Modul Kearifan Lokal Berbantuan Aplikasi Flipping Book Pada Materi Getaran, Gelombang Dan Bunyi Di Smp Negeri 3 Kabila. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 9(2), 294.
<https://doi.org/10.31764/orbita.v9i2.16812>
- Irmayanti, Khairuddin, Wahyuni, A. S. A., & Swandi, A. (2025). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik dalam Pembelajaran Fisika Tingkat SMA di Kabupaten Gowa. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 25(3), 576–586.
<https://doi.org/10.35965/eco.v25i3.7956>
- Kurniawan, R., & Syafriani. (2021). Praktikalitas dan Efektivitas Penggunaan E-Modul Fisika SMA Berbasis Guided Inquiry Terintegrasi Etnosains untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 5(2), 135–141.
<https://doi.org/10.24036/jep/vol5-iss2/572>
- Mardhani Slamet, D. (2022). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Edufisika : Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 1–8.
- Nanda, G. F., Roza, M., & Suari, M. (2024). Penerapan E-Modul Berbasis Discovery Learning Berbantuan Phet Simulation Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Fisika Kelas X SMA Kartika 1-5 PADANG. *Journal Cerdas Mahasiswa*, 6(2), 206–216.
<https://doi.org/10.15548/jcm.v6i2.10978>
- Payadnya, P., & Jayantika, G. (2018). *Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik dengan SPSS*. CV Budi Utama.
<https://repo.mahadewa.ac.id/id/eprint/1796/1/FULLBOOK.pdf>

- Puloo, M., Abdullah, A. W., & Machmud, T. (2020). Efektivitas Pembelajaran Melalui Pendekatan Problem-Centered Learning Pada Pokok Bahasan Teorema Pythagoras. *Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 8(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.34312/euler.v8i1.1036>
- Rahmatin, J. A., Juliana, D., Selvia, Hikmawati, & Rokhmat, J. (2022). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan Konteks Kearifan Lokal Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 3(2), 16–22.
<https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v3i2.191>
- Subhaktiyasa, P. (2024). Menentukan Populasi dan Sampel: Pendekatan Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2721–2731.
<https://doi.org/10.29303/jipp.v9i4.2657>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. ALFABETA.
- Sujanem, R., Suwindra, I. N., & Suswandi, I. (2022). Efektivitas E-Modul Fisika Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi Phet Dalam Ujicoba Terbatas Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 12(2), 181–191.
<https://doi.org/10.23887/jjpf.v12i2.54395>
- Verawati, N. N. S. P., & Wahyudi, W. (2024). Raising the Issue of Local Wisdom in Science Learning and Its Impact on Increasing Students' Scientific Literacy. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 10(10), 42.
<https://doi.org/10.33394/ijete.v1i1.10881>