PENGEMBANGAN E-MODUL ENERGI TERBARUKAN BERBASIS *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* (ESD) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK KELAS X SMA/MA

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Rinda Oktaviyani
22104050003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
2026

LEMBAR PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2945/Un.02/DT/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN E-MODUL ENERGI TERBARUKAN BERBASIS *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* (ESD) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK KELAS X SMA/MA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RINDA OKTAVIYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050003
Telah diujikan pada : Kamis, 13 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Puspo Rohmi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a84e86b42bad

Penguji I

Dr. Winarti, S.Pd., M.Pd.Si
SIGNED

Valid ID: 6a8e6567d4082

Penguji II

Himawan Putranta, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a871d56214cb

Yogyakarta, 13 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a8e882eea1a6

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rinda Oktaviyani

NIM : 22104050003

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul "Pengembangan E-Modul Energi Terbarukan Berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X SMA/MA" Merupakan Karya Hasil Tulisan Saya Sendiri. Adapun Bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dan digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 5 Agustus 2026

Yang Menyatakan,

METERAI TEMPEL EFAOX083799262

Rinda Oktaviyani

NIM. 22104050003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp : Satu Bandel Skripsi

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Tempat

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Rinda Oktaviyani
NIM : 22104050003
Judul Skripsi : Pengembangan E-Modul Energi Terbarukan Berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X SMA/MA

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 Agustus 2026
Pembimbing

Puspo Rohmi, M.Pd
NIP. 19910303 201903 2 020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupanya."

(Al-Baqarah: 286)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah, 5-6)

"Semua jatuh bangunmu, hal yang biasa. Angan dan pertanyaan, waktu yang menjawabnya. Berikan tenggat waktu, bersedihlah secukupnya. Rayakan perasaanmu sebagai manusia"

(Mata Air - Hindia)

"Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa dan jalan satu-satunya jalani sebaik kau bisa"

(Gas - Fstvlst)

"Tidak harus sempurna, tetapi selalu tumbuh lebih baik"

(Penulis)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Segala puji bagi Allah SWT. atas rahmat, nikmat, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan penuh rasa syukur, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta serta kakak dan adik yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti. Terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkah penulis. Terima kasih kepada Ibu Puspo Rohmi, M.Pd., pembimbing dan seluruh dosen Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan, serta motivasi yang telah diberikan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi. Terima kasih kepada keluarga, sahabat, dan semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang, bertahan, dan tidak menyerah dalam setiap proses. Semoga pencapaian ini menjadi awal untuk terus belajar, berkarya, dan memberikan manfaat bagi sesama.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengembangan E-Modul Energi Terbarukan *Berbasis Education for Sustainable Development* (ESD) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA/MA". Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa menantikan syafaatnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, doa, motivasi, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Puspo Rohmi, M.Pd., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta saran dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Winarti, S.Pd., M.Pd.Si. dan Bapak Himawan Putranta, M.Pd. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
5. Ibu Mardiastuti, S.Pd., selaku guru mata pelajaran Fisika di MAN 4 Bantul yang telah memberikan izin, arahan, serta membantu penulis selama pelaksanaan penelitian.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

6. Peserta didik kelas X E3 di MAN 4 Bantul yang telah berpartisipasi dan bekerja sama dengan baik selama proses uji coba produk dan pengambilan data penelitian.
7. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Fisika beserta seluruh tenaga kependidikan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pelayanan selama penulis menempuh pendidikan.
8. Bapak dan Ibu tercinta, kakak dan adik, serta seluruh keluarga atas doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat yang tiada henti kepada penulis.
9. Dinta Rahma Diya, teman penulis yang telah menemani perjalanan sejak awal perkuliahan hingga saat ini, serta senantiasa saling memberikan semangat, dukungan, dan penguatan dalam setiap proses yang dilalui.
10. Teman-teman Program Studi Pendidikan Fisika angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, pengalaman, serta semangat selama masa perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
12. Terakhir penulis mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri, Rinda Oktaviyani yang telah berusaha, bertahan, dan tidak menyerah dalam setiap proses penyusunan skripsi ini hingga akhirnya dapat menyelesaikannya.

Semoga segala bantuan, doa, dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan menggunakan dengan sebaik-baiknya.

Yogyakarta, Juli 2026

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGEMBANGAN E-MODUL ENERGI TERBARUKAN BERBASIS *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* (ESD) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK KELAS X SMA/MA

Rinda Oktaviyani

22104050003

INTI SARI

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi pembelajaran menuju pemanfaatan bahan ajar digital yang lebih interaktif dan inovatif. Namun, pada pembelajaran materi energi terbarukan, bahan ajar yang digunakan masih didominasi oleh buku paket LKS dan presentasi PowerPoint yang disertai penjelasan guru, sehingga kurang mendukung pembelajaran mandiri dan cenderung membuat peserta didik cepat merasa bosan. Selain itu, pembelajaran belum mengintegrasikan prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD), khususnya kompetensi berpikir sistem (*systems thinking*), yang penting dalam memahami permasalahan energi dan keberlanjutan secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengembangan, kualitas, respons peserta didik, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penggunaan e-modul energi terbarukan berbasis ESD.

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop,* dan *Disseminate*). Instrumen penelitian meliputi lembar validasi instrumen, lembar penilaian kualitas produk, angket respons peserta didik, dan tes keterampilan berpikir kritis. Data dianalisis menggunakan koefisien Aiken's V, skor rata-rata, persentase, dan *N-gain*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki kualitas sangat baik berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika dengan skor rata-rata berturut-turut sebesar 3,80, 3,96, dan 3,66. Respons peserta didik terhadap e-modul berada pada kategori setuju dengan skor 0,94. Penggunaan e-modul juga meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan skor *N-gain* sebesar 0,66 yang termasuk kategori sedang. Dengan demikian, e-modul energi terbarukan berbasis ESD sangat baik digunakan sebagai bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran fisika dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Kata kunci: e-modul, energi terbarukan, *Education for Sustainable Development* (ESD), keterampilan berpikir kritis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DEVELOPMENT OF AN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ESD)-BASED RENEWABLE ENERGY E-MODULE TO IMPROVE THE CRITICAL THINKING SKILLS OF TENTH-GRADE SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Rinda Oktaviyani

22104050003

ABSTRACT

The rapid advancement of information and communication technology has driven the transformation of learning toward the use of more interactive and innovative digital learning materials. However, in renewable energy instruction, the learning materials are still predominantly limited to printed textbooks, student worksheets, and PowerPoint presentations accompanied by teacher explanations. As a result, they provide limited support for independent learning and tend to make students lose interest quickly. Furthermore, the learning process has not yet integrated the principles of Education for Sustainable Development (ESD), particularly the systems thinking competency, which is essential for enabling students to understand energy-related and sustainability issues comprehensively. This study aimed to determine the development process, product quality, students' responses, and the improvement of students' critical thinking skills through the use of an ESD-based renewable energy e-module.

This study employed a Research and Development (R&D) approach using the 4D model consisting of the Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The research instruments included instrument validation sheets, product quality assessment sheets, student response questionnaires, and a critical thinking skills test. The data were analyzed using Aiken's V coefficient, mean scores, percentages, and the N-gain test.

The results showed that the developed e-module was categorized as very good based on evaluations by subject matter experts, media experts, and a physics teacher, with mean scores of 3.80, 3.96, and 3.66, respectively. Students' responses to the e-module were classified as agree, with a score of 0.94. The implementation of the e-module also improved students' critical thinking skills, as indicated by an N-gain score of 0.66, which falls into the moderate category. Therefore, the ESD-based renewable energy e-module is highly suitable for use as a digital learning resource to support physics learning and enhance students' critical thinking skills.

Keywords: e-module, renewable energy, Education for Sustainable Development (ESD), critical thinking skills.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR iii
MOTTO iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
INTI SARI viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Masalah 1
D. Rumusan Masalah 11
E. Tujuan Penelitian 11
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan 11
G. Manfaat Penelitian 12
H. Keterbatasan Pengembangan 13
I. Definisi Istilah 13
BAB II 14
LANDASAN TEORI 14
A. Kajian Teori 14

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1. E-Modul (Elektronik Modul) 14
2. Education for Sustainable Development (ESD) 18
4. Keterampilan Berpikir Kritis 23
5. Energi Terbarukan 26
B. Hasil Penelitian yang Relevan 36
BAB III 41
METODE PENELITIAN 41
A. Model Pengembangan 41
B. Prosedur Pengembangan 41
C. Jenis Data dan Instrumen Pengumpulan Data 52
D. Teknik Analisis Data 61
BAB IV 69
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 69
A. Hasil Penelitian 69
B. Pembahasan 85
BAB V 123
KESIMPULAN DAN SARAN 123
A. Kesimpulan 123
B. Saran 124
DAFTAR PUSTAKA 125
LAMPIRAN 134
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 180

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kompetensi Kunci untuk Keberlanjutan 21
Tabel 2. 2 Keterkaitan antara Kompetensi Kunci untuk Keberlanjutan (Berpikir Sistem) dengan Indikator Berpikir Kritis 39
Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Lembar Validasi Instrumen 53
Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Instrumen Tes Berpikir Kritis 55
Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Penilaian Kualitas E-Modul ditujukan pada Ahli Materi 56
Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Penilaian Kualitas E-Modul ditujukan pada Ahli Media 57
Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Penilaian Kualitas E-Modul ditujukan pada Guru Fisika 58
Tabel 3. 6 Kisi-Kisi Lembar Keterbacaan 60
Tabel 3. 7 Kisi-Kisi Lembar Respon Peserta Didik 60
Tabel 3. 8 Tabel Interpretasi validasi 62
Tabel 3. 9 Tabel Interpretasi validasi 63
Tabel 3. 10 Ketentuan Nilai Validitas Empiris 64
Tabel 3. 11 Ketentuan Nilai Alpha Cronbach 64
Tabel 3. 12 Kriteria tingkat kesukaran 64
Tabel 3. 13 Kriteria pengelompokan daya beda 65
Tabel 3. 14 Kriteria Skor Validasi 65
Tabel 3. 15 Kriteria Skor Penilaian Kualitas Produk Skala Likert 66
Tabel 3. 16 Kategori Kualitas Produk 67
Tabel 3. 17 Ketentuan Skor Skala Guttman 67
Tabel 3. 18 Kriteria Skor Penilaian Skala Guttman 68
Tabel 3. 19 Interpretasi Nilai gain 68
Tabel 4. 1 Hasil Validasi Produk Ahli Materi 77
Tabel 4. 2 Saran dan Masukan Validator Ahli Materi 77
Tabel 4. 3 Hasil Validasi Produk Ahli Media 78
Tabel 4. 4 Saran dan Masukan Validator Ahli Media 79
Tabel 4. 5 Hasil Uji Coba Keterbacaan Produk 80
Tabel 4. 6 Hasil Penilaian Kualitas Produk Ahli Materi 81
Tabel 4. 7 Hasil Penilaian Kualitas Produk Ahli Media 81
Tabel 4. 8 Penilaian Kualitas Produk oleh Guru Fisika 82

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Tabel 4. 9 Hasil Uji Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis 83
Tabel 4. 10 Hasil Respon Peserta Didik 84

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara Kerja PLTS 30
Gambar 2. 2 Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 31
Gambar 2. 3 Cara kerja PLTA 32
Gambar 2. 4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi 35
Gambar 2. 5 Kerangka Berpikir 40
Gambar 3. 1 Alur Pengembangan 42
Gambar 4. 1 Halaman Depan E-Modul 73
Gambar 4. 2 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Tiap Indikator 84
Gambar 4. 3 Halaman Utama E-Modul (a) Sebelum (b) Sesudah Revisi 89
Gambar 4. 4 Halaman Pendahuluan (a) Sebelum (b) Sesudah Revisi 91
Gambar 4. 5 Aktivitas Sekilas Info 93
Gambar 4. 6 Aktivitas Ayo Berpikir 94
Gambar 4. 7 Aktivitas Diskusi Kasus 95
Gambar 4. 8 Aktivitas Solusi Berkelanjutan 96
Gambar 4. 9 Rangkuman Setelah Revisi 98
Gambar 4. 10 Contoh Jawaban Pretest Indikator Interpretasi 109
Gambar 4. 11 Contoh Jawaban Posttest Indikator Interpretasi 110
Gambar 4. 12 Aktifitas Pembelajaran Sekilas Info 111
Gambar 4. 13 Contoh Jawaban Pretest Indikator Analisis 112
Gambar 4. 14 Contoh Jawaban Posttest Indikator Analisis 112
Gambar 4. 15 Contoh Aktifitas Pembelajaran Ayo Berpikir 113
Gambar 4. 16 Contoh Jawaban Pretest Indikator Evaluasi 114
Gambar 4. 17 Contoh Jawaban Posttest Indikator Evaluasi 114
Gambar 4. 18 Contoh Aktivitas Diskusi Kasus 115
Gambar 4. 19 Contoh Jawaban Pretest Indikator Inferensi 116
Gambar 4. 20 Contoh Jawaban Posttest Indikator Inferensi 116
Gambar 4. 21 Contoh Aktivitas Ayo Berpikir 117
Gambar 4. 22 Contoh Jawaban *Pretest* Indikator *Explanation* 118
Gambar 4. 23 Contoh Jawaban *Posttest* Indikator *Explanation* 119
Gambar 4. 24 Contoh Aktivitas Solusi Berkelanjutan 120

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Wawancara 134
Lampiran 2 Hasil Wawancara 136
Lampiran 3 Lembar Validasi Instrumen 137
Lampiran 4 Lembar Validasi Produk Ahli Materi 140
Lampiran 5 Lembar Validasi Produk Ahli Materi 144
Lampiran 6 Hasil Validasi Produk 147
Lampiran 7 Lembar Penilaian Kualitas Produk Ahli Materi 148
Lampiran 8 Lembar Penilaian Produk Ahli Media 152
Lampiran 9 Lembar Penilaian Produk Guru Fisika 155
Lampiran 10 Hasil Penilaian Kualitas Produk 160
Lampiran 11 Lembar Keterbacaan Uji Coba Produk 161
Lampiran 12 Lembar Keterbacaan Uji Coba Produk 164
Lampiran 13 Lembar Respon Peserta Didik 165
Lampiran 14 Lembar Respon Peserta Didik 168
Lampiran 15 AnalisisValidasi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis 169
Lampiran 16 Lembar Tes Keterampilan Berpikir Kritis 172
Lampiran 17 Produk Akhir E-Modul Energi Terbarukan Berbasis ESD 177
Lampiran 18 Dokumentasi Kegiatan 178

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Memasuki abad ke-21 perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Pemanfaatan TIK dalam pembelajaran memungkinkan informasi disajikan secara lebih dinamis, interaktif, dan mudah diakses. Teknologi digital juga membuka peluang bagi peserta didik untuk mengontrol proses belajarnya secara mandiri serta memperluas akses terhadap berbagai sumber belajar yang relevan (Gani et al., 2025). Menurut Yuyun et al. (2022) integrasi TIK menjadi salah satu tuntutan penting dalam sistem pendidikan modern. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan dan pemanfaatan sumber belajar berbasis TIK menjadi komponen yang tidak dapat dipisahkan dari praktik pembelajaran masa kini, sekaligus menegaskan perlunya inovasi dalam penyediaan media dan bahan ajar digital.

Bahan ajar merupakan salah satu komponen penting dalam proses pembelajaran karena berfungsi sebagai sumber belajar yang membantu peserta didik memahami materi secara sistematis, belajar secara mandiri, serta mencapai tujuan pembelajaran (Yaqin, 2017). Namun, masih ditemukan berbagai kendala dalam implementasinya, seperti keterbatasan akses terhadap perangkat digital, kurangnya variasi bahan ajar berbasis TIK, serta minimnya kemampuan guru dalam mengoptimalkan teknologi untuk mendukung proses belajar mengajar (Prinanda, 2025). Padahal, penggunaan bahan ajar digital yang interaktif terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan peserta didik, dan pemahaman konsep secara lebih efektif (Izza, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa inovasi bahan ajar berbasis TIK menjadi kebutuhan yang penting untuk mendukung pembelajaran di era digital.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di MAN 4 Bantul, pembelajaran telah menerapkan Kurikulum Merdeka dengan menggunakan pendekatan kontekstual yang mengaitkan materi pembelajaran dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Guru berupaya memberikan contoh-contoh

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

nyata agar konsep fisika lebih mudah dipahami. Meskipun demikian, bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada buku paket dari pemerintah, Lembar Kerja Siswa (LKS), dan media presentasi PowerPoint. Buku paket yang digunakan merupakan fasilitas sekolah yang jumlahnya terbatas serta tidak dapat dibawa pulang oleh peserta didik. Berdasarkan wawancara dengan peserta didik diketahui bahwa penggunaan LKS dinilai cukup membantu proses pembelajaran, tetapi penyajiannya yang monoton menyebabkan sebagian peserta didik mudah merasa bosan dan kurang tertarik untuk belajar. Selain itu, media PowerPoint yang digunakan guru berfungsi sebagai pendukung penyampaian materi, namun belum mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif.

Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa penggunaan perangkat digital seperti *handphone* dan laptop telah diperbolehkan dalam pembelajaran serta didukung oleh fasilitas Wi-Fi dan komputer sekolah. Meskipun demikian, pemanfaatan perangkat tersebut masih belum optimal karena sebagian besar peserta didik hanya menggunakannya untuk mencari informasi ketika mengalami kesulitan memahami materi. Padahal, fasilitas tersebut memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran digital yang lebih interaktif melalui penggunaan bahan ajar elektronik yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja. Kondisi ini sejalan dengan hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan bahwa peserta didik dan guru memerlukan bahan ajar digital yang interaktif, mudah diakses, serta mampu mendukung proses pembelajaran secara lebih efektif (Qomariyah & Setiawan, 2022).

Salah satu kompetensi yang perlu dikembangkan melalui penyediaan bahan ajar yang inovatif adalah keterampilan berpikir kritis. Sesuai dengan tuntutan kurikulum abad-21, peseta didik diharapkan mampu menguasai keterampilan berpikir kritis, kreatif, komunikasi, dan kolaborasi yang dikenal dengan istilah 4C (*critical thinking, creativity, communication,* dan *collaboration*). Salah satu keterampilan penting yang perlu dimiliki peserta didik adalah keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*). Berpikir kritis merupakan sebuah proses yang bertujuan pada penarikan kesimpulan tentang

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

kepercayaan. Melalui berpikir kritis peserta didik mampu mengidentifikasi kelemahan suatu objek atau gagasan yang kemudian berupaya menemukan solusi untuk memperbaikinya. Hal tersebut menunjukkan bahwa berpikir kritis mencakup unsur kreativitas, kemampuan memecahkan masalah, serta inovasi (Aini et al., 2022). Individu yang memiliki keterampilan berpikir kritis mampu memberikan alasan yang logis, menilai suatu argumen, menafsirkan informasi secara konsisten dan rasional, merumuskan kesimpulan, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti dengan menggunakan konsep, metode, dan konteks yang sesuai (Fitriani et al., 2018).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru dan peserta didik di MAN 4 Bantul, keterampilan berpikir kritis peserta didik masih mengalami kesulitan ketika menghadapi permasalahan yang disajikan dalam bentuk grafik, tabel, maupun fenomena kontekstual. Peserta didik juga cenderung lebih mudah menyelesaikan soal yang memiliki prosedur penyelesaian yang jelas dan mengalami kesulitan ketika diminta menjelaskan alasan atas jawaban, menganalisis hubungan antar informasi, membandingkan beberapa alternatif solusi, serta menarik kesimpulan berdasarkan data. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kesempatan peserta didik untuk melatih keterampilan menginterpretasikan, menganalisis, mengevaluasi, menginferensi, dan menjelaskan masih perlu ditingkatkan. Selain itu, proses evaluasi pembelajaran belum menggunakan instrumen maupun latihan soal yang secara khusus dirancang untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik. Soal-soal yang diberikan masih didominasi oleh pertanyaan yang berorientasi pada penguasaan konsep dan penyelesaian soal rutin sehingga belum mampu mengukur keterampilan peserta didik dalam menginterpretasikan informasi, menganalisis permasalahan, mengevaluasi argumen, menarik kesimpulan berdasarkan bukti, serta memberikan penjelasan secara logis. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Irmayanti et al. (2025) yang menunjukkan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik salah satunya disebabkan oleh ketidakterbiasaan peserta didik dalam menghadapi soal-soal yang berbasis keterampilan berpikir kritis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Menurut *literature review* yang dilakukan oleh Aji et al. (2023) terhadap 22 artikel penelitian mengenai keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA dan SMK di Indonesia menunjukkan bahwa secara umum keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong relatif rendah. Dari sembilan penelitian yang mengukur tingkat keterampilan berpikir kritis, sebanyak 44,44% penelitian menunjukkan keterampilan berpikir kritis peserta didik berada pada kategori rendah, 44,44% berada pada kategori sedang, dan hanya 11,11% yang berada pada kategori tinggi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan berpikir kritis masih menjadi tantangan dalam proses pembelajaran di Indonesia. Selain itu, hasil kajian tersebut juga mengungkapkan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis dipengaruhi oleh praktik pembelajaran yang masih cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*), sehingga peserta didik belum memperoleh kesempatan yang optimal untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui pembelajaran yang aktif dan bermakna. Kondisi tersebut juga ditemukan pada peserta didik SMA di Kabupaten Bantul. Penelitian yang dilakukan oleh Sari & Yulianti (2024) terhadap 260 peserta didik dari sembilan SMA di Kabupaten Bantul menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik secara umum masih berada pada kategori sangat rendah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan berpikir kritis masih menjadi tantangan dalam proses pembelajaran.

Permasalahan tersebut mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang mampu mengaitkan materi fisika dengan permasalahan nyata sekaligus mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses berpikir. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Education for Sustainable Development* (ESD). ESD merupakan pendekatan pendidikan yang dirancang untuk membekali individu dengan pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai yang diperlukan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. ESD menekankan pada pemahaman holistik tentang interaksi antara lingkungan, ekonomi, dan sosial, serta mendorong partisipasi aktif dalam menyelesaikan masalah keberlanjutan (Vioreza et al., 2023). Konsep ESD relevan untuk

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

diterapkan dalam sistem pendidikan saat ini. Tujuan utama dari ESD adalah membantu peserta didik menumbuhkan nilai, sikap, dan keterampilan yang diperlukan untuk membangun komitmen jangka panjang terhadap kehidupan berkelanjutan serta menjadi warga dunia yang bertanggung jawab. ESD menekankan tiga pilar utama-lingkungan, sosial, dan ekonomi yang saling berkaitan dengan isu global dan berperan penting dalam keberlanjutan hidup manusia (Vioreza et al., 2023). UNESCO (2017) telah menetapkan bahwa terdapat 8 kompetensi yang penting untuk keberlanjutan, yaitu: 1) kompetensi berpikir sistem, 2) kompetensi antisipatif, 3) kompetensi normatif, 4) kompetensi strategi, 5) kompetensi kolaboratif, 6) kompetensi berpikir kritis, 7) kompetensi kesadaran diri, dan 8) kompetensi pemecahan masalah terintegrasi. Melalui penerapan konsep ESD peserta didik diharapkan memiliki kesadaran terhadap keberlanjutan, berpikir kritis dalam menghadapi berbagai permasalahan global, serta mampu merumuskan solusi yang mempertimbangkan dampak pada berbagai aspek kehidupan (Alissa, 2022).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di MAN 4 Bantul, pembelajaran fisika selama ini masih berfokus pada penyampaian konsep dan penyelesaian soal, sedangkan pengintegrasian prinsip-prinsip ESD belum dilakukan secara optimal. Materi energi terbarukan telah dikaitkan dengan contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari, namun pembahasannya masih terbatas pada konsep fisika dan belum mengarahkan peserta didik untuk menganalisis keterkaitan antara penggunaan energi dengan dampaknya terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi secara terpadu. Hasil wawancara dengan peserta didik juga menunjukkan bahwa mereka telah mengetahui isu seperti krisis energi dan pemanasan global, tetapi masih mengalami kesulitan menjelaskan hubungan sebab-akibat antara pemanfaatan energi, dampaknya terhadap lingkungan, serta implikasinya terhadap kehidupan sosial dan ekonomi. Peserta didik cenderung memahami setiap permasalahan secara terpisah dan belum melihat bahwa isu energi merupakan bagian dari suatu sistem yang saling berkaitan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa implementasi ESD dalam pembelajaran fisika masih perlu diperkuat. Hal ini

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

sejalan dengan Meilinda et al. (2018) yang menyatakan bahwa keterampilan berpikir sistem memungkinkan peserta didik memahami suatu fenomena secara utuh melalui hubungan antarkomponen dalam suatu sistem, sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pemahaman keterkaitan berbagai aspek keberlanjutan.

Salah satu materi fisika yang sangat relevan untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD adalah materi energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan salah satu materi fisika kelas X yang memiliki banyak sub bab di dalamnya. Sub bab tersebut antara lain usaha, energi, bentuk-bentuk energi dasar, transformasi energi, hukum kekekalan energi, sumber energi, serta permasalahan mengenai keterbatasan energi. Setiap sub bab memiliki konsep yang saling berkaitan dan memerlukan pemahaman mendalam agar peserta didik mampu mengaitkannya dengan fenomena di kehidupan sehari-hari. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika, pembelajaran pada materi energi terbarukan belum berlangsung secara optimal. Guru menyampaikan bahwa cakupan materi energi terbarukan cukup luas, sedangkan alokasi waktu pembelajaran relatif terbatas. Hasil wawancara dengan peserta didik juga menunjukkan bahwa mereka masih mengalami kesulitan menghubungkan konsep energi terbarukan dengan permasalahan nyata yang terjadi di lingkungan sekitar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan bahan ajar yang mampu membantu peserta didik mempelajari materi secara mandiri, mengaitkan konsep fisika dengan isu keberlanjutan, serta memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis meskipun waktu pembelajaran di kelas terbatas.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan bahan ajar inovatif yang mampu mengoptimalkan penggunaan teknologi yang mendukung pembelajaran mandiri, memperkuat pemahaman konsep dengan pembangunan berkelanjutan, serta menumbuhkan keterampilan berpikir kritis. Salah satu bahan ajar yang memenuhi kebutuhan tersebut adalah modul elektronik (e-modul). E-modul dapat mendukung proses belajar mandiri melalui penyajian materi yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik serta pemanfaatan berbagai fitur interaktif yang

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

dapat mendorong keterampilan berpikir kritis (Amrilizia et al., 2022). E-modul memungkinkan peserta didik mengakses materi kapan saja dan di mana saja, serta dapat disajikan secara interaktif melalui gambar, video, animasi, maupun latihan berbasis digital (Ramadhina & Pranata, 2022). Dengan desain yang menarik, e-modul dapat mengurangi kejenuhan belajar dan membantu peserta didik memahami materi secara lebih mendalam (Fauzi & Nugraha, 2022). Selain itu, e-modul mampu menjadi sumber belajar tambahan yang memperkuat kemandirian belajar peseta didik (Herawati & Muhtadi, 2018).

Pentingnya pengembangan e-modul untuk mendukung keterampilan berpikir kritis juga diperkuat oleh hasil penelitian sebelumnya. Hati & Setiaji (2024) menunjukkan bahwa penggunaan e-modul fisika berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Google Sites* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemandirian belajar peserta didik, dengan peningkatan keterampilan berpikir kritis berada pada kategori sedang. Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian oleh Putra et al. (2023) mengevaluasi keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui pembelajaran sains dengan e-modul yang menggunakan platform *Google Sites.* Temuan tersebut belum mengintegrasikan pendekatan *Education for Sustainable Development* (ESD) dan belum menghubungkan konten pembelajaran dengan isu keberlanjutan, khususnya energi terbarukan. Oleh karena itu, masih terdapat ruang untuk mengembangkan e-modul yang mengintegrasikan ESD dan konteks energi terbarukan sekaligus memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Selain itu penelitian Amelia et al., (2025) mengembangkan e-modul fisika terintegrasi ESD pada materi perubahan iklim dengan tujuan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik tingkat SMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul tersebut memiliki tingkat kelayakan yang sangat baik berdasarkan penilaian ahli dan uji pemahaman peserta didik. Meskipun penelitian ini telah mengintegrasikan ESD dan keterampilan berpikir kritis, fokus penelitian masih pada validasi produk, sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai peningkatan keterampilan

berpikir kritis peserta didik. Selain itu, materi yang dikembangkan masih berfokus pada perubahan iklim, sehingga membuka peluang pengembangan e-modul berbasis ESD pada materi energi terbarukan sebagai bentuk implementasi nyata pembangunan berkelanjutan. Keterampilan berpikir kritis menjadi penting khususnya dalam pembelajaran energi terbarukan karena permasalahan energi merupakan permasalahan kompleks yang menuntut peserta didik untuk tidak hanya memahami konsep, tetapi juga menafsirkan informasi, menganalisis hubungan sebab-akibat, mengevaluasi berbagai alternatif sumber energi, menarik kesimpulan berdasarkan bukti, dan memberikan penjelasan yang logis (Anggraini et al., 2025).

Penelitian relevan dilakukan oleh Nurasiah (2025) mengenai e-modul fisika terintegrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) pada topik energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan e-modul terintegrasi ESD dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, dengan peningkatan pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Peningkatan tersebut dikaitkan dengan struktur pembelajaran dalam e-modul yang mencakup kegiatan eksplorasi, pemahaman konsep, dan aplikasi melalui permasalahan yang berkaitan dengan energi terbarukan. Temuan tersebut memperkuat bahwa integrasi ESD dalam e-modul pada materi energi terbarukan dapat menjadi salah satu alternatif untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini belum secara khusus menempatkan kompetensi berpikir sistem (*systems thinking*) sebagai fokus utama dalam integrasi ESD. Kompetensi berpikir sistem penting dalam memahami suatu permasalahan secara menyeluruh dengan melihat keterkaitan antarkomponen dalam suatu sistem. Meilinda et al. (2018) menjelaskan bahwa peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir sistem dengan baik dapat memahami suatu konten secara utuh meskipun tidak mempelajari setiap komponennya secara terpisah, sedangkan pemahaman terhadap komponen secara individual belum tentu menghasilkan pemahaman terhadap keseluruhan sistem. Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan kompetensi berpikir sistem dalam ESD agar

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

peserta didik tidak hanya memahami konsep energi terbarukan secara parsial, tetapi juga mampu melihat keterkaitan antara kebutuhan energi, sumber energi, dampak pemanfaatan energi, lingkungan, serta upaya pemenuhan kebutuhan energi secara berkelanjutan.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa e-modul telah banyak dikembangkan sebagai bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran, termasuk e-modul yang mengintegrasikan pendekatan *Education for Sustainable Development* (ESD) dan materi energi terbarukan. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan e-modul dapat mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Namun, masih diperlukan pengembangan e-modul yang secara khusus mengintegrasikan ESD dengan materi energi terbarukan serta dirancang untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA. Selain itu, penelitian terdahulu belum secara khusus mengembangkan e-modul dengan kompetensi berpikir sistem (*systems thinking*) sebagai fokus kompetensi ESD yang diintegrasikan ke dalam pembelajaran energi terbarukan dan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang tidak hanya menyajikan materi secara digital dan kontekstual, tetapi juga mengaitkan berbagai komponen energi, lingkungan, dan keberlanjutan sehingga peserta didik dapat memahami keterkaitan antarkomponen dalam suatu sistem sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Dengan demikian, pengembangan e-modul ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif bahan ajar mandiri yang mendukung pembelajaran energi terbarukan sekaligus memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berjudul "Pengembangan E-Modul Energi Terbarukan Berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA/MA".

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini yakni:

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1. Bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran masih terbatas pada buku paket, Lembar Kerja Siswa (LKS), dan media *PowerPoint* disertai dengan penjelasan guru*, sehingga* belum mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif, fleksibel, dan mendukung pembelajaran mandiri.
2. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran fisika belum optimal, meskipun sekolah telah menyediakan fasilitas pendukung seperti akses Wi-Fi, komputer, serta memperbolehkan penggunaan perangkat digital oleh peserta didik.
3. Contoh soal dan soal evaluasi yang digunakan dalam pembelajaran fisika belum secara khusus dirancang untuk mengukur dan melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
4. Pembelajaran fisika di MAN 4 Bantul belum mengintegrasikan prinsip-prinsip *Education for Sustainable Development* (ESD) secara optimal, khususnya dalam mengaitkan konsep fisika dengan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi secara terpadu.
5. Belum tersedia e-modul terintegrasi ESD yang mampu membantu peseta didik belajar mandiri sekaligus meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi energi terbarukan.

C. Batasan masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, penelitian ini dibatasi pada pengembangan e-modul terintegrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) sebagai bahan ajar yang mendukung pembelajaran mandiri dan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan. Integrasi ESD dalam e-modul difokuskan pada kompetensi berpikir sistem (*systems thinking*). Materi yang dikembangkan meliputi urgensi kebutuhan energi, sumber energi, dampak eksplorasi dan penggunaan energi, serta upaya pemenuhan kebutuhan energi. Keterampilan berpikir kritis yang dikaji dibatasi pada lima indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini, berdasarkan identifikasi masalah di atas, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pengembangan e-modul energi terbarukan berbasis ESD untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA?
2. Bagaimana kualitas e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang telah dikembangkan untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA?
3. Bagaimana respon peserta didik terhadap e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang dikembangkan?
4. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis peseta didik setelah menggunakan e-modul energi terbarukan berbasis ESD?

E. Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan e-modul energi terbarukan berbasis ESD untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA.
2. Mengetahui kualitas e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang telah dikembangkan untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA yang telah dikembangkan.
3. Mengetahui respon peserta didik terhadap e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang telah dikembangkan.
4. Mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peseta didik setelah menggunakan e-modul energi terbarukan berbasis ESD.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Berikut merupakan penjabaran mengenai spesifikasi produk yang menjadi fokus pengembangan:

1. Produk yang dihasilkan berupa E-modul disusun dalam format web berbasis *Google Sites* yang dapat diakses melalui smartphone atau laptop dengan koneksi internet.
2. E-Modul memuat materi energi terbarukan yang diintegrasikan dengan kompetensi kunci untuk keberlanjutan yaitu berpikir sistem.

3. E-Modul dilengkapi media interaktif seperti video, infografis, dan tautan eksternal yang disematkan.
4. Bagian-bagian yang terdapat pada E-Modul berbasis ESD ini yaitu:
    a. Bagian pembuka yang berupa halaman muka e-modul pada Google Sites, menampilkan judul modul, ikon-ikon navigasi, serta tampilan awal.
    b. Bagian inti yang memuat kegiatan pembelajaran meliputi materi energi terbarukan, aktivitas pembelajaran berbasis ESD, serta latihan.
    c. Bagian penutup yang berisi rangkuman materi, refleksi pembelajaran, serta evaluasi.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi peserta didik, peneliti, guru, sekolah, sebagaimana dijelaskan berikut ini:

1. Untuk peneliti, kegiatan ini memberikan kesempatan untuk mengasah kemampuan dalam merancang dan mengembangkan bahan ajar yang bermakna. Selain itu, peneliti juga mendapatkan pemahaman yang lebih dalam mengenai penerapan konsep ESD dan pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran.
2. Untuk peserta didik, e-modul yang dikembangkan bisa menjadi media belajar yang fleksibel saat belajar sendiri maupun bersama guru. Materi energi terbarukan disajikan dengan pendekatan yang relevan dengan kehidupan nyata, sehingga dapat mendorong peseta didik untuk berpikir lebih kritis dan reflektif terhadap isu-isu lingkungan.
3. Untuk guru, e-modul ini dapat digunakan sebagai bahan ajar pendukung pada materi energi terbarukan, sekaligus membantu mengintegrasikan nilai keberlanjutan dan melatih keterampilan berpikir kritis peseta didik melalui pendekatan ESD.
4. Untuk sekolah, produk e-modul ini bisa memperkaya sumber pembelajaran digital di sekolah, sekaligus mendukung upaya penguatan pendidikan yang berwawasan lingkungan dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

H. Keterbatasan Pengembangan

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Develop* (R&D) yang menciptakan produk berupa e-modul energi terbarukan berbasis ESD untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Pengembangan penelitian ini dengan 4D *(define, design, development, disseminate)*. Efektivitas e-modul terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dilakukan melalui pemberian *pretest* dan *posttest.* Pada tahap *disseminate,* e-modul didistribusikan secara kepada guru untuk digunakan peserta didik di sekolah sasaran penelitian yang dilaksanakan di MAN 4 Bantul, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta.

I. Definisi Istilah

1. E-modul adalah bahan ajar digital yang dikembangkan menggunakan platform digital untuk menyajikan materi secara interaktif guna mendukung pembelajaran mandiri peserta didik.
2. *Education for Sustainable Development* (ESD) merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan kompetensi berpikir sistem untuk menumbuhkan pemahaman dan pengambilan keputusan yang bertanggung jawab terkait isu energi berkelanjutan.
3. Keterampilan berpikir kritis adalah kemampuan peserta didik dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan secara rasional terhadap permasalahan berdasarkan alasan yang jelas.
4. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan sehingga ketersediaanya melimpah dan tidak pernah habis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengembangan e-modul energi terbarukan berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA/MA berhasil dilakukan menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop,* dan *Disseminate*). Produk yang dihasilkan berupa e-modul berbasis Google Sites yang memuat materi energi terbarukan dan mengintegrasikan kompetensi ESD, khususnya berpikir sistem (*systems thinking*), serta dilengkapi dengan berbagai aktifitas seperti Sekilas Info, Ayo Berpikir, Diskusi Kasus, Fakta Berkelanjutan memfasilitasi keterampilan berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hasil validasi, e-modul yang dikembangkan memperoleh nilai Aiken's V sebesar 0,67 pada aspek materi dengan kategori validitas sedang dan sebesar 0,92 pada aspek media dengan kategori sangat valid. Selanjutnya, e-modul direvisi berdasarkan saran dan masukan dari validator, baik pada aspek materi maupun media.
2. Kualitas e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat baik berdasarkan hasil penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika. Hasil penilaian menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata dari ahli materi sebesar 3,80, ahli media sebesar 3,96, dan guru fisika sebesar 3,66, dengan kategori sangat baik. Sehingga, e-modul energi terbarukan berbasis ESD memiliki kualitas yang sangat baik sebagai bahan ajar digital pada materi energi terbarukan untuk peserta didik SMA/MA.
3. Respons peserta didik terhadap e-modul energi terbarukan berbasis ESD memperoleh kategori Setuju dengan rata-rata skor keseluruhan 0,94 yang berarti peserta didik setuju bahwa e-modul memiliki penyajian yang menarik, mudah digunakan, dan praktis karena materi disusun secara

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

sistematis, menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta menyajikan contoh-contoh yang kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari.

4. Hasil perhitungan *N-Gain* memperoleh nilai rata-rata 0,66 yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan e-modul energi terbarukan berbasis ESD yang ditunjukan oleh peningkatan rata-rata nilai *pretest* sebesar 45,92 menjadi 84,25 pada *posttest*.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan e-modul energi terbarukan berbasis ESD adalah sebagai berikut:

1. Peneliti atau pengembang e-modul selanjutnya diharapkan dapat menyusun materi dengan memperhatikan kesesuaian terhadap Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP), kelengkapan penyajian konsep, serta integrasi indikator Education for Sustainable Development (ESD) dan keterampilan berpikir kritis agar e-modul yang dikembangkan memiliki kualitas yang lebih baik.
2. Peneliti atau pengembang e-modul selanjutnya diharapkan dapat mengoptimalkan desain media dengan memperhatikan aspek visual dan fungsional, seperti konsistensi desain, tata letak, navigasi, tipografi, serta pencantuman sumber gambar sehingga e-modul yang dikembangkan menjadi lebih menarik dan mudah digunakan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memberikan alokasi waktu pembelajaran yang lebih panjang sehingga seluruh aktivitas pembelajaran dalam e-modul dapat dilaksanakan secara optimal.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Berbasis Stemterhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, *1*(4), 247–253.

Aji, G. P., Nugraheni, B. I., & Dharma, U. S. (2023). Critical thinking skills of high school and vocational school students in indonesia: a literature review. *International Journal of Education and Social Science Research*, *6*(3), 353–367.

Alissa, V. (2022). Kesadaran Peserta Didik Dalam Penerapan Green School Untuk Mendukung ESD (Education for Sustainable Development). *EduTeach: Jurnal Edukasi Dan Teknologi Pembelajaran*, *3*(2), 51–60.

Amelia, I., Saefullah, A., & Antarnusa, G. (2025). Pengembangan E-Modul Fisika Terintegrasi Education for Sustainable Development (ESD) Pada Topik Perubahan Iklim untuk Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, *15*(1), 1–12.

Amrilizia, N., Habiddin, H., & Marsuki, M. F. (2022). Improving Students' Critical Thinking Skills Using e-Modules-Contextual Teaching and Learning (CTL) on the Interaction of Living Organisms with Their Environment. In *Journal of Disruptive Learning Innovation (JODLI)* (Vol. 3, Number 2). https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17977/um072v3i22022p65-82

Anggraini, W., Saqila, M. S., Suryadi, A., & Suwarna, I. P. (2025). Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan melalui PjBL-STEM dengan design thinking. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, *13*(2), 321–335.

Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaludin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis pentingnya keterampilan berpikir kritis terhadap pembelajaran bagi siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(20), 664–669.

Ariyanto, E. W., Handajani, S., Sutiadiningsih, A., & Widagdo, A. K. (2023). Pengembangan E-Modul untuk Kompetensi Dasar Menerapkan Plain Cake

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Bagi Siswa SMKN 1 Cerme Gresik. *Jurnal Kajian Penelitian Pendidikan Dan Kebudayaan*, *1*(3), 169–182.

Astuti, S. P. (2015). Pengaruh kemampuan awal dan minat belajar terhadap prestasi belajar fisika. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, *5*(1).

Azkiya, H., Tamrin, M., Yuza, A., & Madona, A. S. (2022). Pengembangan e-modul berbasis nilai-nilai pendidikan multikultural di sekolah dasar islam. *Jurnal Pendidikan Agama Islam Al-Thariqah*, *7*(2), 409–427.

Badiah, S., Saefullah, A., & Antarnusa, G. (2024). Development of Integrated Education for Sustainable Development Digital Teaching Materials on Renewable Energy to Facilitate Students'critical Thinking Abilities. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, *9*(1), 63–73.

Chaidir, M., Andini, S., Harahap, U. H. S., & Nasution, A. F. (2024). Peran dan Proses Berfikir Sistem dalam Konteks Pendidikan. *Student Research Journal*, *2*(6), 84–92.

Choy, S. C., & Cheah, P. K. (2009). Teacher perceptions of critical thinking among students and its influence on higher education. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, *20*(2), 198–206.

Darmana, T., Pambudi, I. T., Suyanto, H., & Rahayu, S. (2024). *Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*. Uwais Inspirasi Indonesia.

Daryanto, D. (2013). Menyusun modul bahan ajar untuk persiapan guru dalam mengajar. *Yogyakarta: Gava Media*, 9–23.

Depdiknas. (2018). Panduan Pengembangan Bahan Ajar. *Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, Depdiknas*.

Dewi, I. R. (2023). *Energi Terbarukan: Pemanfaatan Energi Terbarukan sebagai Energi Alternatif yang Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan-Rajawali Pers*. PT. RajaGrafindo Persada.

Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan energi matahari: masa depan energi terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, *7*(2), 376–384.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking: An Outline ofCritical Thinking Dispositions and Abilities*.

Erawati, N. K., Purwati, N. K. R., & Saraswati, I. D. A. P. D. (2022). Pengembangan e-modul logika matematika dengan Heyzine untuk menunjang pembelajaran di SMK. *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, *8*(2), 71–80.

Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight Assessment*, *1*(1), 1–23.

Facione, P. A. (2015). *Permission to Reprint for Non-Commercial Uses Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Peter A. Facione, Measured Reasons LLC.

Fauzi, R., & Nugraha, A. (2022). E-Modul berbasis Education for Sustainable Development topik hidroponik untuk siswa sekolah dasar. *Pedadidaktika: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, *9*(4), 661–672.

Fiddini, H. (2026). Penerapan Model Pembelajaran Complex Instruction (CI) untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Energi Terbarukan pada Siswa Kelas X SMA Negeri 2 Pekanbaru. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, *11*(02), 272–291.

Fitriani, H., Asy'Ari, M., Zubaidah, S., & Mahanal, S. (2018). Critical Thinking Disposition of Prospective Science Teachers at IKIP Mataram, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, *1108*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012091

Gani, I. P., Baka, C., Harahap, R. D., Judijanto, L., Mintarsih, M., Yunus, M., Prasetyo, D., & Asdarina, O. (2025). *Media Pembelajaran Inovatif Abad-21*. PT. Green Pustaka Indonesia.

Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, *66*, 64–74.

Haryanti, H., & Susongko, P. (2024). Pengembangan Instrumen Penilaian Berpikir Kritis Menurut FACIONE Pada Pembelajaran IPA Di Sekolah Menengah Pertama Berbasis Model Rasch. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, *9*(1), 78–87. https://doi.org/10.24905/psej.v9i2.207

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Hasanova, G. I., & Safarli, A. J. (2024). Education for sustainable development: A review. *Green Econ*, *2*, 102–111.

Hati, F. K., & Setiaji, B. (2024). Pengembangan E-Modul Fisika Untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika*.

Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan modul elektronik (e-modul) interaktif pada mata pelajaran Kimia kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, *5*(2), 180–191.

Hidayatno, A. (2013). *Berpikir sistem: Pola berpikir untuk pemahaman masalah yang lebih baik*.

Huda, N. (2018). Energi Baru Terbarukan Solar Cell Sederhana Untuk Sistem Penerangan Rumah Tangga. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, *3*(1), 6–10.

Irmayanti, I., Khairuddin, K., 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.

Irsan, M., Radhiansyah, R., Yurika, Y., Noor, N. C., Taryana, E., Abidin, A., & Qadri, U. L. (2025). *Sistem Energi: Konsep, Teknologi, dan Implementasi Berkelanjutan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Izza, Q. (2024). Utilization of Information and Communication Technology (ICT) in Learning in Indonesia: Penggunaan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam Pembelajaran di Indonesia. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, *1*(4), 366–371.

Kependidikan, D. T., Mutu, D. J. P., Kependidikan, P. D. T., & Nasional, D. P. (2008). Penulisan Modul. *Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Departemen Pendidikan Nasional*.

Khairati, I., Lufri, L., & Fadilah, M. (2025). Empirical Evidence of Students' Systems Thinking Skills in ESD-Oriented: A Rasch Analysis Approach. *Journal of Biological Education Indonesia (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *11*(1), 438–449.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kosasih. (2021). Pengembangan Bahan Ajar. *PT Bumi Aksara*.

Kundaryanti, F. D., Sari, P. A. R., & Kurniawati, W. (2023). Upaya Peralihan Negara Indonesia dalam Mengembangkan Energi Terbarukan. *CAHAYA: Journal of Research on Science Education*, *1*(2), 63–71.

Kurniawan, C., & Kuswandi, D. (2021). *Pengembangan e-modul sebagai media literasi digital pada pembelajaran abad 21*. Academia Publication.

Lastri, Y. (2023). Pengembangan dan pemanfaatan bahan ajar e-modul dalam proses pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, *3*(3), 1139–1146.

Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*.

Meilani, H., & Wuryandani, D. (2010). Potensi panas bumi sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, *1*(1), 47–74.

Meilinda, Rustaman, N. Y., Firman, H., & Tjasyono, B. (2018). Development and validation of climate change system thinking instrument (CCSTI) for measuring system thinking on climate change content. *Journal of Physics: Conference Series*, *1013*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012046

Misbahuddin, A. F., Mapeasse, M. Y., & Mayasari, F. (2024). Rekayasa Energi Terbarukan. *AMU Press*, 1–75.

Mulyatiningsih, E. (2016). Pengembangan model pembelajaran. *Diakses Dari Http://Staff. Uny. Ac. Id/Sites/Default/Files/Pengabdian/Dra-Endang-Mulyatiningsih-Mpd/7cpengembangan-Model-Pembelajaran. Pdf. Pada September*.

Nadiroh, N., & Kasirah, I. (2015). Development of Teaching Materials Esd (Education for Sustainable Development) in Coaching Skills of Self Children With Intellectual Challenges in Sma Lb C in Jakarta. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan Dan Pembangunan*, *16*(02), 115–121.

Najwa, H. A. (2023). Development of E-Module Integrated with Education for Sustainable Development (ESD) on Enviromental Change Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(12), 12130–12138.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Nasrudin, D., Setiawan, A., & Rahmat Fadhli, E. M. (2024). *Pendidikan Energi*. Indonesia Emas Group.

Nations University, U. (2006). *International Conference on Globalization and Education for Sustainable Development: Sustaining the Future; Globalization and education for sustainable development: sustaining the future; Globalization; 2006*. www.unu.edu

Nieveen, N. (1999). *Prototyping to Reach Product Quality*.

Nurasiah, S. (2025). Pengaruh E-Modul Fisika Terintegrasi ESD pada Materi Energi Terbarukan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, *15*(1), 24–35.

Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. (2018). *Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP*. http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/

Prastowo, A. (2011). Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif; Menciptakan Metode Pembelajaran yang Menarik dan Menyenangkan. Yogyakarta. *Elibrary. Univbatam. Ac. Id% 2Findex. Php% 3Fp% 3Dshow_detail% 26id% 3D7178*.

Prinanda, D. (2025). Analisis Problematika Guru dalam Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Teknologi. *IJAM-EDU (Indonesian Journal of Administration and Management in Education)*, *2*(2), 329–353.

Putra, M. D., Ernest, I. Z., Rokhman, M. A. N., Pangastuti, R., Wilujeng, I., & Rejeki, S. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pembelajaran E-Modul IPA Berbasis Google Sites: Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(6), 4658–4665.

Qomariyah, I. N., & Setiawan, R. (2022). Analisis kebutuhan pengembangan e-modul biologi berbasis solusi pembelajaran media interaktif di era pandemi. *Inteligensi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, *5*(1), 1–8.

Rahma, N. T., & Nurani, D. C. (2025). Studi Pendahuluan: Pengembangan E-Lkpd Berorientasi Esd Untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan Siswa Kelas VI SD. *Satya Widya*, *41*(1), 74–88.

Ramadhanie, A., Malanita, E., Oktaviana, N., Natasya Azzahra, P., Ayu Pratiwi, D., Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, P., & Lambung Mangkurat, U.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

(2024). *Analisis Hambatan Guru dalam Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran Tematik serta Dampaknya terhadap Proses Pembelajaran di SDN Sungai Jingah 1 Banjarmasin*.

Ramadhina, S. R., & Pranata, K. (2022). Pengembangan e-modul berbasis aplikasi flipbook di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, *6*(4), 7265–7274.

Rivas, S. F., Saiz, C., & Ossa, C. (2022). Metacognitive Strategies and Development of Critical Thinking in Higher Education. *Frontiers in Psychology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.913219

Rizka Felly, S. T., & Ars, M. (2022). *Buku ajar energi baru dan terbarukan*. UBB Press.

Rohmi, P. (2021). Efektivitas LKPD Berbasis Inquiry Lesson Untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Papua Journal Of Physics Education (PJPE)*, *2*(1), 18–28.

Rosida, R., Fadiawati, N., & Jalmo, T. (2017). Efektivitas penggunaan bahan ajar e-book interaktif dalam menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Lampung*, *5*(1), 116746.

Sabekti, A. W., & Khoirunnisa, F. (2018). Penggunaan rasch model untuk mengembangkan instrumen pengukuran kemampuan berikir kritis siswa pada topik ikatan kimia. *Jurnal Zarah*, *6*(2), 68–75.

Salfia, E. (2021). Pengembangan bahan ajar berbasis e-modul interaktif menggunakan model pembelajaran berbasis masalah pada materi integral SMA Kelas XII. *Jurnal Riset Ilmu Pendidikan*, *1*(1), 12–18.

Santi, N. A. (2026). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis PowerPoint pada Pembelajaran Tematik. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, *1*(2), 45–50.

Saputra Eka. (2023). Pengembangan E-Modul Sebagai Bahan Ajar Bahasa Indonesia Materi Teks Ceramah Kelas XI IPA SMAS Al Washliyah Pasar Senen. *Doctoral Dissertation, Fakultas Keguruan & Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Sumatera Utara*.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Sari, E. M., & Yulianti, E. (2024). Analysis of high school students' critical thinking ability in Bantul Regency on endocrine system material. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *10*(3), 848–859.

Silitonga, A. S., & Ibrahim, H. (2020). *Buku ajar energi baru dan terbarukan*. Deepublish.

Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, R&D. *Bandung: Alfabeta*.

Syafar, I. A. M., Md, A., Jeremias Leda, S. T., Patoding, H. E., Sau, M., Ir Yulianus Songli, M. T., Tachrir, I. H., Seno, T. T., & Ir Simon Patabang, M. T. (2025). *DASAR SISTEM TENAGA LISTRIK*. ARSY MEDIA.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*.

Uliya, M. (2018). *Gaya, Usaha, dan Energi*. Istana Media.

UNESCO. (2012). *Education for Sustainable Development Sourcebook*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals : learning objectives*. UNESCO. https://doi.org/https://doi.org/10.54675/CGBA9153

Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi dan Peluang Penerapannya pada Kurikulum Merdeka? *PUSAKA: Journal of Educational Review*, *1*(1), 34–48.

Wati, N., & Oktaviani, C. (2025). Optimalisasi Pembelajaran Kimia Melalui Pengembangan Bahan Ajar Berupa E-Modul. *Chemistry Education Practice*, *8*(1), 11–19.

Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik penyusunan instrumen penelitian*. Pustaka Pelajar.

Wijayanti, M. D. (2023). *Energi panas bumi*. Bumi Aksara.

Yaqin, A. (2017). Pengembangan buku saku digital berbasis android sebagai pendukung bahan ajar pada materi pph pasal 21. *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, *5*(1).

Yudha, S., & Rahmi, A. (2023). Analisis Bahan Ajar Modul Kimia pada Kimia Anorganik I Berdasarkan Kurikulum KKNI. *Jurnal Ilmu Manajemen Dan Pendidikan*, *3*(1), 7–12.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yuliandi, F. (2026). *E-Modul Berbasis Smartphone: Solusi Pembelajaran Inovatif di Era Digital*. Bait Ilmu Nusantara.

Yuyun, S., Harjono, A., & Gunada, I. W. (2022). Developing flipbook-based physics e-module to increase students' learning outcome and motivation. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, *8*(2), 163–175.

Zubaidah, S. (2010). Berpikir Kritis: kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran sains. *Seminar Nasional Sains*, *6*(8), 1–14.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA