

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS PENDEKATAN
SAINTIFIK PADA MATERI TERMODINAMIKA UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS KELAS XI
SMA/MA KURIKULUM MERDEKA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Agustin Setyaning

21104050044

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

2025

SURAT 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-2179/Un.02/DT/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK
PADA MATERI TERMODINAMIKA UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
PROSES SAINS SMA/MA KURIKULUM MERDEKA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AGUSTIN SETYANING
Nomor Induk Mahasiswa : 21104050044
Telah diujikan pada : Kamis, 31 Juli 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 68996c89e5575



Penguji I
Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68996b6808bd4



Penguji II
Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 68993c70b32dc



Yogyakarta, 31 Juli 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 68997a8b9562d

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bandel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Tempat

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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

Nama : Agustin Setyaning

NIM : 21104050044

Prodi/Smt : Pendidikan Fisika/VIII

Judul Skripsi : Pengembangan E-modul Fisika Berbasis Pendekatan Saintifik pada Materi Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka

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

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

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 17 Juli 2025

Pembimbing


Ari Cahya Mawardi, M.Pd
NIP.198806022019031011

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agustin Setyaning
NIM : 21104050044
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Pengembangan E-modul Fisika Berbasis Pendekatan Saintifik pada Materi Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka” merupakan hasil karya tulisan saya sendiri. Adapun bagaian-bagian yang saya kutip dari hasil karya orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norman, 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.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 17 Juli 2025



Agustin Setyaning

NIM: 21104050044

MOTTO

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain”

**“Jangan pernah berhenti belajar, karena hidup tak akan pernah berhenti
untuk mengajar”**

(Agustin Setyaning)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'alamin, dengan rasa syukur atas segala nikmat yang Allah SWT berikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:

Bapak Surono

Ibu Sarmini

Kakak Yunita Nur Qasanah

Almarhumah Mbah Kerto Darmo

Seluruh Keluarga Besar

Serta,

Program Studi Pendidikan Fisika

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan E-modul Fisika Berbasis Pendekatan Saintifik pada Materi Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka”. Sholawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang insya Allah mendapat syafaatnya di akhirat kelak.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi strata (S1) pendidikan fisika. Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Surono dan Ibu Sarmini, serta Kakak Yunita Nur Qasanah yang tidak pernah berhenti memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Almarhumah Mbah Kerto Darmo yang senantiasa menemani dari awal perkuliahan.
2. Bapak Ari Cahya Mawardi, S.Pd. selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
3. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika sekaligus Dosen Penasihat Akademik Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Nur Untoro, M.Si. selaku dosen penguji I dan Bapak Norma Sidik Rusdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji II.
5. Ibu Intan Pratiwi Wardani, S.Pd., selaku guru fisika di SMA Negeri 1 Banguntapan yang telah membantu dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses penelitian.

6. Peserta didik kelas XI F-1 SMA Negeri 1 Banguntapan yang telah bekerja sama dalam membantu penulis dalam proses penelitian.
7. Seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
8. Sahabat penulis Aulia Eka Rissanti, Alayya Mar'ani Farikhanifa, Chantika Risma Pramudita, Dhifa Rahmania Perdani, Farida Hanum, Ngazizah, dan Yuni Arni Aftina yang selalu kebersamaan selama proses perkuliahan.
9. Teman-teman *Galaxy 21* yang selalu memberikan dukungan satu sama lain.
10. Semua pihak yang turut mendukung dan mendo'akan penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
11. Terakhir kepada diri sendiri, Agustin Setyaning yang telah berusaha dan bertahan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala do'a dan dukungan untuk penulis dari berbagai pihak menjadi pahala dan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, khususnya dalam bidang pendidikan.

Yogyakarta, 31 Januari 2025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Agustin Setyaning

21104050044

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS PENDEKATAN
SAINTIFIK PADA MATERI TERMODINAMIKA UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS KELAS XI
SMA/MA KURIKULUM MERDEKA**

AGUSTIN SETYANING
21104050044

INTISARI

Implementasi Kurikulum Merdeka menuntut pembelajaran berpusat pada peserta didik serta dapat mengembangkan keterampilan abad-21. Rendahnya keterampilan proses sains (KPS) yang dimiliki peserta didik pada tingkat SMA di Daerah Istimewa Yogyakarta serta kesulitan dalam memahami materi fisika yang abstrak seperti termodinamika menjadi tantangan dalam implementasi Kurikulum Merdeka. Penggunaan bahan ajar seperti e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik dapat membantu untuk melatih keterampilan proses sains dengan melibatkan peserta didik dalam setiap kegiatan pembelajaran. E-modul dikembangkan sebagai bahan ajar interaktif dengan pendekatan ilmiah yang memanfaatkan teknologi digital. Penelitian ini bertujuan untuk : (1) Mengetahui kualitas e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka, (2) Mengetahui respon peserta didik terhadap pengembangan e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka, (3) Mengetahui e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka dapat meningkatkan keterampilan proses sains.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model 4D, namun dibatasi pada tahap pengembangan (*Develop*) yaitu uji coba luas. Penelitian ini melibatkan 34 peserta didik pada uji terbatas dan 35 peserta didik pada uji luas kelas XI pada salah satu SMA Negeri di Bantul. Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi instrumen, lembar validasi tes (*pretest-posttest*) keterampilan proses sains, lembar validasi produk, lembar penilaian produk, dan lembar respon peserta didik. Validasi dilakukan dengan memberikan kritik dan saran dari ahli instrumen sehingga diperoleh instrumen yang valid. Penilaian e-modul menggunakan skala *Likert* dengan 4 skala. Respon peserta didik menggunakan skala *Guttman* dengan 2 skala. Sedangkan, untuk mengetahui peningkatan keterampilan proses sains menggunakan *N-Gain* berdasarkan hasil *pretest-posttest* peserta didik.

Penelitian ini menghasilkan e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika untuk meningkatkan keterampilan proses sains kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka. Hasil penilaian kualitas produk memperoleh kriteria Sangat Baik (SB) dengan skor rata-rata oleh ahli materi sebesar 3,6; ahli media sebesar 3,5; dan guru fisika sebesar 3,8. Respon peserta didik memperoleh skor rata-rata 0,97 dengan kriteria Setuju (S). Sedangkan rata-rata skor *N-Gain* sebesar 0,40 yang menunjukkan adanya peningkatan keterampilan proses sains peserta didik pada kriteria sedang.

Kata kunci : E-modul, Pendekatan Saintifik, Termodinamika, Keterampilan Proses Sains, Kurikulum Merdeka

DEVELOPMENT OF A SCIENTIFIC APPROACH-BASED PHYSICS E-MODULE ON THERMODYNAMICS MATERIAL TO IMPROVE SCIENCE PROCESS SKILLS OF CLASS XI SMA/MA UNDER THE MERDEKA CURRICULUM

AGUSTIN SETYANING

21104050044

ABSTRACT

The implementation of the Merdeka Curriculum demands student-centered learning that develops 21st-century skills. The low science process skills (KPS) among high school students in the Special Region of Yogyakarta, coupled with difficulties in understanding abstract physics concepts such as thermodynamics, pose challenges in the Merdeka Curriculum's implementation. The use of teaching materials like a scientific approach-based physics e-module can help train science process skills by engaging students in every learning activity. The e-module is developed as an interactive teaching material with a scientific approach utilizing digital technology. This research aims to: (1) determine the quality of the scientific approach-based physics e-module on thermodynamics material for Class XI SMA/MA under the Merdeka Curriculum, (2) ascertain student responses to the developed e-module, and (3) determine if the scientific approach-based physics e-module on thermodynamics material can improve science process skills.

This study employed the Research and Development (R&D) method using the 4D model, though it was limited to the development stage (Develop), specifically the broad trial. The study involved 34 students in the limited trial and 35 students in the broad trial from Class XI at a state high school in Bantul. Instruments used included instrument validation sheets, science process skills test validation sheets (pretest-posttest), product validation sheets, product assessment sheets, and student response sheets. Validation was conducted by incorporating critiques and suggestions from instrument experts to obtain valid instruments. The e-module assessment used a 4-point Likert scale. Student responses were measured using a 2-point Guttman scale. Meanwhile, to determine the improvement in science process skills, the N-Gain score was calculated based on students' pretest-posttest results.

This research resulted in a scientific approach-based physics e-module on thermodynamics material designed to improve science process skills of Class XI SMA/MA students under the Merdeka Curriculum. The product quality assessment yielded "Very Good" (SB) criteria with average scores from material experts of 3.6, media experts of 3.5, and physics teachers of 3.8. Student responses obtained an average score of 0.97 with "Agree" (S) criteria. Furthermore, the average N-Gain score was 0.40, indicating a moderate increase in students' science process skills.

Keywords: *E-module, Scientific Approach, Thermodynamics, Science Process Skills, Merdeka Curriculum*

DAFTAR ISI

SURAT PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	7
G. Manfaat Penelitian	9

H. Keterbatasan Penelitian	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	10
A. Kajian Teori.....	10
1. Pembelajaran Fisika	10
2. Pendekatan Saintifik	11
3. Keterampilan Proses Sains	14
4. Sumber Belajar	16
5. E-Modul	17
6. Termodinamika	21
a. Gas Ideal	22
b. Hukum-Hukum Gas	22
c. Hukum ke-Nol Termodinamika	27
d. Hukum I Termodinamika	27
e. Hukum II Termodinamika	30
B. Penelitian yang Relevan.....	33
C. Kerangka Berpikir.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
A. Model Pengembangan.....	36
B. Prosedur Pengembangan.....	36
C. Uji Coba Produk	42
D. Instrumen Pengumpulan Data	44
1. Lembar Observasi	44
2. Lembar Wawancara	44
3. Lembar Kritik dan Saran Validator	44
4. Lembar Penilaian Kualitas E-Modul Fisika	44
5. Lembar Respon Peserta Didik	45
6. Lembar Tes	46

7. Lembar Dokumentasi	47
E. Teknik Analisis Data	47
1. Analisis Validasi Instrumen	47
2. Analisis Validasi Produk	48
3. Analisis Penilaian Kualitas Produk	48
4. Analisis Respon Peserta Didik	50
5. Analisis Peningkatan Keterampilan Proses Sains	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	52
A. Hasil Penelitian	52
1. Produk Awal	52
2. Kualitas Produk	61
3. Uji Coba Produk	74
B. Pembahasan	75
1. Kualitas Produk	75
2. Respon Peserta Didik	78
3. Peningkatan Keterampilan Proses Sains	80
C. Keterbatasan Penelitian	81
BAB V PENUTUP	83
A. Kesimpulan	83
B. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Langkah-langkah pembelajaran pendekatan saintifik	12
Tabel 2.2. Aspek dan Indikator Keterampilan Proses Sains	15
Tabel 3.1. Kisi-kisi instrumen penilaian ahli materi	44
Tabel 3.2. Kisi-kisi instrumen penilaian ahli media	45
Tabel 3.2. Kisi-kisi instrumen respon peserta didik	46
Tabel 3.4. Kisi-kisi instrumen <i>pretest-posttest</i>	46
Tabel 3.4. Pedoman Skala Likert	48
Tabel 3.5. Konversi Data Kuantitatif	49
Tabel 3.6. Skor respon berdasar skala Guttman	50
Tabel 3.7. Kriteria Skor Rerata N-Gain	51
Tabel 4.2. Hasil Validasi oleh Ahli Instrumen	62
Tabel 4.2. Hasil Validasi Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains	63
Tabel 4.3 Saran atau Masukan Validator pada Validasi Produk	64
Tabel 4.4. Hasil Penilaian E-modul Oleh Ahli Materi	70
Tabel 4.5. Hasil Penilaian E-modul Oleh Ahli Media	71
Tabel 4.6. Hasil Penilaian E-modul Oleh Guru Fisika	72
Tabel 4.7. Saran atau Komentar Penilaian oleh Guru Fisika.....	73
Tabel 4.8. Respon Peserta Didik	74
Tabel 4.9. Peningkatan Keterampilan Proses Sains	75
Tabel 4.10. Penilaian Kualitas E-modul Fisika	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara volume dan tekanan gas pada suhu konstan	23
Gambar 2.2. Eksperimen Hukum Boyle	23
Gambar 2.3 Hubungan antara suhu dan volume gas pada tekanan konstan	24
Gambar 2.4. Eksperimen Hukum Charles	25
Gambar 2.5. Hubungan antara suhu dan tekanan gas pada volume konstan	25
Gambar 2.6. Eksperimen Hukum Gay-Lussac	26
Gambar 2.7. Eksperimen Hukum Avogadro	26
Gambar 2.8. Usaha pada proses adiabatik	28
Gambar 2.9. Usaha pada proses isobarik	29
Gambar 2.10. Usaha pada proses isokhorik	29
Gambar 2.11. Usaha pada proses isothermal	30
Gambar 2.12. Diagram skematik mesin kalor	31
Gambar 2.13. Siklus mesin Carnot	32
Gambar 2.14. Diagram skematik mesin pendingin	32
Gambar 2.15. Bagan Kerangka Berpikir	36
Gambar 3.1. Alur Model Pengembangan 4D	38
Gambar 3.2. Alur Uji Coba.....	43
Gambar 4.1. Cover E-modul	56
Gambar 4.2. Kata Pengantar	56
Gambar 4.3. Daftar Isi	57

Gambar 4.4. Peta Konsep	57
Gambar 4.5. Pendahuluan	58
Gambar 4.6. Pembahasan	58
Gambar 4.7. Uji Kompetensi	59
Gambar 4.8. Rangkuman.....	60
Gambar 4.9. Glosarium	60
Gambar 4.10. Daftar Pustaka.....	61
Gambar 4.11(a)(b). Cover Sebelum dan Setelah Revisi	65
Gambar 4.12(a)(b). Peta Konsep Sebelum dan Setelah Revisi	66
Gambar 4.13(a)(b). Macam-Macam Sistem Sebelum dan Setelah Revisi.....	66
Gambar 4.14(a)(b)(c)(d). Kegiatan Pembelajaran yang Ditambahkan.....	67
Gambar 4.15(a)(b). Animasi dan Video yang Ditambahkan.....	68
Gambar 4.16(a)(b). Uji Kompetensi Sebelum dan Setelah Revisi.....	68
Gambar 4.17(a)(b). Pengintegrasian Gambar Sebelum dan Setelah Revisi.....	69

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Validasi Instrumen	88
Lampiran 2. Lembar Validasi Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains	94
Lampiran 3. Lembar Validasi Produk	98
Lampiran 4. Lembar Penilaian Produk	104
Lampiran 5. E-modul Fisika	130
Lampiran 6. Surat Izin Penelitian	131
Lampiran 7. Dokumentasi	132
Lampiran 8. Daftar Riwayat Hidup	134



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era digital ini, dunia pendidikan dihadapkan pada tuntutan untuk berinovasi dalam menyajikan pembelajaran yang relevan dengan kemajuan teknologi. Pendidikan abad ke-21 tidak hanya membekali peserta didik dengan pengetahuan semata tetapi juga pengembangan keterampilan adaptif, seperti kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*), kreatif (*creative*), kolaboratif (*collaboration*), dan komunikatif (*communication*) serta literasi digital (Lubis et al., 2023). Salah satu perubahan signifikan yang terjadi adalah pergeseran dari metode pembelajaran konvensional yakni pembelajaran yang berpusat pada guru menjadi pembelajaran berbasis teknologi dan berpusat pada peserta didik. Dalam konteks ini, peran guru tidak lagi sebagai fasilitator melainkan sebagai inovator yang mampu memanfaatkan teknologi dalam menyusun bahan ajar atau media pembelajaran.

Sebagai jawaban atas tuntutan pendidikan abad ke-21, Kurikulum Merdeka mulai diterapkan di Indonesia sejak tahun 2022. Kurikulum Merdeka memberikan kebebasan kepada guru dalam memilih metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik serta mendorong integrasi teknologi dalam pembelajaran. Kurikulum Merdeka menitikberatkan pada pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student-centered learning*) yang bertujuan dalam mengembangkan kemampuan abad ke-21. Selain itu, Kurikulum Merdeka juga menekankan pengembangan kompetensi peserta didik secara menyeluruh, termasuk keterampilan proses sains yang menjadi aspek penting dalam pembelajaran. Dalam hal ini peserta didik didorong untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran, sehingga tidak hanya berfokus pada penguasaan teori tetapi juga pada implementasi nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Hal ini selaras dengan tujuan Kurikulum Merdeka yaitu membentuk generasi yang adaptif, inovatif, dan siap berkontribusi dalam masyarakat berbasis pengetahuan (Mawandi et al., 2018).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan proses sains yang dimiliki peserta didik tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) di Daerah Istimewa Yogyakarta masih tergolong rendah. Penelitian Pratama & Supardi (2023) menunjukkan bahwa tingkat keterampilan proses sains peserta didik di salah satu SMA Kota Yogyakarta mencapai 48,86% yang berada kategori rendah. Sementara itu, penelitian yang dilakukan Yulianingsih (2018) di SMA Perintis Kabupaten Sleman menunjukkan bahwa penguasaan keterampilan proses sains dasar kelas XI SMA mencapai 65% kategori sedang dan keterampilan proses sains terintegrasi sebesar 62% kategori sedang. Hal ini sejalan dengan hasil studi lapangan yang dilakukan peneliti pada salah satu SMA Negeri yang terletak di Bantul menunjukkan bahwa rata-rata skor keterampilan proses sains peserta didik mencapai 44% dalam kategori rendah. Menurut Purwanto (2002) keterampilan proses sains tergolong rendah apabila kurang dari 54%. Salah satu penyebab utama rendahnya tingkat keterampilan proses sains adalah kurangnya keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Termodinamika merupakan salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari hubungan antara energi, panas, dan kerja. Materi termodinamika sering dianggap sulit karena melibatkan konsep-konsep kompleks seperti energi, entropi, serta hukum-hukum termodinamika yang tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik sering kali kesulitan dalam memahami bagaimana energi berpindah dan berubah bentuk dalam berbagai proses serta bagaimana hukum-hukum termodinamika diterapkan secara langsung dalam kehidupan nyata. Hasil penelitian Siregar et al., (2021) pada salah satu Madrasah Aliyah Negeri (MAN) di Yogyakarta menunjukkan bahwa kurangnya pemahaman konsep menjadi penyebab utama kesulitan dalam mempelajari materi termodinamika. Hal ini dibuktikan dengan hasil tes yang menunjukkan 82,4% peserta didik mengalami kesulitan belajar. Sejalan dengan hasil studi pendahuluan yang dilakukan peneliti dengan salah satu guru fisika SMA Negeri di Bantul menunjukkan bahwa di antara semua materi fisika yang dipelajari, rata-rata hasil nilai ulangan harian materi termodinamika memperoleh hasil kurang baik yakni sebesar 67. Hal ini didukung dengan hasil tes yang menunjukkan skor rata-rata yang diperoleh

peserta didik sebesar 44. Hal ini menunjukkan perlunya penerapan metode pembelajaran yang lebih inovatif untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep tersebut terutama melalui pembelajaran secara langsung.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika pada salah satu SMA Negeri di Bantul¹ diketahui bahwa proses pembelajaran fisika di kelas XI telah menerapkan Kurikulum Merdeka. Guru menyatakan model pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran fisika sejalan dengan Kurikulum Merdeka yaitu pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student center learning*). Namun, proses pembelajaran di kelas masih terfokus pada penjelasan materi menggunakan PPT dan pelaksanaan praktikum sederhana. Lebih lanjut, guru juga mengungkapkan bahwa kegiatan praktikum seringkali tidak terlaksana karena terbatasnya sarana dan prasarana laboratorium. Adapun bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran fisika meliputi buku paket yang berasal dari pemerintah dan materi pembelajaran yang disusun oleh guru seperti PPT atau *handout*. Selain itu, bahan ajar berbasis *website* belum tersedia. Guru sering kali menyusun materi pembelajaran secara mandiri dalam bentuk *handout* sebagai alternatif bahan ajar. Namun, karena keterbatasan waktu dan sumber daya penyusunan *handout* sering kali memiliki cakupan materi yang terbatas.

Penyusunan *handout* ini dilakukan karena ketersediaan modul fisika yang memuat Kurikulum Merdeka masih sangat terbatas. Menurut guru modul fisika yang ada saat ini belum memadai dalam mengembangkan kemampuan abad 21 khususnya keterampilan proses sains peserta didik. Modul fisika tersebut cenderung hanya berfokus pada penguasaan konsep dan belum memadai dalam mengembangkan keterampilan proses sains peserta didik. Guru menyebutkan bahwa keterampilan proses sains seperti mengamati, mengklasifikasi, mengukur, dan menyimpulkan tidak dapat dikembangkan secara optimal karena keterbatasan kegiatan praktikum. Pada dasarnya keterampilan proses sains diperoleh pada kegiatan praktikum yang memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan

¹ Salah satu sekolah menengah atas negeri di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sekolah dengan visi menciptakan lingkungan belajar yang inovatif dan mendukung potensi peserta didik.

secara langsung, eksperimen, dan analisis data secara mandiri. Waktu pembelajaran yang terbatas juga mempengaruhi dalam mengembangkan keterampilan proses sains peserta didik. Mengingat pentingnya keterampilan proses sains dalam pembelajaran fisika sehingga perlu adanya pengembangan modul fisika yang tidak hanya menekankan pada pemahaman konsep tetapi juga dapat mendorong peserta didik dalam mengembangkan keterampilan proses sains.

Berdasarkan hasil wawancara terhadap guru dan peserta didik diketahui bahwa peserta didik diperbolehkan membawa dan mengakses *handphone* atau laptop selama proses pembelajaran sesuai izin guru. Hal ini menjadi peluang besar dalam mengembangkan bahan ajar berbasis teknologi yang dapat meningkatkan keterampilan proses sains. Penggunaan bahan ajar berbasis teknologi menjadi semakin penting di era digital sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan. Teknologi membuka peluang yang luas untuk mengembangkan bahan ajar yang lebih menarik, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik (Magdalena et al., 2023). Hal ini bertujuan untuk mendukung proses pembelajaran yang interaktif, menarik dan efektif. Penerapan teknologi dalam dunia pendidikan terbukti mampu memfasilitasi pengalaman belajar yang lebih mendalam dan pembelajaran yang lebih efektif (Yulianti & Ekohariani, 2020). Teknologi dapat membantu menyederhanakan konsep abstrak menjadi lebih konkret, memberikan pembelajaran yang lebih luas, serta memfasilitasi evaluasi pembelajaran secara real-time.

Mengingat kegiatan praktikum yang seringkali tidak terlaksana serta waktu pembelajaran yang terbatas, e-modul menjadi salah satu bahan ajar digital yang dapat dikembangkan. E-modul memiliki keunggulan seperti *self-instructional*, *self-contained*, *stand alone*, adaptif dan *user friendly* sehingga memungkinkan peserta didik belajar mandiri tanpa pendampingan dari seorang guru (Kependidikan, 2008). Penggunaan e-modul dapat membantu peserta didik dalam mempersiapkan materi yang akan diajarkan dan memperkaya informasi belajar. E-modul juga berfungsi sebagai bahan ajar interaktif. Teknologi memungkinkan e-modul menghadirkan materi pembelajaran yang dikemas

dengan fitur menarik seperti teks, gambar, video pembelajaran, animasi, hingga eksperimen virtual. Fitur-fitur tersebut dapat memudahkan peserta didik dalam memahami konsep materi yang sulit atau abstrak dengan cara visual dan kontekstual. Sehingga, pembelajaran berbasis teknologi diharapkan membantu proses pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, serta dapat meningkatkan kualitas pembelajaran (Priatna et al., 2017).

Upaya meningkatkan pemahaman terhadap materi termodinamika dan keterampilan proses sains peserta didik dapat dilakukan dengan menerapkan metode pembelajaran yang tepat. Salah satu metode pembelajaran yang efektif adalah pembelajaran berbasis pendekatan saintifik. Pendekatan saintifik membantu peserta didik dalam memahami konsep yang rumit dan abstrak jika disertai dengan contoh yang konkret (Arumsari et al., 2016). Pendekatan saintifik dirancang dengan melibatkan langkah-langkah ilmiah seperti mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Kelebihan dari penerapan pendekatan saintifik yaitu pembelajaran berpusat pada peserta didik untuk memudahkan menentukan konsep dalam menyelesaikan suatu permasalahan yang sistematis sesuai kemampuan masing-masing, melibatkan keterampilan proses sains dalam mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip, melibatkan proses-proses kognitif yang potensial dalam merangsang perkembangan intelektual, khususnya berpikir tingkat tinggi peserta didik serta dapat mengembangkan karakter peserta didik. Febriana (2016) menyatakan bahwa metode pembelajaran berbasis pendekatan saintifik dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Pengembangan e-modul berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika merupakan upaya yang dilakukan dalam mengatasi permasalahan tersebut. Materi termodinamika dipilih karena memuat konsep-konsep abstrak sehingga dinilai sulit dipahami oleh peserta didik jika diajarkan melalui metode ceramah atau hafalan.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikaji di atas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan E-modul Fisika Berbasis Pendekatan Saintifik Pada Materi Termodinamika untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Perlunya inovasi pembelajaran yang relevan dengan perkembangan teknologi untuk membantu peserta didik dalam mengembangkan keterampilan abad-21 serta mendorong guru berperan sebagai inovator dalam pembelajaran.
2. Rendahnya tingkat keterampilan proses sains (KPS) peserta didik SMA di Daerah Istimewa Yogyakarta terutama di Kabupaten Bantul yang disebabkan oleh kurangnya keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.
3. Kesulitan peserta didik dalam memahami materi termodinamika yang kompleks dan abstrak yang menyebabkan rendahnya pemahaman konsep sehingga diperlukan metode pembelajaran yang inovatif.
4. Kegiatan praktikum sering kali tidak terlaksana karena terbatasnya sarana dan prasarana di laboratorium.
5. Modul fisika yang ada belum mendukung pengembangan keterampilan proses sains dan bahan ajar berbasis *website* belum tersedia.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, penelitian pengembangan ini dibatasi pada:

1. Rendahnya tingkat keterampilan proses (KPS) peserta didik di Kabupaten Bantul yang disebabkan oleh kurangnya keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.
2. Kesulitan peserta didik dalam memahami materi termodinamika yang kompleks dan abstrak sehingga diperlukan metode pembelajaran yang inovatif.
3. Modul fisika yang tersedia belum mendukung pengembangan aspek keterampilan peserta didik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana kualitas e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka?
2. Bagaimana respon peserta didik terhadap e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka?
3. Bagaimana e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka dapat meningkatkan keterampilan proses sains?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pengembangan ini antara lain:

1. Mengetahui kualitas e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka.
2. Mengetahui respon peserta didik terhadap pengembangan e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka.
3. Mengetahui e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka dapat meningkatkan keterampilan proses sains.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Penelitian pengembangan ini menghasilkan produk berupa e-modul fisika dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Modul berbentuk media digital berbasis pendekatan saintifik sebagai implementasi Kurikulum Merdeka dengan materi termodinamika untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik.

2. E-modul fisika berbasis Pendekatan Saintifik sebagai bahan ajar dan sumber belajar alternatif bagi guru dan peserta didik kelas XI SMA/MA terbagi menjadi 3 komponen yaitu:

a. Komponen Pendahuluan

Komponen pendahuluan terdiri dari halaman sampul (cover), kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan modul, pendahuluan, dan peta konsep.

b. Komponen Pembahasan

Komponen pembahasan yang berisi pokok bahasan materi termodinamika yang disertai kegiatan belajar berbasis pendekatan saintifik. Langkah-langkah kegiatan belajar antara lain:

- 1) Mengamati pada kegiatan “Ayo Amati”, pada tahap ini disajikan fenomena untuk melatih peserta didik menemukan suatu konsep fisika melalui kegiatan yang bersentuhan langsung dengan lingkungan sekitar.
- 2) Menanya pada kegiatan “Mari Bertanya”, pada tahap ini disajikan beberapa fenomena kemudian peserta didik dibentuk menjadi beberapa kelompok setelah itu menuliskan pertanyaan berdasarkan fenomena tersebut. Selanjutnya antar kelompok bertukar pertanyaan dan mendiskusikan jawaban sesuai pengetahuan.
- 3) Mengumpulkan informasi pada kegiatan “Mari Mencoba”, pada tahap ini disajikan beberapa pertanyaan terkait materi dengan tujuan melatih peserta didik memperoleh informasi serta dapat menghubungkan materi dengan fenomena yang sedang dipelajari.
- 4) Mengasosiasi dan mengkomunikasikan pada kegiatan “Eksperimen”, pada tahap ini disajikan kegiatan praktikum baik secara konvensional maupun menggunakan aplikasi seperti Phet Simulation dengan tujuan peserta didik dapat memperluas serta memperdalam informasi dari berbagai sumber.

c. **Komponen Penutup**

Komponen penutup terdiri dari rangkuman, glosarium, daftar pustaka dan riwayat penulis.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian pengembangan e-modul fisika ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang pendidikan, di antaranya:

- 1) Bagi Peserta didik: sebagai sumber belajar mandiri untuk menambah pengetahuan serta informasi tentang materi fisika.
- 2) Bagi Guru: sebagai bahan ajar alternatif penunjang kegiatan belajar dan mengajar di kelas.
- 3) Bagi Sekolah: sebagai acuan kebijakan dalam menyediakan bahan ajar yang berupa media digital sesuai dengan Kurikulum Merdeka sehingga tujuan pendidikan pada abad 21 dapat tercapai.
- 4) Bagi Penulis: sebagai penambah wawasan dan pengalaman dalam pembuatan e-modul.

H. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang menghasilkan produk berupa e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika untuk memfasilitasi keterampilan proses sains kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka. Penelitian pengembangan ini menggunakan model 4-D oleh Thiagarajan Sivasailam dengan beberapa langkah antara lain pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), dan pengembangan (*develop*). Tahap penyebarluasan (*disseminate*) tidak dilakukan karena keterbatasan waktu yang lebih lama.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kualitas e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka yang dikembangkan memperoleh kriteria Sangat Baik (SB) dengan skor rata-rata oleh ahli materi sebesar 3,6; ahli media sebesar 3,5; dan guru fisika sebesar 3,8.
2. Respon peserta didik terhadap e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata 0,97 dengan kriteria Setuju (S) sebagai bahan ajar dan sumber belajar alternatif.
3. E-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka dapat meningkatkan keterampilan proses sains ditunjukkan dengan hasil uji coba luas yang memperoleh rata-rata skor N-Gain sebesar 0,40 pada kriteria sedang.

B. Saran

Saran yang didapatkan dalam penelitian pengembangan e-modul fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi termodinamika untuk meningkatkan keterampilan proses sains kelas XI SMA/MA Kurikulum Merdeka sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat berlanjut pada tahap penyebaran (*disseminate*) untuk mengetahui pengaruh e-modul fisika yang dikembangkan secara luas.
2. Penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan lagi untuk keterampilan proses sains secara lengkap baik kemampuan dasar (*basic skill*) dan kemampuan terintegrasi (*integrated skill*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. (2016). Buku Fisika Dasar I. *Institut Teknologi Bandung*, 1–50.
- Arumsari, Lusiana Tiara, Rosilawati, Ila, & Kadaritna, Nina. (2016). Pengembangan Instrumen Asesmen Keterampilan Proses Sains Pada Materi Teori Tumbukan. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 5(1).
- Asri, Arina Sukma Tanjung, & Dwiningsih, Kusumawati. (2022). Validitas e-modul interaktif sebagai media pembelajaran untuk melatih kecerdasan visual spasial pada materi ikatan kovalen. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(2), 465–473.
- Azwar, Saifuddin. (2019). *Reliabilitas dan validitas*.
- Bimo, Osa Ario. (n.d.). *Pengaruh E-Modul Berbasis Pendekatan Saintifik terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik pada Konsep Kalor dan Perpindahan Kalor*. Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Daryanto, Drs. (2014). Pendekatan pembelajaran saintifik Kurikulum 2013. *Yogyakarta: Gava Media*.
- Depdiknas, Dirjen Dikdasnas. (2008). *Teknik Penyusunan Modul*. Jakarta.
- Faizah, Atina Nur, Kurniawan, Eko Setyadi, & Nurhidayati, Nurhidayati. (2014). Pengembangan Handout Fisika Berbasis Guided Note Taking Guna Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Kelas X Di SMA Negeri 3 Purworejo Tahun Pelajaran 2013/2014. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 5(2), 53–57.
- Febriana, Yuliani. (2016). Penerapan Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Keterampilan Sains di Kelas IV SD. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(1), 142–155.
- Giancoli, D. (2014). Fisika Jilid 1: Prinsip dan Aplikasi. *Penerbit Erlangga, Edisi Ke-7*.
- Giancoli, Douglas C. (2001). Fisika edisi kelima jilid 1. *Jakarta: Erlangga*.
- Giancoli, Douglas C. (2005). *Physics: principles with applications* (Vol. 1). Pearson Educación.

- Hafid, H. Abd. (2011). Sumber dan Media Pembelajaran. *Jurnal Sulesana*, 6(2), 69–78. Retrieved from journal.uin-alaudidin.ac.id
- Halliday, David, Resnick, Robert, & Krane, Kenneth S. (2010). *Physics, Volume 2*. John Wiley & Sons.
- Hamidah, Mutia, Kurniasih, & Darmayanti, Mela. (2022). Pengembangan Modul Ipas Untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Bencana Berbasis Model Learning Cycle Pada Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(4), 1230–1246. <https://doi.org/10.31949/jcp.v8i4.2976>
- Ismail, Suhardi Aldi. (2023). Keterampilan Proses Sains Panduan Praktis Untuk Melatih Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi. In *Eureka Media Aksara, Maret 2023 Anggota Ikapi Jawa Tengah No. 225/Jte/2021* (Vol. 6).
- Kependidikan, Direktur Tenaga, 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*.
- Kurnia, Pipin. (2023). *PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK PADA MATERI PENGUKURAN DALAM KERJA ILMIAH UNTUK PESERTA DIDIK KELAS X MAN 2 YOGYAKARTA*. UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA.
- Lubis, Maria Ulfa, Siagian, Fitri Alkomariah, Zega, Zaidan, Nuhdin, Nuhdin, & Nasution, Abdul Fattah. (2023). Pengembangan Kurikulum Merdeka Sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan Abad 21 Dalam Pendidikan. *ANTHOR: Education and Learning Journal*, 2(5), 691–695. <https://doi.org/10.31004/anthor.v1i5.222>
- Magdalena, Ina, Karomah, Lutfinurul, & Jannah, Rahma Izzatul. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Berbasis Teknologi Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Sd. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 2(1), 101–112.
- Mawandi, Sholeh, Prihatiningtyas, Suci, & Pertiwi, Novia Ayu Sekar. (2018). Keefektifan pendekatan saintifik berbasis scaffolding terhadap kerja ilmiah siswa Kelas XI pada materi alat optik. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan*

- Fisika*, 5(2), 95. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v5i2.10926>
- McCollum, Kimberly. (2009). A scientific approach to teaching. Tersedia Di: [Http://Kamccollum. Wordpress. Com/2009/08/01/a-Scientific-Approach-to-Teaching/](http://kamccollum.wordpress.com/2009/08/01/a-Scientific-Approach-to-Teaching/)(Diakses Tanggal Tanggal 1 September 2014).
- Moran, Michael J., & Shapiro, Howard N. (2004). *Termodinamika Teknik, jilid 1 dan 2, alih bahasa Yulianto Sulistiyo M. Sc. Ph. D*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mulyasa, D. R. H. E. (2020). *Praktik penelitian tindakan kelas*.
- Mulyatiningsih, Endang. (2011). *Riset Terapan: Bidang Pendidikan & Teknik*.
- Mundilarto, Mundilarto. (2010). Penilaian hasil belajar fisika. *Yogyakarta: Pusat Pengembangan Instruksional Sains FMIPA UNY*.
- Prastowo, A. (2011). *Pengembangan bahan ajar inovatif*. Jakarta: Diva Press.
- Pratama, Hutomo Eri, & Supardi, Supardi. (2023). Keterampilan Proses Sains Siswa Jurusan IPA Beberapa SMA Di Yogyakarta. *PANDITA : Interdisciplinary Journal of Public Affairs*, 6(1), 70–78. <https://doi.org/10.61332/ijpa.v6i1.74>
- Priatna, I. Komang, Putrama, I. Made, & Divayana, Dewa Gede Hendra. (2017). Pengembangan E-Modul Berbasis Model Pembelajaran Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Videografi untuk Siswa Kelas X Desain Komunikasi Visual di SMK Negeri 1 Sukasada. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 6(1), 70. <https://doi.org/10.23887/janapati.v6i1.9931>
- Prihadi, Bambang. (n.d.). *Penerapan langkah-langkah pembelajaran dengan pendekatan saintifik dalam kurikulum 2013*.
- Purwanto, Aristo Rahadi, & Lasmono, Suharto. (2007). Pengembangan Modul. *Jakarta: Depdiknas*.
- Purwanto, M. N. (2000). *Prinsip-prinsip dan teknik evaluasi pengajaran*. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=igMRAAAACAAJ>
- Purwono, Urip. (2008). Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran. *Badan Nasional Standart Pendidikan (BNSP). Jakarta*.
- Rahdiyanta, Dwi. (2016). Teknik Penyusunan Modul Pembelajaran. *Academia*, 1–14.

- Siregar, Saidah Hasnun, Asmaidah, Seri, & Siagian, Mutiara. (2021). Analisis Faktor Penyebab Kesulitan Belajar Peserta Didik Pada Materi Termodinamika. *JURNAL PhysEdu (PHYSICS EDUCATION)*, 3(2), 22.
- Sugiyono, Prof. (2011). Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. *Alfabeta, Bandung*, 62, 70.
- Sumaji. (1998). *Pendidikan Sains yang Humanistik*. Universitas Sanata Dharma.
- Thiagarajan, Sivasailam. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*.
- Widoyoko, Eko Putro. (2012). *Teknik penyusunan instrumen penelitian*.
- Winarti. (2011). Pembangunan Karakter dalam Pembelajaran Sains melalui Metode Ilmiah. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 8(1), 371–374.
- Yulianingsih, E. R. D. (2013). Analisis Profil Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas Analysis Science Process Skills Profile of Grade Xi Students. *Jurnal Prodi Pendidikan Biologi*, 7(2), 136–146.
- Yulianti, Ari, & Ekohariani. (2020). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Game Edukasi Menggunakan Aplikasi Construct 2 Pada Mata Pelajaran Komputer Dan Jaringan Dasar. *IT-Edu : Jurnal Information Technology and Education*, 5(1), 527–533. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/it-edu/article/view/38272>
- Zahro, Eska Khikmatuz. (2022). *PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA/MA PADA MATERI GELOMBANG BUNYI*. UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA.