PENGEMBANGAN E-LKPD SUHU DAN KALOR BERBASIS MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI *PhET* UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK

SKRIPSI

Untuk memenuhi Sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1



Oleh:

Philosofi Setia Bumi

22104050029

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

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-2789/Un.02/DT/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN E-LKPD SUHU DAN KALOR BERBASIS MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI *PhET* UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : PHILOSOFI SETIA BUMI
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050029
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
Puspa Rohma, M.Pd.
SIGNED

Penguji I
Nina Norwulandari, M.Pd
SIGNED

Penguji II
Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
SIGNED

Yogyakarta, 13 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Philosofi Setia Bumi

NIM : 22104050029

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-LKPD Suhu dan Kalor Berbasis Model *Problem Based Learning* Berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik" 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, 05 Agustus 2026

Yang Menyatakan,

Philosofi Setia Bumi

NIM. 22104050029

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

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 : Philosofi Setia Bumi
NIM : 22104050029
Judul Skripsi : "Pengembangan E-LKPD Suhu dan Kalor Berbasis Model *Problem Based Learning* Berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik"

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, 05 Agustus 2026
Pembimbing

Puspo Rohmi, M.Pd
NIP. 19910303 201903 2 02

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

"Selama masih memiliki kesempatan dan kemampuan untuk berusaha, lakukanlah dengan sungguh-sungguh. Jangan menjadikan orang lain sebagai tempat bergantung untuk setiap kesulitan yang dihadapi. Karena proses berjuang sendiri akan mengajarkan ketangguhan, kedewasaan, dan rasa percaya diri yang tidak dapat diperoleh dari jalan yang mudah."

(penulis)

"Untuk mencapai apa yang kamu inginkan, kamu harus terus mengejar dan berjuang!"

(Chanyeol)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahi Rabbil Aalamin, puji syukur kepada Allah SWT. Terima kasih atas karunia-Mu yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri yang telah berjuang, bertahan, dan berusaha hingga sampai pada tahap ini. Terima kasih atas kerja keras, kesabaran, dan keteguhan selama proses penyusunan skripsi. Semoga tetap diberikan kekuatan untuk terus berdoa, berusaha, dan tidak mudah menyerah dalam menghadapi setiap langkah kehidupan di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya saya persembahkan kepada Ibu Puspo Rohmi, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, memberikan masukan, serta mendampingi proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala ilmu, motivasi, dan semangat yang selalu diberikan. Terima kasih karena telah menguatkan dan meyakinkan penulis untuk terus melangkah ketika merasa ragu dan putus asa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Skripsi ini juga saya persembahkan kepada keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat tanpa henti selama saya menempuh pendidikan. Terima kasih atas segala pengorbanan, perhatian, dan kepercayaan yang telah diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.

Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang telah membantu, mendoakan, memberikan dukungan, serta menjadi bagian dari perjalanan penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah Swt

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN INTERGRASI INTERKONESKSI KEILMUAN

Suhu dan kalor merupakan konsep fisika yang berkaitan dengan energi panas dan perubahan suhu suatu benda. Kalor dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah hingga mencapai keadaan setimbang. Perpindahan kalor tersebut dapat menyebabkan perubahan suhu benda, yang dipengaruhi oleh massa, kalor jenis, dan kapasitas kalor. Dalam kehidupan sehari-hari, konsep suhu dan kalor dapat ditemukan pada berbagai peristiwa, seperti memanaskan air, mencampurkan air panas dengan air dingin, mencairkan es batu, maupun proses pemanasan logam hingga membara. Dalam Al-Qur'an, Allah Swt. berfirman pada QS. Al-Kahfi ayat 96:

آتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ انْفُخُوا ۖ حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا
قَالَ آتُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا

Artinya: “Berilah aku potongan-potongan besi.” Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, dia berkata, “Tiuplah (api itu).” Hingga ketika besi itu telah menjadi merah seperti api, dia berkata, “Berilah aku tembaga yang mendidih agar kutuangkan ke atasnya.” (QS. Al-Kahfi: 96)

Ayat tersebut menggambarkan proses pemanasan besi hingga membara. Dalam konsep fisika, peristiwa ini menunjukkan bahwa besi menerima kalor dari api sehingga suhunya meningkat. Semakin banyak kalor yang diterima, semakin tinggi suhu besi hingga tampak merah membara. Hal ini menunjukkan bahwa konsep suhu dan kalor yang dipelajari dalam fisika dapat ditemukan dalam berbagai peristiwa yang disebutkan dalam Al-Qur’an.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim Alhamdulillahi Rabbil 'Alamin, segala puji dan syukur diucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, karunia, dan nikmat kesehatan dan kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan skripsi ini. Sholawat teriring salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi agung Muhammad SAW yang telah membawa Islam dari zaman kebodohan hingga zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Skripsi yang berjudul "Pengembangan E-LKPD Suhu dan Kalor Berbasi *Problem Based Learning* Berbatuan PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik" ini dibuat untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S-1) di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Selama proses penyusunan skripsi ini tak luput bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Iva Nandya A, M.Ed selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Puspo Rahmi, M.Pd selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta serta sebagai Dosen Pendamping Skripsi yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dan ilmunya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ari Cahya Mawardi, M.Pd. dan Ibu Nira Nur Wulandari, M.Pd., selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan saran dan masukan secara komprehensif terhadap skripsi ini.
5. Bapak Drs. Nur Untoro, M.Si., M.Pd., bapak Nur Avriyanto, M.Pd., bapak Norma Sidik Risdianto, Ph.D., bapak Ade Kurniawan, M.Si.Ph,D., dan Ibu Regita Ardia Putri, S.Pd., selaku Validator dan Penilai Produk yang memberikan segala saran, masukan, serta arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Desti Nurhayati, S.Pd., selaku guru fisika SMA Kolombo yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis selama penelitian.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

7. Peserta didik kelas XI SMA Kolombo yang telah berpartisipasi dan bekerja sama dengan baik selama proses uji coba produk dan pengambilan data penelitian.
8. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan banyak ilmu serta pengalamannya kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Fisika 2022 yang sudah bekerja keras dan berusaha untuk memperoleh gelar sarjana ini.
10. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis dapat menjadi amal kebaikan untuk semua pihak di atas dan mendapat balasan kebaikan pula dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih belum sempurna, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya.

Yogyakarta, 3 Agustus 2026

Penulis



Philosofi Setia Bumi

22104050029

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGEMBANGAN E-LKPD SUHU DAN KALOR BERBASIS MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI *PhET* UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK

PHILOSOFI SETIA BUMI

22104050029

INTI SARI

Perkembangan teknologi memberikan peluang untuk menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif dan bermakna. Namun, berdasarkan hasil observasi di SMA Kolombo, pemanfaatan fasilitas teknologi dalam pembelajaran fisika belum optimal dan peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep suhu dan kalor. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD suhu dan kalor berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET, mengetahui kualitas produk, respons peserta didik, serta perubahan pemahaman konsep peserta didik setelah menggunakan E-LKPD.

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation,* dan *evaluation*. Produk yang dikembangkan berupa E-LKPD suhu dan kalor berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET yang dilengkapi aktivitas berbasis PBL, materi, simulasi PhET pada kegiatan penyelidikan, latihan soal, *games*, refleksi, dan evaluasi. Untuk mengetahui perubahan pemahaman konsep, digunakan desain *one-group pretest-posttest* pada 27 peserta didik kelas XI SMA Kolombo.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas E-LKPD memperoleh skor rata-rata 3,71 dengan kategori Sangat Baik berdasarkan penilaian ahli media, ahli materi, dan praktisi guru fisika. Respons 27 peserta didik terhadap penggunaan E-LKPD memperoleh skor rata-rata 0,94 dengan kategori Setuju. Hasil *pretest* dan *posttest* menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD, yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari 53,6 menjadi 84,5 dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,712 dalam kategori tinggi. Peningkatan tersebut diperoleh setelah peserta didik mengikuti rangkaian pembelajaran yang meliputi penyajian masalah, diskusi, penyelidikan, latihan, dan evaluasi. Dengan demikian, terdapat peningkatan pemahaman konsep peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor.

Kata kunci: E-LKPD, pemahaman konsep, PhET, *Problem Based Learning*, suhu dan kalor.

DEVELOPMENT OF A TEMPERATURE AND HEAT E-WORKSHEET BASED ON THE PROBLEM-BASED LEARNING MODEL ASSISTED BY PhET SIMULATIONS TO IMPROVE STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING

PHILOSOFI SETIA BUMI

22104050029

ABSTRACT

The development of technology provides opportunities to create more interactive and meaningful learning. However, based on observations at SMA Kolombo, the utilization of technological facilities in physics learning has not been optimal, and students still experience difficulties in understanding the concepts of temperature and heat. Therefore, this study aims to develop an E-LKPD on temperature and heat based on *Problem Based Learning* assisted by PhET simulation, determine the quality of the product, students' responses, and changes in students' conceptual understanding after using the E-LKPD.

This study employed a research and development (*Research and Development*) method using the ADDIE model, which consists of the stages of *analysis, design, development, implementation,* and *evaluation*. The developed product was an E-LKPD on temperature and heat based on *Problem Based Learning* assisted by PhET simulation, equipped with PBL-based activities, learning materials, PhET simulation in the investigation activity, exercises, games, reflection, and evaluation. To determine changes in conceptual understanding, a *one-group pretest-posttest* design was employed involving 27 eleventh-grade students at SMA Kolombo.

The results showed that the quality of the E-LKPD obtained an average score of 3.71, categorized as Very Good, based on assessments by media experts, material experts, and a physics teacher as a practitioner. The responses of 27 students to the use of the E-LKPD obtained an average score of 0.94, categorized as Agree. The *pretest* and *posttest* results showed an increase in students' conceptual understanding after participating in learning using the E-LKPD, indicated by an increase in the average score from 53.6 to 84.5, with an *N-Gain* score of 0.712, categorized as high. The increase occurred after students participated in a series of learning activities consisting of problem presentation, discussion, investigation, exercises, and evaluation. Thus, there was an increase in students' conceptual understanding after participating in learning using the E-LKPD based on *Problem Based Learning* assisted by PhET simulation on the topic of temperature and heat.

Keywords: E-LKPD, conceptual understanding, PhET, *Problem Based Learning*, temperature and heat.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI iii
HALAMAN MOTTO iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
HALAMAN INTERGRASI INTERKONESKSI KEILMUAN vi
KATA PENGANTAR vii
INTI SARI ix
ABSTRACT x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 8
C. Batasan Masalah 9
D. Rumusan Masalah 10
E. Tujuan Penelitian 10
F. Spesifikasi Produk 10
G. Manfaat Penelitian 11
H. Keterbatasan Pengembangan 11
I. Definisi Istilah 12
BAB II LANDASAN TEORI 14
A. Kajian Teori 14
B. Kajian Penelitian yang Relevan 47
C. Kerangka Berpikir 50
BAB III METODE PENELITIAN 52
A. Model Pengembangan 52

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

B. Prosedur Pengembangan 53
C. Jenis Data dan Instrumen Pengumpulan Data 60
D. Teknik Analisis Data 67
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 74
A. Hasil Penelitian 74
B. Pembahasan 94
BAB V KESIMPULAN 114
A. Kesimpulan 114
B. Saran 115
DAFTAR PUSTAKA 116
LAMPIRAN 128
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 160

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Simulasi PhET 25
Gambar 2. 2 Bagan Kerangka berpikir 51
Gambar 2. 3 Bagan Alur Penelitian Pengembangan 54
Gambar 4. 1 Halaman Tampilan Awal (Beranda) E-LKPD 78
Gambar 4. 2 Halaman Aktivitas 1 E-LKPD 80
Gambar 4. 3 Halaman Aktivitas 2 E-LKPD 81
Gambar 4. 4 Halaman Aktivitas 3 E-LKPD 82
Gambar 4. 5 Halaman Aktivitas 3 E-LKPD 84
Gambar 4. 6 Contoh jawaban pretest peserta didik 1 105
Gambar 4. 7 Contoh jawaban posttest peserta didik 1 105
Gambar 4. 8 Contoh Halaman Aktivitas 1 106
Gambar 4. 9 Contoh jawaban pretest peserta didik 2 107
Gambar 4. 10 Contoh jawaban posttest peserta didik 2 107
Gambar 4. 11 Contoh Halaman Aktivitas 2 108
Gambar 4. 12 Contoh jawaban pretest peserta didik 3 109
Gambar 4. 13 Contoh jawaban posttest peserta didik 3 109
Gambar 4. 14 Halaman Aktivitas 3 110
Gambar 4. 15 Contoh jawaban pretest peserta didik 4 110
Gambar 4. 16 Contoh jawaban posttest peserta didik 111
Gambar 4. 17 Contoh Halaman Aktivitas 4 111

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Integrasi Sintaks Problem Based Learning dalam E-LKPD 31
Table 2. 2 Perbandingan Skala dan Konversi Suhu 39
Tabel 3. 1 Kisi-kisi Lembar Validasi Instrumen 62
Tabel 3. 2 Kisi-kisi Lembar Validasi Instrumen Tes 62
Tabel 3. 3 Kisi-kisi Lembar Validasi Produk Ahli Media 63
Tabel 3. 4 Lembar Validasi Produk Ahli Materi 63
Tabel 3. 5 Kisi-kisi Lembar Penilaian Ahli Media 64
Tabel 3. 6 Kisi-kisi Lembar Penilaian Ahli Materi 65
Tabel 3. 7 Kisi-kisi Lembar Penilaian Guru Fisika 66
Tabel 3. 8 Kisi-Kisi Lembar Angket Respon Peserta Didik 67
Tabel 3. 9 Kriteria Skor Validasi Instrumen Tes 68
Tabel 3. 10 Interval V Aiken 68
Tabel 3. 11 Indikator Skor Validitas Produk 69
Tabel 3. 12 Interval V Aiken 70
Tabel 3. 13 Kriteria Skor Penilaian Produk Skala Likert 70
Tabel 3. 14 Kriteria Penilaian Produk 71
Tabel 3. 15 Ketentuan Skor Skala Guttman 72
Tabel 3. 16 Kriteria Skor Penilaian Skala Guttman 72
Tabel 3. 17 Kriteria Skor Penilaian Hake 73
Tabel 4. 1 Hasil Validasi Produk Ahli Media 87
Tabel 4. 2 Hasil Validasi Produk Ahli Materi 87
Tabel 4. 3 Hasil Penilaian Produk Ahli Media 88
Tabel 4. 4 Hasil Penilaian Kualitas Produk Ahli Materi 89
Tabel 4. 5 Hasil Penilaian Kualitas Produk Praktisi 90
Tabel 4. 6 Hasil Angket Respon Peserta Didik 92
Tabel 4. 7 Hasil Angket Uji Coba Ketrbacaan 93
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Pretest dan Posttest 93

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Lembar Validasi Instrumen 128
Lampiran 1. 2 Lembar Validasi Produk Ahli Media 131
Lampiran 1. 3 Lembar Validasi Produk Ahli Materi 134
Lampiran 1. 4 Lembar Penilaian Produk Ahli Media 138
Lampiran 1. 5 Lembar Penilaian Kualitas Produk Ahli Materi..... 141
Lampiran 1. 6 Lembar Penilaian Ahli Praktisi Guru Fisika 145
Lampiran 1. 7 Lembar Respon Peserta Didik 148
Lampiran 1. 8 Lembar Angket Uji Keterbacaan E-LKPD 150
Lampiran 1. 9 Lembar Soal Pretest dan Posttest..... 152
Lampiran 1. 10 Hasil Analisa Data Validasi Produk Ahli Media 154
Lampiran 1. 11 Hasil Analisa Data Produk Ahli Materi 154
Lampiran 1. 12 Hasil Analisa Penilaian Produk Ahli Media 155
Lampiran 1. 13 Hasil Analisa Penilaian Produk Ahli Materi 155
Lampiran 1. 14 Hasil Analisa Penilaian Produk Praktisi Guru Fisika..... 156
Lampiran 1. 15 Hasil Analisa Lembar Angket Respon Peserta Didik 156
Lampiran 1. 16 Hasil Analisa Peningkatan Pemahaman Konsep 157
Lampiran 1. 17 Hasil Analisa Validasi Instrumen Tes..... 157
Lampiran 1. 18 Hasil Analisa Validasi Empiris Butir Soal, Daya Beda Butir Soal, Tingkat Kesukaran, dan Reabilitas..... 158
Lampiran 1. 19 Dokumentasi Penelitian..... 159

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Revolusi industri 4.0 ditandai dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang berlangsung sangat pesat. Perkembangan tersebut memberikan dampak yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk kemudahan dan inovasi yang dihasilkan melalui pemanfaatan teknologi digital. Perkembangan teknologi ini juga berdampak pada bidang pendidikan, di mana proses pembelajaran dituntut untuk mengikuti perkembangan zaman serta memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi sebagai sarana pendukung pembelajaran yang efektif (Putriani & Hudaidah, 2021). Pembelajaran di era revolusi industri 4.0 menuntut peserta didik untuk memiliki keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif (Widyawati et al., 2021).

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era saat ini telah memberikan peluang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah (Jusman & Usman, 2025). Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran memungkinkan terjadinya proses belajar yang lebih interaktif, efektif, dan efisien (Tegar et al., 2025). Selain itu, pemerintah terus melakukan berbagai upaya untuk menyesuaikan sistem pendidikan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pembelajaran di era digital. Dalam hal ini, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah menempatkan digitalisasi pendidikan sebagai salah satu landasan penting dalam transformasi pembelajaran. Kebijakan tersebut menekankan pada pemanfaatan teknologi yang bermakna, interaktif, dan merata di satuan pendidikan (Kemendikdasmen, 2025). Upaya tersebut bertujuan untuk mewujudkan Pendidikan 4.0 yang selaras dengan perkembangan industri dan kemajuan teknologi (Wijayanti & Siskawati, 2021).

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di SMA Kolombo, diketahui bahwa sekolah ini telah memiliki sarana teknologi pendukung pembelajaran yang cukup memadai, seperti perangkat digital dan akses internet yang dapat digunakan dalam kegiatan belajar mengajar. Ketersediaan fasilitas tersebut memiliki potensi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih interaktif serta membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Namun, dalam pelaksanaannya pemanfaatan fasilitas teknologi tersebut belum dilakukan secara optimal sehingga penggunaan teknologi dalam pembelajaran fisika masih belum dimaksimalkan sesuai dengan potensi yang tersedia. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara ketersediaan fasilitas teknologi dengan pemanfaatannya dalam proses pembelajaran fisika.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di SMA Kolombo, ditemukan juga bahwa pembelajaran fisika di sekolah masih didominasi oleh penyampaian materi secara langsung dengan penggunaan media pembelajaran yang cenderung bersifat sederhana, seperti papan tulis dan buku cetak. Selain itu, penggunaan bahan ajar pendukung berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) belum diterapkan secara konsisten, sehingga peserta didik belum memiliki panduan belajar yang terstruktur untuk membantu mereka memahami konsep secara mandiri. Pemanfaatan teknologi pembelajaran juga belum digunakan secara optimal dalam menunjang kegiatan belajar, sehingga proses pembelajaran belum sepenuhnya mendorong keterlibatan aktif peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif bahan ajar yang mudah digunakan, relevan dengan kebutuhan pembelajaran, serta mampu mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran fisika. Salah satu solusi yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LKPD), yang dapat berfungsi sebagai panduan kegiatan belajar sekaligus sarana pemanfaatan teknologi pembelajaran secara lebih terarah

E-LKPD merupakan lembar kerja berisi tugas atau soal yang disusun sesuai dengan kompetensi dasar dan dapat dikerjakan oleh peserta didik melalui perangkat elektronik, seperti *smartphone*, laptop, atau komputer yang terhubung dengan jaringan internet (Masruhah et al., 2022). E-LKPD memungkinkan materi pembelajaran disajikan dalam beragam bentuk, antara lain video, gambar, animasi, serta simulasi, sehingga informasi dapat disampaikan dengan lebih variatif dan mudah dipahami peserta (Anggraini et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh Apriliyani & Mulyatna (2021). menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

memberikan kemudahan bagi pendidik dan peserta didik karena dapat diakses dan digunakan kapan saja serta di mana saja. E-LKPD dimanfaatkan sebagai panduan kegiatan pembelajaran yang membantu peserta didik dalam mengikuti setiap tahapan aktivitas belajar secara terarah. Penggunaan E-LKPD ini menjadi salah satu bentuk inovasi dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran, sehingga peserta didik memiliki acuan yang jelas dan mudah diakses selama kegiatan pembelajaran berlangsung.

Tujuan mata pembelajaran fisika sendiri antara lain agar peserta didik mampu menganalisis konsep, prinsip, dan hukum-hukum fisika, menerapkan kemampuan metakognisi dalam menjelaskan fenomena alam serta menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, dan mampu menciptakan produk sederhana yang berkaitan dengan penerapan konsep fisika (Kemendikbud, 2016). Tujuan tersebut menuntut proses pembelajaran yang memberi ruang bagi peserta didik untuk aktif berpikir, memahami konsep secara mendalam, dan terlibat langsung dalam proses pembelajaran. Pemahaman konsep fisika memiliki peran yang penting dalam proses pembelajaran karena membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir secara lebih terstruktur, meningkatkan kemampuan dalam menganalisis konsep dan teori fisika, serta mengurangi terjadinya kesalahan pemahaman konsep. Dengan pemahaman konsep yang baik, peserta didik dapat mencapai hasil belajar fisika yang lebih optimal, terutama pada materi yang bersifat kompleks (Putri & Perdana, 2023).

Pada kenyataannya, kemampuan pemahaman konsep peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini ditunjukkan oleh hasil riset *Programme for International Student Assessment* (PISA) yang dilakukan terhadap peserta didik berusia 15 tahun. Pada survei PISA tahun 2022, Indonesia menempati peringkat 66 dari 81 negara dengan skor rata-rata 366, yang masih berada jauh di bawah rata-rata skor OECD sebesar 472. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan pemahaman konsep peserta didik Indonesia, yang diukur melalui soal berstandar internasional masih perlu ditingkatkan (OECD, 2023). Aspek yang dinilai dalam PISA adalah kemampuan pemahaman konsep, kemampuan pemecahan masalah,

kemampuan penalaran, kemampuan koneksi, kemampuan komunikasi serta kemampuan representasi (Darwani et al., 2023).

Selain itu, hasil studi literatur pada beberapa penelitian terkait pemahaman konsep pada materi suhu dan kalor menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor secara umum masih tergolong dalam kategori rendah di beberapa sampel penelitian yang dikaji. Penelitian yang dilakukan oleh Iswanto et al. (2022) menunjukkan bahwa kemampuan pemahaman konsep fisika peserta didik pada materi suhu dan kalor, yang diukur menggunakan tes pilihan ganda beralasan, berada pada kategori sangat rendah dengan nilai rata-rata sebesar 13,06. Penelitian lain yang dilakukan oleh Risqa et al. (2021) menunjukkan bahwa persentase pemahaman konsep peserta didik secara keseluruhan sebesar 54,76%. Persentase pemahaman konsep pada setiap butir soal masih bervariasi, yaitu 38,09% pada butir pertama, 66,67% pada butir kedua, 63,09% pada butir ketiga, 50% pada butir keempat, dan 58,33% pada butir kelima. Hasil ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik kelas XI IPA SMA/MA pada materi suhu dan kalor masih berada pada kategori rendah. Selanjutnya, Zayyinah et al. (2018) mengemukakan bahwa berdasarkan hasil tes, persentase peserta didik yang paham konsep hanya sebesar 15,33%, sedangkan peserta didik yang tidak paham konsep sebesar 30,67% dan yang mengalami miskonsepsi sebesar 54,00%. Tingginya persentase miskonsepsi, terutama pada subkonsep suhu dan kalor yang mencapai 57%, menunjukkan bahwa pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor masih tergolong rendah.

Sejalan dengan hasil penelitian tersebut, berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti dengan guru fisika di SMA Kolombo serta telaah terhadap data hasil belajar yang ditunjukkan oleh guru, diketahui bahwa pemahaman konsep peserta didik kelas XI pada materi suhu dan kalor masih perlu ditingkatkan. Hal ini terlihat dari hasil belajar peserta didik, di mana sekitar 55% peserta didik belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan pada materi tersebut. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara, guru fisika menyampaikan bahwa peserta didik cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsep yang melandasinya. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik

mengalami kesulitan ketika harus menerapkan konsep fisika dalam penyelesaian masalah. Guru juga menjelaskan bahwa model pembelajaran telah direncanakan sesuai dengan sintaks yang ada, namun pelaksanaannya belum dapat berjalan secara optimal. Proses pembelajaran fisika yang diterapkan di kelas, sebagaimana disampaikan oleh guru masih didominasi oleh penyampaian materi atau pengarahan awal melalui metode ceramah. Hal ini dipengaruhi oleh keterbatasan waktu serta pengelolaan waktu pembelajaran di kelas yang belum maksimal, sehingga tahapan pembelajaran yang dirancang tidak dapat dilaksanakan secara menyeluruh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang digunakan saat ini belum sepenuhnya mendukung keterlaksanaan tahapan pembelajaran fisika secara optimal. Hal ini menjadi dasar perlunya dilakukan penelitian pengembangan perangkat pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi fisika.

Model pembelajaran yang digunakan dalam bahan ajar memiliki peran penting dalam membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih mendalam. Salah satu model yang dapat diintegrasikan ke dalam bahan ajar adalah *Problem Based Learning* (PBL), yaitu model pembelajaran yang menempatkan permasalahan kontekstual sebagai titik awal kegiatan belajar. Integrasi PBL ke dalam LKPD memungkinkan peserta didik tidak hanya menerima materi secara pasif, tetapi diarahkan untuk aktif mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, dan menarik kesimpulan melalui tahapan pembelajaran yang terstruktur (Samadun & Dwikoranto, 2022). Penggunaan LKPD yang dirancang berdasarkan sintaks PBL memberikan panduan yang jelas bagi peserta didik dalam menjalani setiap tahap pembelajaran, mulai dari orientasi pada masalah, pengumpulan dan pengolahan informasi, hingga analisis dan evaluasi hasil pemecahan masalah (Arends, 2008). Dengan adanya LKPD berbasis PBL, kegiatan pembelajaran menjadi lebih terarah karena peserta didik memiliki acuan langkah kerja yang sistematis. Hal ini penting untuk mengatasi kondisi pembelajaran fisika yang selama ini masih didominasi oleh penyampaian materi serta keterbatasan waktu yang menyebabkan tahapan pembelajaran tidak terlaksana secara menyeluruh.

Hasil penelitian oleh Yulianti & Gunawan (2019) dan Saifiyaturrahmah et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis PBL dapat

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dan membantu pemahaman konsep secara lebih mendalam, karena peserta didik dilatih untuk mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan nyata serta melakukan proses berpikir tingkat tinggi melalui aktivitas pemecahan masalah. Selain itu, LKPD berbasis PBL juga berperan sebagai alat bantu guru dalam mengelola pembelajaran agar tetap berjalan sesuai dengan sintaks yang dirancang, sehingga proses pembelajaran tidak hanya berfokus pada penyampaian materi, tetapi juga pada aktivitas belajar peserta didik. Dengan demikian, pengembangan E-LKPD berbasis PBL menjadi relevan untuk dilakukan sebagai upaya menyediakan perangkat pembelajaran yang mampu mengarahkan peserta didik melalui tahapan pembelajaran secara lebih sistematis dan bermakna. E-LKPD tidak hanya berfungsi sebagai bahan ajar digital, tetapi juga sebagai panduan aktivitas belajar yang mengintegrasikan sintaks PBL secara utuh, sehingga mendukung pemahaman konsep fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor (Purwati, 2023).

Penerapan model pembelajaran PBL melibatkan aktivitas penyelidikan yang mendorong peserta didik mengeksplorasi permasalahan secara sistematis untuk menemukan konsep yang dipelajari. Pada pembelajaran fisika, aktivitas penyelidikan tersebut idealnya didukung oleh kegiatan eksperimen, karena eksperimen memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengaitkan permasalahan dengan fenomena fisika secara nyata (Yahya et al., 2023). Namun, berdasarkan kondisi di SMA Kolombo, pelaksanaan eksperimen di laboratorium belum dapat berjalan optimal karena keterbatasan fasilitas praktikum dan alokasi waktu pembelajaran, khususnya pada materi suhu dan kalor yang seharusnya didukung oleh kegiatan pengukuran dan pengamatan secara langsung. Keterbatasan alat seperti termometer, kalorimeter, dan perangkat pendukung lainnya menyebabkan kegiatan praktikum pada materi tersebut belum dapat dilaksanakan secara menyeluruh, sehingga peserta didik belum memperoleh pengalaman eksperimen yang memadai untuk memahami konsep suhu dan kalor secara mendalam. Oleh sebab itu, diperlukan alternatif media pembelajaran yang mampu menggantikan fungsi eksperimen secara efektif. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan simulasi PhET (*Physics Education Technology*),

yang memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen virtual secara interaktif sehingga tahap penyelidikan dalam PBL tetap dapat dilaksanakan meskipun tanpa praktik langsung di laboratorium fisik.

Simulasi PhET merupakan media simulasi pembelajaran yang dikembangkan oleh *University of Colorado*. Simulasi ini dirancang sebagai respons terhadap perkembangan teknologi dalam pembelajaran dan dapat dimanfaatkan baik pada pembelajaran daring maupun pembelajaran tatap muka di kelas. Simulasi PhET memberikan manfaat dalam pembelajaran fisika karena mampu mengaitkan fenomena yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dengan konsep dan prinsip fisika yang dipelajari. Melalui tampilan visual dan simulasi interaktif, PhET membantu peserta didik melihat hubungan antara konsep abstrak dengan kejadian nyata, sehingga keterlibatan mereka dalam pembelajaran meningkat dan pemahaman konsep menjadi lebih baik (Djola et al., 2021). Dengan menggabungkan model pembelajaran PBL dengan simulasi PhET, proses pembelajaran fisika dapat berlangsung secara lebih optimal meskipun tanpa dukungan praktikum laboratorium secara langsung (Rianti et al., 2024). Simulasi PhET dapat dimanfaatkan sebagai sarana penyelidikan dalam PBL, di mana peserta didik tetap dapat melakukan pengamatan, percobaan virtual, serta analisis data untuk memecahkan permasalahan yang diberikan. Melalui integrasi ini, peserta didik tidak hanya terlibat aktif dalam proses pembelajaran, tetapi juga memperoleh pengalaman belajar yang mendukung pemahaman konsep fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor, secara lebih mendalam (Zulianto et al., 2025).

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dikaji, dapat disimpulkan bahwa penggunaan LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) mampu meningkatkan keterlibatan aktif dan pemahaman konsep peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD yang dirancang sesuai sintaks PBL membantu peserta didik mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan nyata serta melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui proses pemecahan masalah. Selain itu, pemanfaatan LKPD yang terintegrasi dengan media simulasi seperti PhET juga menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan pemahaman konsep, karena peserta didik dapat melakukan eksplorasi dan eksperimen secara virtual sehingga konsep

yang bersifat abstrak menjadi lebih mudah dipahami. Meskipun demikian, berdasarkan kajian yang telah dilakukan, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan E-LKPD berbasis PBL dengan bantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor masih terbatas. Padahal, materi suhu dan kalor memerlukan kegiatan penyelidikan dan eksperimen untuk membantu peserta didik memahami konsep secara mendalam, sementara pelaksanaan praktikum di laboratorium sering kali terkendala oleh keterbatasan fasilitas dan waktu. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengembangan perangkat pembelajaran yang mampu mengintegrasikan sintaks PBL secara sistematis sekaligus memfasilitasi kegiatan eksperimen melalui simulasi virtual.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian pengembangan dengan judul *"Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Berbantuan PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Suhu dan Kalor."* Dengan menggabungkan model pembelajaran PBL dan simulasi PhET yang terintegrasi dalam E-LKPD, proses pembelajaran tetap dapat memfasilitasi kegiatan penyelidikan meskipun eksperimen di laboratorium belum berjalan optimal. E-LKPD berperan sebagai panduan kegiatan belajar yang terstruktur untuk mengarahkan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah, melakukan eksperimen virtual melalui PhET, mengumpulkan serta menganalisis data, hingga menarik kesimpulan. Melalui tahapan tersebut, peserta didik dibantu untuk memahami konsep suhu dan kalor secara lebih mendalam, tidak hanya melalui penjelasan teoritis, tetapi juga melalui pengamatan dan analisis fenomena yang disimulasikan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dapat di identifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fasilitas teknologi pembelajaran di SMA Kolombo telah tersedia, namun belum dimanfaatkan secara optimal dalam pembelajaran fisika.
2. Pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor belum menggunakan bahan ajar berbasis teknologi berupa E-LKPD, sehingga peserta didik belum memiliki panduan belajar yang terstruktur.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

3. Pemahaman konsep peserta didik kelas XI pada materi suhu dan kalor masih rendah, ditandai dengan hasil belajar yang belum mencapai KKM serta kecenderungan menghafal rumus tanpa memahami konsep.
4. Proses pembelajaran fisika belum menerapkan model pembelajaran yang secara efektif mendorong keterlibatan aktif peserta didik dan meningkatkan pemahaman konsep, seperti PBL.
5. Keterbatasan fasilitas laboratorium menyebabkan kegiatan eksperimen pada materi suhu dan kalor belum dapat dilaksanakan secara optimal, sehingga diperlukan simulasi PhET sebagai alternatif kegiatan penyelidikan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan fasilitas teknologi pembelajaran yang belum optimal serta rendahnya pemahaman konsep peserta didik dalam pembelajaran fisika di SMA, khususnya pada materi suhu dan kalor. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan bahan ajar berupa E-LKPD sebagai panduan kegiatan belajar yang terstruktur dan berbasis teknologi untuk membantu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. E-LKPD yang dikembangkan berbasis model *Problem Based Learning* (PBL) yang berfungsi untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran sekaligus meningkatkan pemahaman konsep.

Selain itu, permasalahan keterbatasan fasilitas laboratorium yang menyebabkan kegiatan eksperimen pada materi suhu dan kalor belum dapat dilaksanakan secara optimal dibatasi dengan pemanfaatan simulasi PhET sebagai alternatif kegiatan penyelidikan. Simulasi PhET digunakan secara terbatas untuk mendukung pemahaman konsep peserta didik, khususnya pada submateri yang berkaitan dengan perbedaan suhu dan kalor, kalor jenis berbagai zat, serta pengaruh kalor terhadap perubahan kondisi suatu benda.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil pengembangan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET* pada materi suhu dan kalor?
2. Bagaimana kualitas E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET* yang dikembangkan?
3. Bagaimana peningkatan pemahaman konsep suhu dan kalor peserta didik setelah menggunakan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET*?
4. Bagaimana respons peserta didik terhadap penggunaan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil pengembangan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET* pada materi suhu dan kalor.
2. Untuk mengetahui kualitas E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET* yang dikembangkan ditinjau dari aspek kualitas sebagai bahan ajar.
3. Untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep suhu dan kalor peserta didik setelah menggunakan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi *PhET*.
4. Untuk mengetahui respons peserta didik terhadap penggunaan E-LKPD berbasis model PBL berbantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor.

F. Spesifikasi Produk

1. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:
2. Produk berupa E-LKPD yang dikembangkan menggunakan aplikasi Canva, *Liveworksheets, Heyzine, dan Flipbook*, serta disajikan dalam bentuk lembar kerja digital yang mudah digunakan oleh peserta didik.
3. E-LKPD dapat diakses secara online melalui perangkat digital seperti *smartphone* (Android), tablet, dan laptop yang terhubung dengan internet, serta memiliki tampilan yang responsif sesuai dengan ukuran layar perangkat.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

4. E-LKPD berbantuan simulasi PhET yang diintegrasikan melalui tautan langsung atau *QR Code* untuk memudahkan peserta didik mengakses dan melakukan kegiatan praktikum virtual.
5. Setiap bagian dalam E-LKPD disusun sesuai dengan sintaks model PBL dan dilengkapi dengan umpan balik (*feedback*) langsung terhadap jawaban peserta didik untuk membantu memahami kesalahan dan memperkuat pemahaman konsep.
6. E-LKPD dilengkapi dengan fitur-fitur pendukung pembelajaran, yaitu:
   a. Video pengantar materi
   b. Petunjuk kegiatan dan demonstrasi sederhana
   c. Kegiatan praktikum virtual menggunakan simulasi PhET
   d. Pertanyaan pemantik dan diskusi
   e. Games edukatif
   f. Kuis dan evaluasi pembelajaran
   g. Refleksi pembelajaran

G. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peserta didik, dapat membantu peserta didik memahami konsep suhu dan kalor dengan lebih baik melalui kegiatan pembelajaran yang aktif, terarah, dan berbasis pemecahan masalah.
2. Bagi guru, sebagai alternatif bahan ajar digital yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran fisika, khususnya dalam pelaksanaan praktikum virtual.
3. Bagi sekolah, menjadi solusi pembelajaran berbasis teknologi untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium fisika.
4. Bagi peneliti selanjutnya, menjadi referensi dan bahan rujukan untuk penelitian pengembangan bahan ajar digital atau pembelajaran berbasis PBL dan PhET.

H. Keterbatasan Pengembangan

Jenis penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang menghasilkan produk berupa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep suhu

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

dan kalor. Prosedur pengembangan dalam penelitian ini menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*.

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa batasan pada setiap tahapan pengembangan. Pada tahap *Implementation*, uji coba produk dilakukan secara terbatas, yaitu hanya melibatkan satu sekolah dan satu kelas, sehingga belum mencakup implementasi pada beberapa sekolah atau kelas yang lebih luas. Selanjutnya, pada tahap *Evaluation*, kegiatan evaluasi dilakukan melalui penilaian oleh dosen pembimbing dan peneliti, tanpa melibatkan evaluator eksternal dalam jumlah yang lebih besar.

I. Definisi Istilah

1. E-LKPD

   E-LKPD adalah lembar kerja peserta didik dalam bentuk digital yang berisi petunjuk kegiatan, tugas, dan evaluasi pembelajaran yang disusun secara tersusun untuk membantu peserta didik belajar secara mandiri dan terarah.

2. *PhET Simulation*

   PhET Simulation adalah simulasi pembelajaran berbasis komputer yang digunakan untuk memvisualisasikan fenomena fisika secara virtual sehingga dapat membantu peserta didik memahami konsep secara lebih jelas.

3. *Problem Based Learning*

   Problem Based Learning adalah model pembelajaran yang memulai kegiatan belajar dengan pemberian suatu masalah, kemudian peserta didik diarahkan untuk mencari solusi melalui diskusi, penyelidikan, dan pemecahan masalah.

4. Suhu dan Kalor

   Suhu adalah ukuran derajat panas atau dinginnya suatu benda yang diukur dengan termometer. Kalor adalah energi panas yang berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah.

5. Pemahaman Konsep

   Pemahaman konsep adalah kemampuan peserta didik dalam memahami konsep fisika dan menerapkannya pada situasi atau permasalahan yang relevan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

6. Peningkatan Pemahaman Konsep

Peningkatan pemahaman konsep adalah perubahan kemampuan peserta didik dalam memahami konsep suhu dan kalor yang diukur melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* setelah menggunakan E-LKPD berbasis PBL berbantuan simulasi PhET.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V
KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik kelas XI SMA Kolombo, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini menghasilkan produk berupa E-LKPD suhu dan kalor berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik yang dikembangkan menggunakan model ADDIE melalui tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Produk yang dihasilkan dilengkapi dengan video pembelajaran, simulasi PhET, materi, aktivitas berbasis PBL, latihan soal, games, refleksi, dan evaluasi untuk meningkatkan pemahaman konsep suhu dan kalor. Produk yang dikembangkan telah melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media dengan kategori sangat valid sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran fisika.
2. Kualitas E-LKPD suhu dan kalor berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi PhET yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata sebesar 3,71 dengan kategori Sangat Baik berdasarkan penilaian ahli media, ahli materi, dan praktisi guru fisika. Hasil penilaian tersebut menunjukkan bahwa kualitas E-LKPD sangat baik pada aspek kualitas isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan, kemudahan penggunaan, konsistensi, tampilan desain, penerapan model Problem Based Learning, serta dalam mendukung pemahaman konsep peserta didik pada materi suhu dan kalor.
3. Respons peserta didik terhadap E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET memperoleh skor sebesar 0,94 dengan kategori Setuju, yang menunjukkan bahwa E-LKPD mudah digunakan, praktis, serta membantu peserta didik dalam memahami materi suhu dan kalor.
4. Setelah menggunakan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan simulasi PhET, dihasilkan peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

materi suhu dan kalor. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata sebesar 31% dengan nilai N-gain sebesar 0,712 yang termasuk dalam kategori tinggi. Selain itu, seluruh indikator pemahaman konsep mengalami peningkatan, yaitu menafsirkan konsep suhu dan skala suhu sebesar 28%, menjelaskan konsep kalor, kalor jenis, dan kapasitas kalor sebesar 33%, menganalisis hasil percobaan sebesar 39%, serta menerapkan konsep Asas Black dalam pemecahan masalah sebesar 24%.

B. Saran

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyempurnaan E-LKPD. Kualitas E-LKPD memperoleh kategori sangat baik karena penyajian materi yang sistematis, bahasa yang mudah dipahami, aktivitas yang sesuai dengan sintaks *Problem Based Learning*, serta dilengkapi video dan simulasi PhET. Namun, aspek konsistensi dan tampilan desain layar memperoleh skor relatif lebih rendah dibandingkan aspek lainnya. Oleh karena itu, perlu memperhatikan konsistensi jenis dan ukuran huruf, tata letak, warna, ukuran komponen, serta penempatan elemen pada setiap halaman.

Respons peserta didik memperoleh skor rata-rata 0,94 dengan kategori setuju. Meskipun demikian, masih terdapat kendala berupa keterbatasan internet dan kuota serta kesulitan dalam mengerjakan soal penyelidikan dan evaluasi. Oleh karena itu, perlu mengoptimalkan ukuran file dan media agar lebih ringan diakses serta menyusun latihan soal secara bertahap dengan petunjuk yang lebih jelas.

Peningkatan pemahaman konsep setelah penggunaan E-LKPD juga dapat berkaitan dengan keseluruhan proses pembelajaran, termasuk pengetahuan awal, pengalaman belajar sebelumnya, kemampuan akademik, minat dan motivasi, keterlibatan peserta didik, kemampuan memahami informasi, interaksi dan diskusi, serta kondisi lingkungan belajar. Oleh karena itu, perlu memperkuat kegiatan pertanyaan pemantik, diskusi, penyelidikan, latihan, dan refleksi agar peserta didik lebih terlibat dalam proses pembelajaran.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, D. M., & Astuti, D. (2021). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis problem-based learning (PBL) pada topik sudut. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, *15*(2), 190–200. https://doi.org/10.21831/pg.v15i2.36444

Ahmar, S., & Soro, S. (2023). Effect of Using Electronic Student Worksheets in Mathematics Learning on the Reasoning Ability of 8th-Grade Junior High School Students. *Edumatica : Jurnal Pendidikan Matematika*, *13*(02), 114–125. https://doi.org/10.22437/edumatica.v13i02.26352

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman, Inc. .

Andriana, E., Fauzany, P. S. D., & Alamsyah, T. P. (2022). 21st Century Multimedia Innovation: Development of E-LKPD Based On Scientific Inquiry in Science Class. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, *3*(4), 731–736. https://doi.org/10.46843/jiecr.v3i4.242

Anggraini, M., I Wayan Distrik, I. W. D., & Abdurrahman, A. (2025). Pengembangan e-LKPD Berbasis Problem Based Learning Berbantuan Aplikasi Thunkable untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Unnes Physics Education Journal*, *14*(2), 157–168. https://doi.org/10.15294/upej.v14i2.24764

Apriliyani, S. W., & Mulyatna, F. (2021). Flipbook E-LKPD dengan pendekatan etnomatematika pada materi teorema phytagoras. *SINASIS (Seminar Nasional Sains)*, *2*(1).

Arends, R. I. (2008). *Learnng to Teach. Penerjemah Helly Prajitno*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.

Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Kontekstual Berbasis Hands On Activity dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *7*(2c), 894–900. https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2c.631

Ariyansah, D., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Phyphox Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, *12*(2), 173–181. https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.9052

Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Cahyaningtyas, C., Fatma, E., Rianto, P., Nuha, U. , W. S., & Yusmar, F. (2023). Misconception Analysis of Junior High School Students on the Material of Temperature and Heat Concepts. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*, 71–75.

Chang, R. (2010). *Chemistry* (10th ed.). McGraw-Hill.

Darwani, Hafriani, & Angkat, Y. (2023). Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Melalui Model Pembelajaran Flipped Classroom di SMP/MTS. *Educator Development Journal*, *1*(1), 51–59. https://doi.org/10.22373/edj.v1i1.2162

Depdiknas. (2004). Pedoman Umum Pengembangan Bahan Ajar Sekolah Menengah Atas. *Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Pendidikan Menengah Umum*.

Devi, P. K., Sofiraeni, R., & Khairuddin. (2009). *Pengembangan perangkat pembelajaran*. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA).

Divan, S. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Tematik Berbasis Budaya Lokal untuk Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Kajian Teori Dan Praktik Kependidikan*, *3*(1).

Djola, T. A., Abdjul, T., & Ntobuo, N. E. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan PhET Simulations terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Pemantulan dan Pembiasan Cahaya. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, *9*(1), 1–6.

Fayrus, P. :, Slamet, A., & Pd, M. (2022). *Model Penelitian Pengembangan (R&D)*.

Fernandez, R. M., Garcia-Loro, F., Alves, G. R., López-Rey, A., Meier, R., & Castro, M. (2024). New Scenarios and Trends in Nontraditional Laboratories From 2000 to 2020. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *17*, 1542–1561. https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3387280

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Fitriyah, I. M. N., & Ghofur, M. A. (2021). Pengembangan E-LKPD Berbasis Android Dengan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, *3*(5), 1957–1970. https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i5.718

Flegr, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2023). How to foster STEM learning during Covid-19 remote schooling: Combining virtual and video experiments. *Learning and Instruction*, *86*, 101778. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2023.101778

Friska, S. Y., Nanda, D. W., & Husna, M. (2022). Pengembangan e-LKPD dengan 3D Pageflip Professional Berbasis Problem Solving pada Tema Lingkungan Sahabat Kita di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, *6*(2), 3200–3206. https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.1685

Fuadah, L. F. (2021). Pengembangan LKPD elektronik (e-LKPD) berbasis problem based learning (PBL) bermuatan etnosains pada materi reaksi redoks kelas X di MAN 1 Cirebon. *Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Yogyakarta*.

Giancoli, D. C. (2014). *Physics: Principles with Applications* (7th ed.). Pearson Education, Inc.

Gischa. (2020). *Kalor: Pengaruh dan Rumusnya* . https://www.kompas.com/skola/read/2020/04/01/140000369/kalor-pengertian-pengaruh-dan-rumusnya

Graaff, E., & Kolmos, A. (2003). Characteristics of Problem-Based Learning. *Nternational Journal of Engineering Education.*, *19*, 657–662.

Gultom, T. Y., Triwiyono, T., & Budiarti, I. S. (2025). Pengembangan E-LKPD BerbasisProblem Based Learning untuk Meningkatkan KemampuanPemecahan Masalah Siswa Kelas XI. *Papua Journal of Physics Education*, *5*(1). https://doi.org/10.31957/pjpe.v5i1.4672

Gumantan, A., & Mahfud, I. (2020). Pengembangan Alat Tes Pengukuran Kelincahan Mengunakan Sensor Infrared. *Jendela Olahraga*, *5*(2), 52–61. https://doi.org/10.26877/jo.v5i2.6165

Hadi, S., & Umi, K. M. (2015). Pemahaman Konsep Matematika Siswa SMP Melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Memeriksa Berpasangan (Pair

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Checks). *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, *3*(1). https://doi.org/10.20527/edumat.v3i1.630

Hajati, K., Lutfin, N. A., & Rahmadi, F. (2025). Pengembangan E-LKPD Flipbook Berbasis Virtual Laboratory PhET Guna Meningkatkan Minat Belajar Fisika. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, *9*(2), 110–122. https://doi.org/10.30599/jipfri.v9i2.4808

Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. AREA-D American Education Research Association's Devision.D, Measurement and Reasearch Methodology.

Hanifah, G. 'Ufairoh, P. A. , A. D. , U. P. , & H. R. W. D. (2019). *Tahap Implementasi Program Pelatihan Menggunakan Model ADDIE*.

Hermansyah, H., Gunawan, G., & Herayanti, L. (2017). Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Getaran dan Gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, *1*(2), 97–102. https://doi.org/10.29303/jpft.v1i2.242

Huang, K., & Wang, T.-P. (2012). Applying problem-based learning (PBL) in University English translation classes. *The Journal of International Management Studies*, *7*(1), 121–127.

Iswanto, I. H., Wulandari, A. Y. R., Putera, D. B. R. A., Sutarja, M. C., & Huzairi, H. (2022). Identifikasi pemahaman konsep siswa pada materi suhu dan kalor di MTS Agung Mulia. *Natural Science Education Research*, *5*(2), 129–137.

Iswara, G. P. S. (2016). *Metode Pendidikan dan Pelatihan (DIKLAT)*. 1–23.

Jasperina, J., & Suryelita, S. (2019). Pengembangan LKPD berbasis Problem Based Learning Pada Materi Alkanal dan Alkanon untuk Kelas XII SMA/MA. *Edukimia*, *1*(3), 112–117. https://doi.org/10.24036/ekj.v1.i3.a62

Jusman, J., & Usman, A. (2025). Peran Teknologi Pendidikan dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Era Digital: Sebuah Studi Literatur. *Jurnal Pendidikan Multidisiplin*, *1*(1), 1–10. https://doi.org/10.54297/jpmd.v1i1.879

Kemendikbud. (2016). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 21 Tahun 2016 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*.

Kemendikdasmen. (2025, October 30). *Kemendikdasmen Dorong Pemanfaatan Teknologi sebagai Penguat Proses Pembelajaran*. Kemendikdasmen.Go.Id.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Khairiyah, U. (2018). Respon Siswa Terhadap Media Dakon Matika Materi KPK dan FPB pada Siswa Kelas IV di SD/MI Lamongan. *AL-MURABBI: Jurnal Studi Kependidikan Dan Keislaman*, *5*(2), 197–204. https://doi.org/10.53627/jam.v5i2.3476

Kholifahtus, Y. F., Agustiningsih, A., & Wardoyo, A. A. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Higher Order Thinking Skill (HOTS). *EduStream: Jurnal Pendidikan Dasar*, *5*(2), 143–151. https://doi.org/10.26740/eds.v5n2.p143-151

Kiv, A. E., Merzlykin, O. V., Modlo, Y. O., Nechypurenko, P. P., & Topolova, I. Yu. (2019). The overview of software for computer simulations in profile physics learning. *CTE Workshop Proceedings*, *6*, 352–362. https://doi.org/10.55056/cte.396

Kusrini, P., Pd, S., & Pd, M. (2020). *Modul pembelajaran SMA fisika kelas XI: suhu dan kalor*.

Lailatul, F., & Kholiq, A. (2024). Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Teknologi dan Non Teknologi Pada Era Revolusi Indsutri 4.0. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, *13*(3), 162–167. https://doi.org/10.26740/ipf.v13n3.p162-167

Lailiah, I., Wardani, S., Sudarmin, S., & Sutanto, E. (2021). Implementasi Guided Inquiry Berbantuan E-LKPD Terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Pada Materi Redoks dan Tata Nama Senyawa Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *15*. https://doi.org/10.15294/jipk.v15i1.26204

Lestari, Y. W., Hairida, H., Sartika, R. P., Enawati, E., & Muharini, R. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Problem Based Learning (PBL) pada Materi Koloid. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, *4*(4), 5342–5351. https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3227

Majid, A. (2009). *Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Remaja Rosdakarya.

Masrinah, E. N., Aripin, I., & Gaffar, A. A. (2019). Problem based learning (PBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 924–932.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Masruhah, G. D., Rusdianto, R., & Wahyuni, S. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, *7*(1). https://doi.org/10.30998/sap.v7i1.12935

Melinah, M., Fitriyanto, S., Ardianti, S., Walidain, S. N., Aprianto, R., Yahya, F., & Hermansyah, H. (2026). Development of PBL-Based E-LKPD to Improve Students' Learning Motivation and Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of Innovation and Educational Technology*, *1*(1), 35–46. https://doi.org/10.67434/ijiet.v1i1.2072

Mundilarto, & Istiyono, E. (2007). *Fisika 1: SMP Kelas VII* (cet. 1). Yudhistira., 2007.

Muslim, F., & Riyadi, R. (2020). Bahan Ajar Elektronik Berbasis Camtasia untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa. *Sosio-Didaktika: Social Science Education Journal*, *6*(2), 165–171. https://doi.org/10.15408/sd.v6i2.14393

Naufal. (2024). *Definisi, Pengukuran, dan Satuan Suhu*. https://wma.co.id/articles/definisi-pengukuran-dan-satuan-suhu/.

Nirwana, R. R. (2017). Pemanfaatan Laboratorium Virtual dan E-Reference dalam Proses Pembelajaran dan Penelitian Ilmu Kimia. *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, *1*(1), 115–135. https://doi.org/10.21580/phen.2011.1.1.447

Nisa'aji, A. K., Sudjimat, D. A., & Sriani, S. (2026). Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis Liveworksheet pada Materi Aturan Gambar dan Tanda Pengerjaan untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI. *ANTHOR: Education and Learning Journal*, *5*(4), 110–123.

Nufus, H., Khaldun, I., & Nazar, M. (2018). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) interaktif berbasis software iSpring pada materi larutan penyangga. *Prosiding Seminar Nasional MIPA IV*.

Octaviana, F., Wahyuni, D., & Supeno, S. (2022). Pengembangan E-LKPD untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa SMP pada Pembelajaran IPA. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, *4*(2), 2345–2353. https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i2.2332

OECD. (2023). PISA 2022 Result (Colume I): The State of Learning and Equity in Education. Paris. *Paris: OECD Publishing*.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Oktalia, Y., & Khaira, K. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis POE (Predict Observe Explain) Pada Materi Laju Reaksi Di Kelas XI SMAN 1 Sungayang. *Konfigurasi : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Terapan*, *6*(2), 60. https://doi.org/10.24014/konfigurasi.v6i2.18476

Pangesti, F. P., Karyadi, B., & Uliyandari, M. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Discovery Learning Berbantuan Virtual Laboratory PhET pada Materi Kalor untuk SMP Kelas VII. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, *3*.

Pramudia, W., & Irfan, D. (2023). Rancang Bangun E-modul Berbasis FlipBook pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Elektronika. *J. Pendidik. Tambusai*, *7*(1), 4129–4140.

Prastowo, A. (2015). *Panduan kreatif membuat bahan ajar inovatif: Menciptakan metode pembelajaran yang menarik dan menyenangkan*. DIVA Press.

Purwati, Y. S. (2023). *Pengembangan E-LKPD Berbasis PBL untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital Peserta Didik*. Universitas Lampung.

Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektifitas E-LKPD berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *5*(1), 86–96. https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i1.456

Putranta, H., & Supahar, S. (2019). Development of physics-tier tests (PysTT) to measure students' conceptual understanding and creative thinking skills: A qualitative synthesis. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *7*(3), 747–775.

Putri, R. A., & Perdana, R. (2023). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik SMA Di Bantul Pada Materi Fluida Statis Dan Upaya Peningkatannya Melalui Model Pembelajaran Visualization Auditory Kinesthetic. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika UNWIRA*, *1*(2), 93–101. https://doi.org/10.30822/magneton.v1i2.2463

Putriani, J. D., & Hudaidah, H. (2021). Penerapan Pendidikan Indonesia Di Era Revolusi Industri 4.0. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, *3*(3), 830–838. https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i3.407

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Radiusman, R. (2020). Studi Literasi: Pemahaman Konsep Anak pada Pembelajaran Matematika. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, *6*(1), 1. https://doi.org/10.24853/fbc.6.1.1-8

Rahmah. (2020). *Pengertian Suhu, Rumus dan Alat Ukurnya*. Https://Rumus.Co.Id/Pengertian-Suhu/.

Reeves, S. M., & Crippen, K. J. (2021). Virtual Laboratories in Undergraduate Science and Engineering Courses: a Systematic Review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(1), 16–30. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0

Rembet, I., Suriani, N. W., Warouw, Z. W. M., Harahap, F., & Mokalu, Y. B. (2026). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) IPA Berbasis Web Google Site Menggunakan Model Addie pada Materi Zat Aditif. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, *6*(1), 387–403. https://doi.org/10.53299/jagomipa.v6i1.3209

Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The Effect of Problem Based Learning Model Assisted by PhET Simulation on Understanding Physics Concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, *12*(1), 28. https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783

Risqa, M., Saehana, S., & Darmadi, I. W. (2021). Pemahaman konsep siswa kelas xi ipa sma/ma pada pokok bahasan suhu dan kalor. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, *9*(2), 50–54.

Rusman. (2012). *Model-model pembelajaran: Mengembangkan profesionalisme guru*. Raja Grafindo Persada.

Saifiyaturrahmah, S., Afrida, J., & Nengsih, S. (2022). Implementasi Model Problem Based Learning (PBL) Berbasis Eksperimen Untuk Meningkatkan Aktivitas Belajar Peserta Didik Pada Materi Getaran Di SMP. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, *3*(1), 15. https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i1.12235

Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, *17*(4), e2247. https://doi.org/10.21601/ijese/10966

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Samadun, S., & Dwikoranto, D. (2022). Improvement of Student's Critical Thinking Ability sin Physics Materials Through The Application of Problem-Based Learning. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, *3*(5), 534–545. https://doi.org/10.46245/ijorer.v3i5.247

Santrock, J. (2014). *Ebook: Child Development: An Introduction*. McGraw Hill.

Septianingsih, R., Yunita, M. I., Jalaludin, A. A., & Setiadi, H. W. (2025). Analisis Kelayakan Bahan Ajar Cetak dan Digital dalam Pembelajaran di Era Teknologi Pendidikan. *Jurnal IKA PGSD (Ikatan Alumni PGSD) UNARS*, *16*(2), 281. https://doi.org/10.36841/pgsdunars.v16i2.7522

Shoimin, A. (2014). *Model pembelajaran inovatif dalam Kurikulum 2013*. AR-Ruzz Media.

Siregar, T., & Rhamayanti, Y. (2025). Implementasi pengembangan model ADDIE pada dunia pendidikan. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Pengembangan (JHPP)*, *3*(2), 85–100.

Siti Nurhalimah, Liska Berlian, & Septi Kurniasih. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbasis PBL pada Tema Tekanan Zat dan Penerapannya untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *13*(4), 920–932. https://doi.org/10.37630/jpm.v13i4.1212

Sriwahyuni, I., Risdianto, E., & Johan, H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Menggunakan Flip Pdf Professional pada Materi Alat-Alat Optik di SMA. *Jurnal Kumparan Fisika*, *2*(3), 145–152. https://doi.org/10.33369/jkf.2.3.145-152

Sudiarta, N. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Materi Suhu dan Kalor. *Journal of Education Action Research*, *3*(4), 440. https://doi.org/10.23887/jear.v3i4.22664

Sugiyono. (2015). *Metode penelitian kombinasi (mixed methods)*. Alfabeta.

Susilowati, J. P. A. (2016). Profil Penalaran Siswa SMP dalam Pemecahan Masalah Matematika Ditinjau dari Perbedaan Gender. *JRPM (Jurnal Review Pembelajaran Matematika)*, *1*(2), 132–148. https://doi.org/10.15642/jrpm.2016.1.2.132-148

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Suwahru, A., Bahri, A., & A. Mu'nisa, A. M. (2019). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Keterampilan Proses Sains Pada Materi Sel Kelas XI SMA. *Biology Teaching and Learning*, *1*(1). https://doi.org/10.35580/btl.v1i1.7528

Syaifar, M. H., Maimunah, M., & Roza, Y. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Peserta Didik pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar Ditinjau dari Gender. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(1), 519–532. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1097

Syarifah, N., Affaf, Moh., & Sari, D. I. (2025). Development of Canva-Based Interactive Student Worksheets Using the Problem-Based Learning Model. *Journal of Practice Learning and Educational Development*, *5*(3), 939–948. https://doi.org/10.58737/jpled.v5i3.517

Sylviani, S., Permana, F. C., & Utomo, R. G. (2020). PHET Simulation sebagai Alat Bantu Siswa Sekolah Dasar dalam Proses Belajar Mengajar Mata Pelajaran Matematika. *Edsence: Jurnal Pendidikan Multimedia*, *2*(1), 1–10. https://doi.org/10.17509/edsence.v2i1.25184

Tegar, B. F. A., Ainur, R. Moh., & Rahman, T. (2025). Pemanfaatan Teknologi dalam Pendidikan : Meningkatkan Interaktivitas Pembelajaran. *Pragmatik : Jurnal Rumpun Ilmu Bahasa Dan Pendidikan* , *3*(1), 256–265. https://doi.org/10.61132/pragmatik.v3i1.1347

Trianto. (2009). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif Progresif*. Cerdas Kencana Prenada Media.

Utama, R., Toifur, M., Ishafit, I., & Okimustava, O. (2025). Investigating Senior High School Students' Conceptual Understanding of Heat and Temperature: A Qualitative Analysis in Physics Education. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, *13*(2), 222–238.

Vonna, A. M., Saputra, N. N., & Saleh, H. (2022). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Kontekstual Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Berbantuan Liveworksheet*.

Warneri, W., Salam, U., Putri, W. A., Imandari, R. Z., Pratiwi, R. D., & Chairunnisa, T. (2024). Utilization, Simulation and Learning: The Virtual Laboratory Learning

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Media PhET for Outcomes Learning. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, *26*(3), 960–970. https://doi.org/10.21009/jtp.v26i3.49832

Widjayanti, W. R., Masfingatin, T., & Setyansah, R. K. (2018). Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Animasi pada Materi Statistika untuk Siswa Kelas 7 SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *13*(1), 101–112. https://doi.org/10.22342/jpm.13.1.6294.101-112

Widoyoko, E. P. (2012a). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian. Pustaka Pelajar.*

Widoyoko, E. P. (2012b). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar.

Widyawati, A., Dwiningrum, S. I. A., & Rukiyati, R. (2021). Pembelajaran ethnosciences di era revolusi industri 4.0 sebagai pemacu Higher Order Thinking Skills (HOTS). *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi Dan Aplikasi*, *9*(1). https://doi.org/10.21831/jppfa.v9i1.38049

Wijayanti, I. A., & Siskawati, F. S. (2021). Analisis Kebutuhan Siswa terhadap Media Pembelajaran Berbasis Digital pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, *3*, 465–471.

Wulandari, A., Indriani, P., & Wati, L. (2025). Optimalisasi Media Pembelajaran Dalam Menumbuhkan Minat Belajar Siswa. *Dinamika Pembelajaran : Jurnal Pendidikan Dan Bahasa*, *2*(3), 139–151. https://doi.org/10.62383/dilan.v2i3.1876

Yahya, F., Nursalim, M., & Masito, S. (2023). Model Problem Based Learning Berbantuan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Fisika: Kajian Literatur. *Jurnal Kependidikan Media*, *12*(3), 172–178. https://doi.org/10.26618/jkm.v12i3.13457

Yuliandriati, Y., Susilawati, S., & Rozalinda, R. (2019). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis problem based learning pada materi ikatan kimia kelas x. *Jurnal Tadris Kimiya*, *4*(1), 105–120.

Yulianti, E., & Gunawan, I. (2019). Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL): Efeknya Terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(3), 399–408. https://doi.org/10.24042/ijsme.v2i3.4366

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Zayyinah, Z., Munawaroh, F., & Rosid, I. (2018). Identifikasi miskonsepsi siswa SMP dengan Certainty of Response Index (CRI) pada konsep suhu dan kalor. *Science Education National Conference*, *2*(1).

Zemansky, M. W., & Dittman, R. H. (1997). *Heat and Thermodynamics* (K. J. M. J. M. Allanson, Ed.; Seventh Ed.). McGraw-Hill.

Zulianto, R. E., Rusilowati, A., & Sarwi, S. (2025). Implementation of Problem-Based Learning Assisted by PhET Simulation to Improve Students' Understanding of Mirror Concepts and Learning Engagement. *Unnes Science Education Journal*, *14*(3), 515–523. https://doi.org/10.15294/usej.v14i3.36047

Zulkarnain, A. D., & Jatmikowati, T. E. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbantuan adobe flash CS6 berbasis android pokok bahasan segitiga. *Jurnal Gammath*, *3*(1), 49–57.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA