

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*
BERBANTUAN APLIKASI *THUNKABLE* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK**

(Skripsi)

Oleh

**MAYA ANGGARAINI
NPM 2113022062**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN APLIKASI *THUNKABLE* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK

Oleh

MAYA ANGGARAINI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *e*-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan aplikasi *Thinkable* pada materi suhu dan kalor guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Metode penelitian yang digunakan adalah *Design and Development Research* (DDR) yang terdiri dari empat tahap, yaitu *analysis*, *design*, *development*, dan *evaluation*. Pada tahap pengembangan, dilakukan pembuatan produk serta serangkaian uji kelayakan, meliputi uji validasi ahli, uji kepraktisan, dan uji Efektivitas. Uji validasi ahli menunjukkan hasil sebesar 92% dengan kategori sangat valid. Uji respons peserta didik memperoleh persentase 77% dengan kategori baik, sedangkan uji persepsi guru menghasilkan persentase 89% dengan kategori sangat baik. Uji efektivitas dilakukan melalui analisis *N-Gain* dan uji hipotesis menggunakan *Paired Sample T-Test*. Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai *sig. (2-tailed)* < 0,05 dengan taraf kepercayaan 95%, yang berarti terdapat pengaruh signifikan dari penggunaan *e*-LKPD berbasis PBL terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Selain itu, hasil uji *N-Gain* menunjukkan nilai 0,65 dengan peningkatan sebesar 39%, yang mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik mengalami peningkatan setelah diberikan *treatment*. Berdasarkan hasil uji kelayakan dan efektivitas, dapat disimpulkan bahwa *e*-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan aplikasi *Thinkable* ini layak digunakan dalam pembelajaran suhu dan kalor di sekolah serta efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Kata kunci: *e*-LKPD, keterampilan berpikir kritis, *problem based learning*, suhu dan kalor, *thinkable*.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF PROBLEM BASED LEARNING-BASED e-LKPD USING THE THUNKABLE APPLICATION TO IMPROVE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS

By

MAYA ANGGARAINI

This study aims to develop e-LKPD based on Problem Based Learning (PBL) assisted by the Thinkable application on temperature and heat material to improve students' critical thinking skills. The research method used is Design and Development Research (DDR) which consists of four stages, namely analysis, design, development, and evaluation. At the development stage, product creation and a series of feasibility tests were carried out, including expert validation tests, practicality tests, and effectiveness tests. The expert validation test showed a result of 92% with a very valid category. The student response test obtained a percentage of 77% with a good category, while the teacher perception test produced a percentage of 89% with a very good category. The effectiveness test was conducted through N-Gain analysis and hypothesis testing using Paired Sample T-Test. The results of the hypothesis test showed a sig. (2-tailed) <0.05 with a confidence level of 95%, which means that there is a significant effect of the use of PBL-based e-LKPD on students' critical thinking skills. In addition, the results of the N-Gain test showed a value of 0.65 with an increase of 39%, which indicates that students' critical thinking skills increased after being given treatment. Based on the results of the feasibility and effectiveness tests, it can be concluded that the e-LKPD based on Problem Based Learning assisted by the Thinkable application is feasible for use in learning temperature and heat in schools and is effective in improving students' critical thinking skills.

Keywords: *e-LKPD, critical thinking skills, problem based learning, temperature and heat, thinkable.*

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*
BERBANTUAN APLIKASI *THUNKABLE* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK**

Oleh

MAYA ANGGARAINI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA PENDIDIKAN

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN e-LKPD BERBASIS
PROBLEM BASED LEARNING
BERBANTUAN APLIKASI THUNKABLE
UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa : **Maya Anggaraini**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2113022062**

Program Studi : **Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. Komisi Pembimbing

Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
NIP 19631215 199102 1 001

Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. I Wayan Distrik, M.Si.

Sekretaris : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

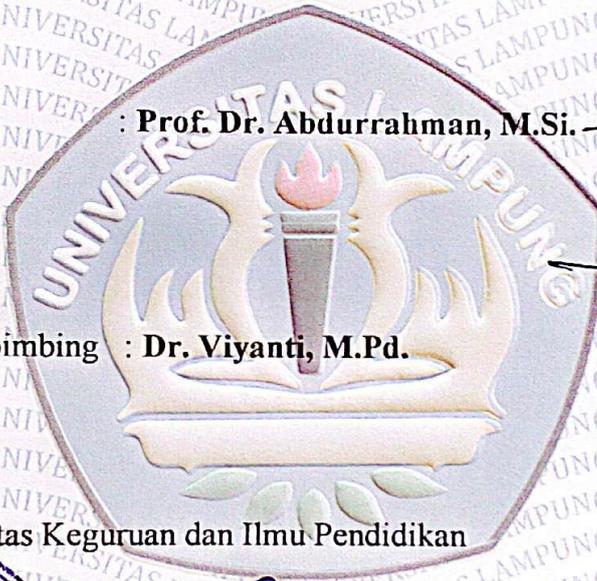
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Viyanti, M.Pd.**

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albert Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 April 2025



A handwritten signature in black ink, corresponding to the name Dr. I Wayan Distrik.

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name Prof. Dr. Abdurrahman.

A handwritten signature in black ink, corresponding to the name Dr. Viyanti.

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name Dr. Albert Maydiantoro.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Maya Anggaraini
NPM : 2113022062
Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Jl. KH. Abdul Rahman Wahid Gotong Royong Lintas,
Kec. Baturaja Timur, Kab. Ogan Komering Ulu, Provinsi
Sumatera Selatan.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 17 April 2025

yatakan,



Maya Anggaraini
NPM 2113022062

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Baturaja, pada tanggal 06 September 2003 sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Mohammad. Zaini dan Ibu Nani Mardalena.

Penulis mengawali pendidikan formal di TK Putra II pada tahun 2007 untuk jenjang TK A (nol kecil) dan melanjutkan ke TK B (nol besar), yang diselesaikan pada tahun 2009. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 1 OKU (2009–2015), SMP Negeri 2 OKU (2015–2018), dan SMA Negeri 5 OKU (2018–2021). Pada tahun 2021, penulis diterima di Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada tahun 2024, penulis mengikuti Program Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sidomekar, Lampung Selatan. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi, antara lain sebagai Eksmud Himasakta (2021), Adiv Pendidikan Himasakta (2022), anggota Gema FPPI Bidang Kemuslimahan (2021), Staf Ahli Dinas IKEP BEM FKIP Universitas Lampung (2022), anggota Divisi Pembinaan ALMAFIKA (2021–2022), serta menjadi Wakil Bendahara Umum ALMAFIKA pada tahun 2023.

MOTTO

“Barangsiapa yang keluar untuk mencari ilmu, maka ia berada di jalan Allah
hingga ia pulang.”

(HR. Tirmidzi)

لَا تَحْزَنُ إِنَّ اللَّهَ مَعَنَا

La Tahzan Innallaha Ma'ana

(QS. At-Taubah : 40)

“Saya mengejar pendidikan dan karir bukan karna ingin terlihat hebat, tapi untuk orang tua saya sebagai bukti bahwa mereka telah berhasil memberi pendidikan dan mendidik anaknya menjadi seorang yang mampu berdiri dengan kakinya sendiri.” –easeyourpain-

“Mumpung masih muda, kurangi rasa takut. Jika salah, kita perbaiki. Jika gagal, kita coba lagi. Karena kita tak pernah tahu, langkah kecil yang mana yang akan mengubah hidup kita.”

(Maya Anggaraini)

اللَّهُمَّ يَسِّرْ وَلَا تُعَسِّرْ

Allahumma Yassir Wala Tu'assir

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan nikmat, rahmat, serta hidayah-Nya. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan, penulis mempersembahkan skripsi ini sebagai bentuk bakti dan ungkapan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Mohammad Zaini dan Ibunda Nani Mardalena yang dengan penuh kasih sayang telah membesarkan, mendidik, mendukung, serta selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis. Semoga Allah senantiasa meridhoi setiap langkah penulis dan memberikan kesempatan untuk membalas semua cinta dan pengorbanan kalian.
2. Ketiga saudara penulis, Ayuk Okta Maria Sari yang selalu menjadi motivasi dan semangat bagi penulis, Almh Ayuk Okta Ristu Mizia, yang telah menjadi inspirasi bagi penulis, dan Kakak lelaki penulis, Aji Atbar Imam Pebri, terima kasih atas dukungan, semangat, dan doa baik yang diberikan.
3. Orang tua kedua penulis, Bapak Suwarto dan Ibu Kholifah yang selalu mendoakan, memberi perhatian, dan dukungan dengan tulus. Kehangatan dan kasih sayang yang kalian berikan menambah semangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan dan kebahagiaan bagi kita semua.
4. Para pendidik yang senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
5. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANAWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan nikmat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengembangan *e*-LKPD Berbasis *Problem Based Learning* Berbantuan Aplikasi *Thinkable* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Lampung. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapatkan syafaat beliau di yaumul akhir.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeila Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
4. Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, sekaligus selaku Pembahas dan validator produk yang telah memberikan, semangat, bimbingan, dan saran perbaikan pada skripsi ini.
5. Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I atas kesediaan memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing II atas kesediaan memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
7. Dimas Permadi, M.Pd., dan Yunita, S.T., selaku validator produk atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan saran, semangat, dan motivasi kepada penulis.

8. Bapak dan Ibu Dosen serta staff Program Studi Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
9. Anwar, S.Pd., MM., selaku Kepala Sekolah SMA Negeri 1 OKU, terima kasih atas izin penelitian yang telah diberikan kepada penulis.
10. Hellen Ervina, S.Pd., dan Rusmina, S.Pd., terima kasih telah membantu dan membimbing penulis selama melaksanakan penelitian di sekolah.
11. Siswa dan Siswi kelas XI.10 IPA SMA Negeri 1 OKU yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.
12. Orang tua penulis yang selalu berperan dalam setiap tahap perjalanan hidup, terima kasih atas segala dukungan dan doa yang tiada henti.
13. Seseorang yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas setiap saran dan masukan yang telah diberikan, terutama saat penulis merasa bingung dan mengeluh dalam proses penyusunan skripsi. Semoga Allah SWT melimpahkan rezeki yang berkah dan mempermudah jalan kita menuju halal.
14. Sahabat baik penulis, Amanda Fajar Arifia, Anita Fitria, Putri Anzani, dan Rosa Amanda Putri, terima kasih atas segala bantuan, semangat, dan keteguhan hati dalam menemani perjalanan panjang dunia perskripsian ini bersama-sama.
15. Seluruh teman-teman seperjuangan Pendidikan Fisika LUP'21 (*Land of Uncommonly Physics*), terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan kenangan berharga yang telah mewarnai perjalanan perkuliahan.
16. Keluarga besar ALMAFIKA, terima kasih atas segala pengalaman, ilmu, serta kebersamaan yang telah diberikan. Setiap momen yang dilalui bersama menjadi bagian berharga dalam perjalanan akademik dan pengembangan diri penulis.
17. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, terima kasih atas segala dukungan dan bantuannya. Mohon maaf jika tidak dapat menyebutkan satu per satu, namun setiap kebaikan yang diberikan sangat berarti bagi penulis.

18. Kepada diri sendiri, terima kasih telah bertahan dan terus berjuang hingga titik ini. Semoga langkah ke depan selalu diberkahi dan diberikan kemudahan oleh Allah SWT.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT, dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 17 April 2025
Penulis,

Maya Anggaraini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Teori	7
2.1.1 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (<i>e-LKPD</i>).....	7
2.1.2 Model <i>Problem Based Learning</i>	9
2.1.3 <i>Thinkable</i>	11
2.1.4 Suhu dan Kalor	14
2.1.5 Keterampilan Berpikir Kritis	17
2.2 Penelitian Yang Relevan	20
2.3 Kerangka Pemikiran.....	22
III. METODE PENELITIAN	25
3.1 Desain Penelitian	25
3.2 Prosedur Penelitian	25
3.2.1 <i>Analysis</i> (Analisis)	25
3.2.2 <i>Design</i> (Rancangan)	26
3.2.3 <i>Development</i> (Pengembangan)	32
3.2.4 <i>Evaluation</i> (Evaluasi).....	33
3.3 Instrumen Penelitian	35
3.3.1 Instrumen Uji Validitas	35
3.3.2 Instrumen Uji Kepraktisan	36
3.3.3 Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	37
3.4 Teknik Analisis Data.....	38
3.4.1 Uji Validitas	38
3.4.2 Analisis Data Uji Kepraktisan.....	39
3.4.3 Analisis Data Respon Peserta didik dan Persepsi Guru	40
3.4.4 Analisis Efektivitas Penerapan Produk	41

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Penelitian	44
4.1.1 Produk	44
4.1.2 Hasil Uji Coba Produk	45
a. Hasil Uji Validitas	46
b. Hasil Uji Kepraktisan	47
c. Hasil Uji Efektivitas	49
4.2 Pembahasan.....	52
4.2.1 Prosedur Penelitian	52
a. <i>Analysis</i>	52
b. <i>Design</i>	53
c. <i>Development</i>	53
4.2.2 <i>e</i> -LKPD dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis	57
4.2.3 Prosedur Penggunaan <i>e</i> -LKPD	63
4.2.4 Kelebihan dan kekurangan <i>e</i> -LKPD	66
V. KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahap pembelajaran model <i>Problem Based Learning</i>	10
2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	18
3. Penelitian yang Relevan	20
4. <i>Story Board e-LKPD</i>	28
5. Skala <i>Likert</i> pada Instrumen Uji Ahli	35
6. Skala <i>Likert</i> pada Instrumen Uji Kepraktisan	36
7. Skala <i>Likert</i> pada Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis	37
8. Konversi skor penilaian terhadap pilihan jawaban	39
9. Konversi skor penilaian kepraktisan	40
10. Konversi skor penilaian uji respon peserta didik dan persepsi guru	41
11. Kriteria <i>N-Gain</i>	42
12. Hasil Uji Validitas	46
13. Saran perbaikan oleh Validator	47
14. Hasil Uji Respon Peserta Didik	48
15. Hasil Uji Persepi Guru	48
16. Hasil Uji Normalitas	49
17. Hasil <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> keterampilan berpikir kritis	50
18. Rata – rata keterampilan berpikir kritis	50
19. Nilai <i>N-Gain</i>	51
20. Hasil Uji <i>Paired Sample T-Test</i>	51
21. Hasil rata – rata keterampilan berpikir kritis	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skala suhu	15
2. Kerangka Pemikiran.....	24
3. Rancangan <i>e</i> -LKPD	27
4. Alur Pengembangan Produk	34
5. Diagram Pengembangan Produk.....	35
6. Tampilan Awal Produk <i>e</i> -LKPD.....	44
7. <i>QR Code e</i> -LKPD sebelum dan setelah perbaikan	55
8. Desain tampilan awal produk <i>e</i> -LKPD sebelum dan setelah perbaikan	57
9. Contoh hasil pekerjaan peserta didik yang kurang terlatih dalam keterampilan berpikir kritis.....	59
10. Contoh hasil pekerjaan peserta didik yang terlatih dalam keterampilan berpikir kritis	60
11. Grafik pengolahan data hasil tes keterampilan berpikir kritis	62
12. Peserta didik mengerjakan kegiatan pada <i>e</i> -LKPD.....	64
13. Kegiatan praktikum pengukuran suhu	64
14. Kegiatan praktikum Asas Black.....	65
15. Peserta didik menyajikan hasil dalam bentuk persentasi dan diskusi	65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembelajaran abad ke-21 menuntut para pendidik untuk mengembangkan strategi yang tidak hanya berfokus pada penyampaian materi, tetapi juga mampu membekali peserta didik dengan keterampilan yang dikenal sebagai (4C) *critical thinking, communication, collaboration, and creativity* (Ariyana dkk., 2018). Salah satu keterampilan yang menjadi fokus dalam pembelajaran abad ke-21 adalah pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik yang sangat diperlukan dalam pemecahan masalah. Peserta didik yang dapat memecahkan masalah dalam proses pembelajaran, berarti peserta didik tersebut dapat berpikir kritis (Mardhiyah dkk., 2021).

Keterampilan berpikir kritis merupakan sebuah alur kerangka berpikir dalam konsep keterampilan, mengaplikasikan sebuah sintesis, analisis, generalisasi dan mengevaluasi (Fatriani & Sukidjo, 2018). Keterampilan berpikir kritis melibatkan serangkaian keterampilan seperti, keterampilan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah dengan cara yang logis dan sistematis. Berpikir kritis dapat mendorong peserta didik untuk menemukan, merumuskan suatu persoalan dan mengevaluasi masalah yang nantinya dapat dikaitkan dengan pendapat yang mereka miliki untuk menghasilkan suatu pemecahan masalah (Ningsih & Dewi, 2024).

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa keterampilan berpikir peserta didik di Indonesia masih relatif rendah. Hal ini didukung berdasarkan hasil survei Internasional dalam *Programme for International Student Assessment (PISA)*

tahun 2018. Hasil pengukuran capaian PISA tersebut menunjukkan bahwa peserta didik di Indonesia masih lemah dalam keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skill*) seperti menganalisa, mengevaluasi, dan mencipta (Setiawati dkk., 2019). Tingkat keterampilan berpikir kritis yang masih rendah dapat diakibatkan oleh kegiatan pembelajaran yang masih didominasi guru (Tita Kartika *et al.*, 2020). Peserta didik yang masih kesusahan dalam menguasai konsep dan berpikir kritis akan lebih baik jika dibimbing dengan kegiatan dalam lembar kerja peserta didik (Sari dkk, 2017).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu bahan ajar alternatif yang dapat membantu peserta didik dalam belajar. LKPD didefinisikan sebagai lembar kerja yang berisi materi, tugas, ataupun latihan soal untuk diselesaikan oleh peserta didik, panduan penggunaan, langkah-langkah dalam memecahkan masalah berupa teori ataupun praktek (Amali *et al.*, 2019). Pada penerapan LKPD konvensional di sekolah belum terdapat pertanyaan yang mengasah keterampilan berpikir kritis peserta didik dan masih berupa kertas, oleh karena itu, tampilan, isi dan kualitas LKPD cetak dapat dioptimalkan dengan berbasis teknologi elektronik (Herawati dkk., 2016). LKPD yang berbasis elektronik disebut dengan *e*-LKPD.

Terkait dengan keterampilan berpikir kritis tersebut, pada penelitian ini konsep yang diteliti adalah materi suhu dan kalor. Beberapa penelitian telah mengungkapkan kesulitan peserta didik dalam menguasai topik suhu dan kalor. Peserta didik masih kesulitan menganalisis perpindahan kalor melalui sifat suatu benda, masih kesulitan memahami pemuaian suatu benda yang dipengaruhi oleh perubahan suhu dan koefisien muai benda, serta peserta didik masih kesulitan menganalisis hubungan kalor dan suhu yang berkaitan dengan kalor jenis benda (Laili dkk., 2021). Kesulitan peserta didik belajar materi suhu dan kalor diungkap berdasarkan hasil tes diagnostik dalam bentuk uraian dan angket yang mana peserta didik masih kesulitan memahami konsep-konsep 68,57%, dan mengalami kesulitan yang berhubungan dengan perhitungan angka atau penggunaan rumus 40,0% (Ma'rifah dkk., 2016).

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan berupa penyebaran angket melalui *google form* yang dilakukan oleh peneliti dengan responden 12 guru fisika dari 11 sekolah dan 58 peserta didik, serta wawancara secara langsung di 2 sekolah yang berbeda, didapatkan informasi bahwa materi suhu dan kalor umumnya masih diajarkan dengan metode ceramah yang masih berpusat pada guru. Hasil angket juga menyatakan bahwa 50% materi suhu dan kalor diajarkan dengan media cetak melalui metode ceramah. Materi suhu dan kalor yang diajarkan hampir tidak dilakukan percobaan atau pengamatan, hal ini menurut guru karena, fasilitas laboratorium yang masih kurang dan juga keterbatasan waktu sehingga mengakibatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik masih kurang maksimal. Angket ini juga berisi informasi yang menganalisis tingkat kesulitan materi suhu dan kalor, didapatkan bahwa peserta didik menyatakan sebesar 53,4% materi suhu dan kalor sulit.

Penyampaian materi suhu dan kalor yang kurang tepat dan kurangnya kegiatan praktikum membuat tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik menjadi rendah. Kurangnya keterampilan berpikir kritis ini menandakan bahwa keterampilan yang harus dimiliki peserta didik pada pembelajaran abad ke-21 masih belum terpenuhi.

Alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan melalui kegiatan eksperimen sains dengan pembelajaran berbasis masalah. *Problem Based Learning* (PBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang telah terbukti efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik (Herzon dkk., 2018). PBL mendorong peserta didik untuk belajar melalui pemecahan masalah yang tidak hanya meningkatkan keterampilan berpikir kritis, tetapi juga memperdalam pemahaman konsep. Kegiatan pembelajaran tersebut dapat berjalan lebih efektif dengan menggunakan materi tertulis intruksional melalui lembar kerja peserta didik (LKPD) (Rizkika *et al.*, 2022). Seiring dengan perkembangan teknologi, pembelajaran yang semula hanya dilakukan menggunakan LKPD konvensional kini beralih menjadi LKPD yang berbentuk elektronik.

Pada materi suhu dan kalor, pemanfaatan teknologi sangat potensial dalam mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa, Lembar Kerja Peserta Didik berbasis Android dikategorikan baik dan dapat meningkatkan respons peserta didik (Cholifah & Wibawa, 2016). Perlu adanya inovasi dalam penyusunan LKPD dengan memanfaatkan teknologi yang lebih akrab dengan peserta didik, yaitu melalui *e-LKPD* berbantuan aplikasi *Thunkable*. *e-LKPD* ini memungkinkan penyajian materi dalam berbagai format, seperti video, gambar, animasi, dan simulasi, yang dapat memperkaya pengalaman belajar peserta didik serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara lebih efektif.

Melalui pengembangan *e-LKPD* dengan menggunakan model *problem based learning* dan bantuan dari aplikasi *Thunkable*, proses pembelajaran dapat lebih terstruktur. Dengan demikian, diharapkan peserta didik dapat lebih mudah memahami konsep-konsep fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor, serta mampu menerapkan keterampilan berpikir kritis melalui kegiatan belajar yang lebih menarik.

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, maka peneliti memutuskan untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan *e-LKPD* Berbasis *Problem Based Learning* Berbantuan Aplikasi *Thunkable* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, rumusan masalah dalam penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir

kritis peserta didik?

3. Bagaimana efektivitas *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* jika digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
3. Mendeskripsikan efektivitas *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* jika digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* sebagai media pembelajaran di sekolah.
2. *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* yang dikembangkan diharapkan dapat membantu peserta didik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.
3. Sebagai referensi untuk penelitian lain mengenai pengembangan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

4. Meberikan pengetahuan dalam memanfaatkan kemajuan teknologi yang dapat dijadikan sebagai media pembelajaran.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian pengembangan ini dibatasi dalam ruang lingkup sebagai berikut:

1. Pengembangan yang dimaksud adalah pengembangan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Materi yang dibahas dalam pengembangan *e-LKPD* adalah materi suhu dan kalor kelas XI.
3. Indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan diadaptasi dari (Facione, 2015) dengan 6 indikator yaitu, *interpretation, analysis, inference, evaluation, explanation, dan self-regulation*.
4. Jenis penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan *Design and Development Research (DDR)* yang diadaptasi dari (Richey & Klien, 2007).
5. Validitas *e-LKPD* pada penelitian pengembangan ini diberi batasan dengan terkategori validitas tinggi atau baik apabila mencapai skor yaitu minimal 60,1%.
6. Kepraktisan *e-LKPD* pada penelitian pengembangan ini diberi batasan dengan terkategori baik apabila mencapai skor yaitu minimal 60,1%.
7. Efektivitas *e-LKPD* yang dimaksud pada penelitian pengembangan ini mengacu pada hasil belajar keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan batasan nilai *N-Gain* terkategori sedang apabila mencapai skor yaitu $0,7 > g > 0,3$.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*e-LKPD*)

Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*e-LKPD*) merupakan perangkat pembelajaran berbantuan internet yang disusun secara sistematis dalam unit pembelajaran tertentu yang disajikan dalam format elektronik (Kholifahtus dkk., 2022). LKPD elektronik dapat menampilkan video, gambar, teks dan soal-soal yang dapat dinilai secara otomatis. *e-LKPD* merupakan panduan kerja peserta didik untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi pembelajaran dalam bentuk elektronik yang pengaplikasiannya menggunakan desktop komputer, *notebook*, *smartphone*, maupun *handphone* (Puspita & Dewi, 2021). Penggunaan *e-LKPD* dalam pembelajaran memberikan dampak terhadap aktivitas belajar peserta didik menjadi lebih menyenangkan, pembelajaran menjadi interaktif, memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berlatih dan memotivasi peserta didik dalam belajar.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut mengenai pengertian *e-LKPD*, dapat diketahui bahwa *e-LKPD* (Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik) merupakan media pembelajaran berbentuk digital yang dikembangkan untuk memfasilitasi proses pembelajaran yang lebih efektif, efisien, dan menarik.

LKPD secara umum berfungsi sebagai panduan aktivitas belajar yang memuat tugas atau latihan yang harus dikerjakan oleh peserta didik. *e-*

LKPD dalam format elektronik mengintegrasikan teknologi digital untuk mendukung pembelajaran yang lebih dinamis. Konteks *e*-LKPD, media ini tidak hanya berisi teks dan gambar, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan elemen multimedia seperti video, animasi, dan kuis interaktif yang memberikan umpan balik secara otomatis. Hal ini sejalan dengan pendapat (Ayu & Amelia, 2020), yang menyatakan bahwa perkembangan teknologi membuat perubahan pada pendidikan. Pembelajaran yang efektif dapat memanfaatkan teknologi informasi secara optimal.

e-LKPD memiliki fungsi utama sebagai panduan aktivitas belajar mandiri bagi peserta didik. Menurut Prastowo (2015), LKPD bertujuan untuk:

- a) Sebagai bahan ajar yang meminimalkan peran pendidik, namun lebih mengaktifkan peserta didik.
- b) Sebagai bahan ajar yang mempermudah untuk memahami materi yang diberikan.
- c) Sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih.
- d) Memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

Pada format elektronik, fungsi ini diperkuat dengan fitur-fitur digital yang memungkinkan peserta didik mendapatkan pengalaman belajar yang lebih kaya dan mendalam. Misalnya, *e*-LKPD berbantuan android atau aplikasi sering kali menyediakan simulasi interaktif, evaluasi otomatis, serta akses ke sumber belajar tambahan melalui link yang disediakan.

Perkembangan LKPD dari berbentuk cetak menjadi bentuk elektronik atau disebut dengan *e*-LKPD menjadikan kegiatan pembelajaran lebih interaktif (Sa'diah dkk., 2022). Penggunaan *e*-LKPD dapat menghemat tempat dan waktu, menghemat biaya, peserta didik dapat belajar kapan saja dan di mana saja selama memiliki akses ke perangkat digital, dapat disajikan dalam bentuk visual yang lebih menarik, seperti gambar, video, dan animasi, yang membantu pemahaman konsep, dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan kertas, tinta, dan lain sebagainya.

2.1.2 Model *Problem Based Learning*

Model *problem based learning* adalah suatu pembelajaran yang dimulai dengan mengajukan masalah dan dilanjutkan dengan menyelesaikan masalah tersebut (Assegaff & Sontani, 2016). Model ini memulai pembelajaran dengan menyajikan masalah kepada peserta didik, yang kemudian memicu proses pencarian informasi dan pembentukan pengetahuan baru. Model *problem based learning* merupakan model pembelajaran berpusat pada peserta didik. Peserta didik perlu beradaptasi di keadaan saat peserta didik menjadi subjek utama dalam proses pembelajaran (Ardianti *et. al.*, 2022).

Metode pembelajaran dengan *problem based learning* di dalamnya terdapat kelompok-kelompok kecil peserta didik yang bekerja sama memecahkan suatu masalah yang telah disepakati oleh peserta didik dan guru dengan prosedur pemecahan masalah, dan berpikir kritis. Pada metode *problem based learning*, pembelajaran dimulai dengan menyajikan permasalahan nyata yang penyelesaiannya membutuhkan kerja sama diantara peserta didik (Fatriani & Sukidjo, 2018). *Problem based learning* mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan analitis dalam mencari solusi terbaik untuk masalah yang dihadapi.

Merujuk pada beberapa pendapat di atas, bahwa *problem based learning* (PBL) merupakan suatu cara penyajian bahan pelajaran yang menjadikan masalah sebagai bahan utama dalam pembelajaran, dimana peserta didik dihadapkan langsung pada masalah yang ada di dunia nyata untuk diselesaikan.

Setiap model pembelajaran memiliki ciri/karakteristik tertentu yang berbeda-beda. Mengutip pendapat Arends (2012) karakteristik pembelajaran berbasis masalah antara lain:

- a) Masalah yang diajukan berupa permasalahan pada kehidupan dunia nyata sehingga peserta didik dapat membuat pertanyaan terkait masalah

- dan menemukan berbagai solusi dalam menyelesaikan permasalahan.
- b) Pembelajaran memiliki keterkaitan antardisiplin sehingga peserta didik dapat menyelesaikan permasalahan dari berbagai sudut pandang mata pelajaran.
 - c) Pembelajaran yang dilakukan peserta didik bersifat penyelidikan autentik dan sesuai dengan metode ilmiah.
 - d) Produk yang dihasilkan dapat berupa karya nyata atau peragaan dari masalah yang dipecahkan untuk dipublikasikan oleh peserta didik.
 - e) Peserta didik bekerjasama dan saling memberi motivasi terkait masalah yang dipecahkan sehingga dapat mengembangkan keterampilan sosial peserta didik.

Menurut Rusmono (2014) menyebutkan tahapan atau langkah-langkah pembelajaran dengan menggunakan model *problem based learning*, yaitu:

- 1) Mengorientasikan peserta didik kepada masalah,
- 2) Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar,
- 3) Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok,
- 4) Mengembangkan dan mempresentasikan hasil karya, dan
- 5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.

Menurut Sugiyanto (2009) terdapat beberapa tahapan dalam pembelajaran model *problem based learning* dan perilaku yang dibutuhkan oleh guru ditampilkan pada Tabel 1, berikut:

Tabel 1. Tahap pembelajaran model *Problem Based Learning*

No.	Fase	Perilaku Guru
1.	Memberikan orientasi tentang permasalahan pada peserta didik	Guru menjelaskan tujuan dan materi pembelajaran
2.	Mengorganisasi peserta didik untuk belajar	Guru membantu peserta didik untuk mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah
3.	Membantu investigasi mandiri dan kelompok	Guru mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dan mencari solusi

1	2	3
4.	Mengembangkan dan mempresentasikan hasil	Guru membantu peserta didik dalam menyiapkan karya yang sesuai, dan membantu peserta didik dalam menyampaikan hasil dari karyanya
5.	Menganalisis dan mengevaluasi proses mengatasi masalah	Guru membantu peserta didik dalam melakukan refleksi dan evaluasi terhadap penyelidikan dan proses-proses yang digunakan

(Sugiyanto, 2009)

Model *problem based learning* efektif dan cocok digunakan dalam proses pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, selain itu model *problem based learning* memiliki dampak yang positif terhadap berpikir kritis peserta didik (Herzon dkk., 2018). Melalui pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan penggunaan masalah dunia nyata sebagai dasar pembelajaran, model *problem based learning* mampu memberikan dampak positif pada proses dan hasil pembelajaran, terutama dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pada tingkat SMA, *problem based learning* sangat cocok digunakan dalam mata pelajaran seperti sains, matematika, dan sosial karena materi-materi tersebut memungkinkan peserta didik untuk memecahkan masalah-masalah dunia nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka.

2.1.3 *Thunkable*

Salah satu pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran adalah menggunakan perangkat lunak (*software*) atau aplikasi Android. Android adalah sebuah sistem operasi perangkat *mobile* berbasis *linux* yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Android menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka (Ditha dkk., 2023). Android merupakan sistem operasi sumber terbuka yang memperbolehkan penggunanya untuk melihat, memodifikasi, atau mendistribusikan perangkat lunak secara bebas menggunakan bahasa

pemrograman Java dan Kotlin (Krisnayasa dkk., 2020).

Pembelajaran berbasis aplikasi Android tidak hanya berupa aplikasi Google Classroom dan WhatsApp. Masih banyak aplikasi Android yang dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran di sekolah. Salah satunya adalah aplikasi yang didesain menggunakan *Thunkable* (Sawaka dkk., 2022).

Thunkable adalah aplikasi online dan gratis untuk membuat aplikasi Android dengan prinsip klik dan geser (Ismayani, 2018). Menggunakan *Thunkable*, pengguna tidak dituntut untuk menguasai algoritma atau logika dasar pemrograman untuk bisa bekerja dengan *Thunkable*. *Thunkable* adalah alat untuk membuat aplikasi android yang berdasarkan pemrograman blok visual, sehingga pengguna dapat membuat aplikasi tanpa melakukan pengkodean (Anam & Anggraini, 2020). Platform ini menggunakan antarmuka visual *drag-and-drop* yang memudahkan pengguna untuk mendesain dan membangun aplikasi. Dengan *Thunkable*, pengguna dapat membuat aplikasi yang kompleks dengan menggunakan blok-blok logika yang disusun seperti *puzzle*, mirip dengan cara kerja Scratch atau MIT App Inventor.

Dalam proses pembuatan aplikasi *Thunkable* ini hanya menggunakan konsep pemrograman visual yang bersifat *drag and drop* (Sawaka dkk., 2022). Aplikasi yang didesain menggunakan *Thunkable* membutuhkan koneksi internet dan harus memiliki akun google yang berguna untuk menyimpan projek yang telah dibuat (Ismayani, 2018). Pembuatan aplikasi tidak mengharuskan memiliki dasar pemrograman bahasa, namun cukup memahami alur pemrograman dalam proses pembuatan (Setiawan, 2021).

Thunkable memberikan akses bagi siapa saja, termasuk pendidik dan peserta didik, untuk mengembangkan aplikasi dengan cepat dan mudah, terutama dalam konteks pembelajaran atau proyek pendidikan. *Thunkable* merupakan suatu aplikasi atau *tools IDE open source* seperti App Inventor. Saat ini, *Thunkable* yang satu-satunya tersedia dalam pembuatan aplikasi berbagai

jenis mobile yakni Android dan iOS dalam keperluan programmer atau *developer mobile*.

Thunkable termasuk bagian dari *App Engine* milik Google. File eksistensi dari *Thunkable* adalah (.aia) dan plugin eksistensinya (.aix). Plugin eksistensi ini berisi beberapa kode perintah dalam bahasa pemrograman Java (.java) yang akan mengkonversi menjadi file plugin eksistensi (.aix), ini berguna bagian *extension* (Isnarto dkk., 2018).

Ada beberapa kelebihan dari *website Thunkable* (Sandra dkk., 2019), diantaranya :

- 1) Adanya fitur plugin AdMob sebagai penghasil uang.
- 2) Tidak perlu menginstal perangkat lunak tambahan.
- 3) Hanya dengan menggunakan *web browser*,
- 4) Hanya dengan mengetikkan isi parameter blok program tanpa mengetik *coding* dari awal.
- 5) Dapat membuat aplikasi android lebih efektif dan efisien.
- 6) Mampu membuat program, yaitu hanya dengan cara “*drag and drop*” pada blok program yang ada.

Dalam dunia pendidikan, *Thunkable* sering digunakan sebagai alat pengajaran dan pengembangan media pembelajaran interaktif. Melalui *Thunkable*, pendidik dan peserta didik dapat menciptakan aplikasi yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran, seperti kuis, modul interaktif, atau alat bantu belajar berbantuan aplikasi *mobile*. Penggunaan aplikasi *thinkable* dalam pendidikan memiliki beragam manfaat, diantaranya yakni materi pembelajaran dapat di akses kapan saja dan dimana saja, aplikasi dapat menyajikan konten yang secara interaktif melalui video, animasi, maupun simulasi, dan dapat mengefisiensi waktu. Sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa pemanfaatan teknologi dengan menggunakan LKPD bahwa hasil yang diperoleh adalah kategori baik dan layak untuk meningkatkan berpikir kritis (Fitriyah & Ghofur, 2021).

2.1.4 Suhu dan Kalor

Salah satu topik fisika yang dianggap sulit namun memiliki peran besar dalam menyelesaikan masalah lintas cabang ilmu pengetahuan adalah suhu dan kalor. Beberapa penelitian telah mengungkapkan kesulitan peserta didik dalam menguasai topik suhu dan kalor. Terdapat beberapa kesulitan yang dialami oleh peserta didik dalam penguasaan konsep suhu dan kalor diantaranya, peserta didik masih kesulitan menganalisis perpindahan kalor melalui sifat suatu benda yang dipengaruhi oleh nilai konduktivitas dari suatu bahan, peserta didik masih kesulitan memahami pemuaian suatu benda yang dipengaruhi oleh perubahan suhu dan koefisien muai benda, serta peserta didik masih kesulitan menganalisis hubungan kalor dan suhu yang berkaitan dengan kalor jenis benda (Laili dkk., 2021).

Penelitian sebelumnya juga telah menyatakan bahwa peserta didik yang diberikan tes diagnostik berupa soal uraian dan angket melalui soal-soal tes berisi konsep suhu dan kalor, yaitu konsep pengaruh kalor terhadap perubahan suhu benda dan ukuran benda (pemuaian panjang), pengaruh kalor terhadap perubahan suhu dan wujud zat, dan perpindahan kalor masih mengalami kesulitan dalam memahami fisika yang disajikan dalam bentuk grafik dan gambar, kesulitan memahami konsep, kesulitan yang berhubungan dengan perhitungan angka atau penggunaan rumus, dan kesulitan membuat kesimpulan berdasarkan analisis (Ma'rifah dkk., 2016). Masih terdapat miskonsepsi pada setiap subkonsep yaitu konsep suhu benda, perubahan zat, kesetimbangan termal, dan faktor penguapan (Sari dkk., 2022).

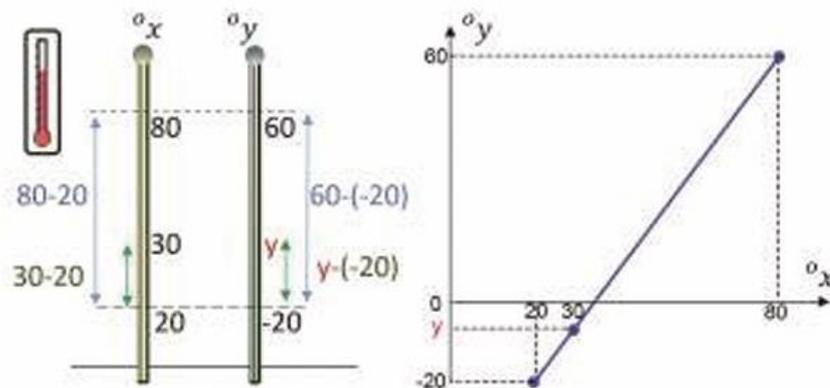
Kesulitan-kesulitan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya peserta didik gagal dalam mengaktivasi konsep yang berhubungan dengan suhu dan kalor. Tidak hanya itu, peserta didik juga kurang terampil dalam mengoperasikan persamaan matematis serta kesulitan menganalisis besaran-besaran fisis. Hal inilah yang menyebabkan peserta didik kesulitan

menguasai konsep suhu dan kalor secara utuh (Laili dkk., 2021).

Suhu merupakan ukuran atau pengukuran intensitas panas atau dingin suatu benda atau lingkungan (Nakkir dkk., 2023). Dalam fisika, suhu diukur menggunakan termometer dalam satuan derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), atau Kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Cara kerja termometer memanfaatkan perubahan fisis yang bergantung pada perubahan suhu, yaitu sifat termometrik.

Perubahan fisis ini dapat diamati melalui perubahan volume, perubahan hambatan listrik, perubahan sifat kemagnetan, dan perubahan sifat optik.

Prinsip pengukuran suhu ini didasarkan pada konsep keseimbangan termal, yaitu kondisi ketika dua benda yang bersentuhan mencapai suhu yang sama setelah terjadi transfer energi panas (Giancoli, 2014).



Gambar 1. Skala suhu

(sumber: : Alvius Tinambunan/Kemendikbudristek (2022))

Kalor adalah transfer energi termal dari suatu objek ke objek lain yang memiliki perbedaan suhu (Mahardika dkk., 2023). Ketika dua objek dengan suhu berbeda berada dalam kontak langsung, energi termal akan mengalir dari objek dengan suhu lebih tinggi ke objek dengan suhu lebih rendah hingga mencapai keseimbangan termal ini disebut perpindahan kalor. Satuan kalor dalam Sistem Internasional (SI) adalah joule (J), namun satuan lain yang umum digunakan adalah kalori (cal), di mana 1 kalori setara dengan 4,18 joule.

Kalor dapat berpindah melalui tiga mekanisme utama:

1. Konduksi: Perpindahan kalor melalui zat padat tanpa perpindahan partikel secara keseluruhan. Contohnya adalah perpindahan panas dari satu ujung batang logam ke ujung lainnya.
2. Konveksi: Perpindahan kalor melalui zat cair atau gas yang melibatkan perpindahan massa zat itu sendiri. Misalnya, pemanasan air dalam panci yang menyebabkan aliran arus konveksi.
3. Radiasi: Perpindahan kalor melalui gelombang elektromagnetik, seperti panas matahari yang mencapai bumi.

Kalor jenis menunjukkan keterampilan materi menyerap kalor sehingga suhunya naik. Kalor jenis c menyatakan besar kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu benda sebesar 1°C . Semakin besar kalor jenis benda makin kecil kenaikan suhunya. Semakin besar massanya maka energi kalor yang dibutuhkan semakin besar untuk perubahan suhu tertentu. Kalor jenis c menunjukkan besaran karakteristik dari zat (Radjawane dkk., 2022).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Besar kalor Q yang dibutuhkan untuk mengubah suhu benda tertentu sebanding dengan massa m dan perubahan suhu ΔT .

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Dengan : c = kalor jenis ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

Q = kalor (J)

m = massa benda (kg)

ΔT = perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

1) Kapasitas kalor

Kaitan antara massa m dan kalor jenis c dapat dihubungkan dengan suatu besaran yang disebut dengan kapasitas kalor. Untuk suatu benda, faktor m dan c dapat dipandang sebagai satu kesatuan. Kapasitas kalor merupakan jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar 1°C atau 1K.

$$C = c \cdot m$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Dengan : C = satuan J/K

Q = kalor (J)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

2) Asas Black

Hukum kekekalan energi menyatakan energi tidak dapat diciptakan atau di musnahkan. Energi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk energi yang lain. Asas Black berlaku apabila dua zat yang memiliki suhu yang ber beda dicampurkan, maka zat yang memiliki suhu tinggi akan melepaskan ka lor dan memberikannya pada zat yang memiliki suhu rendah sehingga suhu campuran dari kedua zat tersebut menjadi sama. Jika dua benda yang memiliki suhu berbeda saling berinteraksi akan terjadi perpindahan kalor. Kalor yang dilepaskan oleh suatu benda harus sama dengan kalor yang diterima oleh benda lain.

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

2.1.5 Keterampilan Berpikir Kritis

Pembelajaran abad ke-21 menggunakan istilah yang dikenal sebagai 4C (*critical thinking, communication, collaboration, and creativity*) adalah empat keterampilan yang telah diidentifikasi sebagai keterampilan abad ke-21 sebagai keterampilan yang sangat penting dan diperlukan untuk pendidikan abad ke-21 (Ariyana dkk., 2018). Capaian pembelajaran proses sains pada Kurikulum Merdeka sudah sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke- 21 yang salah satunya menuntut peserta didik agar dapat menguasai keterampilan berpikir kritis.

Secara sederhana berpikir kritis menurut Facione (2015) adalah berpikir yang memiliki tujuan membuktikan suatu hal, menafsirkan sesuatu yang berarti, dan memecahkan masalah. Berpikir kritis merupakan proses dimana segala pengetahuan dan keterampilan dikerahkan dalam memecahkan permasalahan yang muncul, mengambil keputusan, menganalisis semua asumsi yang muncul, dan melakukan investigasi atau penelitian berdasarkan data dan informasi yang telah didapat sehingga menghasilkan informasi atau simpulan yang diinginkan (Ariyana dkk., 2018). Peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis tinggi memiliki keterampilan pemecahan masalah yang lebih tinggi dibandingkan peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis rendah (Hunaepi dkk., 2020).

Berdasarkan beberapa penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir pada tingkat tinggi dengan menganalisis, menafsirkan, dan memecahkan permasalahan, sehingga sangat perlu untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran.

Indikator berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini dikemukakan oleh (Facione, 2015) yaitu, *interpretation*, *analysis*, *inference*, *evaluation*, *explanation*, dan *self-regulation* yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Metode
1.	<i>Interpretation</i>	Keterampilan peserta didik dalam memahami masalah, konsep, atau informasi yang disajikan
2.	<i>Explanation</i>	Keterampilan peserta didik dalam menjelaskan proses berpikir mereka dan alasan di balik suatu keputusan atau kesimpulan.
3.	<i>Analysis</i>	Keterampilan peserta didik dalam memisahkan dan mengurai informasi atau ide-ide yang ada untuk menemukan hubungan di antaranya.

1	2	3
4.	<i>Evaluation</i>	Keterampilan peserta didik dalam menilai argumen, bukti, atau hasil, serta keterampilan mereka dalam menentukan validitas suatu kesimpulan.
5.	<i>Inference</i>	Keterampilan peserta didik dalam membuat kesimpulan berdasarkan data atau informasi yang diberikan.
6.	<i>Self-Regulation</i>	Keterampilan peserta didik dalam merefleksikan pemikiran mereka sendiri dan mengoreksi kesalahan atau kekeliruan dalam proses berpikir.

(Facione, 2015)

Strategi pengembangan keterampilan berpikir kritis menurut Paul & Elder (2014), pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pendidikan dapat dilakukan melalui beberapa strategi, seperti:

- a. Pembelajaran berbasis masalah (*problem based learning*): Di mana peserta didik diberikan situasi masalah yang menantang untuk dipecahkan melalui proses berpikir kritis.
- b. Diskusi kelompok: Peserta didik diajak berdiskusi untuk saling bertukar pendapat dan menganalisis masalah dari berbagai sudut pandang.
- c. *Socratic questioning*: Menggunakan pertanyaan yang mendalam untuk menstimulasi pemikiran reflektif.

Keterampilan berpikir kritis sangat penting dalam pendidikan, terutama dalam menghadapi tantangan global yang membutuhkan keterampilan untuk berpikir secara analitis, rasional, dan kreatif. Melalui pengembangan keterampilan berpikir kritis, peserta didik dapat menjadi individu yang lebih mandiri dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam kehidupan sehari-hari.

2.2 Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian yang Relevan

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Judul	Hasil Penelitian
1	(Muhammad Anggi Prasetya, Sudirman, Ketang Wiyono, 2021)	Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Android Pada Mata Pelajaran Fisika Pokok Bahasan Suhu, Kalor dan Perpindahan Kalor Untuk SMA Kelas XI	Multimedia interaktif yang dikembangkan menunjukkan hasil yang sangat valid dan sangat praktis, hal ini menunjukkan bahwa produk tersebut dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran. Selain itu, penggunaan multimedia interaktif berbasis Android dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika yang pada dasarnya melatih keterampilan berpikir kritis mereka, seperti observasi, pengukuran, dan analisis data.
2	(Fransiscus X Dasmasele, Puji Hariati Winingsih, Handoyo Saputro, 2021)	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) Berbasis <i>Problem Based Learning</i> Dalam Pokok Bahasan Suhu dan Kalor Kelas XI	Hasil penelitian dari jurnal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan e-LKPD fisika berbasis <i>Problem Based Learning</i> pada materi Suhu dan Kalor untuk peserta didik kelas XI di SMA berhasil dilakukan dengan analisis data validasi sebesar 59% sehingga memenuhi kriteria kelayakan dan respon peserta didik sebesar 62% sehingga masuk dalam kategori baik.
3	(Chairin Ghillanda, Pintor Simamora, 2024)	<i>Development Of Physics Learning Media Based Android Using Codular To Improve Student Learning Outcomes On Temperature And Heat Material</i>	Hasil penelitian dari jurnal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbantuan Android menggunakan Kodular pada materi Suhu dan Kalor berhasil meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penelitian tersebut menggunakan model pengembangan ADDIE.

1	2	3	4
4	(Yulianti & Gunawan, 2019)	Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL): Efeknya terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran <i>problem based learning</i> (PBL) terhadap pemahaman konsep dan berpikir kritis peserta didik SMA pada materi suhu dan kalor. Efektivitas penggunaan model PBL lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan berpikir kritis peserta didik, ditunjukkan dengan nilai <i>effect size</i> pemahaman konsep sebesar 0,36 dan nilai <i>effect size</i> berpikir kritis sebesar 0,66.
5	(Ika Melina Nur Fitriyah, Muhammad Abdul Ghofur, 2021)	Pengembangan E-LKPD Berbasis Android dengan Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL) untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Peserta Didik	Hasil penelitian dari jurnal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan <i>e-LKPD</i> berbasis Android memiliki respon yang sangat baik dari peserta didik yakni mencapai 84%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan <i>e-LKPD</i> berbantuan Android dapat membantu peserta didik dalam belajar secara mandiri.
6	(Nani Mardiani, Heru Kuswanto, 2016)	Media Pembelajaran Inovatif Berbasis Android Pada Materi Fisika Suhu dan Kalor Untuk Peserta Didik SMA	Hasil dari penelitian pengembangan ini adalah aplikasi dalam format Android, yang dapat di instal pada perangkat <i>smartphone</i> . Aplikasi ini menyajikan berbagai menu, termasuk penjelasan materi, simulasi, contoh soal, dan latihan soal yang bervariasi. Selain itu, media pembelajaran tersebut juga di rancang untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi Suhu dan Kalor yang telah di uji coba dan di validasi oleh ahli.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pengembangan *e-LKPD* menggunakan bantuan aplikasi *thinkable*, yang memungkinkan peserta didik mengakses dan berinteraksi dengan *e-LKPD* dalam format aplikasi mobile. *e-LKPD* ini mengadaptasi model *problem based learning* untuk mendorong peserta didik berpikir kritis melalui pemecahan masalah yang berkaitan dengan konsep suhu dan kalor.

2.3 Kerangka Pemikiran

e-LPKD merupakan bahan ajar yang digunakan oleh guru untuk melakukan penyelidikan dalam menyelesaikan suatu masalah. *e*-LKPD yang dikembangkan menggunakan model *problem based learning* dengan berbantuan aplikasi *Thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sebuah *e*-LKPD akan lebih efektif apabila *e*-LKPD dikembangkan oleh guru itu sendiri, karena dapat menyesuaikan dengan kebutuhan peserta didik. *e*-LKPD yang dikembangkan juga akan lebih menarik sehingga dapat memotivasi belajar peserta didik, untuk dapat memahami konsep materi yang sedang diajarkan. Pembelajaran menggunakan *e*-LKPD dapat membantu peserta didik dalam memahami penerapan konsep suhu dan kalor dalam kehidupan sehari-hari.

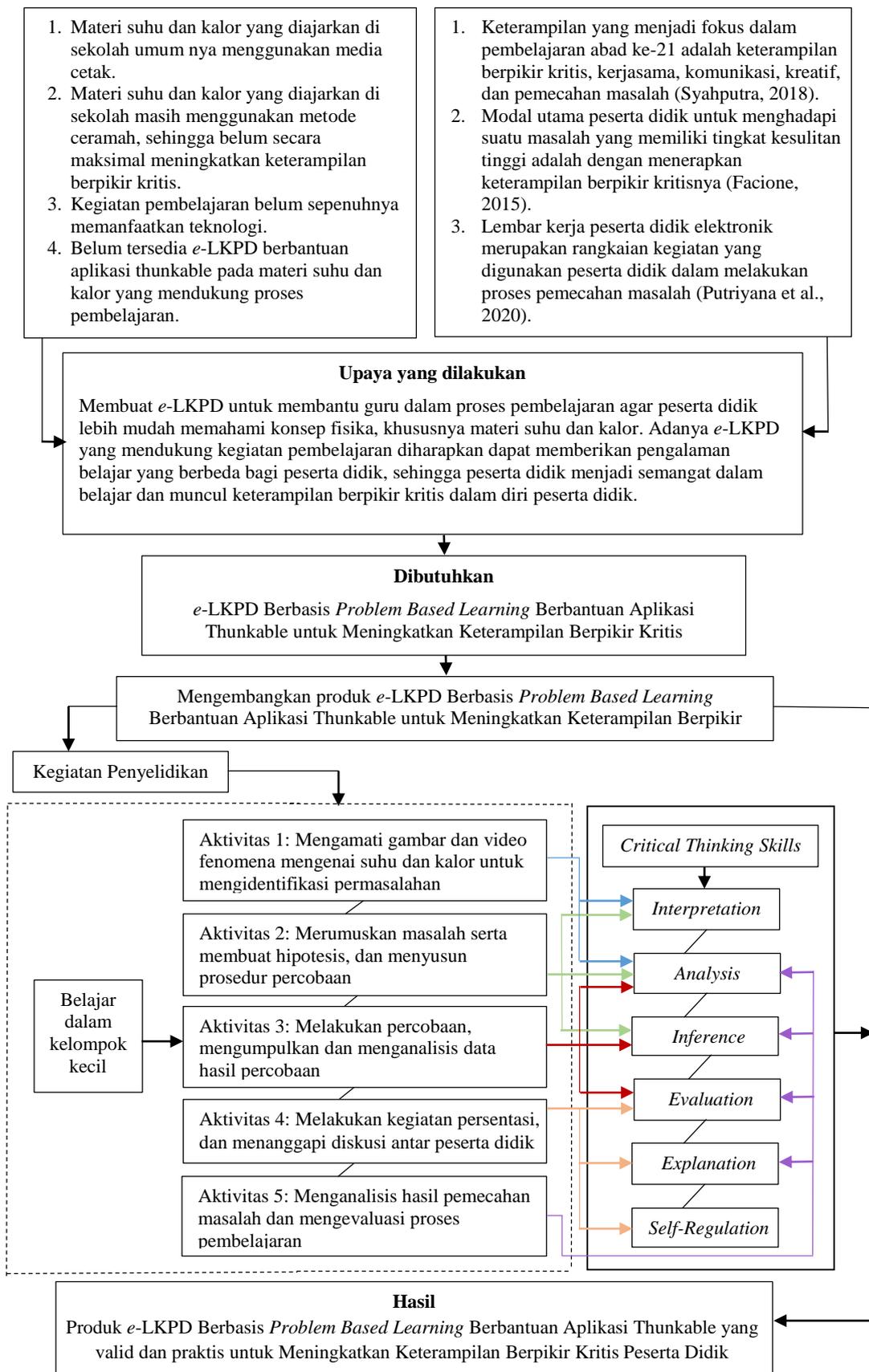
Tahapan-tahapan pada *e*-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* memiliki lima tahapan yaitu, mengorientasi peserta didik terhadap masalah, mengorganisasi peserta didik untuk belajar, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil, menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.

Pada tahap pertama yaitu, mengorientasi peserta didik terhadap masalah yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator *interpretation*, dan *analysis*. Pada tahap ini, peserta didik mengidentifikasi suatu fenomena, dan mencari berbagai informasi yang berkaitan dengan fenomena suhu dan kalor. Tahap kedua yaitu, mengorganisasi peserta didik untuk belajar yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator *interpretation*, *analysis* dan *inference* melalui kegiatan menemukan masalah, merepresentasikan, merumuskan masalah serta membuat hipotesis.

Pada tahap ketiga yaitu, membimbing penyelidikan dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator *analysis*, *inference* dan *evaluation*. Pada tahap ketiga ini, peserta didik melakukan percobaan dan mengumpulkan

data berdasarkan masalah yang sebelumnya telah diidentifikasi dan diprediksi.

Tahap keempat yaitu, mengembangkan dan menyajikan hasil yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator *explanation*, dan *self-regulation* melalui kegiatan presentasi, menanggapi, dan diskusi antar peserta didik. Tahap kelima yaitu, menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator *analysis*, *inference*, *evaluation* dan *explanation* melalui kegiatan pemaparan atau penekanan konsep analisis pemecahan masalah yang disampaikan oleh guru dan peserta didik menyimpulkannya dalam diskusi pembelajaran. Berikut penjelasan digambarkan pada bagan kerangka pemikiran yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian pengembangan pada skripsi ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) yang diadaptasi dari (Richey & Klien, 2007). Pengembangan yang dimaksud pada penelitian ini adalah pengembangan *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian ini didasarkan atas hasil angket terhadap guru beserta peserta didik dan telaah pustaka.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengembangan *e-LKPD* ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) yang diadaptasi dari prosedur penelitian menurut (Richey & Klien, 2007), yang terdiri atas empat tahapan yakni, analisis (*analysis*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), dan evaluasi (*evaluation*).

3.2.1 Analisis (Analysis)

Tahap analisis merupakan tahap untuk menganalisis kebutuhan dengan tujuan memperoleh masalah yang dihadapi oleh peserta didik dan guru secara langsung. Pada tahap analisis dilakukan dengan cara wawancara langsung dan penyebaran angket dengan guru fisika bersangkutan dari

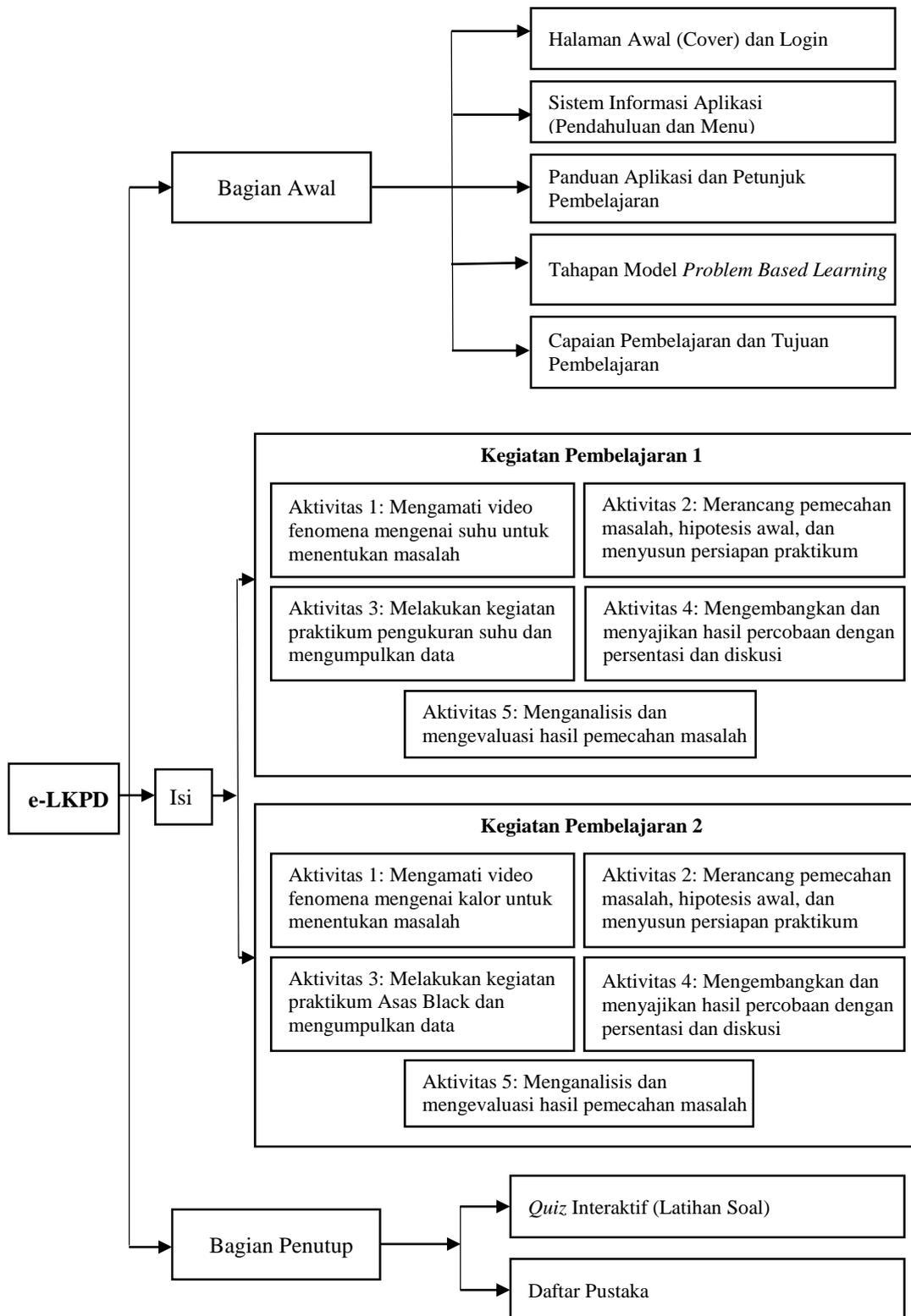
beberapa SMA, guna mengetahui tentang kebutuhan peserta didik sebelum melakukan perancangan pembuatan *e-LKPD*. Wawancara dan penyebaran angket dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang potensi masalah yang ada dengan cara mengidentifikasi kebutuhan peserta didik terhadap materi suhu dan kalor serta keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk menentukan standar kompetensi dan tujuan pembelajaran yang harus dicapai, serta melakukan kajian literatur tentang *e-LKPD*, penggunaan aplikasi *thinkable* dalam pendidikan, dan pengembangan keterampilan berpikir kritis.

3.2.2 Design (Rancangan)

Tahap *design* (desain) adalah tahap merancang suatu produk yang telah dikembangkan yaitu *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *Thinkable* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Perancangan digunakan untuk menentukan bagaimana sistematika penyajian materi yang disampaikan. Materi pada *e-LKPD* yang dikembangkan adalah suhu dan kalor kelas XI pada semester genap.

Perancangan pada tahap desain ini dilakukan untuk merancang Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*e-LKPD*) berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *Thinkable* pada materi suhu dan kalor. Berikut ini kerangka rancangan isi *e-LKPD* dan *story board* yang telah dikembangkan:



Gambar 3. Rancangan *e-LKPD*

Penjelasan dari rancangan desain *e*-LKPD ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Story Board e*-LKPD

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1			
Materi	<i>e</i> -LKPD	<i>Problem Based Learning</i>	<i>Critical Thinking Skills</i>
A. Suhu	Android	1. Mengorentasi Peserta Didik Pada Masalah	<i>Interpretation</i> , kemampuan memahami dan mengungkapkan makna untuk memprediksi suatu fenomena berdasarkan pernyataan dan pertanyaan dari video yang disajikan.
a. Suhu dan Alat Ukurnya	(<i>Thinkable</i>)	a) Peserta didik dibagi ke dalam beberapa kelompok.	
b. Skala Suhu		b) Menampilkan video fenomena suhu dalam kehidupan sehari-hari, seperti air yang mendidih dalam teko, dan terik panas matahari pada siang hari.	
		c) Memberikan pertanyaan berupa masalah seperti, "Mengapa udara di pagi hari terasa dingin, sedangkan udara di siang hari terasa panas?".	
		d) Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi berdasarkan video tersebut.	
		2. Mengorganisasi Peserta Didik Untuk Belajar	<i>Analysis dan Inference</i> , kemampuan membuat hipotesis suatu fenomena berdasarkan pengetahuan yang didapat dengan menganalisis permasalahan untuk menentukan alat dan bahan serta prosedur percobaan.
		a) Peserta didik dalam kelompok diorganisasi untuk merancang proses pemecahan masalah dan hipotesis awal, dalam bentuk diskusi	
		b) Peserta didik mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan serta menyusun persiapan praktikum untuk melakukan percobaan pengukuran suhu dari termometer sederhana	

1	2	3	4
		3. Membimbing Penyelidikan	<i>Interpretation, Analysis dan Evaluation,</i>
		a) Membimbing dan memberi arahan kepada peserta didik selama melakukan percobaan	kemampuan melakukan percobaan, mengumpulkan data, dan menganalisis data hasil percobaan.
		b) Peserta didik melakukan percobaan dan mencatat data hasil pengukuran suhu yang diperoleh	
		4. Mengembangkan dan Menyajikan Hasil	<i>Inference, Explanation, dan Self-Regulation,</i>
		a) Peserta didik menyusun dan menyajikan hasil data pengukuran suhu ke dalam tabel	kemampuan menyajikan hasil data, mampu berdiskusi dengan memberikan penjelasan, dan menyimpulkan terkait percobaan yang telah dilakukan.
		b) Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan dan berdiskusi bersama kelompok lain mengenai percobaan yang telah dilakukan	
		5. Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah	<i>Evaluation, Explanation, dan Self-Regulation,</i>
		a) Setelah penyajian hasil, peserta didik dan guru menganalisis dan mengevaluasi percobaan yang telah dilakukan sebagai bentuk pemecahan masalah.	kemampuan memonitor dan mengendalikan proses berpikir dan mengevaluasi secara keseluruhan bersama guru.

1	2	3	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2			
Materi	e-LKPD	Problem Based Learning	Critical Thinking Skills
B. Kalor	Android	1. Mengorentasi Peserta Didik Pada Masalah	<i>Interpretation</i> , kemampuan memahami dan mengungkapkan makna untuk memprediksi suatu fenomena berdasarkan pernyataan dan pertanyaan dari video maupun gambar yang disajikan.
a. Perpindahan Kalor	(<i>Thinkable</i>)	a) Menampilkan video dan gambar fenomena kalor dalam kehidupan sehari-hari, seperti telur rebus panas yang di campur air es, dan pencampuran teh panas dengan air dingin.	
b. Pengaruh Kalor Pada Perubahan Suhu		b) Memberikan pertanyaan berupa masalah seperti, "Bagaimana perpindahan kalor mempengaruhi suhu telur dan air es? Mengapa perpindahan kalor dapat membuat suhu teh menjadi hangat?"	
c. Pengaruh Kalor Pada Perubahan Wujud		c) Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi berdasarkan video tersebut.	
d. Pengaruh Kalor Pada Pemuain		2. Mengorganisasi Peserta Didik Untuk Belajar	<i>Analysis dan Inference</i> , kemampuan membuat hipotesis suatu fenomena berdasarkan pengetahuan yang didapat dengan menganalisis permasalahan untuk menentukan alat dan bahan serta prosedur percobaan.
		a) Peserta didik dalam kelompok diorganisasi untuk merancang proses pemecahan masalah dan hipotesis awal, dalam bentuk diskusi	
		b) Peserta didik mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan serta menyusun persiapan praktikum untuk melakukan percobaan asas black.	

1	2	3	4
		3. Membimbing Penyelidikan	<i>Interpretation, Analysis dan Evaluation,</i>
		a) Membimbing dan memberi arahan kepada peserta didik selama melakukan percobaan	kemampuan melakukan percobaan, mengumpulkan data, dan menganalisis data hasil percobaan.
		b) Peserta didik melakukan percobaan dan mencatat data hasil yang diperoleh	
		4. Mengembangkan dan Menyajikan Hasil	<i>Inference, Explanation, dan Self-Regulation,</i>
		a) Peserta didik menyusun dan menyajikan hasil data percobaan ke dalam tabel	kemampuan menyajikan hasil data, mampu berdiskusi dengan memberikan penjelasan, dan menyimpulkan terkait percobaan yang telah dilakukan.
		b) Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan dan berdiskusi bersama kelompok lain mengenai percobaan yang telah dilakukan	
		5. Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah	<i>Evaluation, Explanation, dan Self-Regulation,</i>
		a) Peserta didik dan guru menganalisis dan mengevaluasi percobaan yang telah dilakukan sebagai bentuk pemecahan masalah.	kemampuan memonitor dan mengendalikan proses berpikir dan mengevaluasi secara keseluruhan bersama guru.
		b) Peserta didik mengerjakan <i>quiz</i> interaktif	

3.2.3 *Development* (Pengembangan)

Tahap pengembangan ini dilakukan setelah selesai tahap desain, untuk dapat mengembangkan produk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sehingga menghasilkan *e-LKPD* pada materi suhu dan kalor. Langkah selanjutnya yaitu validasi produk *e-LKPD* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis menggunakan model *problem based learning* dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan sebagai media pembelajaran.

Proses validasi dilakukan oleh ahli materi untuk menguji indikator materi yang digunakan dalam *e-LKPD* tersebut dan ahli desain untuk menguji rangkaian *e-LKPD*. Apabila telah dinyatakan valid maka dapat dilanjutkan dengan uji kepraktisan melalui uji persepsi guru, dan respon peserta didik dengan tujuan untuk mengetahui persepsi guru fisika terhadap hasil pengembangan produk memungkinkan untuk diterapkan dalam proses pembelajaran nyata di kelas XI. Setelah produk dikatakan valid dan praktis maka dapat dilanjutkan dengan uji efektivitas melalui uji coba terbatas, dan uji coba lebih luas.

a. Validasi oleh Ahli

Kegiatan ini berupa validasi yang diberikan ahli terhadap produk tersebut. Validasi tersebut dilakukan dengan meminta pertimbangan dari beberapa ahli, dengan mengisi lembar validasi yang disediakan dan dilakukan bersama uji *e-LKPD*, dengan tujuan untuk memperoleh tanggapan dari validator. Komponen yang di validasi oleh ahli berupa tampilan, isi *e-LKPD*, penggunaan bahasa, dan interaktif *e-LKPD*.

b. Uji Coba Terbatas

Uji coba terbatas ini dilakukan dalam kelompok kecil menggunakan *e-LKPD* dalam bentuk produk yang telah dilakukan di sekolah dengan beberapa peserta didik. Uji coba bertujuan untuk mendapatkan tanggapan dari penggunaan produk.

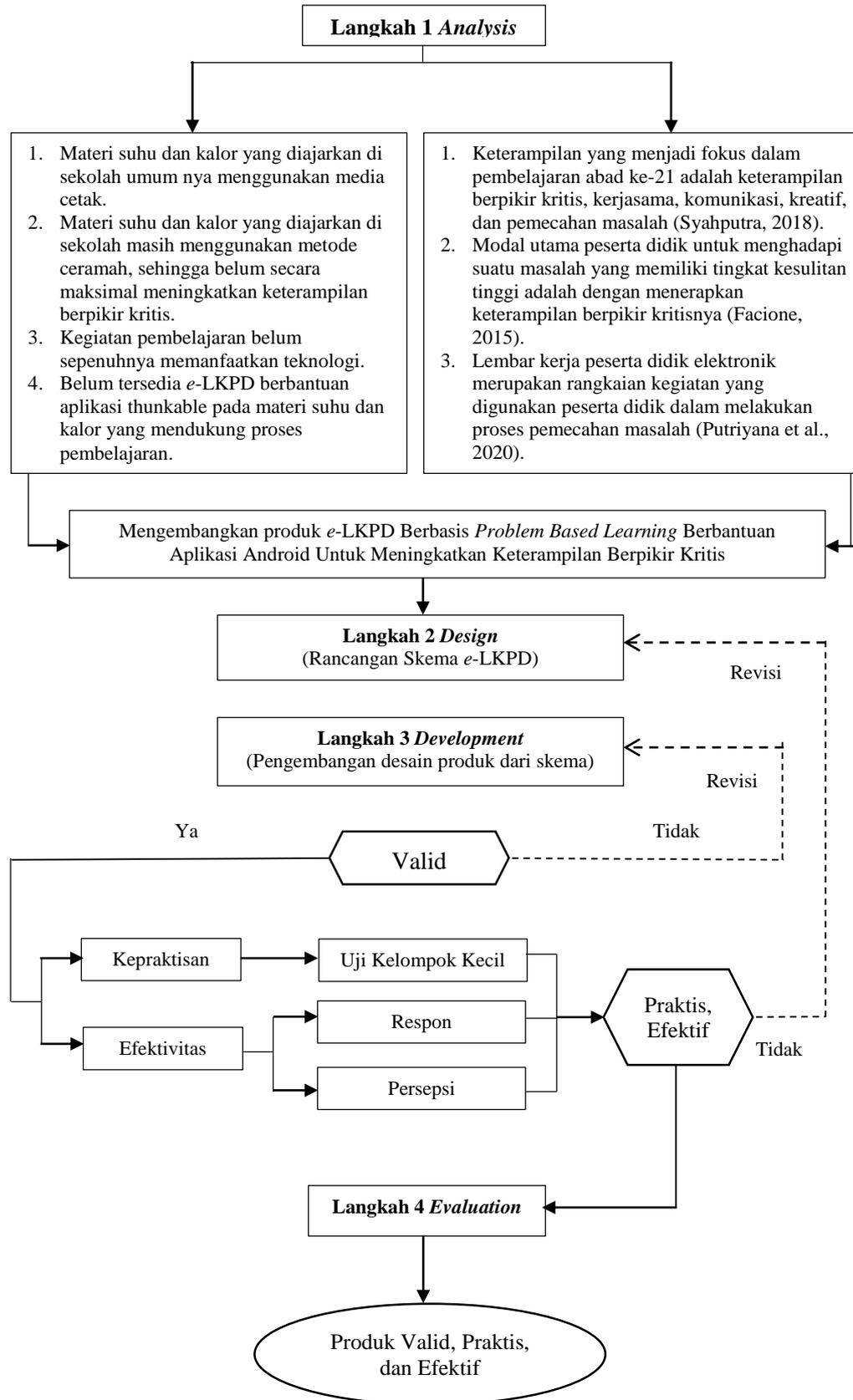
c. Uji Coba Lebih Luas

Uji coba lebih luas ini dilakukan melalui kegiatan pembelajaran secara langsung di sekolah dengan peserta didik sebanyak 1 kelas. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan menggunakan *e*-LKPD dalam bentuk produk yang telah melalui tahap validasi oleh ahli. Uji coba dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan efektif atau tidak. Jenis eksperimen yang digunakan dalam uji coba lebih luas ini adalah *Quasi-Experimental Designs*, dengan menggunakan desain penelitian *One Group Pretest Posttest Design*.

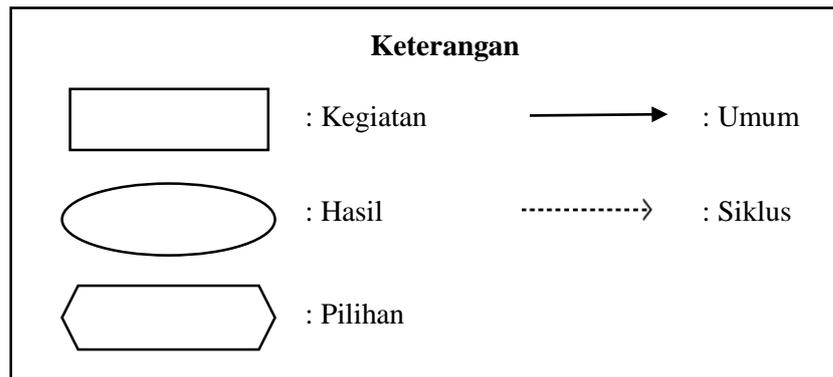
3.2.4 Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi digunakan untuk melihat proses kegiatan di setiap tahap prosedur pengembangan. Evaluasi yang dilakukan pada penelitian pengembangan ini menggunakan teknik evaluasi formatif.

Pada tahap evaluasi formatif peneliti telah mengukur pencapaian tujuan pengembangan produk di setiap tahapannya dari tahap analisis, perencanaan, pengembangan dan implementasi untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan keberhasilan produk. Evaluasi formatif pada penelitian pengembangan ini digunakan untuk merevisi mengenai beberapa kebutuhan yang belum dapat terpenuhi melalui media yang baru dibuat. Selengkapnya alur pengembangan produk ini ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Pengembangan Produk



Gambar 5. Diagram Pengembangan Produk

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Instrumen yang dipergunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu, instrumen uji validitas, instrumen uji kepraktisan, dan instrumen keterampilan berpikir kritis.

3.3.1 Instrumen Uji Validitas

Instrumen ini digunakan untuk mengetahui kevalidan produk sehingga dapat memberikan informasi mengenai *e*-LKPD valid atau tidak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Validitas produk terdiri dari beberapa aspek uji ahli yang meliputi uji ahli pada aspek materi, aspek kualitas dan tampilan media, aspek ilustrasi, aspek daya tarik, dan aspek ketersediaan alat dan bahan. Sistem penilaian menggunakan skala *Likert* yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurent, 2011) dengan menggunakan empat buah pilihan yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Skala *Likert* pada Instrumen Uji Ahli

No	Aspek yang diamati	Skor			
		4	3	2	1
1	Materi	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik

1	2	3	4	5	6
2	Kualitas dan Tampilan Media	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
3	Ilustrasi	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
4	Daya Tarik	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
5	Ketersediaan Alat dan Bahan	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik

3.3.2 Instrumen Uji Kepraktisan

Instrumen ini bertujuan untuk mengetahui tentang *e*-LKPD yang digunakan dapat membantu peserta didik memahami materi suhu dan kalor dengan mudah atau tidak.

Uji kepraktisan terdiri atas dua angket, yaitu angket persepsi guru, dan angket respon peserta didik. Sistem penilaian menggunakan skala *Likert* yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurent, 2011) dengan menggunakan empat buah pilihan yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala *Likert* pada Instrumen Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan	Aspek yang diamati	Skor			
		4	3	2	1
Persepsi guru	Isi/materi	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
	Kualitas produk	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
Respon peserta didik	Isi/materi	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
	Desain produk	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik

3.3.3 Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen keterampilan berpikir kritis digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dalam konteks pendidikan, instrumen ini biasanya digunakan untuk mengukur sejauh mana peserta didik mampu berpikir kritis ketika menghadapi masalah, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah yang terkait dengan pembelajaran. Berpikir kritis mencakup beberapa indikator yaitu, *interpretation*, *analysis*, *inference*, *evaluation*, *explanation*, dan *self-regulation*.

Sistem penilaian menggunakan skala *Likert* yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurent, 2011) dengan menggunakan empat buah pilihan yang ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala *Likert* pada Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Aspek yang diamati	Skor			
		4	3	2	1
<i>Interpretation</i>	Keterampilan peserta didik dalam memahami masalah, konsep, atau informasi yang disajikan	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
<i>Explanation</i>	Keterampilan peserta didik dalam menjelaskan proses berpikir mereka dan alasan di balik suatu keputusan atau kesimpulan.	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
<i>Analysis</i>	Keterampilan peserta didik dalam memisahkan dan mengurai informasi atau ide-ide yang ada untuk menemukan hubungan di antaranya.	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik

	1	2	3	4	5	6
<i>Evaluation</i>		Keterampilan peserta didik dalam menilai argumen, bukti, atau hasil, serta keterampilan mereka dalam menentukan validitas suatu kesimpulan.	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
<i>Inference</i>		Keterampilan peserta didik dalam membuat kesimpulan berdasarkan data atau informasi yang diberikan.	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik
<i>Self-regulation</i>		Keterampilan peserta didik dalam merefleksikan pemikiran mereka sendiri dan mengoreksi kesalahan atau kekeliruan dalam proses berpikir.	Sangat baik	Baik	Kurang baik	Tidak baik

(Facione, 2015)

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan cara menganalisis hasil skala uji validitas, uji kepraktisan berupa data angket respon peserta didik dan persepsi guru, dan analisis efektivitas penerapan produk yang telah dikembangkan.

3.4.1 Uji Validitas

Uji validitas produk digunakan untuk mendapatkan data kevalidan *e*-LKPD sebagai media pembelajaran yang dikembangkan. Data kevalidan diperoleh dari penilaian oleh uji ahli. Analisis skala uji ahli yang terdiri dari beberapa aspek uji ahli yang meliputi uji ahli pada aspek materi, aspek ilustrasi, aspek

kualitas dan tampilan media, aspek daya tarik, dan uji ahli pada aspek ketersediaan alat dan bahan yang memiliki empat pilihan skor jawaban yang sesuai dengan konten pertanyaan. Instrumen yang digunakan memiliki empat pilihan jawaban, sehingga skor penilaian total dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Persentase (\%) = \frac{\Sigma_{perolehan\ skor}}{\Sigma_{skor\ maksimum}} \times 100\%$$

Hasil data yang diperoleh dari hasil uji validasi kemudian diinterpretasikan. Interpretasi skor pada penelitian ini dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yang di adaptasi dari (Sugiyono, 2015), yang ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Konversi skor penilaian terhadap pilihan jawaban

Persentase	Kriteria
0,00%-20%	Validitas sangat rendah/ tidak baik
20,1%-40%	Validitas rendah/ kurang baik
40,1%-60%	Validitas sedang/ cukup baik
60,1%-80%	Validitas tinggi/ baik
80,1%-100%	Validitas sangat tinggi/ sangat baik

(Sugiyono, 2015)

Berdasarkan Tabel 8, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori valid apabila mencapai skor yaitu minimal 60,1%.

3.4.2 Analisis Data Uji Kepraktisan

Data uji kepraktisan diperoleh berdasarkan pengisian angket keterbacaan dan respon oleh kelompok kecil peserta didik serta angket persepsi guru. Hasil jawaban yang terdapat pada angket dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

$$Persentase (\%) = \frac{\Sigma_{perolehan\ skor}}{\Sigma_{skor\ maksimum}} \times 100\%$$

Keterangan: *Persentase (%)* = Nilai persen yang dicari

$\Sigma_{perolehan\ skor}$ = Jumlah skor penilaian

$\Sigma_{skor\ maksimum}$ = Skor maksimum

Hasil analisis data uji kepraktisan kemudian dikelompokkan menurut persentase jawaban yang diadaptasi dari (Arikunto., 2011), ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Konversi skor penilaian kepraktisan

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Tidak baik
20,1% – 40%	Kurang baik
40,1% – 60%	Cukup baik
60,1% – 80%	Baik
80,1% – 100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 9, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan masuk dalam kategori praktis apabila mencapai skor yaitu minimal 60,1%.

3.4.3 Analisis Data Respon Peserta didik dan Persepsi Guru

Analisis data respon diperoleh dari angket uji respon yang di isi oleh peserta didik. Sedangkan analisis data persepsi diperoleh dari angket uji persepsi yang di isi oleh guru terkait penggunaan *e-LKPD*. Kemudian dari hasil analisis data respon peserta didik dan persepsi guru dianalisis dengan menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

$$Persentase (\%) = \frac{\Sigma_{perolehan\ skor}}{\Sigma_{skor\ maksimum}} \times 100\%$$

Keterangan: *Persentase (%)* = Nilai persen yang dicari

$\Sigma_{perolehan\ skor}$ = Jumlah skor penilaian

$\Sigma_{skor\ maksimum}$ = Skor maksimum

Hasil analisis data respon peserta didik dan persepsi guru kemudian dikelompokkan menurut persentase jawaban yang diadaptasi dari (Arikunto., 2011), yang ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Konversi skor penilaian uji respon peserta didik dan persepsi guru

Persentase	Kriteria
0,00% – 20%	Tidak baik
20,1% – 40%	Kurang baik
40,1% – 60%	Cukup baik
60,1% – 80%	Baik
80,1% – 100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011)

3.4.4 Analisis Efektivitas Penerapan Produk

1. Menghitung nilai *N-Gain*

Menghitung nilai *N-Gain* adalah metode yang digunakan untuk mengukur efektivitas suatu proses pembelajaran atau intervensi pendidikan dengan melihat peningkatan pemahaman atau keterampilan peserta didik. *N-Gain* dihitung berdasarkan perbedaan skor hasil *pre-test* dan *post-test*, yang kemudian dinormalisasi terhadap potensi peningkatan maksimal yang dapat dicapai.

Adapun *N-Gain score* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$N-Gain = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest}}$$

Dalam penelitian ini, perbandingan nilai *N-Gain* antara *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Untuk mengetahui peningkatan nilai *pre-test* dan *post-test* peserta didik, digunakan kriteria interpretasi *N-Gain* (Husein dkk., 2017) ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria *N-Gain*

Batasan	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g > 0,3$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

(Husein, 2017)

2. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah sampel berasal dari populasi berdistribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini, uji normalitas dianalisis menggunakan *software* SPSS dengan cara menentukan terlebih dahulu hipotesis pengujiannya yaitu:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi secara normal

Pedoman pengambilan keputusan:

- a. Jika nilai Sig. atau signifikansi $< 0,05$ maka data berdistribusi tidak normal.
- b. Jika nilai Sig. atau signifikansi $\geq 0,05$ maka distribusinya adalah normal.

3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata hasil keterampilan berpikir kritis sebelum diberi perlakuan (*pre-test*) dan sesudah diberi perlakuan (*post-test*). Data dari sampel yang berdistribusi normal maka pengujian hipotesis dianalisis menggunakan uji *Paired Sample T-Test*. Uji hipotesis pada penelitian ini dianalisis menggunakan *software* SPSS.

Adapun hipotesis yang diuji adalah:

H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan antara keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbantuan aplikasi *thinkable*.

H_1 : Ada perbedaan signifikan antara keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbantuan aplikasi *thinkable*.

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai signifikansi :

- a. Jika nilai signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- b. Jika nilai signifikansi $\geq 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* dinyatakan valid berdasarkan hasil validasi dari empat aspek penilaian, yaitu validasi materi, kualitas dan tampilan media, ilustrasi, serta daya tarik. Dari keempat aspek tersebut, diperoleh nilai rata – rata akhir sebesar 92% dengan kategori validitas sangat tinggi, sehingga *e-LKPD* yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran.
2. Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa *e-LKPD* yang dikembangkan tergolong praktis. Berdasarkan hasil angket, diperoleh nilai keterbacaan rata – rata akhir sebesar 76%, uji persepsi guru sebesar 89%, dan uji respons peserta didik sebesar 77%, yang termasuk dalam kategori praktis. Hal ini menunjukkan bahwa *e-LKPD* dapat digunakan dengan mudah oleh peserta didik dan guru dalam proses pembelajaran.
3. *e-LKPD* berbasis *problem based learning* berbantuan aplikasi *thinkable* ini dinyatakan efektif dalam pembelajaran. Efektivitas ini didasarkan pada hasil analisis yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan *e-LKPD*, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,65, yang termasuk dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa *e-LKPD* dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika pada materi suhu dan kalor serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis mereka.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan yang telah dilakukan, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Pada penelitian berikutnya, disarankan agar *e*-LKPD dapat diakses di berbagai jenis perangkat, tidak hanya pada sistem operasi Android, tetapi juga pada iOS, sehingga penggunaannya lebih luas dan fleksibel.
2. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk menambahkan fitur unggah file atau gambar agar peserta didik dapat mengirimkan jawaban dalam bentuk gambar, file atau dokumen, terutama untuk soal yang memerlukan perhitungan atau gambar diagram, sehingga mempermudah proses evaluasi.
3. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk mengembangkan fitur penyimpanan otomatis pada setiap halaman, sehingga ketika peserta didik kembali ke halaman sebelumnya, jawaban yang telah diisi tidak hilang dan tetap tersimpan. Hal ini memungkinkan mereka untuk melihat kembali, mengedit, atau mengingat jawaban sebelumnya tanpa harus mengulang pengisian dari awal.
4. Pada penelitian berikutnya, disarankan menambahkan fitur umpan balik otomatis, agar setelah peserta didik mengerjakan soal, mereka langsung mendapatkan koreksi atau petunjuk terkait jawaban mereka, sehingga dapat memahami kesalahan dan meningkatkan pemahamannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amali, K., Kurniawati, Y., & Zulhiddah, Z. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Sains Teknologi Masyarakat Pada Mata Pelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Journal of Natural Science and Integration*, 2(2), 60-70.
- Anam, M. K., & Anggraini, L. (2020). Meningkatkan Literasi Perbaikan Syariah Dengan Mengembangkan Aplikasi Edukasi Berbasis Android. *Just It: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer*, 10(2), 24-29.
- Ardiyanti, F., & Nuroso, H. (2021). Analisis tingkat keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI MIPA dalam pembelajaran Fisika. *Karst: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 4(1), 21–26.
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2022). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27–35.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach ninth edition (9th ed.)*. New Britain, USA: Library of Congress Cataloging. 588 pages.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bumi Aksara. 376 hlm.
- Ariyana, Y., Pudjiastuti, A., Bestary, R., & Zamroni. (2018). *Buku Pegangan Pembelajaran Berorientasi pada Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi*. Jakarta: Kemendikbud. 81 hlm.
- Assegaff, A., & Sontani, U. T. (2016). Upaya meningkatkan keterampilan berfikir analitis melalui model problem based learning (PBL). *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 1(1), 33-42.
- Ayirahma, R, M., & Muchlis. (2023). Pengembangan E-LKPD Berorientasi Model PBL Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Asam Basa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 4(06), 20-30.

- Ayu, D. P., & Amelia, R. (2020). Pembelajaran Bahasa Indonesia Berbasis e-Learning di Era Digital. *Prosiding Samasta: Seminar Nasional Bahasa dan Sastra Indonesia*, 1(1), 56-61.
- Cholifah, R., & Wibawa, S. C. (2016). Pembuatan Lembar Kerja Siswa Berbasis Android Pada Mata Pelajaran Produktif Multimedia Kelas XI Di SMKN 1 Driyorejo. *Jurnal It-Edu*, 01(02), 25-33.
- Conklin, W. (2011). *Higher-order thinking skills to develop 21st century learners*. California: Teacher Created Materials. 184 pages.
- Ditha, R. L., & Faulina, S. T., Wisnumurti. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Layanan Pengaduan Pada Dinas Pendidikan Kabupaten OKU Berbasis Android Menggunakan Android Studio. *Jurnal Informatika dan Komputer (JIK)*, 14(2), 15-22.
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. California: Insight Assessment. 30 pages.
- Fatmawati, H. (2014). Analisis Berpikir Kritis Siswa Dalam Pemecahan Masalah Matematika Berdasarkan Polya Pada Pokok Bahasan Persamaan Kuadrat (Penelitian Pada Siswa Kelas X SMK Muhammadiyah 1 Sragen Tahun Pelajaran 2013 / 2014). *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika*, 2(9), 911-922.
- Fatriani, E., & Sukidjo, S. (2018). Efektivitas metode problem based learning ditinjau dari keterampilan berpikir kritis dan sikap sosial siswa. *Socia: Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, 15(1), 11-26.
- 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.
- Giancoli, D. C. (2014). *Physics: Principles with Applications* (Seventh Edition). Pearson Prentice Hall. 1104 pages.
- Herawati, E. P., Gulo, F., & Hartono. (2016). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Interaktif Untuk Pembelajaran Konsep Mol di Kelas X SMA *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(2), 42-58.
- Herzon, H. H., Budijanto., & Utomo, D. H. (2018). Pengaruh Problem-Based Learning (PBL) terhadap Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(1), 42-46.

- Hunaepi, H., Firdaus, L., Samsuri, T., Susantini, E., & Raharjo, R. (2020). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terintegrasi Kearifan Lokal Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(3), 269–281.
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan, G. (2017). Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(3), 221–225.
- Ismayani, A. (2018). *Cara Mudah Membuat Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android dengan Thinkable*. Jakarta: Elex Media Komputindo. 250 hlm.
- Isnarto., Arifudin, R., & Pramono, D. (2018). Optimalisasi Teknologi Informasi dan Komunikasi Melalui Pelatihan Media Pembelajaran Bagi Guru di Kota Salatiga. *SNKPM : Seminar Nasional Kolaborasi Pengabdian pada Masyarakat*, 1, 210-216.
- Jawadiyah, A. A., & Muchlis. (2021). Pengembangan Lkpd Berbasis Problem Based Learning Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Larutan Penyangga. *UNESA Journal of Chemical Education*, 10(2), 195–204.
- Kholifahtus, Y. F., Agustiningih, 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.
- Krisnayasa, I. P. P., Fanani, L., & Brata, A. H. (2020). Pengembangan Aplikasi Informasi dan Pencarian Pura berdasarkan Lokasi Terdekat di Kota Malang berbasis Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(9), 3057-3066.
- Laili, A. N., Sutopo., & Diantoro, M. (2021). Ragam Kesulitan Siswa SMA dalam Menguasai Suhu dan Kalor. *JRPF (Jurnal Riset Pendidikan Fisika)*, 6(1), 20-26.
- Mahjatia, N., E. Susilowati, & S. Miriam. (2020). Pengembangan lkpd berbasis stem untuk melatih keterampilan proses sains melalui inkuiri terbimbing. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*. 4(3): 139-150.
- Mardhiyah, R. H., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Zulfikar, M. R. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 12(1), 32-45.

- Ma'rifah, E., Parno., & Mufti, N. (2016). Identifikasi Kesulitan Siswa Pada Materi Suhu dan kalor. *Seminar Pendidikan Nasional*, 4(5), 124-133.
- Masitah, Miriam, S., & Misbah. (2020). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis hands on activity untuk melatih aktivitas peserta didik pada materi fluida statis. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online (JPFT)*, 8(1), 24-33.
- Munira, S., Abidin, Z., & Jarmita, N. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dalam Memecahkan Masalah Matematika Kelas iv MIN 25 Aceh Besar. (Doctoral Dissertation, UIN AR-RANIRY). 157 hlm.
- Nakkir, M., & Efendi, R. (2023). Pengukuran Suhu Air Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 9(1), 28-36.
- Ningsih, S. R. S., & Dewi, R. M. (2024). Pengembangan e-LKPD Berbasis Problem Based Learning pada Pembelajaran Ekonomi guna Melatih Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(2), 52-73.
- Nurpatri, Y., Maielfi, D., Zaturrahmi, Z., & Indrawati, E. S. (2022). Analisis Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa SMP pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 912-918.
- Paul, R., & Elder, L. (2014). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Professional and Personal Life*. Pearson Education, Inc. 459 pages.
- Permatasari, A., & Kuntjoro, S. (2019). Validitas LKPD Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Daur Ulang Limbah Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kreatif Kelas X SMA. *Jurnal BioEdu*, 8(3), 129-134.
- Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektivitas E-LKPD berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Keterampilan Berfikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 86-96.
- Prastowo, A. (2015). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press. 415 hlm.
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S (2022). *Buku Fisika Kelas XI Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. 324 hlm.
- Ratumanan, T., & Laurent, T. (2011). *Penilaian Hasil Belajar Pada Tingkat Satuan Pendidikan*. Surabaya: Unesa University Press. 208 hlm.

- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research Method, Strategies, and Issues*. London: Lawrence Erlbaum Associates. Inc. 204 pages.
- Rizkika, M., Putra, P. D. A., & Ahmad, N. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM pada Materi Tekanan Zat untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 7(1), 41–48.
- Rusmono. (2014). *Strategi Pembelajaran dengan Problem Based Learning itu Perlu*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia. 128 hlm.
- Sa'diah, N., Suherman, A., & Septiyanto, R. F. (2022). Pengembangan e-LKPD Berbasis CTL untuk Meningkatkan Sciences Process Skill pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 6(1), 84–93.
- Salih, M. (2013). *Konsep Pemikiran dan Kemahiran Berpikir Kritis dalam Pemikiran Kritis dan Kreatif*. Tanjung Malim : Penerbit Universitas Pendidikan Sultan Idris. 28 hlm.
- Sandra, H. K., Tanamir, M. Dt., & Afryansih, N. (2022). Kelayakan dan Praktikalitas Media Pembelajaran Thinkable Berbasis Android pada Materi Ketahanan Pangan Industri dan Energi Kelas XI IIS SMAN 1 Painan. *Horizon*, 2(1), 43–53.
- Sari, D. P., & Bharata, H. (2017). Pengembangan LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Universitas Lampung*, 5(11), 1-13.
- Sawaka, S. H., Fayeldi, T., & Pranyata, Y. I. P. (2022). Pengembangan Aplikasi AMIT Sebagai Media Pembelajaran Matematika Pada Materi Matriks Kelas XI. *Rainstek (Jurnal Terapan Sains & Teknologi)*, 4(3).
- Setiawan, W. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android dengan App Inventor pada Materi Perangkat Lunak Pengolah Kata. *Juwara Jurnal Wawasan dan Aksara*, 1(1), 37–46.
- Setiawati, W., Pd, M., Asmira, O., Ariyana, Y., Bestary, R., Pd, M., & Pudjiastuti, D. A. (2019). *Buku Penilaian Berorientasi Higher Order Thinking Skills*. Jakarta: Kemendikbud. 82 hlm.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika (6th Ed.)*. Bandung: PT. Taristo. 508 hlm.
- Sugiyanto. (2009). *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Surakarta: Panitia Sertifikasi Guru Rayon 13 FKIP UNS. 159 hlm.

- Susilowati, S., Sajidan, S., & Ramli, M. (2017). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa madrasah aliyah negeri di Kabupaten Magetan. *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)*, 21(2000), 223–231.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R & D)*. Bandung: Alfabeta. 344 hlm.
- Sya'adah, A., Zainudin, M., & Mujahidin, A. (2021). Pengaruh E-Learning dan Kemandirian Belajar Ditinjau Dari Hasil Belajar. *Journal Of Techonolgy Mathematics And Social Science*, 1(1), 1-13.
- Syahputra, E. (2018). Pembelajaran Abad 21 dan Penerapannya di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Sinastekmapan*, 1(1), 1276-1283.
- Tita Kartika, A., Eftiwin, L., Fitri Lubis, M., & Walid, A. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII SMP Pada Mata Pelajaran IPA. *JARTIKA : Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi Pendidikan*, 3(1), 1-10.
- Wulandari, D., Maison, M., & Kurniawan, D. A. (2023). Identifikasi Pemahaman Konsep dan Kemampuan Berargumentasi Peserta Didik pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 93–99.