

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI
STEM UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS DAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI
PESERTA DIDIK**

TESIS

Oleh

Murih Rahayu

2023022007



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI STEM UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI PESERTA DIDIK

Oleh

Murih Rahayu

e-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* menjadi solusi perkembangan era digital. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan berpikir kritis dan komunikasi peserta didik. Metode penelitian ini adalah *research and development* (R&D). Desain pengembangan menggunakan model *ADDIE* yang terdiri dari lima tahapan yaitu *analyze, design, development, implementation, dan evaluation*. Instrumen pengumpulan data yang digunakan meliputi angket analisis kebutuhan, angket uji validitas, angket uji keterlaksanaan, instrumen soal berpikir kritis, instrumen komunikasi, serta respon peserta didik terhadap keefektifan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM*. Pada uji kevalidan yang telah dilakukan, *e*-LKPD dinyatakan valid dengan hasil validasi konstruk rata-rata persentase 87% dan validasi isi rata-rata persentase 88%. Hasil uji kepraktisan yang ditunjukkan rata-rata persentase keterbacaan 90% dengan kriteria sangat baik, dan kemudahan penggunaan yaitu sebesar 85% dengan kriteria sangat baik dan respon positif peserta didik. Keefektifan yang ditunjukkan oleh hasil uji *paired t-test* dan uji *n-gain*. Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai *sig 2-tailed* 0,000 (< 0,005) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai hasil *pretest* dan *posttes* pada keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik, sehingga dapat dinyatakan bahwa *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* yang dikembangkan efektif.

Kata Kunci: *e*-LKPD , Keterampilan Berpikir Kritis, Keterampilan Komunikasi, *Problem Based Learning, STEM*.

ABSTRACT

**DEVELOPMENT STUDENT WORKSHEET OF PROBLEM BASED
LEARNING STEM INTEGRATED TO IMPROVE STUDENTS'
CRITICAL THINKING AND COMMUNICATION SKILLS**

By

Murih Rahayu

Problem-based STEM integrated e-worksheet is a solution for the digital era development. This research aims to examine the critical thinking and communication skills of students. The research method used in this study is research and development (R&D). The development design refers to the ADDIE instructional development model which consists of five stages, namely analyze, design, development, implementation, and evaluation. The data collection instruments used in this study include a needs analysis questionnaire, a validity test questionnaire, a feasibility test questionnaire, critical thinking questionnaires, communication instruments, and student responses to the effectiveness of problem-based STEM integrated e-worksheet. The results of this research show that the problem-based STEM integrated e-worksheet is valid, practical, and effective in the learning process. In the validity test that has been conducted, the e-worksheet is declared valid with a construct validation of 87% and a percentage of content validation of 88%. The students' response with score of 85%. The analysis of the critical thinking and communication skills trained obtained a score of 85% with a highly trained category. The effectiveness by the results of the paired sample t-test *sig 2-tailed* 0,000 (< 0.005), indicating a significant difference between the pretest and posttest scores in critical thinking skills and communication skills of the students. Therefore, it can be concluded that the problem-based STEM-integrated e-LKPD (Learning and Teaching Materials) developed is effective.

Keywords: *e-worksheet*, Critical Thinking Skills, Communication Skills, Problem-Based Learning, STEM.

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI
STEM UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS DAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI
PESERTA DIDIK**

Oleh:

Murih Rahayu

Tesis

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI STEM UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILANBERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa : **Murih Rahayu**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2023022007**

Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Fakultas : **Keguruan Dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

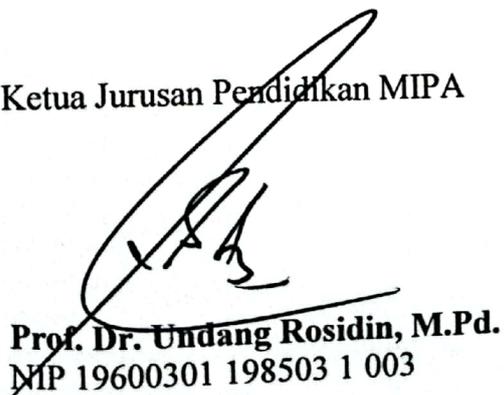


Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
NIP 19631215 199102 1 001



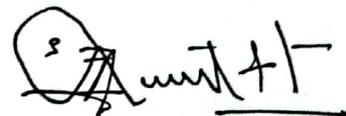
Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.
NIP 19600821 198503 1 004

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP 19600301 198503 1 003

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Fisika



Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 1965061699102 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.



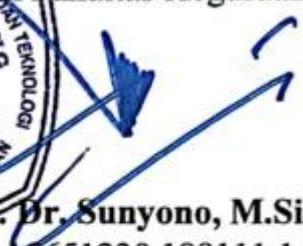
Penguji Anggota : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



Dr. Kartini Herlina, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si. 
NIP. 19651230 199111 1 001



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 17 Juli 2023

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Murih Rahayu

NPM : 2023022007

Fakultas/Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA

Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Alamat : Jl. Nusantara II , RT/RW 009/003, Kel. Margodadi, Kec.
Metro Selatan, Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tesis 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 yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar Pustaka.

Bandar Lampung, 17 Juli 2023



Murih Rahayu
NPM 2023022007

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Pringsewu, Lampung pada tanggal 20 November 1996, sebagai anak kedelapan dari delapan bersaudara, dari Bapak Syafruddin dan Ibu Suwanti. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan pada tahun 2008 di SD Negeri 1 Pasir Ukir, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Pagelaran diselesaikan pada tahun 2011 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah Pringsewu diselesaikan pada tahun 2014. Tahun 2018 penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Raden Intan Lampung, dengan judul skripsi “*Pengaruh Scaffolding Berbasis Guided Inquiry Berbantuan Google Classroom dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa*”.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) UIN Raden Intan Lampung. Selain itu, penulis pernah menjadi Tim Writer Mahasiswa Unit Riset dan Publikasi Ilmiah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung pada tahun 2017 hingga 2018. *Editor In Chief*, LJMSA (*Lampung Journal Of Muhammadiyah Student Association*) sejak 2019 hingga 2021.

Tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana di Program Studi Magister Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

MOTTO

Manusia diberikan kesanggupan atas segala ujian yang menimpanya.

Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya yang berputus asa dari rahmat Allah hanyalah orang-orang yang kafir.

(Qur'an Surat Yusuf : 87)

Dan janganlah kamu merasa lemah, dan jangan pula bersedih hati, sebab kamu paling tinggi derajatnya, jika kamu orang yang beriman.

(Qur'an Surat Ali Imran : 139)

PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Rasa syukur dan bahagia atas segala rahmat yang telah diberikan Allah Subhanahu Wata'ala atas terselesaikannya tesis ini, dengan rendah hati penulis mempersembahkan karya tulis yang sederhana ini kepada orang-orang terkasih sebagai berikut.

1. Kepada bapak Syafruddin dan mamak Suwanti yang telah mengisi dunia penulis dengan begitu banyak kebahagiaan sehingga seumur hidup tidak akan cukup untuk membalas segala kebahagiaan yang telah diberikan, terima kasih tak terhingga diucapkan. Kepada dua orang berharga dalam hidup penulis, terima kasih telah menjadi orang tua yang sempurna.
2. Suami tercinta Podo Wiseso, A.Md. yang tidak kalah mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tetesan keringat yang mengalir, segala dukungan baik materi ataupun moril, semoga ini menjadi pahala jariyah. “Kamu selalu menunjukkan kepada penulis cara berjuang dengan keras yang benar dan menghibur penulis pada saat yang kritis. Penulis ingin mengucapkan terima kasih hanya untuk satu di antaranya yaitu: atas kehadiranmu dalam hidupku”.
3. Anak pertama penulis Arfan Tsaqif Wasesa, malaikat kecil yang Allah titipkan kepada penulis, terimakasih atas segala pengertiannya dan kerjasamanya.
4. Kakak penulis tercinta, Assa Sihati dan Wiqoyatun yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, motivasi dan do'a kepada penulis.
5. Keluarga besar Sapolga family yang selalu mendoakan penulis agar menjadi orang sukses dikemudian hari.
6. Keluarga besar Magister Pendidikan Fisika 2020
7. Almamater tercinta.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala, karena atas rahmat dan hidayahnya tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis ini dengan judul "*Pengembangan E-LKPD Berbasis Masalah Terintegrasi STEM untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Komunikasi Peserta Didik*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelas Magister Pendidikan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku dekan FKIP Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd. selaku Ketua Jurusan FMIPA Universitas Lampung sekaligus pembimbing kedua. Terimakasih atas kritik dan sarannya yang telah diberikan.
5. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika sekaligus dosen perwakilan Program Studi Pendidikan Fisika terimakasih atas ketersediaan waktunya untuk membimbing, memberikan kritik, saran dan masukan dalam penulisan tesis ini.
6. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Pembimbing I diucapkan terimakasih atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, kritik, saran dalam proses penyelesaian tesis ini.

7. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. selaku Pembimbing II mengucapkan terimakasih atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, kritik, saran yang membangun.
8. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembahas utama pada ujian tesis ini. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran yang bersifat membangun.
9. Bapak dan Ibu dosen Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Universitas Lampung.
10. Ibu Endah Normayanti, M.Pd. dan Ibu Erlita Yuani Putri, M.Pd., selaku validator produk. Terimakasih atas kritik dan saran selama pembuatan produk.
11. Bapak Hadi Sururudin, S.Pd.I., M.Pd. selaku Kepala MA Muhammadiyah Sukarame Bandar Lampung yang telah memberikan izin, bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
12. Ibu Sakinah Qurrota Aini, S.Pd. selaku guru fisika di MA Muhammadiyah Sukarame Bandar Lampung yang menjadi mitra selama penelitian berlangsung, terimakasih atas kerjasama, bantuan dan motivasinya.
13. Peserta didik kelas XI MIA MA Muhammadiyah Sukarame Bandar Lampung, terimakasih atas kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
14. Teman-teman Magister Pendidikan Fisika 2020.
15. Teman seperjuangan Ibu Yeni Sri Purwanti, Ida Susanti, Adyt Anugrah yang selalu memberikan motivasi, saran, dukungan dan kontribusinya selama proses penyusunan tesis ini.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN.....	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	8
2.2 <i>Problem Based Learning</i> (PBL)	9
2.3 <i>Science, Technology, Engeenering and Mathematics</i> (STEM)	11
2.4 <i>Critical Thinking Skills</i>	16
2.5 <i>Communication Skills</i>	18
2.6 <i>e-Learning</i> dan <i>m-Learning</i>	24
2.7 Teori Belajar.....	26
2.8 Gelombang Bunyi	32
2.9 Penelitian Relevan.....	33
2.10 Kerangka Pemikiran.....	35

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian.....	39
3.2 Prosedur Pengembangan	40
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	44
3.4 Teknik Analisis Data	45

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	52
4.1.1 Tahap Analisis	52
4.1.2 Tahap Desain.....	55
4.1.3 Tahap Pengembangan	65
4.1.4 Tahap Implementasi	77
4.1.5 Tahap Evaluasi	85
4.2 Pembahasan	86

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sintaks Pembelajaran PBL.....	11
2. Definisi <i>STEM</i>	13
3. Indikator Berpikir Kritis.....	17
4. Rubrik <i>Oral Communication</i>	19
5. Rubrik <i>Written Communication</i>	21
6. Tingkat Intensitas Bunyi Berdasarkan Sumber Bunyi.....	32
7. Penelitian Relevan.....	33
8. Desain Eksperimen <i>Pretest-Posttest Design</i>	42
9. Skor Penilaian	46
10. Tafsiran Skor (Persentase) Lembar Validitas	48
11. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas.....	49
12. Konversi Skor Penilaian Pernyataan Nilai Kualitas Keterlaksanaan.....	50
13. Kriteria Interpretasi <i>N-gain</i>	51
14. Rekapitulasi Analisis Kebutuhan Peserta Didik	53
15. Rekapitulasi Analisis Kebutuhan Guru.....	54
16. <i>Storybord e-LKPD</i>	59
17. Hasil Penilaian Validasi Ahli Konstruk.....	68
18. Hasil Penilaian Validasi Ahli Isi.....	69
19. Kritik dan Saran Ahli Konstruk	70
20. Kritik dan Saran Ahli Isi	71
21. Tampilan Akhir <i>E-LKPD</i>	73
22. Rekapitulasi Nilai <i>Postest</i>	77
23. Persentase Hasil Rekapitulasi Respon Pendidik Fisika	78
24. Hasil Respon Keterbacaan	79
25. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Berpikir Kritis	81

26. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Komunikasi	81
27. Hasil Uji Homogenitas Berpikir Kritis dan Komunikasi	82
28. Hasil Uji Paired <i>T Test</i> Keterampilan Berpikir Kritis.....	82
29. Hasil Uji Paired <i>T Test</i> Keterampilan Komunikasi	83
30. Hasil Wawancara Respon Peserta Didik.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Situs Canva.com.....	26
2. Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia	29
3. Kerangka Pemikiran.....	38
4. Langkah Penelitian Pengembangan ADDIE.....	39
5. Diagram Alir Penelitian dan Pengembangan	43
6. Tampilan design <i>e-LKPD</i> pada PC	57
7. Tampilan hasil akhir <i>e-LKPD</i> pada PC.....	57
8. Tampilan <i>e-LKPD</i> pada <i>smartphone</i>	58
9. Tampilan cover <i>e-LKPD</i>	65
10. Tampilan awal masing-masing lembar kerja	66
11. Tampilan awal masing-masing percobaan	67
12. Persentase Penilaian Ahli Konstruk	68
13. Persentase Penilaian Ahli Isi.....	70
14. Persentase Respon Pendidik.....	79
15. Persentase Respon Peserta Didik	80

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Penelitian Pendahuluan Pendidik.....	108
2. Hasil Penelitian Pendahuluan Peserta Didik	122
3. Surat Pengantar Validator.....	134
4. Lembar Hasil Validasi Isi	135
5. Lembar Hasil Validasi Konstruk	137
6. Silabus Pembelajaran.....	146
7. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	150
8. LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)	156
9. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	197
10. Hasil Uji Respon Pendidik Terhadap LKPD	202
11. Lembar Uji Kemudahan dan Keterbacaan	205
12. Instrumen Keterampilan Komunikasi Tulis	207
13. Instrumen Keterampilan Komunikasi Lisan.....	208
14. Rekapitulasi Nilai Keterampilan Berpikir Kritis	209
15. Rekapitulasi Nilai Keterampilan Komunikasi Kelas Eksperimen.....	210
16. Rekapitulasi Nilai Keterampilan Komunikasi Kelas Kontrol	210
17. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi	211
18. Rekapitulasi Hasil Validasi Konstruk	212
19. Hasil Uji Kemudahan dan Keterbacaan	213
20. Hasil Uji Statistik Keterampilan Berpikir Kritis	215
21. Hasil Uji Statistik Keterampilan Komunikasi	219

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran abad 21 terdiri atas tiga keterampilan utama yang telah diidentifikasi sebagai keterampilan yang sangat penting dan diperlukan untuk pendidikan di era revolusi industri 4.0 ini, yaitu *life and career skills*, *learning and innovation skills*, serta *information media and technology skills* (Setiaji *et al.*, 2020). Tiga keterampilan utama tersebut terbagi menjadi 12 keterampilan abad 21, antara lain: Pertama, *life and career skills* adalah keterampilan yang meliputi *flexibility and adaptability*, *initiative and self-direction*, *social and cross-cultural interaction*, *productivity and accountability*, *leadership and responsibility*. Kedua, *learning and innovation skills* adalah keterampilan yang meliputi *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, dan *creativity*. Ketiga, *information media and technology skills* adalah keterampilan yang meliputi *information literacy*, *media literacy*, *information and communication technology literacy* (Fahrozy dkk., 2022).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dari 12 keterampilan tersebut ada dua keterampilan yang akan menjadi fokus peneliti. Keterampilan yang akan dikaji oleh peneliti yaitu keterampilan berpikir kritis dan komunikasi. Pendidikan dapat mengajarkan keterampilan berpikir kritis kepada siapapun karena pendidikan berperan penting dalam membentuk sikap, pengetahuan, dan keterampilan seseorang (Saputra *et al.*, 2019). Keterampilan berpikir kritis atau *critical thinking skills* sangat penting fungsinya dalam semua aspek kehidupan. Keterampilan berpikir kritis hanya dapat dikembangkan secara optimal melalui pembelajaran di sekolah mulai dari SD sampai perguruan tinggi. Keterampilan berpikir kritis menjadi kemampuan utama yang

dibutuhkan dalam pembelajaran abad 21 (Apriliani *et al.*, 2021; Darhim *et al.*, 2020; Trimahesri dan Hardini, 2019). Berpikir kritis merupakan kemampuan untuk berpikir logis dalam menilai situasi untuk mengambil keputusan yang tepat, sehingga para pemikir kritis tersebut dapat bernalar, mengevaluasi informasi, menganalisis fakta, memecahkan masalah, merumuskan kesimpulan, dan membuat keputusan (Hadi *et al.*, 2018; Hart *et al.*, 2021; Syawaludin *et al.*, 2019; Wale and Bishaw, 2020; Warsah *et al.*, 2021). Pemberdayaan keterampilan berpikir, khususnya kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu cara untuk dapat meningkatkan ide peserta didik (Saputri *et al.*, 2019). Peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis dalam kategori tinggi cenderung memiliki keberanian mengkritik atau memberikan *argument* mengenai fenomena di lingkungan yang didasarkan dengan konsep fisika yang telah dipelajari (Viennot and Décamp, 2018; Mutakinati, *et al.*, 2018). Pengembangan kemampuan berpikir kritis pada peserta didik begitu penting karena dapat berpengaruh pada menyelesaikan permasalahan dan pengambilan keputusan (Suwasono dan Ali, 2019).

Kebiasaan berpikir kritis berperan penting untuk proses perkembangan peserta didik untuk menyelesaikan suatu masalah (Trisdiono *et al.*, 2019). Hasil penelitian El Soufi and See (2019) menjelaskan bahwa penentu indikator dari kualitas suatu pendidikan tercermin dari tingginya kemampuan berpikir kritis. Sejalan dengan pendapat Mahanal (2019) bahwa tujuan utama dari suatu pendidikan ditentukan oleh tingginya perkembangan berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut bertentangan dari kenyataan yang ada dilapangan bahwa peserta didik banyak yang masih memiliki kemampuan berpikir kritis dengan kategori rendah, baik dari segi menyampaikan pertanyaan maupun berpendapat (Basri *et al.*, 2019).

Penelitian yang dilakukan Bashith and Amin (2017) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik pada ketegori cukup bahkan cenderung ke kategori kurang dengan persentase 63% kategori cukup serta 13% kategori rendah. Selain itu, bukti rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia didapatkan dari hasil wawancara antara peneliti dan guru

fisika kelas XI yaitu Ibu Sakinah Qurrota 'Aini, S.Pd. pada tanggal 26 Agustus 2022 di MA Muhammadiyah Bandar Lampung yang menyatakan bahwa hasil belajar siswa dalam ujian akhir semester genap dengan KKM 72 menunjukkan bahwa sebesar 25% siswa mendapatkan nilai di atas KKM, sedangkan 75% siswa mendapatkan nilai di bawah KKM. Hasil belajar yang masih rendah, diyakini sebagai hasil dari kurangnya kemampuan berpikir kritis siswa dan dampak dari proses pembelajaran yang kurang optimal (Saputri *et al.*, 2019).

Indonesia sudah banyak melakukan upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan mulai dari penelitian berbasis model, strategi, pendekatan dan penggunaan media yang sedang menjadi tren dan telah berhasil dalam meningkatkan kualitas pendidikan di negara lain (Boesdorfer, 2019; Hidayat, dkk., 2018; Mulyadi *et al.*, 2014; Sagala *et al.*, 2019). Namun, berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SMA di Provinsi Lampung dengan penyebaran angket kuesioner melalui *google form* kepada 27 pendidik dan 42 peserta didik, telah didapatkan hasil bahwasanya, banyak peserta didik yang masih kesulitan dalam kegiatan pembelajaran. Sebanyak 78,5 % peserta didik mengaku menyukai mata pelajaran fisika, namun 57,2% peserta didik merasa pelajaran fisika sulit, salah satunya pada materi gelombang bunyi.

Selain dari kemampuan berpikir kritis menurut Hosnan (2014) untuk mampu bersaing pada abad ke-21, penting bagi peserta didik untuk mempunyai keterampilan komunikasi yang dapat mempengaruhi seluruh aspek dalam kehidupan (Khlaisang and Koraneekij, 2019). Hal tersebut menjadikan komunikasi sebagai keterampilan yang sangat penting dalam menghadapi pembelajaran abad ke-21 (Valtonen *et al.*, 2017). Kemampuan berpikir kritis memiliki hubungan yang sangat erat dengan kemampuan komunikasi. Peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis tinggi semestinya memiliki kemampuan komunikasi yang baik. Peserta didik harus berkompeten dalam berkomunikasi, baik lisan maupun tulisan untuk memiliki hubungan timbal balik yang baik antara guru dan peserta didik pada proses pembelajaran di kelas (Nur Inah, 2015).

Berdasarkan penelitian pendahuluan, 70,4% guru masih menggunakan bahan ajar cetak, yang berisi banyak teori dan rumus, sehingga belum sepenuhnya menyentuh jiwa peserta didik, akibatnya pembelajaran tersebut menjadi membosankan dan peserta didik kurang memahami materi yang diajarkan. Sebanyak 77,5% guru belum menggunakan LKPD yang bersifat interaktif. LKPD yang digunakan selama ini adalah LKPD cetak yang bukan karya sendiri.

Kesenjangan antara fakta dan harapan ideal pembelajaran, pendidik dituntut mampu menciptakan pembelajaran yang tepat dan inovatif agar stigma permasalahan pembelajaran dapat diatasi khususnya pada bidang pelajaran fisika (Nugroho and Ruwanto, 2017; Stohlmann *et al.*, 2012; Winayawati *et al.*, 2012). Materi yang sulit dipahami oleh peserta didik salah satunya adalah materi gelombang bunyi, sehingga untuk mempelajari materi tersebut peserta didik harus memahami konsep dan teori yang ada untuk dapat dikembangkan kedepannya. Salah satu cara menginovasi proses pembelajaran saat ini adalah dengan membuat berbagai sumber belajar seperti buku, modul ataupun lembar kerja peserta didik (LKPD), dan pengembangan dalam bentuk elektronik bisa dijadikan solusi (Apriyanto *et al.*, 2019; Sholeha *et al.*, 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Kurniati *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa *problem based learning* atau model pembelajaran berbasis masalah lebih efektif dalam upaya peningkatan kemampuan berpikir kritis.

Pembelajaran berbasis masalah adalah pendekatan pendidikan yang menggunakan masalah sebagai konteks untuk pembelajaran dalam rangka mengembangkan keterampilan multidisiplin termasuk berpikir kritis (Puspita and Aloysius, 2019). Hasil penelitian Seruni dkk., (2019), menggunakan *e-modul* dalam pembelajaran berbasis masalah secara efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Penggunaan model pembelajaran berbasis masalah dengan pendekatan *STEM* (*Science Technology Engineering* dan *Mathematic*) dalam pembelajaran fisika sangat mungkin untuk dilakukan. Pembelajaran menggunakan LKPD berbasis masalah yang terintegrasi *STEM* akan membantu peserta didik dalam

menganalisis dan memecahkan permasalahan (Ismail, dkk., 2016) sehingga muncul dalam diri peserta didik sikap keterampilan pemecahan masalah. Upaya yang dapat dilakukan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik adalah mengembangkan LKPD elektronik dengan tambahan beragam ilustrasi dan simulasi berbasis masalah terintegrasi *STEM*.

Variabel penelitian ini sudah banyak diteliti seperti, pengembangan e-LKPD menggunakan pendekatan saintifik (Apriyanto *et al.*, 2019), kompetensi guru membuat e-LKPD dengan penekanan pada representasi (Aruan *et al.*, 2017), hubungan antara keterampilan berpikir tingkat tinggi, representasi dan konsep (Tajudin and Chinnappan, 2016), pengembangan asesmen keterampilan komunikasi dan kolaborasi berbasis *problem based learning* (Noviana *et al.*, 2019), dan pembelajaran menggunakan pendekatan *STEM* untuk keterampilan abad ke-21 (Stohlmann *et al.*, 2012).

Beda penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu ialah, peneliti mengembangkan berupa e-LKPD berbasis masalah berbasis *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM)* dan pembelajaran tersebut diharapkan mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik. Pengetahuan yang digunakan dalam memecahkan masalah terkait dengan *communication skill* dan *critical thinking skill* yang memiliki tujuan agar peserta didik mampu mengidentifikasi pertanyaan, menjelaskan fenomena ilmiah, menarik kesimpulan berdasarkan bukti (Ismail *et al.*, 2016) dan menyelesaikan persoalan secara akademis (Putri *et al.*, 2018). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengembangan e-LKPD berbasis Masalah Terintegrasi *STEM* untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Komunikasi Peserta Didik”.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* yang valid untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik?
2. Bagaimanakah kepraktisan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik?
3. Bagaimanakah keefektifan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* yang tervalidasi untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.
3. Mendeskripsikan keefektifan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh pada penelitian ini sebagai berikut:

Bagi pendidik

1. Memberikan informasi mengenai *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk dijadikan alternatif dalam memilih bahan ajar pada proses pembelajaran.
2. Memotivasi para pendidik untuk dapat mengembangkan bahan ajar yang menarik bagi peserta didik dalam belajar fisika.

Bagi peserta didik

1. Diharapkan dapat mempermudah siswa mempermudah informasi dalam bahan ajar.
2. Diharapkan pembelajaran lebih praktis dan efektif dengan *e*-LKPD.
3. Memberikan pengalaman belajar yang berbeda sehingga diharapkan mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.

Bagi peneliti

1. Memberikan informasi terkait penelitian yang dilakukan peneliti untuk menggunakan variabel dan penemuan lain.
2. Memberikan masukan dan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan kualitas proses pembelajaran fisika.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian pengembangan ini dibatasi dalam ruang lingkup berikut.

1. Pengembangan yang dimaksud adalah pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) elektronik berbasis masalah dengan pendekatan *STEM*.
2. *E*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* yang dikembangkan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan komunikasi peserta didik.
3. Materi yang digunakan pada pengembangan *e*-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* adalah gelombang bunyi kelas XI semester 1.
4. Keterampilan yang akan dilatihkan adalah keterampilan lisan, komunikasi tulis dan kemampuan berpikir kritis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Ajar Berupa *e*-LKPD

LKPD menjadi salah satu alat belajar yang digunakan untuk melibatkan peserta didik agar bekerja aktif selama proses belajar mengajar yang harus dikembangkan berdasarkan kebutuhan peserta didik (Ikhsan and SB, 2016). Lembar kerja digunakan untuk keperluan pendukung belajar, membantu pembelajaran aktif, meningkatkan minat dalam ilmu pengetahuan belajar, dan penilaian (Lee, 2014). Lembar kerja menjadi salah satu bahan ajar belajar berbentuk tertulis, sehingga keterampilan membaca menjadi hambatan untuk peserta didik dengan kemampuan membaca yang rendah. Oleh sebab itu, penggunaan bahasa yang lebih mudah dalam LKPD dapat membantu proses belajar peserta didik.

Penggunaan LKPD lebih efektif dibandingkan dengan proses pembelajaran biasa karena penggunaan LKPD menjadikan peserta didik berpartisipasi aktif dalam aktivitas pembelajaran (Yildirim *et al.*, 2011). Umumnya LKPD yang digunakan di sekolah disusun oleh penerbit tanpa persiapan bahan ajar yang disesuaikan dengan pedoman, sehingga tidak sejalan dengan prinsip-prinsip kurikulum dan belum menyesuaikan kebutuhan dari peserta didik. Cara yang efektif untuk mencapai hasil belajar yang lebih baik yaitu dengan memanfaatkan lingkungan sekitar sekolah dan peserta didik yang dapat mendorong kegiatan belajar baik di dalam kelas maupun di luar kelas (Nasrullah *et al.*, 2018). Teknologi yang berkembang saat ini, sebagian besar peserta didik lebih tertarik pada pembelajaran yang memanfaatkan media.

digital seperti komputer/ laptop, bahkan smartphone dibandingkan dengan yang berbentuk lembar kerja cetak (Haryanto *et al.*, 2019). Berdasarkan pemaparan di atas maka dinyatakan bahwa kegiatan belajar di luar kelas membutuhkan bahan dan media belajar dalam bentuk digital, salah satunya adalah *e*-LKPD yang diharapkan dapat memperbaiki kualitas belajar peserta didik.

Penampilan adalah hal yang sangat penting dalam proses pembuatan sebuah LKPD (Rizki *et al.*, 2021). Apabila suatu LKPD ditampilkan dengan penuh kata-kata, kemudian ada sederetan pertanyaan yang harus dijawab oleh peserta didik, hal ini akan menimbulkan kesan jenuh sehingga membosankan atau tidak menarik. Apabila ditampilkan dengan gambarnya saja, itu tidak mungkin karena pesannya atau isinya tidak akan sampai. Jadi yang baik adalah LKPD yang memiliki kombinasi antara gambar dan tulisan. LKPD yang akan dikembangkan oleh peneliti adalah LKPD dalam bentuk elektronik (*e*-LKPD).

2.2 Problem Based Learning (PBL)

Model pembelajaran berbasis masalah menjadi salah satu model pembelajaran yang tepat digunakan dalam pembelajaran fisika (Fitriyani *et al.*, 2019). Sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013 yang menuntut pembelajaran lebih berfokus pada siswa (*student center*), model pembelajaran berbasis masalah selaras dengan tujuan tersebut. Pembelajaran yang berpusat pada siswa khususnya pembelajaran berbasis masalah dapat menjadikan siswa lebih inovatif, hal ini dikarenakan siswa akan diarahkan pada kemampuan berpikir kritis dan dituntut aktif dalam proses pembelajaran.

Problem Based Learning dapat meningkatkan rasa ingin tahu siswa, berpikir kreatif, kritis fleksibel dan berani mengambil resiko (Harahap *et al.*, 2023). Mengacu pernyataan dari Marlina and Rahmah (2023), bahwa “Pembelajaran berbasis masalah merupakan metode instruksional yang menantang peserta

didik agar belajar untuk belajar, bekerja sama dalam kelompok untuk mencari solusi bagi masalah yang nyata”. Masalah ini digunakan untuk meningkatkan rasa keingintahuan serta kemampuan analisa dan inisiatif peserta didik dalam melaksanakan materi pembelajaran fisika. PBL mempersiapkan peserta didik untuk berfikir kritis dan analitis dan untuk mencari serta menggunakan sumber pembelajaran yang sesuai (Fakhriyah, 2014).

Proses pembelajaran PBL secara utuh dimulai dengan membagi siswa kedalam grup yang berisi 5-8 siswa, kemudian mereka diberikan masalah. Masalah tersebut harus otentik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Siswa berusaha memecahkannya dengan pengetahuan yang mereka miliki, dan sekaligus mencari informasi-informasi baru yang relevan untuk solusinya. Mereka harus mengidentifikasi masalah tersebut, kemudian membuat hipotesis, mendaftar apa yang mereka perlukan dan mengeksplor kegiatan eksperimen apa yang mereka butuhkan. Selama dalam kegiatan kerja kelompok tersebut, siswa harus menyelesaikan tugasnya. Mereka harus mengumpulkan informasi sebanyak mungkin dari berbagai sumber. Setelah itu, mereka harus membuat laporan, dan kemudian mempresentasikan kepada teman-teman yang lain. Jika ada masukan atau revisi, mereka harus memperbaikinya dan terakhir yaitu membuat kesimpulan apakah hipotesis yang telah mereka buat diterima atau ditolak. Sedangkan tugas pendidik adalah sebagai fasilitator yang menyajikan masalah atau pertanyaan. Menurut Arends (2012), langkah pembelajaran didalam melaksanakan PBL ada 5 tahapan, yaitu: 1) Orientasi siswa pada masalah. 2) Mengorganisasi siswa untuk meneliti. 3) Membantu investigasi mandiri dan berkelompok 4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya. 5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Berikut penulis jabarkan fase atau tahapan dari sintaks pembelajaran *problem based learning*.

Tabel 1. Sintaks Pembelajaran PBL

No.	Fase/Tahap	Perilaku Guru
1	Mengorientasi siswa pada permasalahan	Guru memberikan informasi terkait tujuan pembelajaran, mendiskripsikan kebutuhan logistik penting, dan memotivasi siswa agar terlibat dalam kegiatan pemecahan masalah yang mereka pilih sendiri.
2	Mengorganisasi siswa	Guru memberikan bantuan kepada siswa untuk menentukan dan mengatur tugas-tugas belajar yang berhubungan dengan masalah.
3	Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok	Guru memberikan dorongan kepada siswa untuk dapat mengumpulkan informasi yang sesuai/relevan, lalu melaksanakan eksperimen, mencari penjelasan dan solusi.
4	Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru memberikan bantuan kepada siswa dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya siswa yang sesuai seperti laporan/makalah.
5	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membantu siswa untuk dapat melakukan refleksi atau penyelidikan dan proses-proses yang mereka gunakan.

2.3 Science, Technology, Enggenering and Mathematics (STEM)

Akronim dan konsep *STEM* pada awalnya dipopulerkan oleh *national science foundation* (NSF) tahun 1990-an sebagai cara untuk mengelompokkan beberapa disiplin ilmu antara lain sains, teknologi, teknik dan matematika.

Secara umum, pendidikan *STEM* mencakup kegiatan dan proses pembelajaran dalam disiplin akademik tersebut. Pada saat yang sama, ada interpretasi yang berbeda dari *STEM*, pendidikan *STEM*, dan apa yang dianggap sebagai bidang karir *STEM*. Misalnya, dalam konteks pendidikan, definisi terpadu *STEM* menjadi lebih menonjol (Vaval *et al.*, 2019). Konteks sebagai bidang karir, *STEM* menjadi dasar utama untuk mengembangkan keterampilan inovatif dan

mekanisme penting dalam peningkatan ekonomi nasional. Hal ini berhubungan dengan kontribusi pengetahuan terhadap karir dan kehidupan sehari-hari (Soros *et al.*, 2018). *STEM* mencakup banyak disiplin ilmu dan jenis pendidikan yang memiliki banyak definisi (Beatty and Rapporteur, 2011). Pendekatan *STEM* didefinisikan sebagai keterampilan melalui pengalaman dan studi yang terintegrasi kompleksitas bidang disiplin ilmu *STEM* secara keseluruhan (Lamb *et al.*, 2015). Kelley dan Knowles (2016) menyampaikan hal yang sama mengenai pendidik terintegrasi *STEM* diterapkan sebagai pendekatan dalam mengajar konten *STEM* dari dua atau lebih domain *STEM*. Pembelajaran terintegrasi *STEM* memiliki tujuan menyelaraskan area yang berbeda pada *STEM* untuk mendorong peserta didik bekerja dalam kelompok untuk memajukan konseptual peserta didik dan pengembangan keahlian mereka (Hsu *et al.*, 2017). Herro dan Quigley (2017) menambahi bahwa tujuan pembelajaran *STEM* untuk mengembangkan kemampuan untuk mengidentifikasi, memahami, menghubungkan dan mengekspresikan konsep-konsep *STEM* secara sistematis. Oleh karena itu, salah satu tantangan utama pendidikan *STEM* adalah memberikan pengalaman belajar yang bermakna dengan kebutuhan yang berbeda (Talanquer, 2014).

STEM terintegrasi dalam pendidikan menjadi gerakan global dalam dunia pendidikan. Dimana untuk meningkatkan kualitas SDM dan keterampilan abad-21. Pendidikan dengan terintegrasi *STEM* sesuai dengan kurikulum di Indonesia, sehingga dapat diterapkan dengan baik (Ismail *et al.*, 2016a). Peran guru dalam menerapkan *STEM* sangat diperlukan untuk keberhasilan pada reformasi baru (O. F. Nugroho *et al.*, 2019). Penerapan pendidikan terintegrasi *STEM* secara fungsional diperlukan beberapa syarat, yaitu 1) kurikulum didesain secara terpadu dengan menyatukan materi pelajaran dari ebrbagai bidang studi untuk memperjelas hubungan timbal balik antar bidang studi; 2) peserta didik akan dihadapkan pada struktur formal dari bidang studi melalui pengalaman belajar yang menggabungkan struktur, substansi dan sintaks dari penggunaan pengetahuan yang mendasarinya; 3) peserta didik terlibat dalam pengalaman belajar yang menggunakan pengetahuan formal, khusus dan aplikatif (Stohlmann *et al.*, 2014).

Pembelajaran terintegrasi *STEM* artinya memperkuat pendidikan secara praktis dalam bidang *STEM* secara terpadu. Pembelajaran *STEM* juga lebih mengedepankan pengembangan individu dalam bidang *STEM* dengan memfokuskan pada kegiatan pembelajaran dan pemecahan masalah di lingkungan (Khaeroningtyas *et al.*, 2016). *STEM* merujuk pada kemampuan yang dimiliki peserta didik dalam menerapkan ilmu pengetahuan yang dimiliki terhadap persaingan di dunia nyata terkait empat bidang *STEM* yang terpadu.

Tabel 2. Definisi *STEM*

No.	<i>STEM</i>	Literasi
1	<i>Science</i>	Pengetahuan dan kemampuan memahami alam dengan pemahaman ilmiah dan proses memahami fenomena alam, dan kemampuan mengambil keputusan terkait penyelidikan ilmiah .
2	<i>Technology</i>	Kemampuan dalam memahami perkembangan pengetahuan teknologi, pengetahuan penggunaan teknologi terbaru, mengetahui dan memahami bagaimana teknologi dikembangkan, dan kemampuan menganalisis teknologi terbaru berpengaruh terhadap kehidupan individu dan masyarakat.
3	<i>Engineering</i>	Pengetahuan dan pemahaman mengenai proses mendesain dan proses pengembangan teknologi. Proses mendesain akan menjadi lebih bermakna jika dipadukan dengan kegiatan berbasis masalah yang berasal dari disiplin ilmu yang berbeda.
4	<i>Mathematic</i>	Kemampuan menganalisis grafik, memberikan interpretasi dari hasil penelitian, mengkomunikasikan pemikiran secara efektif dimulai dari merumuskan, mengkonsep, memecahkan dan menafsirkan pemecahan masalah dalam matematika dan penerapannya.

Sumber : *National Governor's Association Center For best Practices*
(Asmuniv, 2015)

STEM memainkan peran penting dalam membentuk pertumbuhan pendidikan melalui inovasi (Cooper and Heaverlo, 2013). Peranan pendidikan *STEM* yang mencakup pembelajaran terpadu *STEM* berbasis pada kurikulum informal. Kurikulum informal dapat dilakukan melalui kegiatan *co*-akademik dan *co*-kurikulum melalui pembelajaran tidak langsung untuk setiap tingkat usia kelompok, mulai dari anak usia dini, pendidikan dasar, pendidikan menengah bawah, pendidikan menengah, pendidikan tinggi, dan tingkat industri atau masyarakat (Azman *et al.*, 2018). Pendidikan *STEM* didefinisikan sebagai pendekatan untuk mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan kepercayaan tentang mata pelajaran *STEM* dengan pendekatan interdisipliner (Baran *et al.*, 2016).

Pendekatan *STEM* perlu menekankan beberapa kompetensi dalam kegiatan pembelajaran. Kompetensi yang diharapkan pada bidang *STEM* yaitu kritis terhadap permasalahan (*science*), mengartikan permasalahan (*engineering*), merancang dan melaksanakan penyelidikan dan investigasi (*tekhnik*), menganalisis dan menafsirkan data dari grafik (*mathematic*), menggunakan teknologi informasi (*engineering*), berdiskusi dan bertukar pendapat berdasarkan bukti (*science*) serta mengevaluasi dan mengkomunikasina informasi yang didapat (*science*), membangun dan mengkritik argument (*engineering*), memperoleh, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan informasi (*mathematic*) (Beatty and Rapporteur, 2011).

STEM memiliki konseptualisasi literatur yang mengungkapkan dua kategori muncul sebagai komponen dari pendidikan terintegrasi *STEM* yang patut dicontoh: (a) integrasi konten, penggabungan area konten *STEM* yang berbeda dalam suatu kegiatan, dan (b) integrasi konteks, penggunaan berbagai konteks *STEM* untuk membuat konten lebih bermakna (Moore, *et al.*, 2014).

STEM dalam pembelajaran memberikan pandangan beragam mengenai pembentukan pemahaman. Ada enam konsep mengenai pandangan tersebut, antara lain: 1) Penjelasan mengenai teori ilustrasi yang canggih dan memberikan catatan peristiwa dan ide yang luas. 2) Aplikasi mengenai kemampuan dalam menggunakan

pengetahuan dalam situasi baru dan konteks yang beragam. 3) Perspektif mengenai sudut pandang kritis dan wawasan dari berbagai sudut pandang. 4) Empati mengenai kemampuan untuk masuk ke dalam pandangan seseorang. 5) Pengetahuan diri mengenai kebijaksanaan pada pola pikir dari pemahaman informasi yang didapat (Wilhelm *et al.*, 2019), sehingga pembelajaran *STEM* bermanfaat bagi peserta didik sebagai wadah dalam menumbuhkan minat peserta didik dalam belajar dan meningkatkan eksplorasi, keingintahuan, dan pengamatan di lingkungan sekitar (Aaron and Gilbert, 2017).

STEM dengan unsur *science, technologi, engineering and mathematic* memiliki cakupan luas dalam pembelajaran dan disiplin ilmu. Tidak hanya itu saja, *STEM* juga berperan dalam bidang karir bagi peserta didik. Bidang *STEM* sebagai karir memfasilitasi peserta didik dalam mengembangkan keterampilan diri. *STEM* sebagai cakupan pendidikan dan pembelajaran memberikan pengalaman dan studi yang terintegrasi oleh kompleksitas bidang disiplin ilmu *STEM*. Pengintegrasian *STEM* dalam pembelajaran memiliki tujuan menyelaraskan area yang berbeda untuk konten *STEM*. Konten *STEM* yang memiliki empat unsur yang berbeda saling berkolaborasi dalam meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi, memahami, menghubungkan dan menerapkan konsep-konsep *STEM* secara sistematis.

Definisi dari masing-masing domain *STEM* diterapkan dalam pembelajaran di kelas secara sistematis. Pembelajaran dengan basis *STEM* akan memberikan proses belajar yang lebih membantu peserta didik dalam memahami bahwa ilmu pengetahuan saling terkait satu sama lain. Tidak menjadi terpisah karena ruang lingkup objek penelitiannya berbeda. Setelah dilakukannya pembelajaran dengan berbasis *STEM*, peserta didik diharapkan dapat memiliki kompetensi dari unsur-unsur *STEM*. Beberapa kelebihan *STEM* yang telah dipaparkan bahwa *STEM* dapat membantu peserta didik berkemampuan kritis dan berkomunikasi dengan baik. Sesuai dengan variabel penelitian ini yaitu kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi.

2.4 Critical Thinking Skills

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu pokok bahasan terpenting dalam abad 21 terutama dibidang penelitian pendidikan fisika. Kunci peningkatan kualitas pendidikan disemua jenjang dipengaruhi oleh peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Fuad *et al.*, 2017). Kemampuan berpikir kritis sangat dibutuhkan peserta didik pada abad 21 (Wartono *et al.*, 2018). Dalam berpikir kritis peserta didik tidak hanya berkemampuan kognitif saja, akan tetapi harus memiliki kemampuan mengevaluasi dan menilai suatu informasi secara kritis (Ankeny and Tresch, 2021). Pokok terpenting dalam berpikir kritis adalah keterlibatan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah dan memerikan pendapat atau asumsi. Berpikir kritis bercirikan keterlibatan peserta didik dalam berargumen dan memberikan kesimpulan (Muhammadiyah *et al.*, 2020). Peserta didik yang kemampuan berpikir kritisnya tinggi akan lebih bijaksana dalam pengambilan keputusan maupun menyelesaikan masalah dalam pembelajaran atau bahkan di dalam kehidupan sehari-hari (El Soufi and See, 2019). Peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis tinggi akan cenderung aktif dan serius dalam mengikuti pelajaran serta melakukan analisis terhadap setiap informasi yang didapat secara rasional (Ennis, 2018).

Berpikir kritis dapat tercemrin dari peserta didik yang memiliki kemauan untuk mencari solusi dalam suatu permasalahan dan kemampuan dalam memecahkan suatu permasalahan (Moon, 2007). Berpikir kritis adalah suatu kegiatan memanipulasi serta memproses suatu informasi dengan mengabungkan kemampuan, pengetahuan dan kemampuan peserta didik sehingga dapat diterapkan pada lingkungan sekitar (Facione, 2011). Kemampuan berpikir kritis merupakan pemikiran secara *siSTEM*atis, rasional dan mengikuti logika dalam memperoleh suatu informasi (Kimura, 2017).

Berpikir kritis merupakan komponen terpenting dalam pendidikan. Meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik diharapkan mampu menjadi solusi untuk menghadapi tantangan global (Sheehy, 2016). Pokok terpenting yang

mempengaruhi prestasi peserta didik adalah kemampuan berpikir kritis peserta didik (Raingruber and Haffer, 2011). Salah satu manfaat berpikir kritis ialah saat pengambilan keputusan dalam memperoleh informasi serta dapat mengomunikasikan ke orang lain (Sönmez *et al.*, 2019). Manfaat dari berpikir kritis adalah mendapat solusi terbaik dalam setiap permasalahan, antusias dalam pengembangan diri, dapat dapat mengidentifikasi suatu permasalahan, serta dapat menyampaikan pendapat dengan baik (Hu *et al.*, 2016).

Aktifitas dalam kemampuan berpikir kritis meliputi menyampaikan masalah, mendefinisikan, melacak bukti dari suatu informasi, menganalisis, menghindari pertimbangan secara emosional, mencermati penyerderhanaan secara berlebih, pertimbangan dari interpretasi dan toleransi terhadap abiguitas (Spector and Ma, 2019). Aktifitas peserta didik untuk berpikir kritis dapat terlihat dari dalam menyampaikan pendapat, menyimpulkan suatu informasi, menghargai asumsi, mengevaluasi, dan menilai alasan yang dapat mendukung argumentasi (Nuraini, 2017). Peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis yang tinggi dapat menalar secara efektif, rasional, dan mengevaluasi terhadap informasi yang didapat. Indikator kemampuan berpikir kritis menurut beberapa ahli disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Berpikir Kritis

Chance (1986)	Ennis (1995)	Facione (2015)	Rhodes (2010)	Sintesis
Menganalisis fakta	Mengungkap fakta yang ada	<i>Interpretasi: clarifying meaning through categorization and translation</i>	<i>Explanation of issues</i>	Melakukan Klarifikasi Dasar
Mencetuskan dan menata gagasan	Merumuskan pokok-pokok permasalahan	<i>Analysis: identifying and examining ideas and argument</i>	<i>Student's position (perspective, hypothesis)</i>	Membangun Keterampilan Dasar

Mempertahan kan pendapat	Memilih argument yang logis	<i>Evaluation: assessing argumen</i>	<i>Selecting and using information</i>	Melakukan klarifikasi tingkat lanjut
Menarik kesimpulan	Menarik kesimpulan	<i>Inference: darwing conclusions</i>	<i>Conclusion and related outcomes</i>	Menarik kesimpulan
Membuat perbandingan		<i>Explanation: justifying results, argument or procedure</i>	<i>Influence of context and assumptions</i>	Menerapkan strategi dan taktik
Mengevaluasi argument		<i>Self regulation: self assessment and reflection</i>		
Memecahkan masalah				

Jadi kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan kognitif untuk memahami informasi secara utuh sehingga dapat mendukung pengembangan karakter serta dapat mengidentifikasi suatu masalah dengan bijak. Keterampilan berpikir kritis yang menjadi acuan peneliti yaitu menurut Ennis (1995) yang memiliki indikator diantaranya menganalisis suatu informasi, perumusan masalah, mempertahankan, memilih, melakukan klarifikasi serta mengevaluasi argumen dengan logis serta menarik kesimpulan.

2.5 Communication Skills

Keterampilan komunikasi adalah keterampilan utama yang harus dimiliki untuk mampu membina hubungan yang sehat di mana saja, di lingkungan sosial, sekolah, usaha, dan perkantoran atau di mana saja. Keterampilan komunikasi dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu, keterampilan komunikasi lisan, komunikasi tulisan, komunikasi non-verbal. Komunikasi lisan (*oral*) meliputi penyajian, pemahaman karakter audiens, mendengar secara kritis, dan bahasa

tubuh. Komunikasi *oral* adalah keterampilan untuk menjelaskan dan mempresentasikan ide secara lisan dalam bahasa yang jelas (mudah dimengerti) kepada khalayak yang beragam. Keterampilan ini mencakup keterampilan untuk mengemas kata-kata, menggunakan gaya dan pendekatan yang tepat, dan pemahaman tentang pentingnya isyarat non-verbal dalam komunikasi lisan. Teknik komunikasi oral dikembangkan dalam ilmu/teknik *public speaking*, presentasi, dan siaran radio/televisi (Chung *et al.*, 2016; Dunbar *et al.*, 2006).

Komunikasi tertulis (*written communication*) adalah keterampilan menulis secara efektif dalam berbagai konteks dan untuk berbagai khalayak dan tujuan yang berbeda. Ini mencakup kemampuan untuk menulis bagi khalayak tertentu, dengan menggunakan gaya dan pendekatan yang tepat. Komunikasi tertulis memerlukan keterampilan latar belakang seperti menulis akademis, mengedit, membaca secara kritis, dan pengajian data. Hal ini juga meliputi komunikasi elektronik, seperti SMS, email, forum diskusi daring, *chat room*, dan pesan instan (Asih and Ellianawati, 2019).

Komunikasi *non-verbal* adalah keterampilan untuk mengekspresikan ide dan konsep melalui penggunaan bahasa tubuh, gerak tubuh, ekspresi wajah, dan nada suara, juga penggunaan gambar, ikon, dan simbol. Komunikasi *non-verbal* meliputi pemahaman audiens, presentasi personal, dan bahasa tubuh (Chung *et al.*, 2016). Keterampilan komunikasi yang dikembangkan pada penelitian ini adalah keterampilan *oral communication* dan *written communication*. Adapun rubrik yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Rubrik *Oral Communication*

Indikator	4	3	2	1
Organisasi	Pola penyampaian dapat diamati dengan jelas dan konsisten, serta terampil dalam membuat isi	Pola penyampaian dapat diamati dengan jelas dan konsisten dalam presentasi	Pola penyampaian sedikit dapat dimengerti	Pola penyampaian tidak dapat dimengerti

	presentasi menjadi kohesif			
Bahasa	Pilihan bahasa imajinatif, mudah diingat, dan menarik, dan meningkatkan efektivitas presentasi. Bahasa dalam presentasi sesuai untuk audiens.	Pilihan bahasa bijaksana dan umumnya mendukung efektivitas presentasi. Bahasa dalam presentasi sesuai untuk audiens.	Pilihan bahasa biasa dan biasa saja dan sebagian mendukung keefektifan presentasi. Bahasa dalam presentasi sesuai untuk audiens.	Pilihan bahasa tidak jelas dan minimal mendukung efektivitas presentasi. Bahasa dalam presentasi tidak sesuai untuk audiens.
Penyampaian	Teknik pengiriman (postur, gerakan, kontak mata, dan ekspresif vokal) membuat presentasi menarik, dan pembicara tampak dipoles dan percaya diri.	Teknik pengiriman (postur, gerakan, kontak mata, dan ekspresif vokal) membuat presentasi menarik, dan pembicara tampak nyaman.	Teknik pengiriman (postur, gerakan, kontak mata, dan ekspresif vokal) membuat presentasi dapat dimengerti, dan pembicara tampak tentatif.	Teknik pengiriman (postur, gerakan, kontak mata, dan ekspresif vokal) mengurangi pemahaman presentasi, dan pembicara tampak tidak nyaman.
Bahan Pendukung	Berbagai jenis bahan pendukung (penjelasan, contoh, ilustrasi, statistik, analogi, kutipan dari otoritas terkait) membuat referensi yang sesuai untuk informasi atau	Bahan pendukung (penjelasan, contoh, ilustrasi, statistik, analogi, kutipan dari otoritas terkait) membuat referensi yang sesuai untuk informasi atau	Bahan pendukung (penjelasan, contoh, ilustrasi, statistik, analogi, kutipan dari otoritas terkait) membuat referensi yang	Materi pendukung yang tidak mencukupi (penjelasan, contoh, ilustrasi, statistik, analogi, kutipan dari otoritas terkait) membuat referensi ke informasi atau

	analisis yang secara signifikan mendukung presentasi atau membangun kredibilitas / otoritas presenter mengenai topik tersebut.	analisis yang umumnya mendukung presentasi atau menetapkan kredibilitas / otoritas presenter tentang topik tersebut.	sesuai untuk informasi atau analisis yang mendukung sebagian presentasi atau membangun kredibilitas / otoritas presenter tentang topik tersebut.	analisis yang minimal mendukung presentasi atau membangun kredibilitas / otoritas presenter tentang topik tersebut.
Pesan Utama	Pesan sentral sangat menarik (dinyatakan dengan tepat, diulang dengan tepat, mudah diingat, dan sangat didukung.)	Pesan sentral jelas dan konsisten dengan materi pendukung.	Pesan sentral pada dasarnya dapat dimengerti tetapi tidak sering diulang dan tidak mudah diingat.	Pesan sentral dapat disimpulkan, tetapi tidak secara eksplisit dinyatakan dalam presentasi.

Tabel 5. Rubrik *Written Communication*

Indikator	4	3	2	1
Konteks dan Tujuan Menulis	Menunjukkan pemahaman menyeluruh tentang konteks, audiens, dan tujuan yang responsif terhadap tugas yang diberikan dan	Menunjukkan pertimbangan konteks, audiens, dan tujuan yang memadai serta fokus yang jelas pada tugas yang ditugaskan (mis., Tugas tersebut selaras dengan	Menunjukkan kesadaran konteks, audiens, tujuan, dan tugas-tugas yang ditugaskan (mis., Mulai menunjukkan kesadaran persepsi dan asumsi audiens).	Menunjukkan perhatian minimal pada konteks, audiens, tujuan, dan tugas yang ditugaskan (mis., Harapan instruktur atau diri sebagai audiens)

	memfokuskan semua elemen pekerjaan.	audiens, tujuan, dan konteks).		
Pengembangan Konten	Menggunakan konten yang sesuai, relevan, dan menarik untuk menggambarkan penguasaan subjek. Pengembangan kontrol mengalir secara logis di seluruh pekerjaan.	Menggunakan konten yang sesuai, relevan, dan menarik untuk mengeksplorasi ide. Untuk sebagian besar, kontrol mengalir secara logis.	Gunakan konten yang sesuai dan relevan untuk mengembangkan dan mengeksplorasi ide melalui sebagian besar pekerjaan.	Menggunakan konten yang sesuai dan relevan untuk mengembangkan ide-ide sederhana di beberapa bagian pekerjaan. Konten tidak pantas, tidak relevan atau gagal mengembangkan bahkan ide-ide sederhana.
Genre dan Konvensi Disiplin	Menunjukkan perhatian terperinci dan keberhasilan pelaksanaan berbagai konvensi khusus untuk disiplin khusus dan / atau tugas menulis termasuk organisasi, konten, presentasi, pemformatan,	Menunjukkan penggunaan konvensi penting secara konsisten khusus untuk disiplin khusus dan / atau tugas menulis, termasuk organisasi, konten, presentasi, dan pilihan gaya.	Mengikuti harapan yang sesuai dengan disiplin khusus dan / atau tugas menulis untuk organisasi dasar, konten, dan presentasi.	Mencoba menggunakan <i>siSTEM</i> yang konsisten untuk organisasi dan presentasi dasar.

	dan pilihan gaya.			
Sumber dan Bukti	Menunjukkan penggunaan sumber-sumber relevan berkualitas tinggi, kredibel, dan relevan untuk mengembangkannya gagasan yang sesuai dengan disiplin dan genre penulisan.	Menunjukkan penggunaan sumber-sumber yang kredibel dan relevan secara konsisten untuk mendukung gagasan yang berada dalam disiplin dan genre penulisan.	Menunjukkan upaya untuk menggunakan sumber yang kredibel dan / atau relevan untuk mendukung gagasan yang sesuai dengan disiplin dan genre penulisan.	Menunjukkan upaya untuk menggunakan sumber untuk mendukung gagasan dalam penulisan.
Kontrol Sintaks dan Mekanika	Menggunakan bahasa yang dengan terampil mengomunikasikan makna kepada pembaca dengan jelas dan lancar, dan sebenarnya bebas dari kesalahan.	Menggunakan bahasa langsung yang umumnya menyampaikan makna kepada pembaca dengan beberapa kesalahan.	Menggunakan bahasa yang secara umum menyampaikan makna kepada pembaca dengan jelas, meskipun menulis mungkin termasuk beberapa kesalahan.	Menggunakan bahasa yang terkadang menghambat makna karena kesalahan dalam penggunaan.

(Sumber: UHD GEC, 2014)

2.6 *e-Learning* dan *m-Learning*

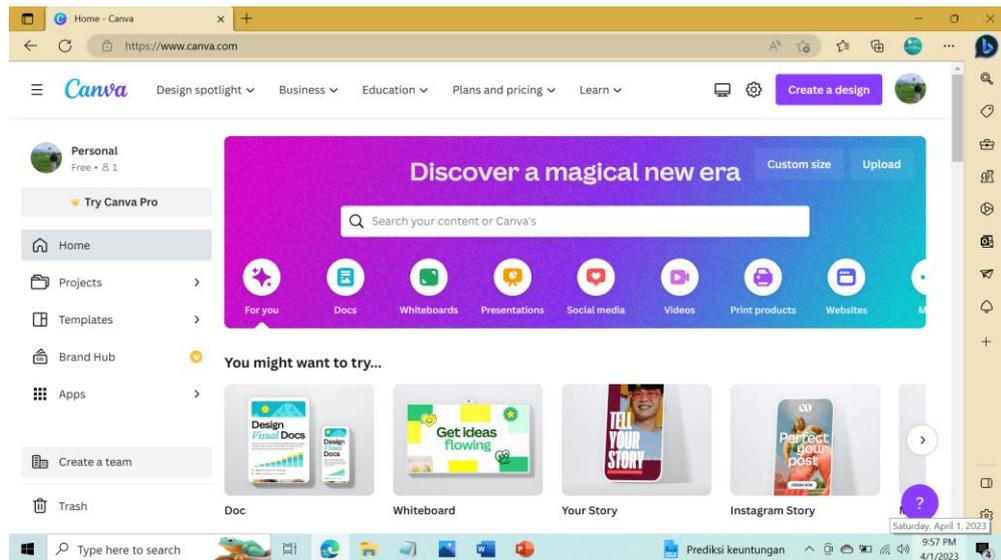
Teknologi dan informasi yang berkembang dengan cepat memberikan penyegaran bagi dunia pendidikan. Pendidikan dengan memanfaatkan teknologi sangat mungkin dilakukan bahkan pembelajaran yang terlaksana akan lebih efektif dengan menggunakan *e-learning*. *e-learning* dipaparkan sebagai alat yang digunakan untuk memberikan pembelajaran dalam bentuk digital. Pembelajaran yang dilaksanakan melalui teknologi internet yang menyajikan sumber belajar mendukung pembelajaran bagi pendidik dan peserta didik. Pembelajaran yang ditawarkan adalah memberikan kesempatan untuk menyelenggarakan pembelajaran secara lebih baik (Phungsuk *et al.*, 2017). Pembelajaran fisika melalui *e-learning* memberikan beberapa kemudahan bagi kelangsungan pembelajaran. Penyampaian materi akan lebih efektif dan membenatu peserta didik dalam menemukan sumber ajar yang lebih beragam sesuai kebutuhan saat pembelajaran fisika, baik berupa materi ataupun video (Krasnova and Shurygin, 2019). *e-learning* adalah pembelajaran yang memungkinkan dalam menyimpan data dalam jumlah yang besar, merhitungan data yang kompleks secara cepat, memproses data dalam jumlah besar dan menampilkan dalam berbagai format dan formasi (Krasnova and Shurygin, 2019).

e-learning didukung oleh alat dan media elektronik digital yang biasa disebut dengan *m-learning*. *e-learning* menggunakan perangkat seluler, *m-learning* merupakan *e-learning* yang menggunakan perangkat komputasi *mobile smartphone*. Melalui *m-learning*, peserta didik dapat dengan mudah mengakses *e-book* serta dapat langsung diunduh ke *smartphone* (Usman *et al.*, 2022), *m-learning* bukan hal baru bagi peserta didik, tetapi *m-learning* merupakan media penyampaian pembelajaran utama yang dapat diandalkan dalam pembelajaran *online* oleh ribuan institusi pendidikan sekolah menengah (Lestyaningrum *et al.*, 2022). Ada beberapa keuntungan yakni memudahkan komunikasi, interaksi antara siswa dan guru, kolaborasi kegiatan, kegiatan kerjasama, mandiri atau belajar kelompok, beberapa

metode penilaian dan evaluasi, dukungan sistem, dan integritas (Phungsuk *et al.*, 2017).

e-learning memiliki beberapa sistem, salah satu sistem nya yaitu *website learning*. Web memberikan fasilitas berupa wadah dalam pembelajaran, tampilan gambar yang lebih baik bahkan dapat menampilkan hingga 3D, suara dan tentunya bahan ajar berupa teks. *Canva* merupakan salah satu contoh penggunaan *web* (Badia *et al.*, 2019). *Canva* merupakan salah satu layanan yang dapat digunakan untuk mendesain media pembelajaran. Situs *canva* yaitu www.canva.com. *Canva* dapat diakses melalui *web* maupun *google play store*. Aplikasi *canva* bersifat gratis dan berbayar. Menurut Damayanti dan Sundari, 2022, *canva* merupakan program *online* yang menyediakan bermacam peralatan seperti presentasi, resume, poster, pamflet, brosur, grafik, info grafis, spanduk, selebaran, kartu nama, kartu ucapan terimakasih, sampul buku, logo, penanda buku, gambar mini, cerita *instagram*, dan *facebook*.

Dalam penelitian ini, *canva* digunakan untuk mendesain produk peneliti berupa lembar kerja peserta didik (LKPD), dengan harapan penggunaan media *canva* ini dapat meningkatkan kreativitas guru dalam mempersiapkan bahan ajar dan mempermudah dalam proses penyampaian materi baik dalam bentuk teks, audio, maupun video. Selain itu, bahan ajar dengan *canva* dapat membantu peserta didik menjadi lebih fokus dalam memperhatikan pembelajaran dengan tampilannya yang lebih menarik. Lembar kerja memuat beberapa video yang menstimulus untuk berpikir kritis. Isi video yang menunjukkan permasalahan dalam fenomena gelombang bunyi membuat peserta didik untuk dapat mencari solusinya. Setelah peserta didik melihat video pada lembar kerja pertama, peserta didik dapat menarasikan solusi yang di dapat di dalam LKPD, dalam hal ini keterampilan komunikasi tertulis terlatih.



Gambar 1. Situs canva.com

2.7 Teori Belajar

Teori-teori belajar memberikan dasar berpijak dalam membangun suatu pola pikir sistematis dalam pembelajaran, sehingga produk pengembangan yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam pembelajaran secara optimal. Berikut ini beberapa teori yang menunjang penelitian ini :

2.7.1 Teori Konektivisme

Teori belajar berkenaan dengan proses nyata dari belajar, bukan nilai dari apa yang sedang dipelajari. Usaha dari para ahli teori adalah terus merevisi dan mengembangkan teori sebagaimana kondisi yang ada (perubahan kondisi). Konektivisme adalah integrasi prinsip yang dieksplorasi melalui teori *chaos*, *network* dan teori kompleksitas dan organisasi diri (Reese, 2015). Konsep konektivisme menggambarkan hubungan antara pembelajaran manusia dan akses pengetahuan dimana-mana yang dimungkinkan oleh lingkungan teknologi saat ini (Corbett and Spinello, 2020). *Connectivism* memanfaatkan jaringan sebagai dasar untuk penciptaan pengetahuan. Individu memberikan informasi internal ke komunitas belajar dan terhubung ke jaringan yang lebih luas dan beragam (Siemens, 2005).

Connectivism menguraikan empat fondasi untuk belajar, yang meliputi *autonomy* (otonomi), *connectedness* (keterhubungan), *diversity* (keragaman), dan *openness* (keterbukaan). *Autonomy* (otonomi) mengacu pada apa yang mengatur diri sendiri dan berasal dari akar bahasa Yunani yang berarti "diri", dan "independen", hal ini berkaitan dengan bagaimana pembelajar mandiri terhadap pembelajaran mereka sendiri. Mereka diharapkan untuk memilih koneksi mereka sendiri dan sumber informasi yang relevan tanpa dipandu oleh proses pembelajaran tradisional. Akibatnya, pembelajar meminimalkan kontrol dan struktur kekuasaan guru dan dapat memperoleh otonomi atas pengetahuan mereka sendiri, distribusinya, dan kecepatannya. Siemens (2005) menjelaskan pentingnya motivasi dalam menciptakan pembelajaran yang terhubung jaringan berdasarkan emosi, refleksi, logika, dan penalaran. *Connectedness* (keterhubungan) berkaitan dengan kemampuan bersosialisasi. Pembelajaran terjadi ketika teman sebaya terhubung dan dapat berbagi pendapat, sudut pandang, dan ide melalui proses kolaboratif. Sementara guru adalah peserta yang mengontrol interaksi. *Diversity* (keberagaman) biasanya didefinisikan berdasarkan keragaman meliputi jenis kelamin, ras, budaya, status sosial ekonomi. Namun keragaman dalam konektivitas mewakili perspektif dan kreativitas anggota yang berkontribusi. Siswa didorong untuk mencari pendapat, saran, dan ide. *Openness* (keterbukaan) terkait dengan rasa ingin tahu, eksplorasi, dan kreativitas, keterbukaan dalam konteks *connectivism* dipandang sebagai pertukaran ide, sumber daya, dan artefak dalam sistem jaringan (Corbett and Spinello, 2020).

Pendidik sebagai fasilitator memberikan *e-LKPD* melalui link yang dibagikan pada *whatsapp*. Penelitian ini menerapkan teori pembelajaran konstruktivisme pada tahap proses peserta didik memecahkan masalah dengan berdiskusi terhadap kelompoknya masing-masing dan evaluasi pembelajaran. Pada tahap ini keterampilan berpikir kritis dan komunikasi verbal peserta didik dilatihkan.

2.7.2 *Social Learning Theory*

Social learning theory (SLT) merupakan perantara antara teori belajar behavioristik dan teori belajar kognitif dimana dalam pelaksanaannya melibatkan perhatian, ingatan, dan motivasi. Elemen sosial dalam pembelajaran akan menjadikan peserta didik mudah dalam memperoleh informasi dari perilaku yang dilakukan oleh orang lain. Menurut Bandura (1965) terdapat tiga prinsip utama untuk memperoleh pembelajaran dari satu orang ke orang yang lainnya yaitu melalui observasi, imitasi dan pemodelan. Berdasarkan tiga prinsip utama tersebut maka ditegaskan bahwa pembelajaran tidak selalu mengarah pada perubahan tingkah laku tetapi juga dapat dilakukan dengan kegiatan observasi atau pemodelan dari orang lain (Nabavi, 2016).

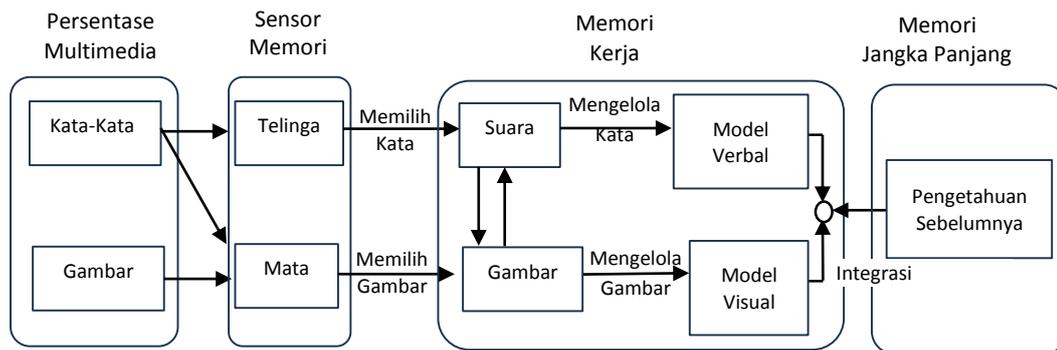
Bandura menyebut bahwa pembelajaran dengan kegiatan observasi sangat efektif untuk memusatkan perhatian, retensi dan motivasi peserta didik. Peserta didik akan belajar dengan meniru perilaku yang dilakukan oleh orang lain. Terdapat tiga model utama dalam pembelajaran obeservatif, yaitu: 1) Model langsung yang melibatkan individu secara langsung untuk menunjukkan atau memerankan sebuah tingkah laku. 2) Model pembelajaran verbal yang melibatkan deskripsi dan penjelasan. 3) Model simbolik yang melibatkan karakter nyata atau fiksi yang ditampilkan dalam media *online*.

Penelitian ini terdapat proses diskusi terkait pemecahan masalah dan solusi yang tertuang pada lembar kerja 3. Kegiatan diskusi bersama kelompoknya masing-masing menjadikan peserta didik dapat bertukar ide, gagasan, sehingga keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi terlatih.

2.7.3 Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia

Penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah bentuk komunikasi yang mengandung kata-kata dan gambar. Salah satu tujuan utama

pembelajaran dengan multimedia adalah untuk mendorong peserta didik untuk membangun koneksi dari materi yang disajikan (Ninghardjanti *et al.*, 2020). Komunikasi dapat disampaikan menggunakan media apa pun, termasuk kertas, buku teks, pembelajaran online berisi animasi dan narasi, permainan, dan simulasi interaktif seperti pada Gambar 2 (Mayer, 2009).



Gambar 2. Teori kognitif pembelajaran multimedia

Teori kognitif pembelajaran multimedia menggambarkan semua proses penyaluran informasi yang ada dalam pikiran pembelajar ketika menggunakan multimedia. Dalam perkembangan teknologi saat ini, sebagian besar peserta didik lebih tertarik pada bahan ajar yang memanfaatkan media lain seperti komputer/laptop, bahkan *smartphone* dibandingkan dengan bahan ajar yang berbentuk lembar kerja cetak (Mahuda *et al.*, 2021). *e-LKPD* menurut Haryanto *et al.*, (2019) juga menjadi sarana untuk membantu dan memfasilitasi kegiatan belajar mengajar sehingga akan terbentuk interaksi yang efektif antara peserta didik dan guru sehingga dapat meningkatkan aktivitas peserta didik dalam meningkatkan hasil belajar. Selain itu, penggunaan *e-LKPD* berpotensi mengubah pandangan peserta didik untuk membaca dan mengonsumsi secara interaktif dan nyaman, dimana *e-LKPD* memiliki gambar, narasi, dan grafik.

Adanya audio dan visual yang termuat dalam *e-LKPD* memberikan efek positif pada motivasi peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Secer *et*

al. (2015) bahwa terdapat efek positif yang jelas dari penggunaan audio dan visual pada motivasi peserta didik. Pada penelitian ini teori ini diaplikasikan menggunakan simulasi percobaan terkait gelombang bunyi pada *phet simulation*.

2.7.4 Teori Pembelajaran Bermakna

Teori pembelajaran bermakna menyatakan bahwa materi yang dipelajari telah dikaitkan dengan konsep yang ada dalam struktur kognitif dengan cara memungkinkan pemahaman dari berbagai macam hal yang berhubungan secara signifikan (Ausubel, 2010). Faktor utama yang mempengaruhi belajar bermakna adalah struktur kognitif yang telah ada, stabilitas dan kejelasan pengetahuan dalam satu bidang studi dan pada waktu tertentu. Menurut Ausubel, pembelajaran bermakna dapat terlaksana dengan memenuhi prinsip yakni: 1) *Advance Organizer* atau yang disebut dengan pengaturan awal di dalam *e-LKPD* yang dikembangkan, materi-materi yang dijadikan sebagai sebagai bahan untuk mengaitkan antara materi lama dengan materi baru yang memiliki makna lebih tinggi dari materi sebelumnya. 2) *Defrensiasi Progresif*, dalam belajar bermakna perlu adanya pengembangan materi-materi, dimana peserta didik di stimulus untuk dapat mempelajari materi yang umum kemudian dilanjutkan dengan materi-materi yang sifatnya khusus. 3) Belajar Subordinat, konsep belajar dapat dilakukan jika pada materi yang akan dipelajari dengan belajar bermakna juga telah dipelajari pada materi-materi sebelumnya sehingga siswa telah memiliki pengetahuan dari pelajaran sebelumnya. 4) Penyesuaian Integratif, dalam hal ini konsep pembelajaran disusun sehingga akan tercipta susunan pengetahuan yang terstruktur (Darmayanti *et al.*, 2023).

Dalam penelitian ini, peserta didik diajarkan bagaimana mereka mencari dan mempelajari sendiri materi ajar yang tertuang dalam *e-LKPD* dan melakukan aktivitas pemecahan masalah sesuai tahapan model *problem*

based learning, hal ini akan berdampak pada pemikiran berpikir kritis peserta didik. Sedangkan keterampilan komunikasi peserta didik terlatih melalui diskusi kelompok. Bertukar ide dan gagasan dalam membuat anyaman pelepah pisang sebagai solusi yang memiliki ketebalan berbeda-beda untuk menurunkan amplitudo dari permasalahan menjadikan keterampilan komunikasi peserta didik terlatih.

2.7.5 *Technology Enhancing Learning Theory*

Technology Enhancing Learning (TEL) adalah istilah yang digunakan untuk merujuk manfaat mengaplikasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran. Perkembangan TIK telah mengubah cara atau perilaku individu dalam berkomunikasi, bersosialisasi, memperoleh hiburan, belanja, bahkan belajar (Abdullah and Ward, 2016). TEL menggambarkan peran teknologi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. TEL dapat dirujuk pada semua bentuk *e-learning* yang digunakan pada pembelajaran di kelas dengan memanfaatkan teknologi diantaranya adalah platform media sosial yang melibatkan peserta didik dalam memperoleh informasi atau pengetahuan (Shen and Ho, 2020), teknologi video *online* (Nagy, 2018), serta LMS (*Learning Management System*) yang diakses dengan menggunakan *smarthpone* atau laptop telah berhasil meningkatkan kualitas pendidikan. TEL juga telah mengubah mekanisme pembelajaran konvensional menjadi pembelajaran yang dianggap inovatif dan modern (Wakefield *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat dikatakan bahwa TEL merupakan suatu teori pembelajaran yang merujuk pada pemanfaatan TIK dalam pembelajaran. Pada penelitian ini, penggunaan *e-LKPD* yang telah dikembangkan memanfaatkan *e-learning* yang menggunakan platform sosial media *whatsapp* sebagai sarana untuk mengirimkan link, simulasi percobaan secara virtual, video *online* dan soal-soal evaluasi yang bersifat interaktif.

2.8 Gelombang Bunyi

Materi gelombang bunyi merupakan salah satu materi yang sulit dimengerti. Miskonsepsi terjadi pada peserta didik saat memahami konsep perambatan bunyi melalui medium hingga sampai ke telinga pendengar (Wittmann *et al.*, 2021). Menurut (Sears and Zemansky's, 2004) definisi umum dari bunyi (*sound*) adalah sebuah gelombang longitudinal yang merambat dalam suatu medium (padat, cair atau gas). Sumber bunyi berasal dari benda yang bergetar. Kenyaringan bunyi (*loudness*) terkait dengan tingkat tekanan bunyi (*sound pressure level*) (Poulsen, 1981). *Loudness* merupakan kerasnya bunyi yang berkorelasi kuat dengan amplitudo gelombang atau intensitas bunyi. Tingkat intensitas bunyi berdasarkan sumber bunyi tertuang pada Tabel 6.

Tabel 6. Tingkat Intensitas Bunyi Berdasarkan Sumber Bunyi

Tingkat Intensitas Bunyi (dB)	Sumber Bunyi
0	Ambang batas pendengaran
10-20	Bunyi daun dan bisik-bisik
30-40	Perpustakaan
50-70	Level percakapan biasa, suara mulai mengganggu
70-80	Lalu lintas ramai
90-100	Suara sepeda motor dengan knalpot terbuka

Sumber: (Garry, 1983)

Manusia dapat mendengar frekuensi antara 20 – 20.000 Hz. Mendengarkan bunyi dengan intensitas 90 dB ke atas dalam waktu yang lama dapat menyebabkan gangguan pendengaran (Olson, 1972). Gangguan yang ditimbulkan akibat kebisingan tergantung kepada tingkat intensitas suara, seberapa sering terjadi dan frekuensi yang dihasilkan. Kebisingan yang terjadi karena adanya suara gaduh, percakapan yang kuat, kendaraan ataupun kereta api yang lewat dapat mengganggu aktifitas pembelajaran yang ada di sekolah (Mahardika, 2021). Terkait dengan permasalahan tersebut perlu diturunkannya lemahnya bunyi tersebut (amplitudo).

Material penyerap bunyi adalah material yang dapat menyerap energi bunyi yang datang ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Bunyi akan menumbuk partikel-partikel di dalam material, kemudian oleh partikel dipantulkan ke partikel lain, sehingga bunyi terkurung di dalam material. Material penyerap bunyi terdiri dari material berpori, material penyerap panel dan material resonator rongga (Giancoli, 1998). Limbah batang pohon pisang atau pelepah pisang dapat dimanfaatkan menjadi material pereduksi kebisingan suara (Astuti *et al.*, 2019).

e-LKPD yang dikembangkan akan menggunakan pelepah pisang sebagai material peredam suara yang tertuang dalam lembar kerja 3. Beda pembuatan peredam suara dari penelitian lain adalah terletak pada ketebalan dan pola anyaman pada pelepah pisang. Selain itu, materi gelombang bunyi di dalam *e*-LKPD berdasarkan model pembelajaran *problem based learning* yang setiap langkah-langkahnya terintegrasi STEM dalam rangka untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.

2.9 Penelitian Relevan

Adapun beberapa penelitian yang relevan diuraikan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Penelitian Relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
Lapuz and Fulgencio, 2020	<i>International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR)</i>	<i>Improving The Critical Thinking Skills Of Secondary School Students Using Problem Based Learning</i>	Hasil dari penelitian ini adalah PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis diatas rata-rata.
Koderi <i>et al.</i> ,2020	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	<i>Developing Electronic Student Worksheet Using 3D Professional Pageflip Based on Scientific Literacy on</i>	Hasil dari penelitian ini yaitu berupa <i>e</i> -LKPD berbantuan 3D Professional <i>Pageflip</i> yang dikategorikan sangat

		<i>Sound Wave Material.</i>	baik digunakan dalam pembelajaran Gelombang bunyi.
Aristo and Tampubolon, 2019	<i>Digital Repository Universitas Negeri Medan</i>	<i>STEM approach students' worksheet development with 4D model in sound waves topic</i>	Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan LKPD menggunakan pendekatan <i>STEM</i> pada topik gelombang bunyi.
Saputro <i>et al.</i> , 2020	<i>Indonesian Journal Of Science and Mathematics Education</i>	<i>Guided Inquiry Based Students' Worksheet to Grow Students' Critical Thinking dan Communication Skills</i>	Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan LKPD menggunakan inkuiri terbimbing pada topik fluida statis efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.
Astuti <i>et al.</i> , 2019	Tesis	Pelepah Pisang sebagai Alternatif Material dalam Mengurangi Suara	Hasil dari penelitian ini adalah pelepah pisang efektif mengurangi suara.

Kebaruan dari penelitian ini adalah: 1) *e-LKPD* memuat 3 lembar kerja, lembar kerja pertama terkait dengan fenomena gelombang bunyi, lembar kerja kedua pendalaman materi dan simulasi, lembar kerja ketiga pembuatan peredam suara dari pelepah pisang. 2) *e-LKPD* menggunakan model pembelajaran *problem based learning* yang setiap langkahnya terintegrasi *STEM*. 3) Setiap tahapan *e-LKPD* melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik. 4) *e-LKPD* didesain menggunakan aplikasi *canva* yang memudahkan akses pendidik dan peserta didik. 5) Tahap evaluasi pada *e-LKPD* bersifat interaktif, sehingga memudahkan peserta didik dalam menjawab. 6) Materi yang dikembangkan dalam *e-LKPD* yaitu gelombang bunyi.

2.10 Kerangka Pemikiran

Pembelajaran fisika di sekolah yang didapat selama ini sebatas memberikan informasi saja, sehingga konsep fisika belum disampaikan dengan baik dan menyebabkan pembelajaran fisika sulit dipahami oleh peserta didik sehingga peserta didik kurang mampu mengaplikasikan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Fakta lapangan yang didapatkan menunjukkan bahwa pembelajaran masih berfokus pada pendidik menyebabkan peserta didik kurang berperan aktif dalam pembelajaran, akibatnya kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi belum dilatihkan. Pihak sekolah belum menggunakan *e-LKPD* sebagai media belajar materi gelombang bunyi disusun sendiri oleh pendidik yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan sekolah. Keterampilan yang diharapkan dikuasai oleh peserta didik yakni kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi, sehingga diperlukan bahan ajar yang dapat menstimulus kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi. *e-LKPD* diduga mampu menjadi media belajar yang menyebabkan peserta didik menjadi aktif dalam proses belajar. Pembelajaran berbasis masalah terintegrasi *STEM* mampu menuntun peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan melalui beberapa karakteristik kegiatan. Model pembelajaran *problem based learning* yang terdiri dari 5 fase/tahapan yaitu orientasi masalah, organisasi, penyelidikan/investigasi, pengembangan dan penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi. Masing-masing dari fase yang ada diintegrasikan ke dalam *STEM*.

Pada tahap “orientasi masalah” peserta didik ditampilkan fenomena disekitar lingkungan yang berkaitan dengan gelombang bunyi, yaitu sekolah yang berdampingan dengan TK, SD dan SMP dan berdekatan dengan jalan raya, sehingga peserta didik dapat menemukan masalah bahwa pembelajaran menjadi terganggu. Pada aktifitas ini melatih indikator berpikir kritis yaitu mengungkap fakta dan merumuskan masalah.

Pada tahap kedua yakni “organisasi” yang terintegasi pada sains. Pada tahap ini peserta didik mengamati fenomena yang sudah diberikan dan berdiskusi untuk mengumpulkan informasi dari fenomena/permasalahan yang ada, dimana pada tahap ini melatih indikator berpikir kritis yaitu memilih argument yang logis. Pada tahap ini melatih indikator komunikasi verbal, yaitu siswa berdiskusi dengan kelompoknya terkait dengan referensi dari permasalahan dan solusi yang ada.

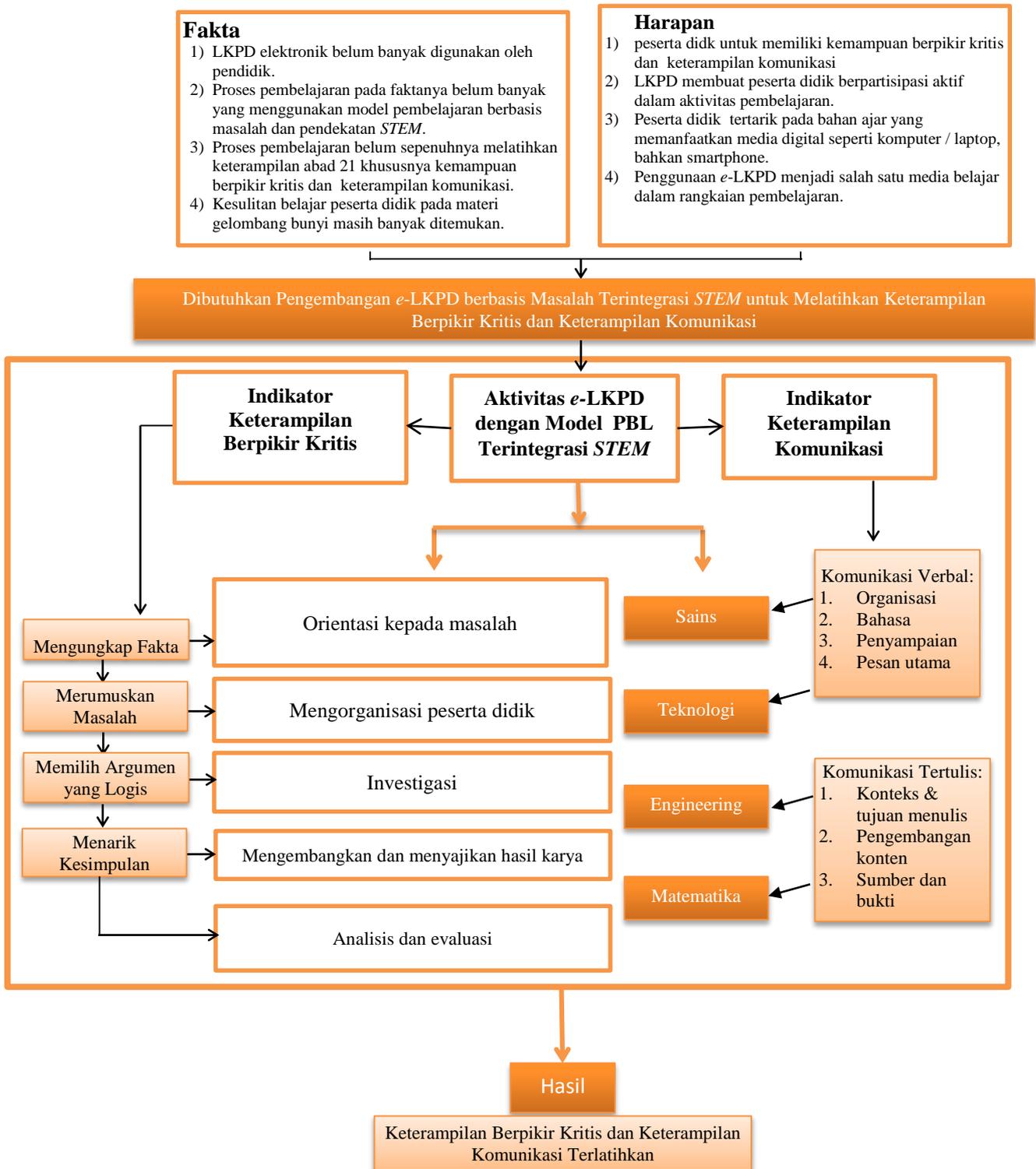
Pada tahapan yang ketiga yaitu “investigasi/penyelidikan” yang terintegasi pada teknologi. Pada tahap ini peserta didik secara berkelompok mendownload aplikasi sound level meter untuk mengukur amplitudo, dan aplikasi frekuensi generator untuk menghasilkan sumber bunyi. Pada kegiatan ini peserta didik dilatihkan indikator berpikir kritis yaitu mengungkap fakta. Sedangkan pada indikator komunikasi verbal terlatihkan untuk berdiskusi untuk menetapkan solusi yang akan diterapkan.

Pada tahap keempat yaitu “pengembangan dan penyajian” yang terintegasi *engineering* dan matematika. Peserta didik merancang pola anyaman dari pelepah pisang yang sudah dikeringkan. Kelompok 1 dengan pola anyaman renggang dengan ketebalan anyaman 0,7cm. Kelompok 2 dengan pola anyaman sedikit renggang dengan tebal anyaman 1 cm. Kelompok 3 pola anyaman rapat dan tebal 1,5cm. Peserta didik selanjutnya melaksanakan eksperimen dengan kaca akrilik yang dilapisi oleh hasil karya masing-masing kelompok. Peserta didik selanjutnya menggunakan aplikasi frekuensi generator dan memberikan suara hujan, kereta api, lalu lintas kendaraan lalu diukur dengan aplikasi sound level meter untuk mengukur keras lemahnya amplitudo. Peserta didik selanjutnya menyajikan hasil eksperimennya dalam bentuk laporan hasil eksperimen yang memuat tabel, grafik dan perhitungan intensitas bunyi, lalu masing-masing kelompok mempresentasikan hasil eksperimennya. Pada tahap ini melatih indikator komunikasi yaitu pada komunikasi tertulis dan komunikasi verbal. Pada indikator berpikir kritis

melatihkan peserta didik untuk memilih argument yang logis, pada saat peserta didik menerima pertanyaan dari kelompok lain diwaktu presentasi.

Sedangkan pada tahap akhir yaitu “analisis dan evaluasi”, terintegasi sains dan matematika, pada tahap ini melatih indikator berpikir kritis yaitu menarik kesimpulan. Pada indikator komunikasi yang dilatihkan komunikasi tertulis. Setelah penyajian hasil karya, peserta didik berlatih memecahkan soal evaluasi akhir.

Berdasarkan uraian pemikiran, diagram yang dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 3.

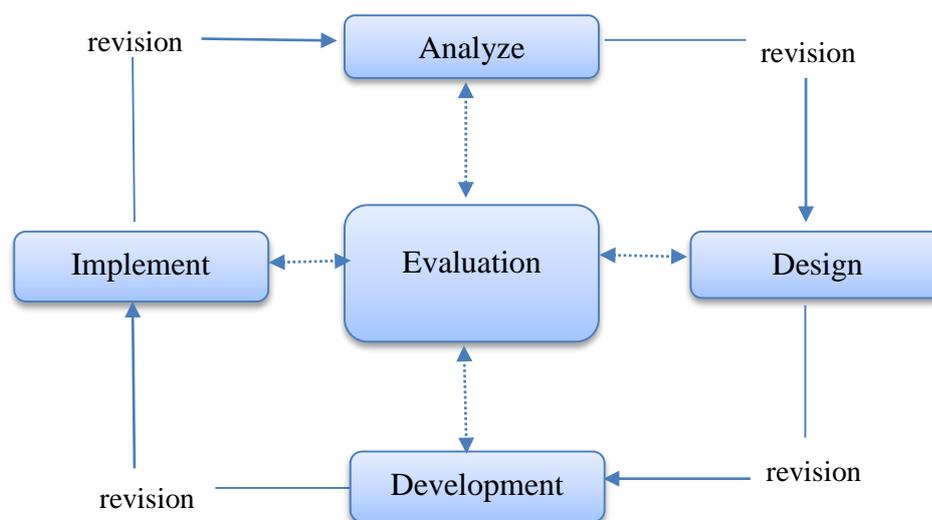


Gambar 3. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Jenis penelitian yaitu penelitian dan pengembangan. Metode yang digunakan pada penelitian pengembangan ini adalah *research and development* (R and D). Model pengembangan yang digunakan yaitu ADDIE yang diadaptasi oleh (Branch, 2009), model ADDIE terdiri dari lima tahapan yaitu *analyze* (menganalisis), *design* (mendesain), *development* (mengembangkan), *implementation* (implementasi), dan *evaluation* (evaluasi). Model ADDIE merupakan model yang disusun secara terprogram dengan urutan-urutan kegiatan yang sistematis dalam upaya pemecahan masalah belajar yang berkaitan dengan sumber belajar yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan *e-LKPD* berbasis masalah menggunakan pendekatan *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi.



Gambar 4. Langkah Penelitian Pengembangan ADDIE

3.2 Prosedur Pengembangan

Langkah-langkah pengembangan e-LKPD berpedoman pada model ADDIE yang dikembangkan oleh Branch (2009) yang terdiri dari lima langkah, yaitu: 1) *Analyze* 2) *Design* 3) *Development* 4) *Implementation* 5) *Evaluation*. Model tahapan pengembangan ini dipilih karena langkah-langkahnya sesuai dengan rancangan penelitian untuk menghasilkan e-LKPD yang bermanfaat dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik. Secara ringkas langkah-langkah penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

3.2.1 Tahap Analisis (*Analyze*)

Pada tahap ini peneliti melakukan studi pendahuluan untuk menganalisis keadaan awal dan permasalahan yang terdapat di lapangan dan kemungkinan solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Data studi pendahuluan ini dikumpulkan menggunakan angket yang direspon oleh 47 siswa SMA dan 27 guru fisika di Provinsi Lampung. Hasil analisis kebutuhan tersebut digunakan sebagai dasar untuk mendesain produk yang akan dikembangkan.

Tahap analisis kebutuhan mendapatkan informasi bahwa materi gelombang bunyi di sekolah pada umumnya hanya diajarkan dengan metode ceramah, sehingga keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik tidak terlatih. Hal tersebut menyebabkan peneliti mengembangkan e-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan komunikasi peserta didik.

3.2.2 Tahap Desain (*Design*)

Pada tahap desain, e-LKPD yang dikembangkan berbasis masalah menggunakan pendekatan *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi. e-LKPD dikembangkan menggunakan *software*

yang nantinya dapat diakses secara online yaitu *canva*. LKPD yang akan dikembangkan akan berisi muatan tentang petunjuk penggunaan LKPD, materi pembelajaran yang menarik, contoh soal yang relevan dan pembahasan soalnya.

3.2.3 Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan adalah kegiatan merealisasikan rancangan produk. Tujuannya agar produk yang dikembangkan untuk siap diimplementasikan pada pembelajaran. Sehingga nanti akan didapat saran untuk memperbaiki produk sebelum diuji cobakan di lapangan (Lumbantobing *et al.*, 2019). Produk awal yang dihasilkan akan dilakukan uji kelayakan terlebih dahulu. Tujuan validasi ini untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan dan diimplementasikan pada pembelajaran. Validasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi validasi isi dan konstruk.

a) Validasi Konstruk

Validasi konstruk dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria yaitu dosen atau guru lulusan minimal S2 dan pengalaman mengajar lebih dari 1 tahun. Komponen yang divalidasi oleh ahli konstruk adalah kualitas teknis berupa bahasa, tampilan, isi dan interaktivitas. Jika hasil validasi konstruk belum memenuhi standar kevalidan, maka produk akan direvisi hingga produk memenuhi kriteria valid.

b) Validasi Isi

Validasi isi dilakukan dengan menunjuk ahli seperti pada kriteria ahli pada validasi konstruk. Komponen yang divalidasi adalah kualitas pembelajaran dan komponen kualitas materi. Jika hasil validasi isi belum memenuhi standar kevalidan, maka produk akan direvisi hingga produk memenuhi kriteria valid.

c) Uji Coba Produk

Setelah produk diuji dari segi konstruk dan isi kemudian dibutuhkan respon dari pendidik fisika, calon pendidik fisika dan peserta didik terhadap kualitas kemenarikan, kepraktisan dan keterbacaan *e*-LKPD berbasis masalah dengan

pendekatan *STEM*. Uji coba dilaksanakan pada kelompok kecil, selanjutnya uji coba dilaksanakan pada kelompok luas.

3.2.4 Tahap Implementasi (*Implementation*)

Populasi penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, sampel yang dipilih berdasarkan alasan tertentu. Sampel pada penelitian ini ialah satu kelas XI MIPA 1.

Produk berupa e-LKPD yang sudah dikembangkan dan telah direvisi akan dilakukan uji coba pada kelompok kecil, selanjutnya dilakukan uji coba pada kelompok luas dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu *The Matching Pretest-Posttest Control Group Design*. Penunjukkan kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan melalui acak kelas. Pemilihan desain ini didasarkan pada asumsi kedua kelompok subjek penelitian adalah setara pada semua variabel yang ada, terkecuali variabel terikat. Desain penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Desain Eksperimen *Pretest-Posttest Design*

O ₁	Perlakuan	O ₂
<i>Pretest</i>	X ₁	<i>posttest</i>
	X ₂	

(Frankel, *et al.*,2021)

Keterangan:

O₁ : *pretest*

O₂ : *posttest*

X₁ : *Treatment* (perlakuan) dengan e-LKPD berbasis masalah terintegrasi *STEM*

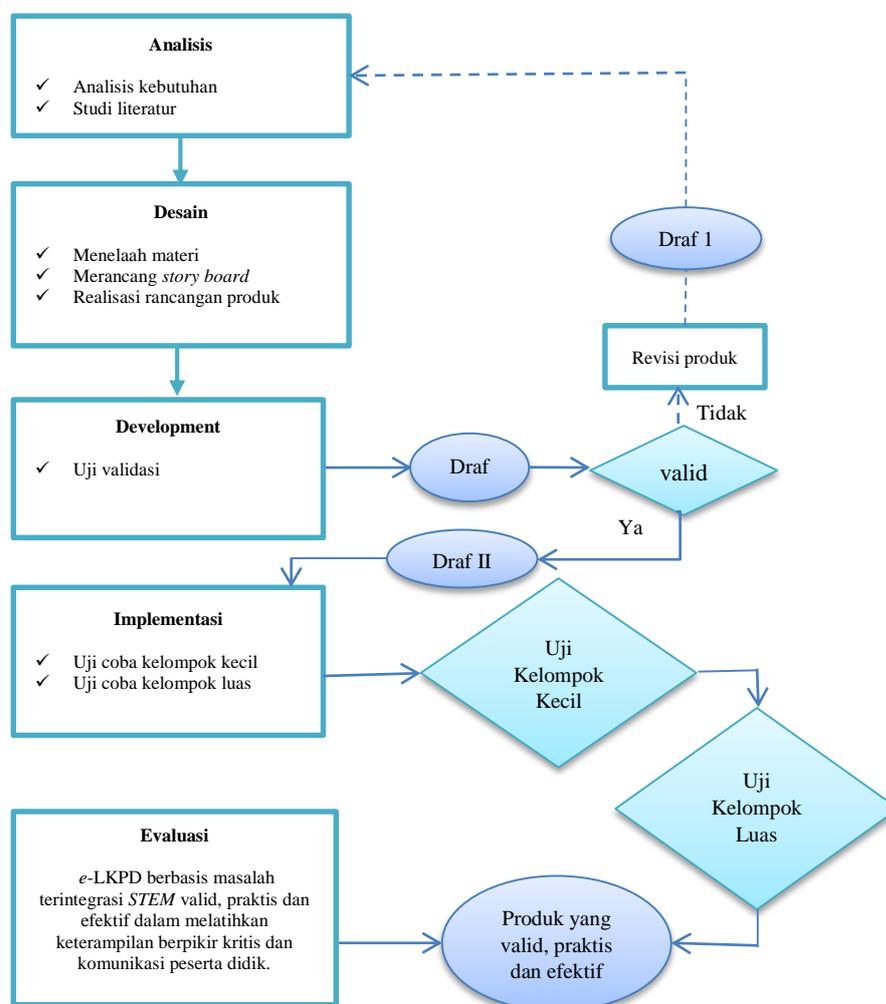
X₂ : *Treatment* (perlakuan) dengan buku paket

Kedua kelas diberi tes yang sama persis pada awal dan akhir pembelajaran, setelah kedua kelas diberi perlakuan yang berbeda, kemudian hasil tes kedua kelas tersebut dianalisis dan dideskripsikan untuk melihat sejauh

mana pengaruh pembelajaran yang dilakukan dengan menggunakan model pembelajaran *problem based learning* yang terintegrasi *STEM*.

3.2.5 Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi digunakan sebagai umpan balik untuk memperbaiki produk yang diperoleh dari evaluasi internal. Kegiatan yang dilakukan pada tahap evaluasi ini adalah analisis masalah, perbaikan desain, validasi dari ahli konstruk dan isi, dan respon peserta didik. Alur penelitian pada penelitian ini secara ringkas dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian dan Pengembangan

Tahap evaluasi secara khusus dilaksanakan pada semua proses, yaitu pada tahap analisis, desain, pengembangan dan implementasi. Pada tahap analisis, hasil evaluasi dijadikan sebagai analisis kebutuhan dan studi literatur untuk desain produk. Pada tahap desain, evaluasi dilaksanakan untuk menelaah materi, merancang *storyboard* dan realisasi rancangan produk. Sedangkan pada tahap pengembangan, evaluasi dijadikan sebagai bahan untuk revisi produk supaya lebih baik lagi. Pada tahap implementasi, dilaksanakan uji coba kelompok kecil, lalu selanjutnya dilaksanakan uji coba pada kelompok luas sebagai bahan evaluasi secara keseluruhan.

Tahap evaluasi secara umum dimaksudkan untuk mengetahui hasil dari kevalidan, kepraktisan dan keefektifan produk sebagai upaya dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan berdasarkan jenis instrumen penelitian yang terdiri atas:

3.3.1 Data Analisis Kebutuhan

Teknik pengumpulan data pada tahap analisis kebutuhan dilakukan dengan memberikan angket kebutuhan peserta didik dan guru mengenai sumber belajar yang terdapat di sekolah, ketertarikan peserta didik terhadap sumber belajar yang disediakan di sekolah, dan kegiatan pembelajaran di kelas. Angket analisis kebutuhan tersebut telah direspon oleh 47 siswa SMA dan 27 guru fisika di Provinsi Lampung.

3.3.2 Data Validitas Produk

Data validitas produk *e*-LKPD berbasis masalah dengan pendekatan *STEM* yang dilakukan pada tahap uji coba produk awal diperoleh melalui uji validasi isi dan validasi konstruk oleh satu dosen FKIP Magister Pendidikan Fisika Unila dan dua praktisi ahli yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan produk yang telah dikembangkan.

3.3.3 Data Kepraktisan Produk

Teknik pengumpulan data kepraktisan produk terdiri atas lembar keterlaksanaan, keterbacaan dan respon peserta didik terhadap kepraktisan *e*-LKPD yang dikembangkan.

3.3.4 Data Keefektifan Produk

Data keefektifan produk digunakan untuk mengetahui penggunaan *e*-LKPD yang dikembangkan terhadap kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi. Pengambilan data diperoleh melalui instrument tes berupa 25 soal pilihan ganda terhadap kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi. Instrumen tes tersebut sebelum digunakan dilakukan diuji validitas dan reliabilitasnya.

3.4 Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dijelaskan pada tiga tahap studi, yaitu tahap studi pendahuluan, tahap pengembangan, dan uji coba pada kelompok kecil lalu uji coba pada kelompok luas.

3.4.1 Tahap Studi Pendahuluan

Analisis data berupa fakta-fakta tentang implementasi pembelajaran yang dilaksanakan pada saat ini dideskripsikan dalam bentuk persentase, lalu

dianalisis dan interpretasikan secara kuantitatif, sehingga analisis yang digunakan dalam tahap ini disebut analisis deskriptif kuantitatif.

3.4.2 Tahap Pengembangan

Teknik analisis data pada tahap pengembangan berupa analisis data validasi rancangan produk dan analisis data uji coba terbatas.

a) Analisis Data Validasi Rancangan Produk

Teknik analisis data validasi rancangan produk yang dikembangkan menggunakan lembar kesesuaian isi dan konstruk bahan ajar yang dikembangkan. Tahap ini dilakukan dengan cara mengkode atau mengklasifikasi data. Validasi kesesuaian isi dan konstruk bahan ajar dilihat dari hasil lembar validitas yang diisi oleh para ahli. Kegiatan dalam teknik analisis data validasi kesesuaian isi dan konstruk bahan ajar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Mengkode atau klasifikasi data.
- 2) Melakukan tabulasi data berdasarkan klasifikasi yang dibuat untuk memberikan gambaran frekuensi dan kecenderungan dari setiap jawaban berdasarkan instrumen dan banyaknya responden.
- 3) Memberi skor jawaban validator. Penskoran jawaban responden dalam instrumen dilakukan berdasarkan skala *likert* seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Skor Penilaian

No	Pilihan Jawaban	Skor
(1)	(2)	(3)
1	Sangat Baik	5
2	Baik	4
3	Cukup Baik	3
4	Kurang Baik	2
5	Tidak Baik	1

4) Mengolah jumlah skor jawaban validator

Pengolahan jumlah skor (ΣS) jawaban angket adalah sebagai berikut:

a) Skor untuk pernyataan sangat baik

Skor = 5 x jumlah responden yang menjawab

b) Skor untuk pernyataan baik

Skor = 4 x jumlah responden yang menjawab

c) Skor untuk pernyataan cukup baik

Skor = 3 x jumlah responden yang menjawab

d) Skor untuk pernyataan kurang baik

Skor = 2 x jumlah responden yang menjawab

e) Skor untuk pernyataan tidak baik

Skor = 1 x jumlah responden yang menjawab

5) Menghitung persentase jawaban angket menurut Sudjana (2005) pada setiap *item* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% X_{in} = \frac{\Sigma S}{S_{maks}} \times 100\%$$

Keterangan:

$\% X_{in}$ = persentase jawaban lembar validasi bahan ajar

ΣS = jumlah skor jawaban

S_{maks} = skor maksimum

6) Menghitung rata-rata persentase lembar validasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi dan konstruk bahan ajar dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \bar{X}_t = \frac{\Sigma \% X_{in}}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

$\% \bar{X}_t$ = rata-rata persentase jawaban lembar validasi bahan ajar

$\Sigma \% X_{in}$ = jumlah presentase jawaban lembar validasi bahan ajar

n = jumlah pernyataan validasi

7) Menafsirkan persentase jawaban lembar validasi secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran menurut seperti pada Tabel 10. (Arikunto, 2016).

Tabel 10. Tafsiran Skor (Persentase) Lembar Validitas

Persentase	Kriteria
(1)	(2)
80,1 % - 100%	Sangat Valid
60,1 % - 80%	Valid
40,1% - 60%	Cukup Valid
20,1% - 40%	Kurang Valid
0,0% - 20%	Sangat Tidak Valid

b) Teknik Analisis Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Uji coba instrumen dilakukan untuk mengetahui dan mengukur apakah instrumen yang digunakan telah memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai pengumpul data. Instrumen yang diuji coba adalah instrumen untuk menilai keterampilan berpikir kreatif. Instrumen yang baik harus memenuhi dua syarat penting yaitu valid dan reliabel (Arikunto, 2016).

1) Uji Validitas

Validitas suatu instrumen menunjukkan tingkat kevalidan suatu instrumen. Suatu instrumen dikatakan valid apabila instrumen tersebut dapat mengukur apa yang akan diukur. Artinya instrumen tersebut dapat menginterpretasikan data dari variabel yang dikaji secara tepat. Uji validitas nantinya dianalisis menggunakan program SPSS 22. Setelah data dianalisis, maka akan terlihat nilai *scale corrected item-total correlation*, valid atau tidaknya item yang telah dianalisis disesuaikan dengan r tabel yang diperoleh dengan ketentuan jumlah responden. Jika $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan probabilitas 0,05 maka soal tersebut valid, dan jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ dengan probabilitas 0,05 maka soal tersebut tidak valid.

2) Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekonsistenan instrumen penelitian yang digunakan sebagai alat pengumpul data. Sebuah instrumen disebut reliabel jika instrumen tersebut mampu memberikan hasil yang dapat dipercaya atau konsisten. Instrumen yang telah diuji reliabilitasnya adalah instrumen keterampilan berpikir kritis dan komunikasi. Uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan rumus *Alpha Cronbach*. Analisis reliabilitas produk dilakukan dengan menggunakan SPSS 22 yang kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan derajat reliabilitas alat evaluasi menurut (Arikunto, 2016) yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas	Intepretasi
(1)	(2)
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Dengan reliabilitas sangat tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Dengan reliabilitas tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Dengan reliabilitas sedang
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Dengan reliabilitas rendah
$r_{11} \leq 0,40$	Dengan reliabilitas sangat rendah

c) Tahap Uji Coba Lapangan

Pada tahap uji lapangan beberapa pendekatan analisis yang digunakan yaitu:

1) Uji Coba Kelompok Kecil

Uji coba kelompok kecil dilakukan untuk mengetahui kepraktisan produk yang dikembangkan. Kepraktisan produk ditentukan oleh keterlaksanaan produk dan respon siswa terhadap produk yang digunakan. Untuk analisis keterlaksanaan produk, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini:

- a) menghitung jumlah skor yang diberikan oleh pengamat untuk setiap aspek pengamatan, kemudian menghitung persentase ketercapaian dengan rumus:

$$\text{Skor penilaian} = \frac{\text{Jumlah skor pada instrumen}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

- b) memvisualkan data untuk memberikan informasi berupa data temuan dengan menggunakan analisis data non statistik yaitu analisis yang dilakukan dengan cara membaca tabel-tabel, grafik-grafik, atau angka-angka yang tersedia,
- c) menafsirkan persentase skor hasil pengamatan secara keseluruhan dengan menggunakan tafsiran berdasarkan Arikunto (2016) pada Tabel 12.

Tabel 12. Konversi Skor Penilaian Pernyataan Nilai Kualitas Keterlaksanaan

Skor	Kriteria
(1)	(2)
81%-100%	Sangat Baik
61%-80%	Baik
41%-60%	Cukup Baik
21%-40%	Kurang Baik
0%-20%	Tidak Baik

2) Uji Coba Kelompok Luas

Uji coba kelompok luas dilakukan untuk mengetahui keefektifan produk yang dikembangkan. Analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, desain penelitian yang digunakan adalah *quasi experiment* dengan membandingkan hasil pembelajaran pada kondisi sebelum dengan sesudah menggunakan produk *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM*. Analisis hasil kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi dilakukan dengan dua analisis sebagai berikut:

- a) Analisis deskriptif yaitu menghitung rata-rata *pretest*, *posttest*, dan *N-gain*. Rata-rata *peretest* dan *posttest* kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Skor total} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Jumlah total}} \times 100\%$$

N-gain dapat dihitung dengan rumus:

$$N - \text{gain} = \frac{\text{Nilai posttest} - \text{Nilai pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{nilai pretest}}$$

Kriteria interpretasi *N-gain* yang dikemukakan oleh Meltzer (2005) seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Kriteria Interpretasi *N-gain*

Rata-rata Gain Ternormalisasi	Kriteria Interpretasi
(1)	(2)
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 < g \leq 0,7$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

- b) Analisis inferensial yang akan digunakan yaitu uji *paired sample t-test*. Uji *paired sample t-test* digunakan untuk mengetahui peningkatan rata-rata sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbasis masalah dengan pendekatan *STEM*. Hipotesis penelitian yang digunakan yaitu:
- H₀** : Tidak terdapat peningkatan rata-rata yang signifikan pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbasis masalah dengan pendekatan *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.
- H₁** : Terdapat peningkatan rata-rata yang signifikan pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbasis masalah dengan pendekatan *STEM* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.
- c) Analisis respon siswa terhadap keefektifan *e-LKPD* berbasis masalah dengan pendekatan *STEM* dengan menggunakan kuesioner. Respon siswa terhadap keefektifan produk yang dikembangkan dianalisis secara kualitatif.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik memenuhi unsur kevalidan, kepraktisan dan keefektifan sebagai berikut:

1. *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* terdiri atas Pembuka Bab yang memuat cover depan dan standar isi (kompetensi dasar, indikator, dan tujuan pembelajaran). Kegiatan pembelajaran yang terdiri atas tiga lembar kerja yang harus dipelajari, yaitu: lembar kerja 1 mengenai karakteristik gelombang bunyi, lembar kerja 2 mengenai fenomena dawai dan pipa organa dan lembar kerja 3 mengenai taraf intensitas bunyi dan efek *Doppler*. Materi dalam *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* dijelaskan dalam bentuk teks, gambar, animasi, simulasi, video, soal pengayaan, tugas, dan evaluasi. Hasil pengembangan *e-LKPD* ditinjau dari desain, materi dan konstruk dinyatakan valid berdasarkan perolehan skor rata-rata validitas isi sebesar 88% dalam kategori sangat baik, dan rata-rata validitas konstruk sebesar 87% dalam kategori sangat baik.
2. *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* dinyatakan praktis, ditunjukkan dengan rata-rata persentase keterbacaan 90% dengan kriteria sangat baik, dan kemudahan penggunaan yaitu sebesar 85% dengan kriteria sangat baik. Kemudian respon peserta didik terhadap *e-LKPD* dengan rata-rata 86% dengan kriteria sangat baik dan respon pendidik sebesar 85% dengan kriteria sangat baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa peserta didik dan pendidik memberikan respon positif terhadap *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM*, sehingga dapat dinyatakan bahwa *e-LKPD*

berbasis masalah terintegrasi *STEM* sangat praktis digunakan sebagai bahan ajar.

3. *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* dinyatakan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik, dilihat dari hasil uji *paired sample t-test* dan uji *N-gain*. Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai *sig 2-tailed* 0,000 (< 0,005) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai hasil *pretest* dan *posttes* pada keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik saat menggunakan *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* yang dikembangkan, dimana nilai rata-rata *posttes* lebih tinggi dari pada *pretest*, sehingga lembar kerja yang dikembangkan efektif digunakan sebagai bahan ajar. Hasil uji *N-gain* menunjukkan persentase rata-rata *N-gain* sebesar 70,90% (kategori cukup efektif), hal ini berarti bahwa penggunaan *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* cukup efektif dalam meningkatkan melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi peserta didik.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. *e-LKPD* berbasis masalah terintegrasi *STEM* dapat dijadikan sebagai sumber belajar di sekolah guna melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi.
2. Bagi guru yang akan mengimplementasikan *e-LKPD* masalah terintegrasi *STEM* agar mempersiapkan dan membaca petunjuk penggunaan *e-LKPD* dengan seksama karena *e-LKPD* baru dikembangkan, agar pembelajaran dapat terlaksana dengan baik.
3. Untuk peneliti selanjutnya hendaknya kembangkan pada materi fisika lain, karena *e-LKPD* masalah terintegrasi *STEM* yang dikembangkan ini hanya pada materi gelombang bunyi saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaron, D. I., & Gilbert, A. Z. 2017. *Steps to STEM: A science curriculum supplement for upper elementary and middle school grades - Teacher's edition*. Sense Publishers.
- Abdullah, F., & Ward, R. 2016. Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors. *Computers in Human Behavior*, 56, 238–256. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.036>
- Ankeny, C. J., & Tresch, M. C. 2021. Creation and Deployment of a Virtual, Inquiry-Guided Biomedical Engineering Laboratory Course. *Biomedical Engineering Education*, 1(1), 67–71. <https://doi.org/10.1007/s43683-020-00017-w>
- Apriliani, E. A., Afandi, A., & Marlina, R. 2021. Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Di Era Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura Pontianak, March*, 1045–1052.
- Apriyanto, C., Yusneli, & Asrial. 2019. Development of E-LKPD with Scientific Approach of Electrolyte and Non-Electrolyte Solutions. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 11(1), 38–42.
- Arends, R. 2012. *Learning to Teach* (Ninth Edit). The Mc Graw-Hill Companies.
- Arikunto, S. 2016. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan* (Edisi kedu). Bumi Aksara.
- Aristo, R. W., & Tampubolon, T. 2019. STEM Approach Students' Worksheet Development with 4D Model in Sound Waves Topic. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 2(4), 2017–2020.
- Aruan, N. M., Sriyanti, I., Edikresnha, D., Suciati, T., Munir, M. M., & Khairurrijal. 2017. Polyvinyl Alcohol/Soursop Leaves Extract Composite Nanofibers Synthesized Using Electrospinning Technique and their Potential as Antibacterial Wound Dressing. *Procedia Engineering*, 170, 31–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.006>

- Asih, N. F., & Ellianawati, E. 2019. The Enhancement of Verbal Communication Skills for Vocational Students through Project-Based Learning Physics. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.21009/1.05103>
- Astuti, A. M. K., Hidayat, D., Gedalya, V. F., & Noviandri, P. P. 2019. Pelepah Pisang Sebagai Alternatif Material Dalam Mengurangi Suara. *SMART (Seminar on Architecture Research & Technology)*, 4(URBAN + LAB: Konsep, Prinsip dan Strategi Rancang Ruang Hidup di Kawasan Perkotaan), 31–40. <https://doi.org/10.21460/smart.v4i1>
- Azman, M. N. A., Sharif, A. M., Parmin, Balakrishnan, B., Yaacob, M. I. H., Baharom, S., Zain, H. H. M., Muthalib, F. H. A., & Samar, N. 2018. Retooling science teaching on stability topic for STEM education: Malaysian case study. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(10), 3116–3128.
- Badia, A., Martín, D., & Gómez, M. 2019. Teachers' Perceptions of the Use of Moodle Activities and Their Learning Impact in Secondary Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(3), 483–499. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9354-3>
- Bandura, A. 1965. Influence of models' reinforcement contingencies on the acquisition of imitative responses. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1(6), 589–595. <https://doi.org/10.1037/h0022070>
- Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., & Mesutoglu, C. 2016. Moving STEM Beyond Schools: Students' Perceptions About an Out-of-School STEM Education Program. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.18404/ijemst.71338>
- Bashith, A., & Amin, S. 2017. The Effect of Problem Based Learning on EFL Students' Critical Thinking Skill and Learning Outcome. *Al-Ta Lim Journal*, 24(2), 93. <https://doi.org/10.15548/jt.v0i0.271>
- Basri, H., Purwanto, As'ari, A. R., & Sisworo. 2019. Investigating critical thinking skill of junior high school in solving mathematical problem. *International Journal of Instruction*, 12(3), 745–758. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12345a>
- Beatty, A., & Rapporteur. 2011. *Successful Stem*.
- Boesdorfer, S. B. 2019. Growing Teachers and Improving Chemistry Learning: How Best Practices in Chemistry Teacher Education Can Enhance Chemistry Education [Chapter]. *ACS Symposium Series*, 1335, 1–6. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1335.ch001>

- Branch, R. M. 2009. Instructional Design. In *Instructional Design*.
<https://doi.org/10.4018/978-1-60960-503-2>
- Bunawan, W., Setiawan, A., Rusli, A., & Nahadi. 2015. Penilaian Pemahaman Representasi Grafik Materi Optika Geometri Menggunakan Tes Diagnostik. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 34(2), 257–267.
<https://doi.org/10.21831/cp.v2i2.4830>
- Chung, Y., Yoo, J., Kim, S. W., Lee, H., & Zeidler, D. L. 2016. Enhancing Students' Communication Skills in the Science Classroom Through Socioscientific Issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9557-6>
- Cooper, R., & Heaverlo, C. 2013. Problem Solving And Creativity And Design: What Influence Do They Have On Girls' Interest In STEM Subject Areas? *American Journal of Engineering Education (AJEE)*, 4(1), 27.
<https://doi.org/10.19030/ajee.v4i1.7856>
- Corbett, F., & Spinello, E. 2020. Connectivism and leadership: harnessing a learning theory for the digital age to redefine leadership in the twenty-first century. *Heliyon*, 6(1), e03250.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03250>
- Damayanti, F., & Sundari, S. 2022. Sosialisasi Penggunaan Canva Sebagai Media Ajar Untuk Guru SMP 1 Labuhan Deli. *Prioritas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 31–37.
- Darhim, Prabawanto, S., & Susilo, B. E. 2020. The effect of problem-based learning and mathematical problem posing in improving student's critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 13(4), 103–116.
<https://doi.org/10.29333/iji.2020.1347a>
- Darmayanti, N., Manurung, K. S. B., Hasibuan, Hasanah Puspita, S., Ginting, M. F. S., & Harahap, M. 2023. Pelaksanaan Teori Belajar Bermakna David Ausubel dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4, 1349–1358.
- Dunbar, N. E., Brooks, C. F., & Kubicka-Miller, T. 2006. Oral communication skills in higher education: Using a performance-based evaluation rubric to assess communication skills. *Innovative Higher Education*, 31(2), 115–128.
<https://doi.org/10.1007/s10755-006-9012-x>
- El Soufi, N., & See, B. H. 2019. Does explicit teaching of critical thinking improve critical thinking skills of English language learners in higher education? A critical review of causal evidence. *Studies in Educational Evaluation*, 60(November 2018), 140–162.
<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.12.006>

- Ennis, R. H. 2018. Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. *Topoi*, 37(1), 165–184. <https://doi.org/10.1007/s11245-016-9401-4>
- Facione, P. a. 2011. Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment, ISBN 13: 978-1-891557-07-1.*, 1–28.
- Fahrozy, F. P. N., Iskandar, S., Abidin, Y., & Sari, M. Z. 2022. Upaya Pembelajaran Abad 19-20 dan Pembelajaran Abad 21 di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 3093–3101. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2098>.
- Fayakun, M., & Joko, P. 2015. Efektivitas Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Kontekstual (Ctl) Dengan Metodepredict, Observe, Explain Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 49–58. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v11i1.4003>
- Fitriyani, R. V., Supeno, S., & Maryani, M. 2019. Pengaruh LKS Kolaboratif Pada Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Keterampilan Pemecahan Masalah Fisika Siswa SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(2), 71. <https://doi.org/10.20527/bipf.v7i2.6026>
- Fuad, N. M., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Suarsini, E. 2017. Improving junior high schools' critical thinking skills based on test three different models of learning. *International Journal of Instruction*, 10(1), 101–116. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.1017a>
- Garry. 1983. *Physics*.
- Giancoli, D. C. 1998. *Fisika, Penerjemah Yuhilsa Hanum*.
- Hadi, S. A., Susantini, E., & Agustini, R. 2018. Training of Students' Critical Thinking Skills Through the Implementation of a Modified Free Inquiry Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 947(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012063>
- Harahap, L. P. A., Mulyawati, Y., 2023. The Effect of Applying the Mentimeter Media Assisted Problem Based Learning Model on Mathematics Learning Outcomes in Data Presentation Materials. *International Research-Based Education Journal*, 5(1), 128–140. <http://journal2.um.ac.id/index.php/irbej/article/view/30907%0Ahttp://journal2.um.ac.id/index.php/irbej/article/download/30907/10982>
- Hart, C., Da Costa, C., D'Souza, D., Kimpton, A., & Ljbusic, J. 2021. Exploring Higher Education Students' Critical Thinking Skills Through Content Analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 41(June), 100877. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100877>

- Haryanto, Asrial, Ernawati, M. D. W., Syahri, W., & Sanova, A. 2019. E-Worksheet Using Kvisoft Flipbook: Science Process Skills And Student Attitudes. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 8.
- Herro, D., & Quigley, C. 2017. Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416–438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Hidayat, N., & Rostikawati, T. 2018. The Effect of the Scientific Approach with Comic Intelligent Media Support on Students' Science Competencies. *Journal of Educational Review and Research*, 1(1), 38–50.
- Hosnan, M. 2014. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Ghalia Indonesia.
- Hsu, Y. S., Lin, Y. H., & Yang, B. 2017. Impact of augmented reality lessons on students' STEM interest. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0039-z>.
- Hu, W., Jia, X., Plucker, J. A., & Shan, X. 2016. Effects of a Critical Thinking Skills Program on the Learning Motivation of Primary School Students. *Roeper Review*, 38(2), 70–83. <https://doi.org/10.1080/02783193.2016.1150374>
- Ikhsan, M. K., & SB, H. 2016. The Development of Students' Worksheet using Scientific Approach on Curriculum Materials. *International Seminar on English Language and Teaching*.
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. 2016a. Efektivitas virtual lab berbasis STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan perbedaan gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8570>
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. 2016b. Efektivitas Virtual Lab Berbasis STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa dengan Perbedaan Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190–201.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. 2016. A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.

- Khaeroningtyas, N., Permanasari, A., & Hamidah, I. 2016. Stem learning in material of temperature and its change to improve scientific literacy of junior high school students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1), 94–100. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i1.5797>
- Khlaisang, J., & Koraneekij, P. 2019. Open online assessment management system platform and instrument to enhance the information, media, and ICT literacy skills of 21st century learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(7), 111–127. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i07.9953>.
- Kimura, G. W. 2017. Neopragmatism and theological reason. In J. Astley, D. Jasper, & J. Beckford (Eds.), *Neopragmatism and Theological Reason* (1st ed.). Ashgate Publishing Limited. <https://doi.org/10.4324/9781315248189>.
- Krasnova, L., & Shurygin, V. 2019. Blended learning of physics in the context of the professional development of teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(23), 17–32. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i23.11084>.
- Kurniati, R. D., Andra, D., & Wayan Distrik, I. 2021. E-module Development Based on PBL Integrated STEM Assisted By Social Media to Improve Critical Thinking Skill: A Preliminary Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012077>
- Lamb, R., Akmal, T., & Petrie, K. 2015. Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 410–437. <https://doi.org/10.1002/tea.21200>.
- Lapuz, A. M., & Fulgencio, M. 2020. Improving the Critical Thinking Skills of Secondary School Students Using Problem-Based Learning. *Online Submission*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3969232>.
- Lee, C.-D. 2014. Worksheet Usage, Reading Achievement, Classes' Lack of Readiness, and Science Achievement: A Cross-Country Comparison. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2).
- Lestyaningrum, I. K. M., Trisiana, A., Safitri, D. A., Supriyanti, Pratama, A. Y., & Wahana, T. P. 2022. *Pendidikan Global Berbasis Teknologi Digital di Era Milenial*. https://www.google.co.id/books/edition/Pendidikan_Global_Berbasis_Teknologi_Dig/xeqbEAAAQBAJ?hl=en&gbpv=1.

- Lumbantobing, M. A., Munadi, S., & Wijanarka, B. S. 2019. Pengembangan e-modul interaktif untuk discovery learning pada pembelajaran mekanika teknik dan elemen mesin. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(1), 1–8.
- Mahanal, S., Zubaidah, S., Sumiati, I. D., Sari, T. M., & Ismirawati, N. 2019. RICOSRE: A learning model to develop critical thinking skills for students with different academic abilities. *International Journal of Instruction*, 12(2), 417–434. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12227a>
- Mahardika, T. 2021. *Hubungan Kebisingan Kereta Api dengan Tingkat Konsentrasi Peserta Didik dalam Proses Pembelajaran di Kelas* (Vol. 3, Issue 2). Universitas Lampung.
- Mahuda, I., Meilisa, R., & Nasrullah, A. 2021. Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Android Berbantuan Smart Apps Creator Dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(3), 1745. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i3.3912>.
- Marlina, & Rahmah, S. 2023. Application of the Problem Based Learning Model in Mathematics Content to Improve the Learning Outcomes of Class IV Elementary School Students Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah pada Muatan Matematika untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kela. *Asian Journal of Applied Education*, 2(2), 257–268.
- Mayer, R. E. 2009. *Multimedia learning (2nd ed.)*. Cambridge University.
- Meltzer, D. E. 2005. Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463–478. <https://doi.org/10.1119/1.1862636>.
- Moon, J. 2007. Critical thinking: An exploration of theory and practice. In *Critical Thinking: An Exploration of Theory and Practice* (2nd ed.). the Taylor & Francis e-Library. <https://doi.org/10.4324/9780203944882>.
- Muhammadiyah, H., Mahkamova, D., Valiyeva, S., & Tojiboyev, I. 2020. The role of critical thinking in developing speaking skills. *International Journal on Integrated Education*, 3(1), 62–64. <https://doi.org/10.31149/ijie.v3i1.273>.
- Mulyadi, Adlim, & Djufri. 2014. Memberdayakan Kemampuan Berfikir Mahasiswa Melalui Model Pembelajaran Reading Questioning and Answering (RQA). *Jurnal Biotik*, 2(1), 33–37.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. 2018. Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 54–65. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.10495>.

- Nabavi, R. T. 2016. Theories of Developmental Psychology: Bandura ' s Social Learning Theory & Social Cognitive Learning Theory. *Research Gate*, January 2012, 1–24.
- Nagy, J. T. 2018. Evaluation of online video usage and learning satisfaction: An extension of the technology acceptance model. *International Review of Research in Open and Distance Learning*.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2886>.
- Nasrullah, A., Marlina, M., & Dwiyantri, W. 2018. Development of Student Worksheet-Based College E-Learning Through Edmodo to Maximize the Results of Learning and Motivation in Economic Mathematics Learning. *International JET*.
- Ninghardjanti, P., Dirgatama, C. H. A., & Wirawan, A. W. 2020. Pembelajaran Multimedia. In *Al-Ta'dib* (Vol. 6, Issue 2).
- Noviana, A., Abdurrahman, Rosidin, U., & Herlina, K. 2019. Development and Validation of Collaboration and Communication Skills Assessment Instruments Based on Project-Based Learning. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 6(2), 133–146.
- Nugroho, I. R., & Ruwanto, B. 2017. Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Media Sosial Instagram Sebagai Sumber Belajar Mandiri Untuk Meningkatkan Motivasi dan Prestasi Belajar Fisika Siswa Kelas XI SMA. *E-Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(6).
- Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. 2019. The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 417–425. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252>.
- Nur Inah, E. 2015. Peran Komunikasi Dalam Interaksi Guru dan Siswa. *Al-Ta'dib*, 8(2), 150–167.
- Nuraini, N. 2017. *Critical Thinking Profile Of Students Of Biological Teacher Candidate As Efforts To Prepare 21 St Century Generation. 1*, 89–96.
- Olson, H. F. 1972. The Measurement of Loudness. In *RCA Laboratories*.
<https://doi.org/10.1121/1.1908048>.
- Phungsuk, R., Viriyavejakul, C., & Ratanaolarn, T. 2017. Development of a problem-based learning model via a virtual learning environment. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38(3), 297–306.
<https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.01.001>.

- Poulsen, T. 1981. Loudness of tone pulses in a free field. *Journal of the Acoustical Society of America*, 69(6), 1786–1790. <https://doi.org/10.1121/1.385915>.
- Puspita, A. S., & Aloysius, S. 2019. Developing Student's Critical Thinking Skills Through Implementation Of Problem Based Learning Approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1241(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1241/1/012020>
- Putri, D. A. K., Ramalis, T. R., & Purwanto, P. 2018. Pengembangan tes kemampuan literasi sains pada materi momentum dan impuls dengan Analisis Item Response Theory (IRT). *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(1), 40. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v5i1.9212>.
- Raingruber, B., & Haffer, A. 2011. *Using you head To Land on Your Feet:A Beginning Onyour Feet: Nurse's Guide To Critical Thinking* (M. Freely, M. Kochman, J. H. Martin, & L. J. Forgiione (eds.)). F. A. Davis Company.
- Ratumanan, T. G., Laurens, T., & Mataheru, W. 2009. Pengembangan Model Pembelajaran Interaktif Dengan Setting Kooperatif: Model PISK. *Matematika*, 9(2), 1–8.
- Reese, S. A. 2015. Online learning environments in higher education: Connectivism vs. dissociation. *Education and Information Technologies*, 20(3), 579–588. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9303-7>.
- Riduwan. 2004. *Belajar mudah Penelitian untuk Guru Karyawan dan Peneliti Pemula*. Bandung: Alfabeta.
- Rizki, D. A. A., Istiningsih, S., & Setiawan, H. 2021. Pengembangan LKPD Online Berbasis Kontekstual Untuk Kelas III SDN 9 Mataram. *Renjana Pendidikan Dasar*, 1(4), 312–322.
- Sagala, R., Sari, P. M., Firdaos, R., & Amalia, R. 2019. RQA and TTW Strategies : Which Can Increase the Students ' Concepts Understanding ? *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 4(1). <https://doi.org/10.24042/tadris.v4i1.4315>
- Saputra, M. D., Joyoatmojo, S., Wardani, D. K., & Sangka, K. B. 2019. Developing critical-thinking skills through the collaboration of Jigsaw model with problem-based learning model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1077–1094. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12169a>.
- Saputri, A. C., Sajidan, Rinanto, Y., Afandi, & Prasetyanti, N. M. 2019. Improving students' critical thinking skills in cell-metabolism learning using Stimulating Higher Order Thinking Skills model. *International Journal of Instruction*, 12(1), 327–342. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12122a>.

- Saputro, T., Herlina, K., & Distrik, I. W. 2020. Guided Inquiry Based Students' Worksheet to Grow Students' Critical Thinking and Communication Skills. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 18–26. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v3i1.5146>.
- Sears, & Zemansky's. 2004. *Instructor Solutions Manual University Physics with Modern Physics 11th Edition*. Pearson Education.
- Serio, Á. Di, Ibanez, M. B., & Kloos, C. D. 2013. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586–596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>.
- Seruni, R., Munawaoh, S., Kurniadewi, F., & Nurjayadi, M. 2019. Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Biokimia Pada Materi Metabolisme Lipid Menggunakan Flip Pdf Professional. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(1), 48–56. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4672>
- Setiaji, K., Wardani, N. W., Farliana, N., Feriady, M., & Purwana, D. 2020. Contribution of 21st Century Skills to Work Readiness in Industry 4.0. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 5947–5955. <https://www.researchgate.net/publication/341598843>.
- Sheehy, P. 2016. The reality of social groups. In *The Reality of Social Groups* (1st ed.). Ashgate Publishing Company. <https://doi.org/10.4324/9781315553627>.
- Sheftyawan, W. B., Prihandono, T., & Lesmono, A. D. 2018. Identifikasi Miskonsepsi Siswa Menggunakan Four-tier Diagnostic Test pada Materi Optik Geometri. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 147–153.
- Shen, C. wen, & Ho, J. tsung. 2020. Technology-enhanced learning in higher education: A bibliometric analysis with latent semantic approach. *Computers in Human Behavior*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106177>.
- Sholeha, D. S., Suyatna, A., & Herlina, K. 2019. Pengaruh Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Collaborative Teamwork Learning Terhadap Hasil Belajar. *PEDAGOGIA: Jurnal Pendidikan*, 8(2), 171. <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v8i2.2447>.
- Shuell, T. 1986. Cognitive Conceptions of Learning. *Review of Educational Research*, 56, 411–436.
- Siemens, G. 2005. *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*.
- Sönmez, E., Kabataş Memiş, E., & Yerlikaya, Z. 2019. The effect of practices based on argumentation-based inquiry approach on teacher candidates' critical thinking. *Educational Studies*, 00(00), 1–25. <https://doi.org/10.1080/03055698.2019.1654364>.

- Soros, P., Ponkham, K., & Ekkapim, S. 2018. *The Results of STEM Education Methods for Enhancing Critical Thinking and Problem Solving skill in Physics the 10th Grade Level*. 030045.
- Spector, J. M., & Ma, S. 2019. Inquiry and critical thinking skills for the next generation: from artificial intelligence back to human intelligence. *Smart Learning Environments*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0088-z>.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. 2012. Considerations for Teaching Integrated STEM Education Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER) Volume*, 2(1). <https://doi.org/10.5703/1288284314653>.
- Stohlmann, M. S., Roehrig, G. H., & Moore, T. J. 2014. STEM education: How to train 21st century teachers. In S. L. Green (Ed.), *STEM Education: How to Train 21st Century Teachers*. Nova Science Publishers.
- Sudjana, N. 2005. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Remaja Rosdakarya. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Suwasono, P., & Ali, M. 2019. The Influence of Problem Based Learning on Critical Thinking Ability for Students in Optical Instrument Topic. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 15(1), 39–45. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v15i1.19309>.
- Syawaludin, A., Gunarhadi, & Rintayati, P. 2019. Development of Augmented Reality-Based Interactive Multimedia to Improve Critical Thinking Skills in Science Learning. *International Journal of Instruction*, 12(4), 331–344. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12421a>.
- Tajudin, N. M., & Chinnappan, M. 2016. The link between higher order thinking skills, representation and concepts in enhancing TIMSS tasks. *International Journal of Instruction*, 9(2), 199–214. <https://doi.org/10.12973/iji.2016.9214a>.
- Talanquer, V. 2014. DBER and STEM education reform: Are we up to the challenge? *Journal of Research in Science Teaching*, 51(6), 809–819. <https://doi.org/10.1002/tea.21162>.
- Trimahesri, I., & Hardini, A. T. A. 2019. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Pada Mata Pelajaran Matematika Menggunakan Model Realistic Mathematics Education. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 2(2), 111–120.
- Trisdiono, H., Siswandari, S., & Suryani, N. 2019. *Development of Multidisiplin Integrated Project-Based Learning Model To Improve Critical Thinking and Cooperation Skills*. 8(1), 9–20. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v8i1.17401>.

- UHD GEC. 2014. Oral communication rubric. In *Assosiation of American Colleges and Universities*.
- Usman, Zulfah, Hardiyanti, Zam, Z., & Qadaruddin. 2022. *Literasi Digital Dan Mobile Learning*.
- Valtonen, T., Sointu, E. T., Kukkonen, J., Häkkinen, P., Järvelä, S., Ahonen, A., Näykki, P., Pöysä-Tarhonen, J., & Mäkitalo-Siegl, K. 2017. Insights into Finnish first-year pre-service teachers' twenty-first century skills. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2055–2069.
<https://doi.org/10.1007/s10639-016-9529-2>.
- Vaval, L., Bowers, A. J., & Snodgrass Rangel, V. 2019. Identifying a typology of high schools based on their orientation toward STEM: A latent class analysis of HSLS:09. *Science Education*, 103(5), 1151–1175.
<https://doi.org/10.1002/sce.21534>.
- Viennot, L., & Décamp, N. 2018. Activation of a critical attitude in prospective teachers: From research investigations to guidelines for teacher education. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010133>.
- Wakefield, J., Frawley, J. K., Tyler, J., & Dyson, L. E. 2018. The impact of an iPad-supported annotation and sharing technology on university students' learning. *Computers and Education*, 122, 243–259.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.013>.
- Wale, B. D., & Bishaw, K. S. 2020. Effects of Using Inquiry-Based Learning on EFL Students' Critical Thinking Skills. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40862-020-00090-2>.
- Warsah, I., Morganna, R., Uyun, M., Hamengkubuwono, H., & Afandi, M. 2021. The Impact of Collaborative Learning on Learners' Critical Thinking Skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 443–460.
<https://doi.org/10.29333/iji.2021.14225a>.
- Wartono, W., Hudha, M. N., & Batlolona, J. R. 2018. How are the physics critical thinking skills of the students taught by using inquiry-discovery through empirical and theoretical overview? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 691–697.
<https://doi.org/10.12973/ejmste/80632>.
- Wilhelm, J., Wilhelm, R., & Cole, M. 2019. Creating project-based STEM environments: The REAL way. In *Creating Project-Based STEM Environments: The REAL Way*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-04952-2>.

- Winayawati, L., Waluya, S. B., & Junaedi, I. 2012. Implementasi Model Pembelajaran Kooperatif dengan Strategi Think-Talk-Write Terhadap Kemampuan Menulis Rangkuman dan Pemahaman Matematis Materi Integral. *Unnes Journal of Research Mathematics Education*, 1(1).
- Wittmann, M. C., Redish, E. F., & Steinberg, R. N. 2021. Understanding and Addressing Student Reasoning About Sound Waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), 991–1013.
- Yildirim, N., Kurt, S., & Ayas, A. 2011. The Effect of The Worksheets on Students' Achievement in Chemical Equilibrium. *Journal of Turkish Science Education*, 8(3).