

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*
TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
COMPLEX PROBLEM SOLVING DAN SIKAP *ENVIROMENTAL*
AWARENESS PESERTA DIDIK**

(Tesis)

Oleh

Mutiara Caesara Andri



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*- LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN SIKAP *ENVIROMENTAL AWARENESS* PESERTA DIDIK

Oleh

MUTIARA CAESARA ANDRI

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar berupa *e*-LKPD berbasis model *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* yang valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness*. Metode penelitian yang digunakan adalah R&D yang mengacu pada model 4D yang disarankan Thiagarajan. Penelitian ini menggunakan *mixed method* dengan tipe *explanatory sequential design* yang terdiri dari dua tahap pengumpulan data, yaitu pengumpulan data kuantitatif dilanjutkan dengan pengumpulan data kualitatif. Data kuantitatif berupa kemampuan *Complex Problem Solving* yang diukur menggunakan *pretest-posttest*, serta data kualitatif yaitu kebutuhan pendidik dan peserta didik, validasi ahli, keterlaksanaan pembelajaran, dan sikap *Enviromental Awareness* yang diperoleh dari angket. Desain uji coba yang digunakan adalah *one group pretest-posttest* dengan subjek penelitian adalah peserta didik kelas VII C SMP Negeri 12 Bandar Lampung. Penelitian ini berhasil mengembangkan bahan ajar (*e*-LKPD) yang terbukti sangat valid, praktis, dan efektif. Validitas bahan ajar (*e*-LKPD) sangat tinggi mencapai 93,22 % berdasarkan penilaian komprehensif validator ahli. Dari sisi kepraktisan bahan ajar (*e*-LKPD) sangat tinggi mencapai 95 % berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran. Selanjutnya dari sisi keefektifan diperoleh *n*-Gain sedang (0,56) dan effect size sangat besar (4,12) serta sikap *Enviromental Awareness* diperoleh relatif tinggi sebesar (83,13%). Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data bahwa bahan ajar (*e*-LKPD) yang dikembangkan dapat digunakan dalam pembelajaran pencemaran lingkungan guna meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik.

Kata kunci : *Problem Based Learning, STEM, Kemampuan Complex Problem Solving, Sikap Enviromental Awareness*

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*- LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *COMPLEX PROBLEM SOLVING* DAN SIKAP *ENVIROMENTAL* AWARENESS PESERTA DIDIK

Oleh

MUTIARA CAESARA ANDRI

This study aims to develop teaching materials in the form of an e-worksheet (*e*-LKPD) based on the Problem-Based Learning model integrated with *STEM* that are valid, practical, and effective for improving Complex Problem Solving skills and Environmental Awareness attitudes. The research method used is Research and Development (R&D), referring to the 4D model proposed by Thiagarajan. This study employs a mixed-method approach with an explanatory sequential design consisting of two stages of data collection: quantitative data collection followed by qualitative data collection. The quantitative data comprises Complex Problem Solving abilities measured using pretest-posttest, while the qualitative data includes educators' and students' needs, expert validation, learning implementation, and Environmental Awareness attitudes obtained through questionnaires. The trial design used is a one-group pretest-posttest design with the research subjects being students of class VII C at SMP Negeri 12 Bandar Lampung. This study successfully developed teaching materials (*e*-LKPD) that proved to be highly valid, practical, and effective. The validity of the teaching materials (*e*-LKPD) was very high, reaching 93.22% based on comprehensive expert validator assessments. In terms of practicality, the teaching materials (*e*-LKPD) scored very high at 95% based on learning implementation. Furthermore, regarding effectiveness, a moderate *n*-Gain of 0.56 and a very large effect size of 4.12 were obtained, along with a relatively high Environmental Awareness attitude score of 83.13%. Based on the research results and data analysis, the developed teaching materials (*e*-LKPD) can be used in environmental pollution learning to improve students' Complex Problem Solving skills and Environmental Awareness attitudes.

Keywords : *Problem Based Learning, STEM, Complex Problem Solving, Enviromental Awareness*

**PENGEMBANGAN *e*- LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*
TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
COMPLEX PROBLEM SOLVING DAN SIKAP *ENVIROMENTAL*
AWARENESS PESERTA DIDIK**

Oleh

Mutiara Caesara Andri

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN

Pada

Program Studi Pendidikan IPA
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Tesis

: **PENGEMBANGAN e-LKPD BERBASIS
PROBLEM BASED LEARNING TERINTEGRASI
STEM UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN COMPLEX PROBLEM SOLVING
DAN SIKAP ENVIROMENTAL AWARENESS
PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa

: **Mutiara Caesara Andri**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2123025002

Program Studi

: Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Jurusan

: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas

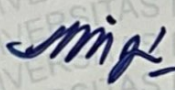
: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

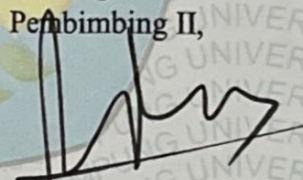
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Tri Jalmo, M.Si

NIP. 19610910 198603 1 005


Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

NIP. 19681210 199303 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan

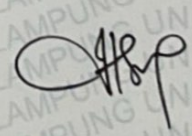
Pendidikan MIPA

Ketua Program Studi

Magister Pendidikan IPA


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

NIP. 19670808 199103 2 001


Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.

NIP. 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Tri Jalmo, M.Si.

Sekretaris

: Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Penguji Anggota : 1. Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.

2. Dr. M. Setyarini, M.Si.

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Robert Maydiantoro, M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis: 19 Juni 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mutiara Caesara Andri
Nomor Induk : 2123025002
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan MIPA

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

Apabila ternyata kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya, maka saya akan bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025

Yang menyatakan



Mutiara Caesara Andri

NPM.2123025002

RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan anak sulung dari pasangan yang dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 04 April 1997 dari pasangan Bapak Peni Andri dengan Ibu Fatmawati. Penulis beralamat di Jalan Raja Basa 2 blok u6, Kecamatan Way Halim, Bandar Lampung. Nomor *handphone* penulis 085363697288. Penulis mengawali pendidikan formal di SDN 2 Merapi Bandar Lampung (2003-2009), SMPN 1 Bandar Lampung (2009-2012), dan SMAS YP Unila Bandar Lampung (2012-2015). Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (jalur undangan). Pada tahun 2018, penulis melaksanakan Program Pengalaman Lapangan (PPL) di MTs N 2 Kota Raman, Kabupaten Lampung Timur dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Kota Raman, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur. Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan di Pascasarjana, Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.

Motto

*“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut
untuk kebaikan dirinya sendiri ”*
(QS. Al Ankabut : 6)



Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrabbi'l'amin, segala puji dan syukur hanya untuk Allah
Subhanahu wa Ta'ala, atas rahmat dan nikmat yang telah diberikan, serta
kekuatan, kesehatan, dan kesabaran untukku dalam mengerjakan tesis ini
Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjunganku
Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam*

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda bakti dan cinta kasihku kepada
orang-orang yang berharga dan berarti dalam hidupku:

Bapakku (Drs. H. Peni Andri) dan Ibuku (Dra. Hj Fatmawati)

Kedua orangtuaku yang dengan penuh kesabaran dalam mendidik dan merawatku
sedari kecil hingga mengantarkanku ke perguruan tinggi dan meraih cita-cita yang
selama ini aku impikan.

Keluargaku

Anak kandungku Aisyah Assyifa Qurratu Aini Hanifa, Adik-adikku Muhammad
Naufal Afhan Andri, Diah Ayu Novita, Miftahul Jannah Andri, Bilqis Huri
Janneti Andri, dan Mazaya, Ismah Andri juga seluruh keluarga besar yang selalu
memberikan dukungan, serta senantiasa memotivasi dan menghiburku.

Para Pendidik

Para guru dan para dosen, atas ilmu, nasihat, bimbingan, kesabaran, waktu, dan
arahan yang telah diberikan sehingga aku dapat menjadi pribadi yang lebih berani
dalam mewujudkan impian dan cita-citaku.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji Syukur kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak sangat membantu dalam penyelesaian tesis ini. Pada kesempatan ini disampaikan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr. Albert Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
5. Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.
6. Dr. Tri Jalmo, M.Si., selaku dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik yang bersifat positif untuk perbaikan tesis ini,
7. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik yang bersifat positif untuk perbaikan tesis ini.
8. Dr. Dewi Lengkana, M.Sc., selaku Penguji I yang telah memberikan saran, kritik, motivasi, dan nasihat kepada penulias selama proses penyelesaian tesis ini.
9. Dr. M. Setyarini, M.Si., selaku Penguji II yang telah memberikan saran, kritik, motivasi, dan nasihat kepada penulias selama proses penyelesaian tesis ini.

10. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. selaku Validator I yang telah memberikan saran dan masukan dalam pengembangan produk.
11. Dr. Dina Maulina, M.Si selaku Validator II yang telah memberikan saran dan masukan dalam pengembangan produk.
12. Para Dosen serta Staf Administrasi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.
13. Dra. Penda Aprillia, MM. selaku kepala sekolah mitra atas izin yang telah diberikan untuk melaksanakan penelitian serta siswa siswa SMP N 12 Bandar Lampung;
14. Rekan seperjuangan Magister Pendidikan IPA 2021 yang telah saling memotivasi dalam penyelesaian tesis ini.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan berupa rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025

Penulis

Mutiara Caesara Andri

NPM 2123025002

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Lembar Kerja Peserta didik (LKPD).....	8
2.2 Pengembangan LKPD Elektronik (e-LKPD).....	10
2.3 Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning (PBL)</i>	11
2.4 <i>STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)</i>	14
2.5 <i>Complex Problem Solving</i>	17
2.6 Analisis Kedalaman dan Keluasan Materi.....	21
2.7 <i>Enviromental Awareness</i>	24
2.8 Kerangka Pikir.....	28
III. METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Desain Penelitian.....	31
3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	33
3.3 Subyek dan Lokasi Penelitian.....	37
3.4 Sumber Data.....	37

3.5 Instrumen Penilaian.....	38
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.7 Teknik Analisis Data.....	41
3.8 Teknik Pengujian Hipotesis.....	50
IV. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Tahap Pendefinisian.....	52
4.2 Tahap Perancangan.....	58
4.3 Tahap Pengembangan.....	77
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Keterbatasan Penelitian.....	109
5.3 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111
LAMPIRAN	
1. Tabulasi Data Hasil Angket Analisis Guru.....	118
2. Tabulasi Data Hasil Angket Analisis Peserta Didik.....	122
3. Modul Ajar.....	123
4. Kisi-kisi Soal <i>Pretest & Posttest</i>	182
5. Soal Soal <i>Pretest & Posttest</i>	185
6. Rubrikasi Soal <i>Pretest & Posttest</i>	188
7. Angket <i>Environmental Awareness</i>	197
8. Hasil Angket <i>Environmental Awareness</i>	199
9. Angket Validasi Kesesuaian Isi.....	201
10. Angket Validasi Kesesuaian Konstruksi.....	203
11. Lembar Penilaian Kinerja.....	206
12. Rubrikasi Lembar Penilaian Kinerja.....	208
13. Lembar Observasi Keterlaksanaan.....	210
14. Hasil Validasi Ahli (Dosen).....	213
15. Hasil Validasi Praktisi (Guru).....	217
16. Hasil Observasi Keterlaksanaan e-LKPD.....	221
17. Rekapitulasi Penilaian Kinerja.....	222

18. Hasil Perhitungan <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , <i>n-Gain</i>	233
19. Data Validitas dan Reliabilitas.....	223
20. Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas.....	224
21. Data Hasil <i>Pretest</i>	225
22. Data Hasil <i>Posttest</i>	227
23. Hasil Analisis Statistik.....	229

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Langkah-Langkah Model Pembelajaran <i>PBL</i>	12
2. Langkah-Langkah Model Pembelajaran <i>PBL</i> Untuk Meningkatkan Kemampuan <i>CPS</i>	13
3. Indikator <i>CPS</i>	21
4. Analisis Keluasan Dan Kedalaman Materi.....	21
5. Sumber Bahan Pencemaran Air.....	22
6. Sumber Bahan Pencemaran Udara.....,,,	23
7. Sumber Bahan Pencemaran Tanah.....	23
8. Desain Penelitian.....	36
9. Penskoran Angket Validasi Kesuaian Isi.....	42
10. Penskoran Angket Validasi Kesuaian Konstruksi.....	44
11. Tafsiran Persentase Angket.....	43
12. Kriteria Validasi Persentase.....	44
13. Penskoran Angket Respon Guru	44
14. Penetrase Skor Lembar Validasi.....	45
15. Penskoran Angket Respon Siswa.....	45
16. Persentase Skor Lembar Validasi.....	46
17. Kriteria Tingkat Keterlaksanaan.....	47
18. Tafsiran Reliabilitas Soal.....	48
19. Kategori n-Gain.....	49
20. Interpretasi <i>Effect Size</i>	50
21. Hasil Analisis Kebutuhan Guru.....	53
22. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	55
23. Tujuan Pembelajaran dan Kriteria Ketercapaian Pembelajaran.....	57
24. <i>Story Board</i> e -LKPD.....	60

25. Persentase Hasil Validasi	77
26. Hasil Validasi Kesesuaian Isi Oleh Ahli.....	78
27. Hasil Validasi Kesesuaian Konstruksi Oleh Ahli.....	80
28. Sebelum Dan Setelah Revisi e-LKPD.....	81
29. Hasil Validasi Kesesuaian Isi Oleh Guru.....	83
30. Hasil Validasi Kesesuaian Konstruksi Oleh Guru.....	85
31. Hasil Uji Validitas.....	86
32. Hasil Uji Normalitas.....	89
33. Hasil Uji t Nilai Pretest/Posttest.....	90
34. Hasil Skala Sikap Environmental Awareness Peserta Didik.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	30
2. Alur Pengembangan <i>e-LKPD PBL</i> terintegrasi <i>STEM</i> berorientasi <i>Complex Problem Solving</i>	32
3. Tes Kemampuan <i>Complex Problem Solving</i>	87
4. Kemampuan <i>Complex Problem Solving</i>	88
5. Hasil Observasi Guru Terhadap Keterlaksanaan Pembelajaran Menggunakan <i>e-LKPD</i> Berbasis <i>Problem Based Learning</i> Terintegrasi <i>STEM</i> Untuk Meningkatkan Kemampuan <i>Complex Problem Solving</i> Dan Sikap Enviromental Awareness Peserta Didik.....	93
6. Jawaban Peserta Didik Pada Saat Memetakan Masalah Kelompok Pencemaran Air.....	95
7. Jawaban Peserta Didik Pada Saat Memetakan Masalah Kelompok Pencemaran Udara.....	96
8. Jawaban Peserta Didik Pada Saat Memetakan Masalah Kelompok Pencemaran Tanah.....	96
9. Peta Konsep Kelompok Pencemaran Air.....	97
10. Peta Konsep Kelompok Pencemaran Udara.....	98
11. Peta Konsep Kelompok Pencemaran Tanah.....	98
12. Alat Dan Bahan Pada Kelompok Pencemaran Air, Udara, dan Tanah.....	99
13. Rancangan Alat Kelompok Pencemaran Air.....	100
14. Rancangan Alat Kelompok Pencemaran Udara.....	101
15. Rancangan Alat Kelompok Pencemaran Tanah.....	101
16. Hasil Pengamatan Kelompok Air.....	102
17. Hasil Pengamatan Kelompok Udara.....	102
18. Hasil Pengamatan Kelompok Tanah.....	102
19. Rancangan Filter Air Kelompok Pencemaran Air.....	103

20. Pengujian Filter Air Kelompok Pencemaran Air.....	103
21. Hasil Pengamatan Filter Air Kelompok Pencemaran Air.....	104
22. Pencatatan Hasil Pengamatan Filter Air Kelompok Pencemaran Air.....	104
23. Rancangan Filter Udara Kelompok Pencemaran Udara.....	105
24. Mengamati Partikel Dengan <i>Center</i> Disekitar Sebelum Dan Setelah Menggunakan Filte udara.....	105
25. Mencatata Suhu.....	105
26. Pengambilan Tanah Tercemar.....	107
27. Proses Pegadukan Tanah dengan Penambahan Cuka (<i>Soil Washing</i>).....	107
28. Setelah Dilakukan Penyaringan.	107

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada abad ke-21 dunia sedang dihadapkan dengan lingkungan yang menuntut kemampuan pemecahan masalah kompleks untuk dapat diselesaikan. *Complex Problem Solving (CPS)* dianggap sebagai kemampuan yang semakin relevan, baik untuk pekerjaan maupun kehidupan pribadi. Dalam menghadapi tantangan abad ke- 21, dunia pendidikan sangat berperan penting untuk menciptakan generasi dengan daya saing yang tinggi. Menurut Wagner (2010) terdapat tujuh kemampuan yang dibutuhkan untuk bertahan hidup pada abad ke- 21 yaitu berpikir kritis dan pemecahan masalah, kolaborasi lintas jaringan, ketangkasan dan kemampuan adaptasi, inisiatif dan berjiwa *entrepreneur*, mampu berkomunikasi efektif, baik secara oral maupun tertulis, mampu mengakses dan menganalisis informasi, dan memiliki rasa ingin tahu dan imajinasi.

Kemampuan *CPS* sangat dibutuhkan untuk menangani lingkungan yang selalu berubah-ubah dalam mengambil sebuah keputusan yang optimal. Kemampuan *CPS* menduduki posisi nomor 1 pada *top 10* kemampuan yang dibutuhkan dimasa yang akan datang oleh *World Economic Forum* (WEF, 2021). Kemampuan *CPS* adalah suatu kemampuan untuk menyelesaikan masalah kompleks yang diawali dari proses mengidentifikasi, melihat elemen utama permasalahan, melihat berbagai kemungkinan solusi, aksi maupun tindakan yang digunakan dalam memecahkan masalah, serta memperoleh pelajaran dari proses penyelesaian masalah tersebut (Acedo & Hughes, 2014). Pada dasarnya kemampuan *CPS* sudah dimiliki oleh peserta didik di Indonesia namun masih belum optimal. Rahayu, dkk., (2021) mengungkapkan bahwa ditemukan kategori rendah dalam kemampuan *CPS* peserta didik kelas VI, pada konsep pencemaran lingkungan. Rendahnya kemampuan *CPS* terkait konsep pencemaran lingkungan, salah

satunya terjadi di Provinsi Lampung. Menurut data Dinas Lingkungan Hidup Lampung sekitar 57 ribu ton sampah masuk ke perairan Lampung per tahun. Dari jumlah tersebut sekitar 19 ribu ton berada di pesisir Teluk Lampung. Tim *World Bank Document* (Cadman, dkk., 2021), mencermati bahwa warga Lampung memiliki kecenderungan enggan membayar pungutan sampah dan memilih untuk membuang sampah langsung ke laut. Rendahnya kemampuan *CPS* pada saat ini menjadi sangat penting guna pemecahan masalah kompleks bagi peserta didik dalam kehidupan sehari-hari.

Kemampuan *CPS* harus dimiliki peserta didik guna menemukan jawaban dari suatu permasalahan melalui proses pencarian informasi dan pengelolaan informasi. Kemampuan *CPS* dapat menjadikan peserta didik mampu membuat keputusan yang tepat, cepat, sistematis, dan logis, serta mempertimbangkan berbagai sudut pandang (Funke, 2007). Namun kondisi yang terjadi di lapangan kemampuan *CPS* peserta didik masih belum dilatihkan dalam proses pembelajaran. Meskipun pendidik secara tidak langsung telah melaksanakan kegiatan pembelajaran untuk melatih kemampuan *CPS* secara tidak langsung, Hal ini diketahui dari belum termuatnya seluruh indikator *CPS* dalam kegiatan pembelajaran, bahan ajar ataupun *e-LKPD* yang digunakan pendidik.

Untuk mengetahui kebutuhan inovasi dalam membuat bahan ajar *e-LKPD* yang ada di lapangan maka dilakukan survei terhadap kebutuhan peserta didik. Analisis kebutuhan angket Berdasarkan hasil survei terhadap pendidik jenjang SMP di provinsi Lampung. Bandar Lampung, Lampung Barat, Lampung Timur, Metro, Lampung Utara, Mesuji. Pesawaran, Pringsewu, dan Lampung Selatan dari hasil sebaran angket analisis kebutuhan sebanyak, 70,1 % pendidik mengetahui adanya kemampuan *CPS* namun belum mengaplikasikan pembelajaran dengan mengoptimalkan kemampuan dalam proses pembelajaran di sekolah. Sebanyak 97,2 % pendidik belum menerapkan *e-LKPD* dengan model *PBL* untuk meningkatkan kemampuan *CPS*.

Proses pembelajaran saat ini mengimplementasi kurikulum merdeka. Tujuan pembelajaran dalam kurikulum merdeka diwujudkan dalam bentuk capaian pembelajaran (CP). Capaian pembelajaran yang diterapkan pada penelitian ini yaitu pada materi pencemaran lingkungan pada akhir fase d, peserta didik mampu mengidentifikasi interaksi antar makhluk hidup dan lingkungannya, serta dapat merancang upaya-upaya mitigasi pencemaran lingkungan dan perubahan iklim. Di samping itu dalam kurikulum merdeka terdapat aspek sikap, karena peserta didik akan menjadi generasi bangsa, yang diharapkan memiliki pribadi yang berkarakter. Salah satu aspek sikap yang dapat diterapkan peserta didik yaitu sikap *Environmental Awareness*. Permasalahan kompleks dalam abad ini salah satunya terkait dengan lingkungan hidup atau masalah pencemaran lingkungan. Sikap *Environmental Awareness* mampu menjadi salah satu solusi untuk menyikapi masalah pengelolaan sampah yang belum tepat. Namun berdasarkan fakta di lapangan sebanyak 60% pendidik belum mengimplementasikan pembelajaran yang merepresentasikan sikap *Environmental Awareness*.

Pendidik perlu menerapkan pembelajaran yang tepat serta didukung dengan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhannya. Bahan ajar yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran terkait materi pencemaran lingkungan. Maka dari itu perlu adanya upaya dalam melatih kemampuan *CPS* dengan melakukan pemilihan media pembelajaran yang mampu melatih peserta didik memecahkan permasalahan yang kompleks. Media pembelajaran yang mampu melatih peserta didik memecahkan masalah yang kompleks yaitu berupa media pembelajaran berupa Lembar Kerja Peserta Didik *elektronik* (*e-LKPD*) diharapkan dapat menjadi alternatif dalam memecahkan masalah tersebut. Nurliawatu (2017) mengatakan bahwa penggunaan media *e-LKPD* dalam pembelajaran dinilai praktis dan efektif dalam mengatasi kurangnya kemampuan menganalisis peserta didik terhadap proses pemecahan masalah.

Dalam proses pembelajaran diperlukan pendekatan yang mampu mengaitkan konsep-konsep IPA dengan penerapan kehidupan nyata. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam pengembangan *e-LKPD* adalah pendekatan *STEM*.

STEM merupakan salah satu model pembelajaran yang mendorong keberhasilan keterampilan abad ke-21. Sistem pembelajaran *STEM* terintegrasi dengan beberapa ilmu, yaitu: sains, teknologi, teknik, dan matematika. Melalui pembelajaran *STEM*, peserta didik memiliki kemampuan, keterampilan, dan kepercayaan diri terhadap mata pelajaran melalui pendekatan interdisipliner (Beers, 2011; Corlu et al., 2014).

STEM menjadikan peserta didik memiliki kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik, mandiri, dan logis (Stohlmann et al., 2012). Pembelajaran *STEM* diharapkan bermakna bagi peserta didik melalui integrasi pengetahuan, konsep, dan keterampilan (Afriana et al., 2016). *STEM* memberikan tuntutan pada peserta didik untuk memecahkan masalah dan menjadikan hasil yang terdefinisi dengan baik melalui kolaborasi teman sebaya (Han et al., 2015). Saat ini pembelajaran *STEM* sangat penting untuk memecahkan isu-isu global dan permasalahan yang dihadapi dunia (Reeve, 2015). Pembelajaran berbasis *STEM* berhubungan dengan pendidikan karakter, karena dapat membentuk karakter peserta didik dengan kemampuannya dalam mengenali sebuah konsep atau pengetahuan (*science*) dan menerapkan pengetahuannya dengan keterampilan (*technology*) yang peserta didik mampu kuasai dengan menciptakan atau merancang suatu cara (*engineering*) dengan menganalisa data dengan perhitungan matematis (Shi Jer Lou, 2014). *e-LKPD* berbasis *STEM* ini dapat mengarahkan pada pembelajaran yang dapat dihubungkan dengan kehidupan lingkungan nyata yang terjadi di sekitarnya, sehingga peserta didik memiliki karakter kepedulian terhadap lingkungan (*enviromental awareness*).

Kebutuhan *e-LKPD* inovatif dalam proses pembelajaran abad 21 dengan cara pengembangan *e-LKPD* dengan berbagai inovasi sesuai dengan kebutuhan dan capaian pembelajaran. Kebutuhan penggunaan bahan ajar berbasis pembelajaran terintegrasi *STEM* terhadap kemampuan *CPS* belum diterapkan oleh sebagian besar guru. Berdasarkan hasil analisis dan fakta ideal yang dibutuhkan peserta didik dalam menghadapi tuntutan hidup dimasa depan bagi peserta didik, dilakukan penelitian yang berjudul ‘ ‘ Pengembangan *e-LKPD* berbasis

Problem Based Learning terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik” dalam proses pembelajaran abad 21.

1.2 Rumusan Masalah:

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

1. Bagaimana karakteristik *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan ?
2. Bagaimana efektivitas *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan

1.3 Tujuan Penelitian :

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka, tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mendeskripsikan karakteristik *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan
2. Mengetahui keefektivan produk *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik materi pencemaran lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini yaitu:

1. Manfaat bagi peserta didik, dapat meningkatkan pengalaman dan melaksanakan pengembangan *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem*

Solving dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan.

2. Manfaat bagi guru, dapat menambah alternatif bahan ajar seperti pengembangan *e- LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan.
3. Manfaat bagi sekolah, dapat menambah masukan ide mengenai Pengembangan *e- LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan sikap *Enviromental Awareness* peserta didik pada materi pencemaran lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain pengembangan 4D (*Define, Desain, Develop, Disseminate*)(Thiagarajan et al., 1974)
2. Produk *e-LKPD* yang diimplementasikan dibuat dengan menggunakan aplikasi *live worksheet*.
3. Sintaks *Problem Based Learning* yang digunakan dalam penelitian menurut Barrows (1980) yaitu terdiri dari enam tahapan yaitu (1) orientasi peserta didik pada masalah, (2) mengorganisasikan peserta didik pada masalah, (3) membimbing penyelidikan individual/ kelompok, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil, (5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.
4. Skala sikap *Enviromental Awareness* mengacu pada indikator yang dikembangkan Partenen-Hertell (1999) terdiri dari (1) *knowledge* (pengetahuan), (2) *Attitude* (sikap terhadap lingkungan), (3) *behavior* (perilaku ramah lingkungan), (4) *Perceived Responsibility* (tanggung jawab yang dirasakan) yang diukur menggunakan angket skala sikap peserta didik.

5. Kemampuan *Complex Problem Solving* mengacu pada indikator yang dikembangkan Chevallier (2016) yaitu (1) *framing the problem*, (2) *diagnose the problem*, (3) *find the solution*, dan (4) *implementing the solution* yang diukur dengan *pretest-posttest* peserta didik.
6. Karakteristik *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan *Environmental Awareness* berbasis digital, berbasis masalah kontekstual, integrasi antara sintaks *PBL*, integrasi elemen *STEM*, kepraktisan bahan ajar (*e-LKPD*) berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran serta tingkat validitas *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* diukur menggunakan angket validitas menurut Anggraeni & Kustijono (2013).
7. Tingkat efektivitas *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* ditinjau dari nilai *n-Gain* yang diadaptasi dari Hake (2002), nilai *effect size* menggunakan kategori (Cohen) 1988. Serta sikap *Environmental Awareness* yang ditinjau dari persentase skala sikap kepedulian lingkungan peserta didik.

II . TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik merupakan panduan yang digunakan oleh peserta didik dalam melakukan penyelidikan atau pemecahan masalah (Triyanto,2011). LKPD berisi bahan ajar yang terdiri dari susunan yang terdapat materi, ringkasan, serta petunjuk-petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang berstandar pada kompetensi yang harus dicapai oleh peserta didik (Prastowo, 2012).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berisi rangkaian kegiatan dasar yang harus dilakukan peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman materi sesuai dengan indikator capaian hasil belajar yang ditempuh. Pengaturan awal dari pengetahuan dan pemahaman peserta didik melalui alokasi media belajar pada rangkaian kegiatan pembelajaran agar pemahaman peserta didik menjadi lebih bermakna. Bahan ajar peserta LKPD terdiri dari enam poin utama, meliputi judul, petunjuk belajar, kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, langkah kerja dan penilaian. LKPD memiliki setidaknya empat fungsi (Prastowo, 2012) sebagai berikut: (1) sebagai bahan ajar yang bisa meminimalkan peran pendidik, namun lebih mengaktifkan peserta didik, (2) sebagai bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk memenuhi materi yang diberikan, (3) sebagai bahan ajar yang ringkas dan memuat tugas untuk berlatih, (4) mempermudah pelaksanaan pembelajaran yang ditujukan kepada peserta didik.

Menurut Prastowo (2012) tujuan penyusunan LKPD yaitu: (1) menyajikan bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk berinteraksi satu sama lain dengan materi yang diberikan, (2) menyajikan tugas-tugas guna meningkatkan penguasaan peserta didik terhadap materi yang diberikan, (3) melatih kemandirian belajar peserta didik. (4) memudahkan pendidik dalam memberikan tugas kepada

peserta didik. Setiap LKPD disusun untuk tujuan tertentu. Karena adanya perbedaan tujuan maka LKPD dibedakan menjadi lima macam, yaitu : (1) LKPD penemuan (LKPD yang membantu peserta didik menemukan konsep), (2) LKPD aplikatif-integratif (LKPD yang membantu peserta didik meningkatkan berbagai konsep yang telah ditemukan), (3) LKPD Penuntun (berfungsi sebagai penuntun belajar), (4) LKPD penguatan (berfungsi sebagai penguatan), 5) LKPD praktikum (berfungsi sebagai penunjuk praktikum).

Keberadaan LKPD memberi pengaruh yang cukup besar dalam proses pembelajaran, sehingga penyusunan LKPD harus memenuhi berbagai persyaratan yaitu syarat didaktik, syarat konstruksi, dan syarat teknik. Syarat didaktik mengatur tentang penggunaan LKPD yang bersifat universal dapat digunakan dengan baik untuk peserta didik yang lamban, sedang, dan pandai. LKPD lebih menekankan pada proses untuk menemukan konsep, dan yang terpenting didalam LKPD ada variasi stimulus berbagai media dan kegiatan peserta didik. LKPD diharapkan mengutamakan pengembangan kemampuan komunikasi sosial, moral, dan estetika. Pengalaman belajar yang dialami oleh peserta didik ditentukan oleh tujuan pengembangan pribadi peserta didik; (1) syarat konstruksi berhubungan dengan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran dan kejelasan LKPD, (2) syarat teknis menekankan penyajian LKPD, yaitu berupa tulisan, gambar dan penampilan dalam LKPD (Darmodjo & Kaligis, 1992).

Menurut Prastowo (2014) langkah-langkah dalam penyusunan LKPD yaitu: (1) melakukan analisis kurikulum merupakan langkah awal dalam penyusunan LKPD. Langkah ini dimaksudkan untuk menentukan materi yang memerlukan LKPD. Pada umumnya dalam menentukan materi, langkah analisisnya dilakukan dengan cara melihat materi pokok, pengalaman belajar, materi yang akan diajarkan. Selanjutnya mencermati kompetensi yang harus dicapai oleh peserta didik, (2) menyusun peta kebutuhan LKPD sangat diperlukan mengetahui jumlah LKPD yang harus ditulis, (3) menentukan judul-judul LKPD atas dasar kompetensi dasar, materi pokok, atau pengalaman belajar yang terdapat pada kurikulum satu kompetensi dasar dapat dijadikan sebagai judul LKPD apabila

diuraikan ke dalam materi pokok mendapatkan maksimal empat materi pokok, maka kompetensi tersebut dapat dijadikan sebagai judul LKPD, (4) menulis LKPD langkah – langkah yang dilakukan pertama, merumuskan kompetensi dasar. Untuk merumuskan kompetensi dasar, dapat kita lakukan dengan menurunkan langsung dari kurikulum yang berlaku. Kedua, menentukan alat penilaian terhadap proses kerja hasil peserta didik (Astuti, 2014). Ketiga, menyusun materi dengan memperhatikan isi dengan materi LKPD, maka perlu mengetahui bahwa materi LKPD sangat bergantung pada kompetensi yang akan dicapai. Keempat, memperhatikan struktur LKPD yaitu dengan penyusunan sebuah LKPD. Ini adalah langkah terakhir dalam penyusunan sebuah LKPD. Sangat perlu untuk memahami bahwa struktur LKPD terdiri atas enam komponen yaitu judul, petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, informasi pendukung, tugas-tugas dan langkah-langkah kerja, serta penilaian.

2.2 Pengembangan LKPD Elektronik (e-LKPD)

e- LKPD identik dengan bahan ajar dalam bentuk cetak. Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka mulai dilakukan observasi penyajian e-LKPD dalam bentuk elektronik atau e-LKPD sebagai penunjang kegiatan pembelajaran. Bahan ajar e-LKPD dapat dibuat dengan menggunakan aplikasi pendukung, salah satunya dengan aplikasi *flip html5* merupakan *software* untuk mengonversi materi dalam format file *PDF* menjadi bentuk buku elektronik (*e-book*) atau *flip book* yang dapat ditambahkan gambar/ilustrasi, animasi, bahkan audio dan video yang menarik (Denisa & Hakim, 2021). Hasil outputnya berupa *html*, *exe*, ataupun *zip* yang dapat dioperasikan melalui perangkat elektronik seperti *smartphone*, laptop, dan komputer.

Lembar Kerja Peserta Didik yang disajikan dalam bentuk e-LKPD diharapkan mampu meningkatkan minat belajar peserta didik khususnya pada pembelajaran IPA, serta menciptakan kegiatan belajar yang lebih menarik. Keunggulan dari e-LKPD adalah penyajiannya yang praktis sehingga peserta didik dapat belajar secara mandiri kapanpun, dan dimanapun.

2.3 Model Pembelajaran *Problem Based Learning (PBL)*

Problem Based Learning (PBL) adalah suatu model pembelajaran yang sifatnya *student centered* dimana dalam kegiatan pembelajarannya peserta didik dihadapkan dengan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Fokus pembelajaran pada model *PBL* terletak pada permasalahan yang harus dipecahkan oleh peserta didik menggunakan konsep materi yang sesuai. Peserta didik dilatih untuk menganalisis dan memecahkan masalah tersebut dengan kemampuan sendiri, sementara pendidik hanya membimbing dan membantu peserta didik dalam proses belajarnya (Meilasari, 2020).

Menurut Mahfudah (2009) model *PBL* mampu melibatkan keaktifan peserta didik dalam kegiatan pemecahan masalah menggunakan tahap-tahap ilmiah yang sesuai model *PBL*, membuat peserta didik dapat mempelajari konsep materi yang berhubungan dengan masalah tersebut, serta memiliki keterampilan dalam menemukan solusi pemecahannya. Savery (2018) menyatakan bahwa di dalam kegiatan *PBL*, peserta didik diarahkan untuk melakukan penyelidikan, mengintegrasikan teori dan praktek, serta mampu menggunakan konsep pengetahuan dan keterampilan yang dimilikinya untuk mencari solusi pemecahan masalah yang tepat. Berdasarkan beberapa penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *PBL* merupakan suatu model pembelajaran yang menggunakan permasalahan sebagai sumber belajarnya, sehingga peserta didik dilatih untuk lebih aktif dan juga kreatif dalam mengemukakan gagasan dan mencari solusi yang tepat untuk memecahkan permasalahan yang disajikan melalui tahapan prosedur ilmiah.

Karakteristik utama dari model *PBL*, yakni adanya permasalahan yang dimunculkan diawal pembelajaran. Arends dalam (Suprijono, 2013), menjelaskan karakteristik utama dari model *PBL*, diantaranya: 1) permasalahan autentik yakni permasalahan yang diangkat dalam *PBL* harus berakar pada kehidupan nyata yang dirumuskan dengan jelas dan mudah untuk dipahami oleh peserta didik, 2) berfokus pada keterkaitan antar disiplin ilmu yakni permasalahan yang dirumuskan hendaknya bersifat interdisipliner, hal ini bertujuan agar peserta didik dapat berpikir melalui

perspektif keilmuan yang dipelajarinya, 3) penyelidikan autentik dimana melalui kegiatan penyelidikan, peserta didik belajar untuk menganalisis dan merumuskan masalah, membuat hipotesis, mencari dan menganalisis informasi yang diperoleh melakukan penyelidikan dan menyajikan hasil, 4) peserta didik mengonstruksikan hasil penyelidikan dan menyajikan hasil, 5) model *PBL* melatih kolaborasi antar peserta didik untuk melakukan penyelidikan Bersama dan mengembangkan kemampuan berpikir serta bersosialisasi

Barrows (1980) mengungkapkan bahwa pelaksanaan model *PBL* terdiri dari lima tahap, yang disajikan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Langkah-Langkah Model Pembelajaran *PBL*

Fase	Indikator	Kegiatan Pendidik	Kegiatan Peserta Didik
1	Orientasi masalah	- Menjelaskan tujuan pembelajaran - Memotivasi peserta didik agar terlibat pada kegiatan <i>problem solving</i>	Mendengarkan arahan dari pendidik dan antusias dalam memulai pembelajaran
2	Mengorganisasikan peserta didik	Mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah	Menentukan dan mengatur tugas belajar
3	Membimbing penyelidikan	Mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang di perlukan dalam kegiatan eksperimen	Mengumpulkan informasi yang sesuai dan bereksperimen untuk memecahkan masalah
4	Mengembangkan dan menyajikan hasil	Membantu peserta didik dalam Menyusun dan menyajikan hasil seperti laporan yang kemudian dipresentasikan	Menyusun dan membuat hasil karya dan merepresentasikannya
5	Mengalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Membantu peserta didik dalam melakukan refleksi atau evaluasi terhadap proses penyelidikan	Melakukan refleksi dan evaluasi terhadap proses penyelidikan

e-LKPD berbasis *PBL* merupakan bahan ajar yang berupa lembar kegiatan yang isinya memuat langkah-langkah pembelajaran *PBL* yang diterapkan melalui uraian kegiatan belajar dalam *e-LKPD* (Aini et al, 2019). Penerapan model *PBL* pada *e-LKPD* dapat membuat kegiatan pembelajaran lebih bermakna (Yuliandriati et al, 2019), diantaranya: (1) Peserta didik belajar menerapkan berbagai pengetahuan yang dimilikinya untuk mencari solusi permasalahan, sehingga pemahaman peserta didik terhadap konsep/materi yang dipelajarinya meningkat, (2) Permasalahan yang diangkat dalam pembelajaran bersifat kontekstual atau nyata, yang mampu mendorong motivasi dan minat peserta didik untuk mempelajari konsep yang berkaitan, (3) Mengembangkan kemampuan berpikir dan melatih peserta didik untuk belajar membangun konsep, serta mengoptimalkan kegiatan belajar kelompok. Dalam penelitian ini proses pembelajaran menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* untuk melatih kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik. Adapun Langkah pembelajaran *Problem Based Learning* untuk melatih kemampuan *Complex Problem Solving* disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2. Langkah- Langkah Pembelajaran *Problem Based Learning* Untuk Meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving*

Fase	Indikator	Kegiatan Pendidik	Kegiatan Peserta Didik
1	Orientasi masalah (membingkai masalah)	- Menjelaskan tujuan pembelajaran - Memotivasi peserta didik agar terlibat pada kegiatan <i>problem solving</i> (pendidik menampilkan baik berupa gambar, video, atau tulisan fakta-fakta suatu permasalahan guna memfokuskan masalah yang terjadi)	Mendengarkan arahan dari pendidik dan antusias dalam memulai pembelajaran (peserta didik memahami masalah apa yang sebenarnya terjadi, sehingga dapat merumuskan permasalahan dengan baik)
2	Mengorganisasikan peserta didik	Mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah	Menentukan dan mengatur tugas belajar
3	Membimbing penyelidikan (mendiagnosis)	Mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang di perlukan dalam kegiatan	Mengumpulkan informasi yang sesuai dan bereksperimen untuk memecahkan

		eksperimen (menginstruksikan peserta didik membuat peta permasalahan)	masalah(peserta didik memetakan masalah dengan mengungkapkan akar permasalahan tersebut dengan mengembangkan serangkaian hipotesis)
4	Mengembangkan dan menyajikan hasil	Membantu peserta didik dalam Menyusun dan menyajikan hasil seperti laporan yang kemudian dipresentasikan	Menyusun dan membuat hasil karya dan merepresentasikannya (mengumpulkan data -data untuk menjawab pertanyaan kunci guna menguji hipotesis yang diajukan)
5	Mengalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Membantu peserta didik dalam melakukan refleksi atau evaluasi terhadap proses penyelidikan	Melakukan refleksi dan veluasi terhadap proses penyelidikan (peserta didik meyakinkan bahwa kesimpulan tersebut adalah benar dan menyusun pesan persuasive yang menarik dan dapat menyampaikan secara efektif)

2.4 STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

STEM dalam beberapa tahun ini *STEM* menjadi topik utama diskusi dan perencanaan pembelajaran di Amerika, karena berpendapat jika suatu negara memiliki program pendidikan yang kuat dalam mempersiapkan generasi selanjutnya akan memberikan inovasi penting untuk ekonomi yang berkembang di era teknologi. Seorang pendidik harus mampu memberikan pembelajaran yang kontekstual. Pfeiffer, Ignatov, dan Poelmans (2013) menyatakan bahwa dalam pembelajaran *STEM* berbagai keterampilan pengetahuan dalam waktu yang bersamaan.

Sehingga *STEM* akan membutuhkan sebuah garis penghubung yang membuat keempat disiplin ilmu tersebut dapat dipelajari serta diterapkan secara bersamaan dalam pembelajaran. Oroszlan (2007) menyatakan: “*Successful innovation and scientific literacy depend on equipping future generations with a solid knowledge base in the core STEM areas combined with the thinking tools and strategies to understand complex situations and provide solutions.*” bahwa inovasi yang baik yaitu ketika peserta didik dapat menghubungkan berbagai konteks dengan pendekatan *STEM* untuk menyelesaikan suatu masalah

Torlakson (2014) menjabarkan empat disiplin ilmu *STEM* yaitu : (a) *Science*, merupakan ilmu tentang alam, yang mewakili hukum alam yang berhubungan dengan fisika, kimia, dan biologi dan pengobatan atau aplikasi dari fakta, prinsip, konsep dan konveksi terkait dengan disiplin ilmu tersebut. (b) *Technology*, merupakan sebuah sistem untuk mengatur masyarakat, organisasi, pengetahuan atau dapat didefinisikan sebuah produk sari ilmu pengetahuan dan teknik. (c) *Engineering*, merupakan pengetahuan rekayasa dengan penerapan konsep-konsep dari ilmu pengetahuan dan matematika serta perangkat teknologi dalam memecahkan suatu masalah. (d) *Mathematic* merupakan pengetahuan yang menghubungkan antara besaran, ruang, dan angka yang membutuhkan *argument logic*

Adapun keempat bidang ilmu tersebut dapat membuat pengetahuan menjadi lebih bermakna apabila diintegrasikan dalam proses pembelajaran. Bybee (2010) menyatakan: “*STEM had its origins in the 1990s at the National Science Foundation (NSF) and has been used as a generic label for any event, policy, program, or practice that involves one or several of the STEM disciplines .*” Pernyataan tersebut berarti karakter dalam pembelajaran *STEM* adalah kemampuan peserta didik mengenali sebuah konsep atau pengetahuan dalam sebuah kasus. Pendekatan *STEM* dalam bidang pendidikan dapat mempersiapkan peserta didik agar dapat bersaing dan siap untuk bekerja

sesuai bidang keahliannya, Hannover (2011) mengatakan bahwa tujuan utama pembelajaran *STEM* adalah usaha untuk menunjukkan pengetahuan yang bersifat holistik antara sub. Pendekatan *STEM* dapat mengembangkan suatu pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, dengan memfokuskan proses pendidikan pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari (*National Education Center, 2014*). Pendekatan *STEM* memberi pendidik peluang untuk menunjukkan kepada peserta didik mengenai konsep, prinsip, dan teknik dari sains, teknologi, rekayasa, dan matematika yang diterapkan secara terintegrasi dalam pengembangan produk, proses, dan sistem yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran berbasis *STEM* peserta didik menggunakan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks nyata yang menghubungkan antara sekolah, dunia kerja, serta dunia global, guna mengembangkan literasi. Terkait dengan *STEM* literasi, terdapat tiga dimensi untuk mendukung kompetensi (Rustaman, 2015). Bahwa literasi sains melibatkan empat komponen (pengetahuan konten, proses, konteks dan attitude sebagai tiga dimensi terhadap kompetensi (Kumano dan Goto, 2015), maka *STEM* literasi juga melibatkan *cross cutting concepts, core ideas of four discipline, scientific and engineering practice* sebagai konteksnya untuk mendukung kompetensi dalam *STEM*.

Syuri (2013: 109) menjelaskan pembelajaran *STEM* memiliki lima tahap dalam pelaksanaannya di kelas yaitu *observe, new idea, innovation, creativity*, dan *society* yang dijelaskan sebagai berikut : (a) pengamatan (*observe*), dalam tahap ini peserta didik dimotivasi untuk melakukan pengamatan terhadap berbagai fenomena/isu yang terdapat dalam lingkungan kehidupan sehari-hari yang memiliki kaitan dengan konsep mata pelajaran yang diajarkan, (b) ide baru (*new idea*), dalam tahap ini peserta didik mengamati dan mencari informasi tambahan mengenai berbagai fenomena atau isu yang berhubungan dengan topik mata pelajaran yang dibahas, selanjutnya peserta didik merancang ide baru. Peserta didik diminta mencari dan mencari ide baru dari informasi yang sudah ada, pada langkah ini peserta didik memerlukan keterampilan menganalisis dan berfikir

keras.(c) inovasi (*innovation*), langkah inovasi peserta didik diminta untuk menguraikan hal-hal yang telah dirancang dalam langkah merencanakan ide baru yang dapat diaplikasikan dalam sebuah alat, (d) kreasi (*creativity*), dalam langkah ini merupakan pelaksanaan dari hasil pada langkah ide baru, (e) Nilai (*society*) merupakan langkah terakhir yang dilakukan peserta didik yang dimaksud adalah nilai yang dimiliki oleh ide yang dihasilkan peserta didik bagi kehidupan sosial yang sebenarnya.

2.5 Complex Problem Solving

Complex Problem Solving (CPS) merupakan salah satu kompetensi yang harus dimiliki setiap orang untuk *survive* di abad 21 (Funke, 2017). Masalah kompleks merupakan masalah yang tidak jelas atau tidak memiliki tujuan yang jelas dan tidak jelas bagaimana kemajuan tujuan. Ciri-ciri dari suatu sistem yang kompleks adalah (a) situasi permasalahan yang kompleks; (b). konektivitas dan ketergantungan antara variable terlibat; c). situasi yang bersifat dinamis variabel yang terlibat tidak transparan; d). variabel yang terlibat tidak transparan. Dalam situasi banyak tujuan yang mengarah konflik tujuan yang berbeda (Fischer, Greiff, & Funke, 2012). Memperoleh pengetahuan tentang proses penting dalam *cps* adalah dasar untuk membuat peserta didik untuk memecahkan masalah yang lebih baik dan mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan masa depan.

CPS merupakan kemampuan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dimulai dari identifikasi, menentukan elemen utama dari suatu masalah, melihat berbagai kemungkinan solusi, melakukan aksi/Tindakan untuk menyelesaikan masalah (Maisya, 2020). Kemampuan *CPS* merupakan salah satu kemampuan utama yang dibutuhkan saat ini dan dimasa yang akan datang (Hasanah, 2021).

Menurut Puccio, Murdock, dan Mance (2005) *CPS* sebagai salah satu kompetensi yang harus ada pada setiap peserta didik sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Beberapa kemampuan dasar yang dapat dikembangkan dalam mengembangkan kemampuan *CPS* adalah sebagai berikut: (a) pemikiran yang positif

mampu berpikir jernih sehingga terbiasa menenangkan diri untuk berpikir positif dalam menghadapi masalah yang dihadapi, (b) identifikasi masalah, pada kebanyakan orang hanya berkuat dipermukaan dan tidak menyelesaikan masalah hingga ke akarnya sehingga mengakibatkan masalah akan muncul lagi dan menumpuk dimasa depan. (c) mencari ide, perlu kebiasaan untuk mencatat ide-ide yang terkadang muncul secara tiba tiba pada saat kita sedang mengadapiu sesuatu karena ide tersebut perlu untuk didiskusikan kembali Ketika kita akan menyelesaikan masalah, (d) evaluasi perlu dilakukan terkait dua hal yaitu dampak dari ide tersebut terhadap masalah yang dihadapi dan kerumitan ide tersebut berdasarkan waktu dan sumber daya, (f) eksekusi, kadang hal ini menjadi penentu dalam suatu keberhasilan terlaksananya ide dalam pemecahan suatu masalah, (g) cek Kembali, langkah ini dilakukan untuk melihat progress dari eksekusi yang telah dilakukan, apakah ada cara yang lebih baik atau tidak. Kembangkan ide lain, setelah semua dilakukan. Hasil telah dapat dilihat selanjutnya perlu untuk mengembangkan ide lain terkait tindak lanjut. Apabila hasil telah sukses maka perlu dikembangkan ide lain agar lebih maju kembali, namun apabila belum sukses maka perlu dikembangkan ide lain agar masalah dapat terselesaikan dengan baik berdasarkan pelajaran dari ide sebelumnya.

CPS adalah topik sentral dalam konteks pendidikan moderen dan telah menerima peningkatan minat dalam studi penilaian pendidikan skala besar seperti *Programme for International Student Assesment (PISA)* dan *Programme for the International Assesment of Adult Competencies (PIAAC)* (Greiff & Fischer, 2019). *CPS* telah menjadi domain utama dalam *PISA* 2012 berskala besar yang dijalankan oleh *OECD* (OECD, 2019) yang telah menetapkan kerangka kerja *CPS* dengan melibatkan empat proses utama dalam *CPS* yakni: (a) menjelajahi dan memahami. Proses ini melibatkan interaksi dengan lingkungan masalah untuk memperoleh informasi yang harus dipahami dengan menciptakan model mental dari potongan-potongan informasi, (b) mewakili dan merumuskan, yang mencakup penciptaan representasi mental dari situasi masalah secara keseluruhan termasuk pemilihan dan integrasi informasi, dan perumusan hioptesis tentang masalah, (c) merencanakan dan melaksanakan. Melibatkan penetapan tujuan dan subtujuan dan pemilihan dan

pelaksanaan langkah-langkah untuk mencapai tujuan, (d) memantau dan mencerminkan, yakni pemantauan kemajuan tujuan.

Langkah pertama untuk memecahkan masalah yang kompleks adalah (1) penjabaran tujuan, dimana tujuan spesifik dan konkret dirumuskan, dan tujuan yang kontradiktif seimbang. Ketika menjelajahi aspek terpenting dari sistem yang kompleks, (2) pembentukan hipotesis mengenai struktur sistem perlu dilakukan yang dapat didasarkan pada pengetahuan sebelumnya maupun data yang dikumpulkan dengan campur tangan aktif dalam sistem jika seseorang pemecah masalah harus mengatasi sistem yang kompleks di bawah tekanan waktu, kemungkinan besar dia akan membangun hipotesis reduktif. Mungkin benar bahkan jika hipotesis secara keseluruhan tidak lengkap. Berangkat dari hipotesis ini, (3) memprediksi dinamika sistem (perubahan nilai mengenai variabelnya) terjadi. Selanjutnya, berlandaskan prediksi tersebut, (4) perencanaan dan pengambilan keputusan, 5) pemantauan konsekuensi, sebab sistem dapat berubah sewaktu-waktu karena keputusan pemecahan masalah atau terlepas dari tindakan pemecah masalah; yaitu karena “dinamika sendiri”. Dari waktu ke waktu, pemrosesan informasinya sendiri dapat menjadi objek pemantauan, dalam Tindakan metakognitif (6) refleksi diri (Fischer, 2012; Greiff, 2012; Funke, 2012)

CPS pada tingkat yang lebih rinci mengikuti pendekatan fungsionalis, membangun representasi yang layak mungkin meningkatkan pencarian pengetahuan aturan, dan menemukan solusi konkret meningkatkan pencarian pengetahuan dan sejenisnya (Vollmeyer, 1996). Menurut perspektif teori perilaku (Dörner, 1987), pemecahan masalah perlu (1) mengumpulkan informasi sistematis, (2) mengintegrasikan informasi yang paling relevan, dan (3) mampu membangun model mental, (4) membuat prediksi, rencana dan keputusan, serta (5) menetapkan dan mengevaluasi tujuan. Berdasarkan uraian beberapa teori yang disebutkan, maka diperoleh indikator *CPS* yang meliputi 1) mengartikulasikan masalah, (2) mengidentifikasi hasil akhir yang diinginkan, (3) *brainstorming* pilihan kreatif untuk hasil yang diinginkan, (4) menganalisis dan memilih opsi, (5) mengembangkan

rencana tindakan untuk menyelesaikan masalah, dan (6) Menetapkan rencana tindakan dan menghadapi sesuai kebutuhan.

Menurut Chevallier (2008) indikator *CPS* sebagai berikut: (1) *framing the problem (the what)* yaitu memahami apa yang menjadi masalah dan bukan masalah, dan menuliskannya merupakan penting karena hal ini membantu memperjelas tugas dan membangun pemahaman. Pertama kita harus memahami apa masalah sebenarnya. Mengidentifikasi masalah apa yang diselesaikan. Indikator ini penting karena bingkai yang dipilih mempengaruhi pemahaman terhadap masalah tersebut hingga mengkondisikan pendekatan untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, kemampuan merumuskan masalah dapat membantu mengidentifikasi solusi yang lebih baik. (2) *diagnosing it (the why)* setelah mengetahui apa masalahnya, lanjutkan dengan mengidentifikasi penyebabnya. Selanjutnya mendiagnosis masalah dengan mengidentifikasi semua kemungkinan alasan mengapa kita memiliki masalah tersebut.

Menurut Kepner dan Tregoe (1995) akar penyebab masalah perlu menggunakan peta masalah diagnosis dari pertanyaan yang dibuat dengan tiga langkah yaitu memetakan masalah ruang dengan mengidentifikasi semua kemungkinan akar masalah yang dapat mengklarifikasinya dengan mengembangkan serangkaian hipotesis formal, prioritaskan bagaimana menguji hipotesis untuk focus terlebih dahulu pada hipotesis yang paling mungkin. (3) *finding solutions (the how)* mengidentifikasi cara alternatif untuk menyelesaikan masalah. Proses ini meniru apa yang telah dilakukan dalam diagnostik. Tulis terlebih dahulu definisi solusi sebelum mengembangkan peta masalah. Peta tersebut dijadikan alternative untuk menjawab pertanyaan kunci, memperkenalkan serangkaian hipotesis formal, membantu Menyusun analisis hipotesis dan mencatat hasilnya. (4) *implementing the solution (the do)* terakhir, mengimplementasikan solusi tersebut, untuk meyakinkan bahwa kesimpulan itu benar. Oleh karena itu harus dapat meringkas hasil temuan dalam sebuah pesan yang membuat argumen yang *persuasive*. Menyusun pesan *persuasive* yaitu membuat cerita yang menarik dan dapat menyampaikan secara efektif,

membutuhkan penggunaan desain slide yang efektif. Proses ini dimulai dengan menentukan tujuan.

Berdasarkan penjelasan indikator yang dikemukakan oleh beberapa ahli diatas mengenai kemampuan *CPS* , indikator yang digunakan pada penelitian ini yaitu hasil dari indikator menurut Chevallier (2008) berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 3. Indikator *CPS*

No	Indikator CPS	Deskripsi
1.	<i>Framing The Problem</i> (Membingkai Masalah)	Mengidentifikasi permasalahan dan menjelaskan tujuan dari permasalahan menjadi beberapa bagian.
2.	<i>Diagnosing</i> (Mendiagnosis)	Menentukan informasi yang dibutuhkan dan kemungkinan penyebab masalah tersebut, kemudian menentukan inti permasalahan berdasarkan beberapa kemungkinan.
3.	<i>Finding Solutions</i>	Mengidentifikasi cara alternative untuk menyelesaikan masalah dan menjelaskan kemungkinan dampak dari <i>alternative</i> yang dibuat.
4.	<i>Implementing the Solutions</i> (Mengimplementasikan Solusi)	Menentukan solusi yang tepat untuk diimplementasikan dalam menyelesaikan masalah kemuadia mengevaluasi solusi yang diterapkan.

2.6 Analisis Kedalaman dan Keluasan Materi

Pencemaran lingkungan masuk dalam materi yang terdapat pada capaian pembelajaran (CP) IPA kelas VII fase D kurikulum merdeka, pada akhir fase D, peserta didik memahami upaya mitigasi pencemaran lingkungan. Materi pencemaran lingkungan terdiri dari pencemaran udara, tanah, dan air. Berikut ini Tabel 4. Analisis Keluasan dan Kedalaman Materi.

Capaian Pembelajaran	
Pada capaian pembelajaran (CP) IPA kelas VII fase D kurikulum merdeka, pada akhir fase D, peserta didik memahami upaya mitigasi pencemaran lingkungan.	
Keluasan	Kedalaman
1. Terjadinya pencemaran lingkungan (pencemaran air, udara, tanah)	1. Pengertian pencemaran lingkungan

	2. Menguraikan proses terjadinya pencemaran lingkungan 3. Menentukan karakteristik lingkungan tercemar 4. Memberi contoh sumber-sumber pencemaran 5. Merinci macam-macam polutan yang menyebabkan pencemaran lingkungan
2. Dampak dari pencemaran lingkungan bagi ekosistem dan usaha penanggulannya	1. Dampak pencemaran lingkungan bagi ekosistem 2. Upaya mengatasi pencemaran lingkungan
3. Membuat desain penanggulan pencemaran lingkungan	3. Membuat prototipe yang memuat upaya pencegahan pencemaran tanah, air udara.

Kajian konsep materi pencemaran lingkungan ditinjau dari buku IPA terpadu kelas VII karangan Purwanto dan Nugroho (2017), antara lain:

1. Pengertian pencemaran lingkungan yaitu proses yang terjadi dalam lingkungan yang sifatnya membahayakan kehidupan manusia, hewan, tumbuhan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia maupun peristiwa-peristiwa alamiah.
 2. Macam-macam pencemaran lingkungan diantaranya: pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran udara.
 3. Pencemaran air adalah masuknya bahan pencemaran berupa makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam lingkungan air yang menyebabkan terganggunya keseimbangan air tersebut.
 4. Karakteristik pencemaran air: air dikatakan tercemar apabila air itu sudah berubah, baik warna, bau, derajat keasamannya (pH), maupun rasanya. Dengan kata lain, air tercemar apabila terjadi penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normalnya.
 5. Sumber dan bahan polutan yang mencemari air pada Tabel 5 berikut.
- Tabel 5. Sumber bahan yang mencemari air

Sumber bahan pencemar	Polutan
• Plastik sekali pakai • Limbah industri, penambangan emas atau timbal • Minyak dan hidrokarbon • Pupuk buatan (kimia) yang berlebihan, detergen dan lain-lain • Pestisida	• Plastik, Mikroplastik • Logam-logam berat tertentu, misalnya timbal, raksa (merkuri), cadmium • Kecelakaan kapal tanker atau kebocoran kapal dll. • Fosfat, nitrit, dan nitrat • DDT (<i>dichloro-diphenyl-trichloro-ethane</i>)

6. Pencemaran udara adalah masuknya bahan pencemaran (polutan) berupa makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke atmosfer.
7. Karakteristik pencemaran udara: udara menjadi berbau, udara memiliki suhu yang tinggi, sesak nafas ketika terhirup.
8. Sumber dan bahan polutan yang mencemari udara pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Sumber bahan yang mencemari udara

Sumber bahan pencemaran	Polutan
• Pembakaran batu bara dan limbah pabrik • Limbah pabrik • Asap kendaraan bermotor • Kebakaran hutan • Kebocoran gas pendingin yang digunakan dilemari es dan pendingin ruangan (AC) • Asap kabut fotokimia	• Oksida sulfur meliputi SO₂ dan SO₃ • Oksida nitrogen meliputi NO, NO₂, NO₃ • Oksida karbon meliputi CO dan CO₂ • CFC (<i>Chlorofluorokarbon</i>) • Hidrokarbon: metana (CH₄)

9. Pencemaran tanah adalah masuknya bahan pencemar berupa makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke tanah yang menyebabkan terganggunya keseimbangan tanah.
10. Karakteristik pencemaran tanah: tanah tidak subur, pH dibawah 6 (tanah asam) atau pH 8 (tanah basa), berbau busuk, kering, mengandung logam berat, mengandung sampah anorganik.
11. Sumber dan bahan polutan yang mencemari tanah pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Sumber bahan yang menecmari tanah

Sumber bahan pencemar	Polutan
• Industri dan rumah tangga • Pestisida (insektisida dan herbisida) • Pupuk kimia (buatan)	• Limbah pada meliputi plastik, kaleng, kaca • DDT (<i>dichloro-diphenyl-trichloro-ethane</i>) • Fosfat, nitrit, dam nitrat.

12. Dampak pencemaran lingkungan bagi ekosistem
13. Upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam implementasi pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan. Rusliani (2015); Dewi, dkk. (2019); Hasanah, dkk. (2020); Simatupamh dan Ionita (2020), melakukan implementasi pembelajaran terkait materi pencemaran lingkungan. Adapun hasil penelitian membuktikan efektivitas *PBL* dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada materi pencemaran lingkungan. Pada penelitian pengembangan *e-LKPD* ini, difokuskan pada materi pencemaran lingkungan dengan model *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *CPS* dan *Enviromental Awareness* pada materi pencemaran lingkungan.

2.7 Enviromental Awwerenes

Enviromental Awwereness merupakan suatu kondisi memiliki pengetahuan tentang lingkungan, serta sadar mengenai lingkungan tempat tinggal masyarakat. Kesadaran lingkungan adalah kemampuan seseorang dalam merespon keterkaitan antara aktivitas manusia dengan lingkungan sekitar agar terciptanya kondisi lingkungan yang aman dan sehat (Potabenko, 2004).

Kesadaran dalam merespon lingkungan merupakan usaha agar tidak hanya mengetahui tentang sampah, pencemaran lingkungan, penghijauan serta perlindungan satwa langka yaitu guna menumbuhkan kesadaran lingkungan manusia Indonesia, agar dapat mencintai tanah air yang adil, Makmur serta untuh dan lestari. Berdasarkan definisi yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa kesadaran lingkungan merupakan sebuah kondisi sadar bagi individu agar dapat melakukan tindakan dengan cara ramah lingkungan.

Kesadaran tingkat tinggi pada lingkungan memungkinkan individu membuat keputusan secara sadar agar bertindak ramah lingkungan (Olgayaiova, 2005). Menurut Potabenko (2004) karakteristik utama konsep kesadaran lingkungan yaitu; peduli terhadap lingkungan, mempunyai kemampuan untuk

mengidentifikasi sumber-sumber kerusakan lingkungan, memiliki pengetahuan lingkungan yang aman dan sehat, merasa bertanggung jawab dalam mencegah kerusakan lingkungan serta bersedia ambil bagian dalam hal kegiatan yang berkaitan dengan lingkungan.

Kesadaran terhadap lingkungan merupakan suatu aspek yang krusial dalam pengelolaan lingkungan hidup dalam bentuk kepedulian seseorang terhadap kualitas hidup, sehingga respon menentang kebijaksanaan dalam hal yang tidak mementingkan lingkungan (Swan & Stapp, 1974). Kesadaran lingkungan merupakan hal yang perlu tumbuh dan dikembangkan untuk membentuk sikap positif terhadap lingkungan. Orang yang mempunyai kesadaran lingkungan akan pentingnya lingkungan akan bertindak untuk menciptakan serta mengelola lingkungan yang bersih. Tingkat kesadaran masyarakat terhadap lingkungan terjadi sebagai akibat berkembangnya pemahaman terhadap lingkungan itu sendiri ataupun akibat terjadinya perubahan kebutuhan nilai-nilai yang dianut, sikap dan karakteristik individu.

Permasalahan lingkungan hidup memberikan landasan kepada peserta didik untuk menyikapi dan merespon dengan positif. Sikap inilah yang akan menuntun peserta didik untuk memiliki moral ekologis, yang memberikan gambaran tentang diri yang sesuai dengan kenyataan dirinya (real self). Sikap bukanlah suatu bentuk yang statis, melainkan selalu berkembang secara dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Untuk itulah sikap yang berkenaan dengan moralitas lingkungan perlu dibentuk secara terus-menerus sehingga terbentuk kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan (Muhaimin, 2015).

Kompetensi ekologis membuat individu menerapkan yang dipelajari segala sesuai sebagai akibat dari aktivitas manusia terhadap ekosistem, sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan hidup dan mencegah kerusakan lingkungan hidup baru dalam bumi ini (Goleman, 2010). Kompetensi ekologis merupakan kompetensi yang berkaitan dengan aspek-aspek yang berhubungan dengan ekologis dalam konteks pendidikan yang harus dikuasai oleh siswa dalam

pembelajaran (Muhaimin, 2015). Secara spesifik Palmer (1998) berpendapat bahwa kompetensi ekologis meliputi aspek pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan yang didalamnya juga memuat kompetensi dalam hal partisipasi lingkungan.

Hal ini sejalan dengan paparan Kementerian Lingkungan Hidup (2004) yang mengungkapkan bahwa kompetensi ekologis mencakup beberapa domain pembelajaran dalam bentuk pengetahuan/ pengertian dan kesadaran, sikap/nilai, keterampilan serta aksi/ partisipasi. Menurut Muhaimin (2015) mengidentifikasi empat elemen pokok yang harus ada dalam kompetensi ekologis yaitu: (a) pengetahuan tentang isu-isu lingkungan, (b) pengetahuan tentang strategi tindakan yang khusus untuk ditetapkan pada isu-isu lingkungan, (c) kemampuan untuk bertindak terhadap isu-isu lingkungan, (d) memiliki kualitas dalam menyikapi serta sikap personalitas yang baik. Berdasarkan pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pemerolehan kompetensi ekologis merupakan upaya dalam membangun karakter peserta didik agar mampu menjadi manusia bijaksana dalam menjalani hidup dan kehidupannya, khususnya dalam memahami hakikatnya sebagai makhluk multidimensional yang salah satunya ialah memiliki relasi dalam dimensi ruang dan waktu dengan alam.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kesadaran lingkungan yaitu: Kesadaran lingkungan adalah kombinasi dari motivasi, pengetahuan, dan keahlian (Partenen-Hertell, Harju-Autti, Kreft-Burman, & Pemberton, Raising Enviromental Awareness in the Baltic Sea Area, 1999). Tiga elemen ini menjadi faktor-faktor yang memengaruhi kesadaran individu seseorang; (a) motivasi adalah berusaha memperbaiki lingkungan yang berdasarkan dari nilai dan sikap (Kokkinen, 2013). motivasi berdasarkan penilaian pribadi dan sikap seseorang, termasuk kekhawatiran tentang masalah lingkungan dan pemahaman akan tanggung jawabnya (Harju, 2013). Menurut Kokkinen (2013). Adapun aspek-aspek motivasi menurut Kokkinen (2013): memiliki perhatian pada masalah lingkungan, memiliki pemahaman akan kekuatan diri sendiri, memahami tanggung jawab akan kekuatan diri sendiri, memahami tanggung jawab akan tindakan yang

dilakukannya, memiliki kesediaan untuk bertindak, (b) Enviromental knowledge pengetahuan tentang lingkungan didefinisikan secara sederhana sebagai pengenalan terhadap fakta, kebenaran, dan prinsip-prinsip (Kokkinen, 2013). Pengetahuan tentang lingkungan termasuk di dalamnya informasi mengenai masalah lingkungan dan pengetahuan mengenai sebab-akibat dari masalah lingkungan tersebut (Harju-Autti, 2013). Pengetahuan yang dimiliki seseorang tentang lingkungannya. Aspek-aspek pengetahuan tentang lingkungan menurut Kokkinen (2013): memiliki informasi mengenai permasalahan lingkungan, memiliki pengetahuan tentang hubungan sebab akibat dari sebuah masalah lingkungan. *Skills* atau keahlian dan kemampuan untuk melakukan tindakan adalah kemampuan personal untuk bertindak dalam level yang berbeda: pengolahan sampah, transpotasi, edukasi, aktivitas politik, dan lain-lainnya (Harju-Autti, 2013). Meskipun seseorang memiliki motivasi untuk bersikap ramah lingkungan karena tidak memiliki keahlian.

Keahlian dan kemampuan untuk bertindak dalam koridor yang dapat membuat perubahan pada lingkungan dibutuhkan untuk memunculkan sikap ramah lingkungan. Misalnya, keahlian untuk mempelajari kemampuan praktis yang sesuai seperti recycling, menggunakan Kembali barang-barang bekas, dan menghemat pemakaian barang-barang. Aspek-aspek keahlian menurut Kokkinen (2013) mampu untuk bertindak dalam level yang berbeda: penanganan samapah, pemakaian transportasi, edukasi, dan aktivitas politik: (a) mampu bertindak di bidang berbeda: rumah tangga, pekerjaan, waktu senggang dan hobi, (b) mampu mengubah tindakan menjadi sesuatu yang rutin, (c) mampu mengubah tindakan menjadi perilaku karena ada faktor luar.

Ada dua tahap yang mencerminkan individu yang telahmemiliki kesadaran lingkungan (Partenen, 1999) yaitu: (a) memiliki motivasi untuk meningkatkan tingkat pengetahuan dan keahlian masih berdasarkan kekhawatiran akan Kesehatan. Pengetahuan seseorang tentang lingkungan yang dimiliki masih terbatas. Individu belum menyadari efek dari pilihan atas tindakan yang mereka lakukan terhadap lingkungan atau merasa bahwa individu lain yang harsu menjaga

lingkungan. Seperti misalnya membuang sampah pada tempatnya agar dirinya tidak terkena penyakit dan mengharapkan petugas kebersihan untuk menjaga kebersihan di jalan, (b) membuat keputusan dari semua lapisan masyarakat yang mungkin mempengaruhi lingkungan. Individu mulai mengetahui akan fakta-fakta mengenai masalah lingkungan serta meningkatkan tanggung jawab dalam melakukan suatu tindakan. Kesadaran akan lingkungan mulai mengubah karakter seseorang secara khusus dan secara bertahap menjadi bagian yang alami dalam tingkat public dan professional. Seperti misalnya seseorang menyadari akan membuang sampah pada tempatnya karena takut terkena denda jika membuang sampah sembarang tempat.

Nenggala (2007) menyatakan bahwa indikator seseorang peduli lingkungan yaitu :

- a). Selalu menjaga kebersihan lingkungan sekitar, b). Tidak mengambil, menebang atau mencabut tumbuh-tumbuhan yang terdapat di sepanjang jalan, c) tidak mencoret, menorehkan tulisan pada pohon, batu-batu, jalan atau dinding, d) Selalu membuang sampah pada tempatnya, tidak membakar sampah di sekitar perumahan, e) melaksanakan kegiatan membersihkan lingkungan, f) menimbun barang-barang bekas, g) membersihkan sampah-sampah menyumbat saluran air.

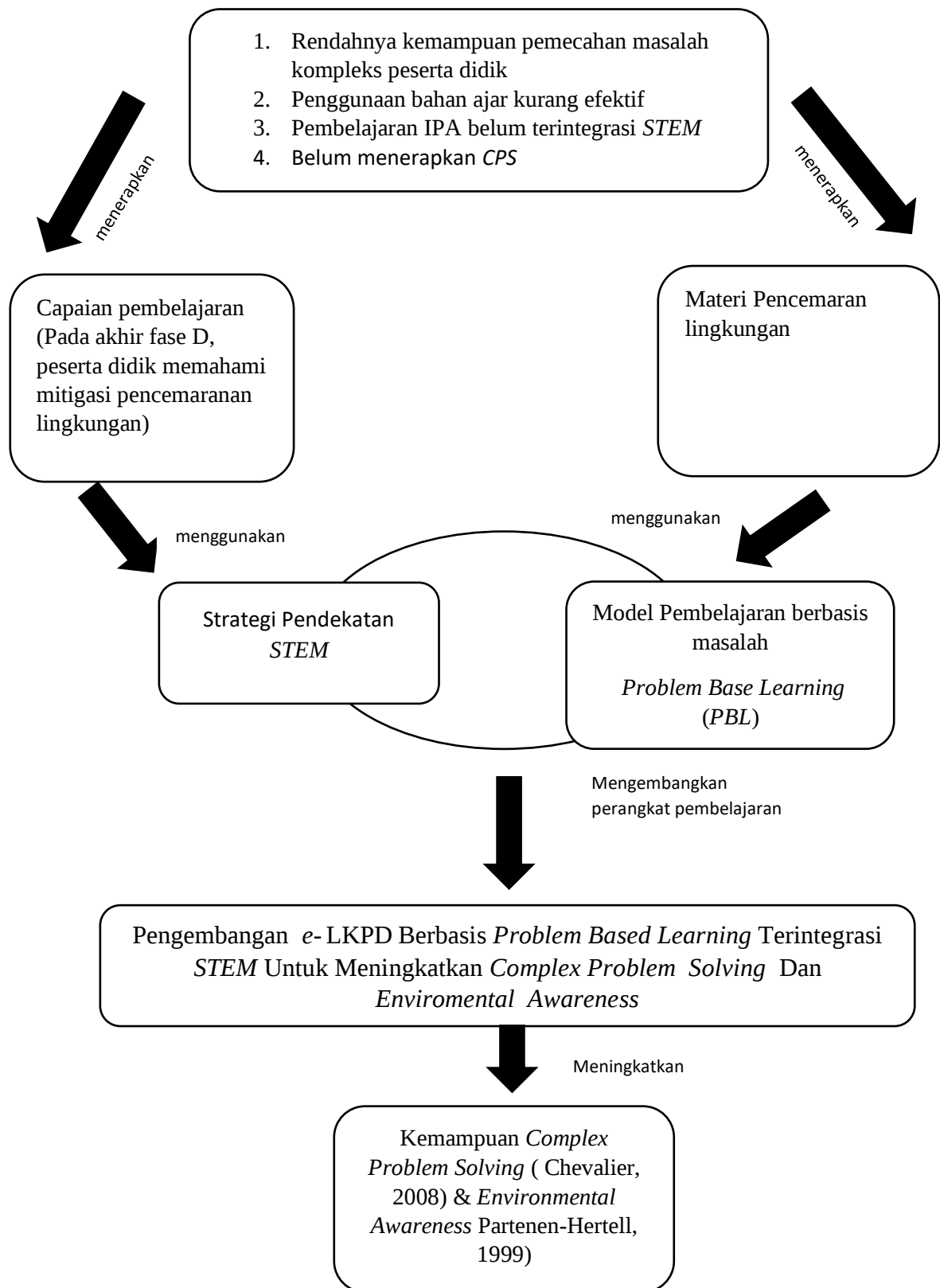
2.8 Kerangka Pikir

Pada abad ke-21, dalam menghadapi lingkungan yang berubah-ubah dan menuntut pemecahan masalah kompleks, *CPS* dianggap sebagai keterampilan yang semakin relevan baik dalam kehidupan sehari-hari ataupun pekerjaan. Berdasarkan fakta di lapangan kemampuan pemecahan masalah kompleks masih rendah khususnya pada materi pencemaran lingkungan. Dalam proses pembelajaran diperlukan pendekatan yang mampu mengaitkan konsep-konsep IPA dengan penerapan kehidupan nyata. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam pengembangan *e-LKPD* adalah pendekatan *STEM*.

Adapun perancangan *e-LKPD* memperhatikan indikator kemampuan *CPS* yaitu mendefinisikan/memetakan masalah, mencari alternatif, mengevaluasi dan

memilih alternatif, dan menerapkan solusi. Adapun proses pembelajaran sesuai dengan kurikulum merdeka yang diterapkan oleh peneliti dengan menggunakan model 4-D (*define, design, develop, dan disseminate*) yang membantu proses penyusunan *e*-LKPD. Penerapan *e*-LKPD berdasarkan kurikulum merdeka. Capaian pembelajaran yang diterapkan pada penelitian ini yaitu pada materi pencemaran lingkungan pada akhir fase D, peserta didik mampu mengidentifikasi interaksi antar makhluk hidup dan lingkungannya, serta dapat merancang upaya-upaya mencegah dan mengatasi pencemaran lingkungan.

Berdasarkan capaian pembelajaran tersebut penyusunan *e*-LKPD dapat membentuk peserta didik yang mampu menuai keputusan secara tepat, cepat, sistematis, logis serta mempertimbangkan berbagai sudut pandang. Pembelajaran berbasis *STEM* menghadirkan fakta nyata dalam kehidupan sehari-hari untuk mengembangkan kreativitas peserta didik dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan lingkungan.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

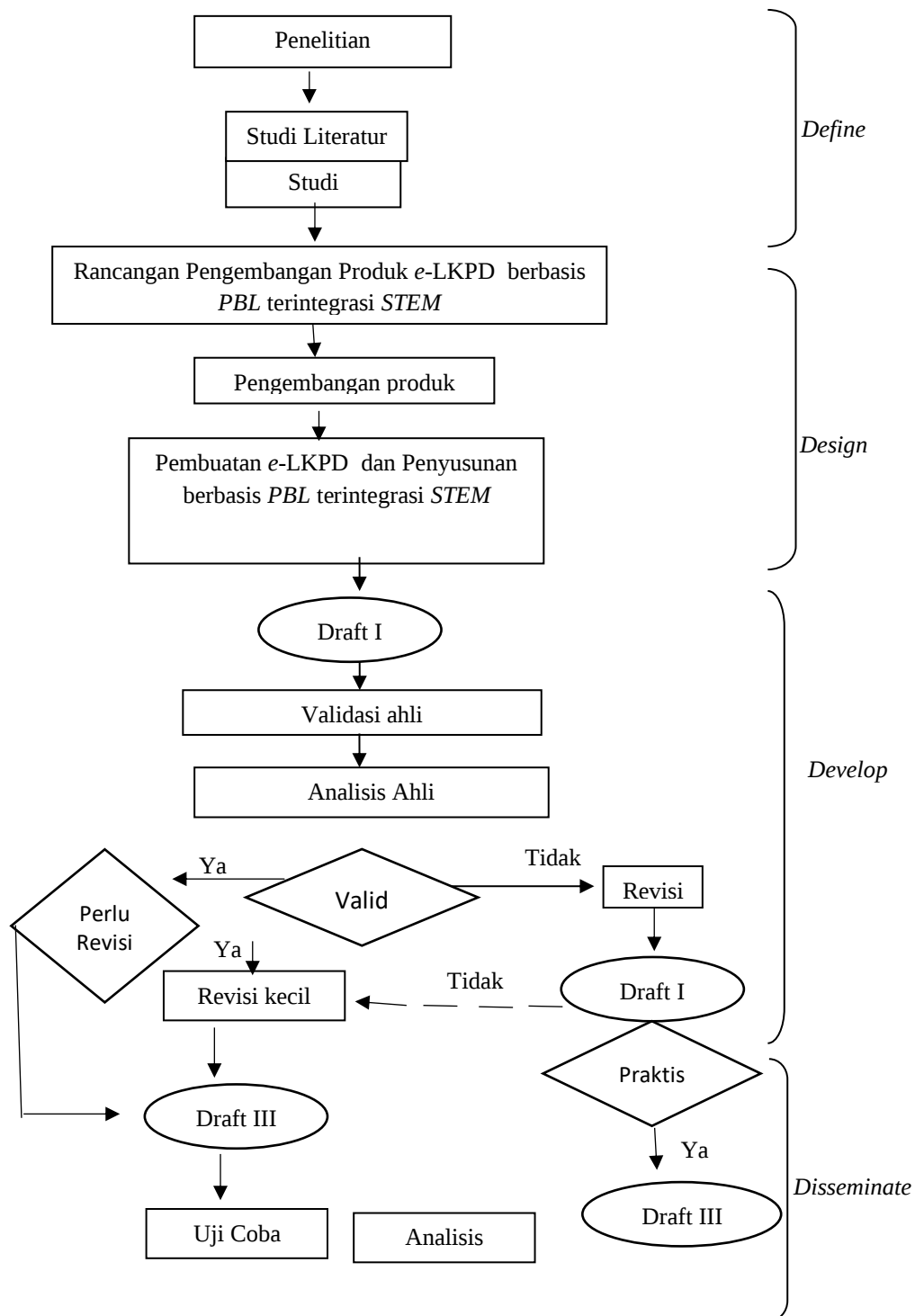
3.1 Desain Penelitian

Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu model *Research and Development* 4D (Four-D models). Terdiri dari empat tahapan, yaitu pendefinisian (*Define*), perancangan (*Design*), pengembangan (*Develop*) dan (*Disseminate*) (Thiagarajan, 1974).

Secara lengkap desain penelitian dengan model 4D dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pada tahapan *define* dilakukan kegiatan analisis awal pada peserta didik dan pendidik dengan diberikannya angket studi pendahuluan.
2. Pada tahapan *design* melakukan pengembangan pada instrumen, validasi instrumen, penyusunan rancangan *storyboard e-LKPD* yang dikembangkan.
3. Pada tahapan *develop* melakukan evaluasi dan penyusunan rancangan secara *real* untuk berikutnya dilakukan validasi ahli
4. Pada tahapan *disseminate* diuji kepraktisan kepada peserta didik.

Secara sistematis penelitian dan pengembangan ini dilakukan melalui tahapan-tahapan pokok antara lain: tahapan studi pendahuluan, pengembangan produk, validasi produk, penilaian terhadap produk oleh peserta didik, revisi produk hasil penilaian, uji coba luas, hingga akhirnya adalah *e-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan *Environmental Awareness* peserta didik. Adapun alur penelitian pengembangan ini disajikan pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Alur Pengembangan e-LKPD Berbasis PBL Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Complex Problem Solving

3.2 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Tahap Pendefinisian (*Define*)

Pada tahap ini dilakukan kegiatan analisis kebutuhan berupa studi pendahuluan untuk mengumpulkan data tentang kondisi pembelajaran saat ini di sekolah sebagai bahan dasar untuk produk yang dikembangkan.

Tahapan dalam analisis kebutuhan tersebut terdiri dari:

a. Studi Lapangan

Studi lapangan ini dilakukan dengan menyebar angket kebutuhan *e-LKPD* berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* pada peserta didik dan pendidik IPA SMP di Provinsi Lampung. Data yang diperoleh dari hasil studi lapangan diantaranya sebagai berikut:

1. Kebutuhan pendidik dalam pembelajaran terkait media yang menunjang pembelajaran.
2. Sarana dan prasarana di sekolah yang menunjang penggunaan *e-LKPD* berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan *Complex Problem Solving*

b. Studi Pustaka

Tahap studi pustaka dalam penelitian ini adalah studi literatur yang dilakukan oleh peneliti untuk informasi terkait media pembelajaran yang dikembangkan. Peneliti melakukan pencarian literatur terkait media pembelajaran yang tepat untuk mengatasi permasalahan yang terjadi. Peneliti memperoleh solusi yaitu *e-LKPD* berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving*. Studi pustaka yang dilakukan dalam penelitian ini melalui tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan Capaian Pembelajaran
2. Menggali informasi terkait teori-teori yang relevan
3. Menggali permasalahan lingkungan yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

4. Memilih materi yang disajikan sebagai konten dalam *e* -LKPD

c. Analisis Tugas

Tahapan ini untuk menganalisis tugas-tugas yang dilakukan peserta didik selama ini. Apakah tugas-tugas yang diberikan selama ini sudah melatih *Complex Problem Solving*. peserta didik atau belum. Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan tugas yang selama ini diberikan belum dapat melatih kemampuan *Complex Problem Solving*. peserta didik, sehingga peneliti merasa perlunya pengembangan *e*-LKPD berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan *Complex Problem Solving*.

d. Analisis Konsep

Pada tahap ini dilakukan analisis kompetensi dasar yang dicapai oleh peserta didik yang terkait dengan permasalahan nyata, yaitu pencemaran lingkungan yang terdiri dari pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran udara. Materi yang terkait dengan permasalahan tersebut adalah materi pencemaran lingkungan yang termuat pada capaian pembelajaran IPA fase D dalam Kurikulum Merdeka.

e. Perumusan tujuan pembelajaran

Pada tahap ini, hasil analisis tugas dan analisis konsep dirumuskan menjadi tujuan pembelajaran, lalu dirumuskan menjadi indikator. Hasil perumusan tujuan pembelajaran dan indikator tersebut dapat menjadi dasar dalam menyusun rancangan *e*-LKPD yang dikembangkan. Adapun komponen-komponen yang terdapat di dalam *e* -LKPD dapat melatih kemampuan *Complex Problem Solving*. peserta didik menurut Chevallier (2016) antara lain a) *framing the problem* , b) *diagnose the problem* , c) *find the solution* , dan d) *implementing the solution*.

3.2.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Pada tahapan ini dilakukan perancangan/desain produk dan uji coba terbatas. Berdasarkan hasil studi pendahuluan maka disusun sebuah *e* -LKPD pencemaran lingkungan berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik. Tahap ini merupakan kegiatan pemilihan,

penyusunan dan pengorganisasian materi pembelajaran, yaitu mencakup judul media, judul bab, sub bab, materi pembelajaran yang perlu dikuasai oleh pembaca dan daftar pustaka. Perancangan produk *e* -LKPD berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* ini juga memperhatikan karakteristik dan indikator kemampuan *CPS* yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran materi pencemaran lingkungan. Draft disusun secara sistematis dalam satu kesatuan sehingga dihasilkan suatu bahan ajar yang dikembangkan ke dalam *e* -LKPD berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* yang siap diujicobakan.

Komponen-komponen *e* -LKPD berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* yang dikembangkan meliputi:

- a. Bagian depan: bagian ini terdapat pada halaman awal *e* -LKPD yang memuat judul halaman dilengkapi dengan petunjuk yang terdapat pada bagian awal halaman *e*-LKPD
- b. Bagian isi: bagian ini memuat konten seperti bahan wacana yang berupa permasalahan lingkungan, serta pertanyaan pada *e* -LKPD yang dapat dikerjakan oleh peserta didik secara berkelompok maupun mandiri.

3.2.3 Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan dibagi dalam dua kegiatan yaitu: *expert appraisal* dan *developmental testing*. *Expert appraisal* merupakan teknik untuk memvalidasi atau menilai kelayakan rancangan produk. Dalam kegiatan ini dilakukan evaluasi oleh ahli dalam bidangnya. Saran-saran yang diberikan digunakan untuk memperbaiki materi dan rancangan pembelajaran yang telah disusun. Penilaian para ahli/praktisi terhadap *e* -LKPD mencakup aspek kesesuaian isi dan konstruksi *e* -LKPD. Kemudian *e* -LKPD direvisi mengikuti saran dan masukan dari para ahli/praktisi sehingga menghasilkan produk *e* -LKPD yang lebih baik. Draft *e* -LKPD yang direvisi mengikuti saran dan masukan dari para ahli tersebut sebagai Draft II. Selanjutnya pada tahap *Developmental testing* merupakan tahap uji coba produk untuk mengetahui respon guru dan peserta didik terhadap *e* -LKPD yang dikembangkan. Pada tahap ini peserta didik diberikan soal *pretest* dan *posttest*. Pada uji coba produk, 2 orang guru IPA diminta untuk memberikan

respon terkait kesesuaian isi dan konstruksi *e* -LKPD dengan mengisi angket dan memberi tanggapan terhadap pertanyaan yang tersedia di dalam angket untuk mengetahui kemampuan yang didapatkan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran. Uji coba dilakukan di SMP Negeri 12 Bandar Lampung, dimana pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang didasarkan pada suatu pertimbangan tertentu yang dibuat oleh peneliti sendiri, berdasarkan ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya (Suyatna, 2017). Desain yang digunakan untuk uji coba produk adalah *One-Grup Pretest- Posttest Design*

Tabel 8. Desain Penelitian

<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
O	X	O

(Fraenkel & Wallen, 2012)

Keterangan:

O: *Pretest* kemampuan *Complex Problem Solving*

X: Pembelajaran menggunakan *e* -LKPD berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan *Complex Problem Solving* dan *Enviromental Awareness*

O: *Posttest* kemampuan *Complex Problem Solving*

3.2.4 Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap *disseminate* bertujuan untuk menyebarluaskan produk yang telah dikembangkan supaya dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak yang membutuhkan. Adapun langkah-langkah pada tahap ini adalah sebagai berikut.

a. *Validation Testing*

Pada tahap ini produk *e* -LKPD yang telah direvisi pada tahap pengembangan diimplementasikan pada target atau sasaran yang sesungguhnya. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran ketercapaian tujuan untuk mengetahui efektivitas produk *e* -LKPD yang dikembangkan. Kemudia setelah diterapkan, peneliti

mengamati hasil pencapaian tujuan, dimana tujuan yang belum tercapai dijelaskan solusinya agar tidak berulang saat produk disebarluaskan.

b. *Packaging, Diffusion, dan Adaption*

Pada tahap ini produk *e* -LKPD yang telah diimplementasikan disebarluaskan agar dapat diserap atau dipahami oleh guru dan dapat digunakan dalam pembelajaran.

3.3 Subyek dan Lokasi Penelitian

Subyek dari penelitian pengembangan ini adalah *e* -LKPD *PBL* terintegrasi *STEM* berorientasi *Complex Problem Solving* dan *Environmental Awareness*. Subyek untuk uji coba produk adalah SMP Negeri 12 Bandar Lampung. Lokasi penelitian pada tahap *define* adalah SMP/M.Ts Muhammadiyah 3 Bandar Lampung, SMP Negeri 1 Tanjung Sari Lampung Selatan, SMP Negeri 1 Liwa Lampung Barat, SMP Negeri 1 Pringsewu, M.Ts Negeri 2 Lampung Timur, SMP Negeri 4 Metro, dan SMP Negeri 1 Kota Bumi Lampung Utara.

3.4 Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini terdiri dari sumber data, yaitu sumber data pada tahap pendefinisian (*define*), pada tahap pengembangan (*develop*), pada tahap pengembangan (*develop*), dan pada tahap penyebaran (*disseminate*). Pada tahap pendefinisian (*define*), sumber data diperoleh dari analisis awal, yaitu untuk mengetahui kebutuhan sekolah *e* -LKPD. Sumber data yang digunakan berasal dari 15 guru SMP dari 9 sekolah di Provinsi Lampung (Bandar Lampung, Lampung Barat, Lampung Timur, Metro, Lampung Utara, Mesuji, Pesawaran, Pringsewu, Lampung Selatan. Pada tahap pengembangan (*develop*), sumber data berasal dari pada dosen ahli Pendidikan IPA FKIP Universitas Lampung. Lalu pada tahap uji coba produk, yaitu untuk mengetahui respon guru terhadap *e* -LKPD yang menjadi sumber data yaitu 2 orang guru IPA. Selanjutnya pada tahap *validation testing* dalam tahap *disseminate*, yang menjadi sumber data siswa kelas VII C SMP Negeri 12 Bandar Lampung untuk mengimplementasikan produk

yang telah melewati tahap pengembangan untuk mengukur ketercapaian tujuan dan mengetahui efektivitas produk *e* -LKPD yang dikembangkan.

3.5 Instrumen Penilaian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen pada tahap *define*, *develop*, dan *disseminate*. Adapun penjelasan instrumen-instrumen tersebut adalah sebagai berikut:

3.5.1 Instrumen Pada Tahap *Define*

3.5.1.1. Angket Analisis Kebutuhan Pengembangan E-LKPD menurut Guru

Angket ini disusun untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan untuk pengembangan *e* -LKPD dengan mencari fakta-fakta lapangan terkait wawasan guru tentang pembelajaran terintegrasi STEM untuk meningkatkan *Complex Problem Solving* peserta didik SMP, penggunaan sumber belajar yang bisa digunakan, serta penggunaan *e* -LKPD. Angket analisis berisi 9 pertanyaan menggunakan skala Guttman yang memiliki pilihan jawaban “Ya” dan “Tidak” dengan skor “1” dan “0” disertai dengan alasan mengapa memilih jawaban tersebut. Angket diserahkan secara langsung kepada guru dalam bentuk “*hard file*” ada pula yang disebarakan melalui Whatsapp dalam bentuk *google form*.

3.5.1.2. Angket Analisis Kebutuhan Pengembangan E-LKPD menurut Peserta Didik

Angket analisis ini disusun untuk mendapatkan informasi terkait karakteristik peserta didik dalam pembelajaran, untuk mengetahui kemampuan akademis peserta didik dalam kemampuan *Complex Problem Solving*, serta untuk mengetahui apakah peserta didik pernah mengikuti pembelajaran berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan *Complex Problem Solving*. Angket berisi 6 pertanyaan menggunakan skala Guttman yang memiliki pilihan jawaban “Ya” dan “Tidak” dengan skor “1” dan “0” disertai dengan alasan mengapa memilih jawaban tersebut. Angket diserahkan secara langsung dalam bentuk “*hard file*”

ada pula yang disebarakan melalui Whatsapp dalam bentuk *google form*, yang dibantu penyebarannya oleh guru.

3.5.2 Instrumen Pada Tahap *Develop*

3.5.2.1. Angket untuk Validasi Ahli

Instrumen yang digunakan untuk validasi ahli meliputi validasi kesesuaian isi dan konstruksi pada *e* -LKPD yang dikembangkan. Angket yang digunakan berbentuk semi tertutup berisi pernyataan dengan menggunakan skala *Likert* dimana pengisian angket validasi dilakukan dengan menuliskan tanda (✓) pada kolom yang tersedia.

3.5.2.1.1 Angket untuk aspek kesesuaian isi

Angket ini berisikan pernyataan-pernyataan validasi produk berupa kesesuaian indikator dengan capaian pembelajaran, kesesuaian panduan kerja pada tahap pembelajaran pendekatan *STEM* dalam model *PBL*, kesesuaian indikator dalam mengukur kemampuan *Complex Problem Solving*, dan kesesuaian wacana yang disajikan dalam *e* -LKPD. Angket ini menggunakan skala *Likert* yang memiliki pilihan jawaban tidak sesuai, kurang sesuai, sesuai, dan sangat sesuai dengan skor antara 1 sampai 4.

3.5.2.1.2 Angket untuk aspek kesesuaian konstruksi

Angket ini disusun untuk mengetahui konstruksi *e* -LKPD yang dikembangkan dengan tahapan pembelajaran pendekatan *STEM* dalam model *PBL*, mengetahui kesesuaian konstruksi *e* -LKPD dan menggunakan skala *Guttman* yang memiliki pilihan jawaban “Ya” dan “Tidak” dengan skor “1” dan “0”.

3.5.2.2 Instrumen Uji Coba Produk

3.5.2.2.1. Angket Respon Guru

Instrumen ini berbentuk angket yang didalamnya terdapat pertanyaan-pertanyaan yang dimaksudkan untuk menilai aspek kesesuaian isi dan konstruksi dari *e* -LKPD. Tujuan dibuatnya angket ini untuk menilai aspek kesesuaian isi dan

konstruksi *e* -LKPD yang dikembangkan, apakah *e* -LKPD yang dibuat sudah sesuai dengan langkah tahap pembelajaran pendekatan *STEM* dalam model *PBL* dan apakah setiap langkahnya dapat melatih mengukur kemampuan *Complex Problem Solving*. Angket yang digunakan untuk mengetahui respon guru terhadap *e* -LKPD sama dengan yang digunakan pada tahap validasi ahli.

3.5.2.2.2. Soal tes kemampuan *Complex Problem Solving*

Instrumen ini berupa soal *pretest/posttest* untuk mengukur kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik sebelum dan setelah pembelajaran dengan bantuan *e* -LKPD yang dikembangkan. Supaya data yang diperoleh valid dan bersifat reliabel. Karena itu, perlu pengujian terhadap instrumen yang digunakan.

3.5.2.2.3 Lembar Sikap *Enviromental Awareness*

Instrumen ini berupa angket sikap *Enviromental Awareness* untuk mengukur dan mengevaluasi tingkat kepedulian lingkungan peserta didik setelah dilakukan pembelajaran. Pengisian angket dilakukan oleh peserta didik diukur dengan menggunakan skala *Likert* dari 1 sampai 4.

3.5.2.3 Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran

Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterlaksanaan pembelajaran IPA. Lembar observasi ini diisi oleh seorang guru IPA, dimana lembar ini berisi pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan keterlaksanaan unsur-unsur pembelajaran, yang meliputi sintaks pembelajaran dan sistem sosial. Penilaian yang dilakukan oleh guru IPA diukur dengan menggunakan skala *Likert* dari 1 sampai 4.

3.5.2 Instrumen Pada Tahap *Disseminate*

Instrumen yang digunakan pada tahap *disseminate* menggunakan instrumen yang sama dengan yang digunakan pada tahap uji coba produk. Pada tahap *disseminate* peneliti menggunakan tes kemampuan *Complex Problem Solving* untuk mengukur efektivitas *e*-LKPD yang telah dikembangkan. Pada tahap ini juga peneliti

menggunakan instrumen lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran untuk mengukur kepraktisan *e* -LKPD.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah angket, tes, dan observasi. Pada penelitian ini, penyebaran angket analisis awal dan angket analisis peserta didik dilakukan setelah tahap *define* dengan tujuan untuk mengetahui kebutuhan guru dan peserta didik *e* -LKPD di sekolah. Pemberian angket juga dilakukan pada tahap *develop*, dimana angket yang diberikan adalah angket validasi ahli dan angket respon guru terhadap kesesuaian isi dan konstruksi dari *e* -LKPD yang dikembangkan. Selanjutnya pada tahap *disseminate*, peneliti menggunakan tes dan lembar observasi untuk mengumpulkan data dengan tujuan mengetahui efektivitas produk. Aspek kepraktisan produk diukur menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan angket respon peserta didik. Pada tahap uji coba produk, peneliti meminta guru untuk mengikuti proses pembelajaran, seperti sintaks pembelajaran. Sintaks pembelajaran yang diamati apakah sesuai dengan langkah pembelajaran *STEM* dalam model *PBL*. Selanjutnya peserta didik mengisi angket sikap *Enviromental Awareness* untuk mengetahui sikap peduli lingkungan setelah melakukan pembelajaran. Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengetahui efektivitas dari *e* -LKPD yang telah dikembangkan adalah menggunakan tes. Tes yang diberikan berupa tes tertulis soal *pretest/posttest*.

3.7. Teknik Analisis Data

3.7.1 Teknik Analisis Data pada Tahap *Define*

Pada tahap *define*, dilakukan analisis terhadap angket analisis kebutuhan pengembangan *e* -LKPD menurut guru dan peserta didik yang dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian data yang didapatkan dianalisis secara kualitatif. Adapun kegiatan dalam teknik analisis data angket dilakukan dengan cara:

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
2. Menghitung persentase skor pada setiap jawaban dari pertanyaan angket sehingga data yang didapatkan dapat dianalisis sebagai suatu temuan dalam penelitian. Perhitungan persentase skor pada setiap item pertanyaan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\%$$

(Sudjana, 2005)

Keterangan:

$\%J_{in}$ = Persentase jawaban -i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban -i

N = Jumlah seluruh responden

3. Menjelaskan hasil penafsiran jawaban responden dalam bentuk deskriptif naratif.

3.7.2 Teknik Analisis Data Kevalidan

Teknik analisis data kevalidan terhadap produk *e* -LKPD yang dikembangkan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket.
2. Memberi skor pada jawaban responden. Skor yang digunakan di dalam angket menggunakan skala *Likert* 4 dan skala Gutmann

Tabel 9. Penskoran untuk Angket Validasi Kesusaian Isi berdasarkan skala *Likert*

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat Sesuai (SS)	4
2	Sesuai (S)	3
3	Kurang Sesuai (KS)	2
4	Tidak Sesuai (TS)	1

Tabel 10. Penskoran untuk Angket Validasi Konstruksi berdasarkan skala Gutmann

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Ya	1
2	Tidak	0

3. Menghitung persentase skor jawaban pada setiap pertanyaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%X_{in} = \frac{\sum s}{sin maks} \times 100 \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan:

$\%X_{in}$ = Pesentase jawaban responden pada angket

Sin maks=Skor maksimum yang diharapkan

$\sum s$ =Jumlah Skor jawaban

Selanjutnya untuk menghitung rata-rata persentase skor jawaban dari setiap angket untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi dan konstruk e - LKPD yang dikembangkan adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%X_i = \frac{\sum \%xin}{n} \times 100 \quad (\text{Sudjana, 2005})$$

Keterangan:

$\%X_i$ = Rata-rata persentase jumlah terhadap pernyataan pada angket

$\sum \%xin$ =Jumlah persentase jawaban terhadap semua pernyataan pada angket

n =Jumlah pertanyaan angket

4. Menafsirkan rata-rata persentase angket (Arikunto, 2013) berdasarkan Tabel 11 di bawah ini .

Tabel 11. Tafsiran Persentase Angket

Persentase	Kriteria
80,1% - 100%	Sangat tinggi
60,1% - 80%	Tinggi
40,1% - 60%	Sedang
20,1% - 40%	Rendah
1,0% - 20%	Sangat Rendah

5. Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk dari hasil validasi ahli (Arikunto, 2013). berdasarkan Tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. Kriteria Validasi Persentase

Persentase	Tingkat Kevalidan	Keterangan
74 - 100	Valid	Layak tidak perlu revisi
51 - 75	Cukup Valid	Layak/revisi sebagian
26 - 50	Kurang Valid	Kurang Layak/revisi sebagian
<26	Tidak Valid	Tidak layak/ revisi total

3.7.2.1 Analisis Data Angket Respon Guru

Untuk menganalisis data respon guru terhadap *e* -LKPD yang dikembangkan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket
2. Memberi skor jawaban responden. Penskoran jawaban responden pada angket dilakukan berdasarkan skala *Likert* 4.

Tabel 13. Penskoran untuk Angket Respon Guru berdasarkan Skala *Likert*

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat Sesuai (SS)	4
2	Sesuai (S)	3
3	Kurang Sesuai (KS)	2
4	Tidak Sesuai (TS)	1

Nilai dari data yang dihasilkan adalah persentase dari nilai rata-rata perindikator jawaban responden. Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

(Arikunto, 2010)

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah nilai skor

n = Jumlah individu skor

Dari perhitungan skor masing-masing pertanyaan, dicari persentase jawaban keseluruhan responden dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

(Asyahri & Silvia, 2016)

Keterangan:

P = Persentase

$\sum x$ = Jumlah jawaban responden dalam satu item

$\sum xi$ = Jumlah nilai ideal item

Adapun kriteria validasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Persentase Skor Lembar Validasi

Persentase	Kriteria
80,1% – 100%	Sangat tinggi
60,1 % – 80%	Tinggi
40,1% – 60%	Sedang
20,1 % – 40%	Rendah
0,0 % – 20%	Sangat rendah

3.7.2.2 Analisis Data Angket Respon Guru

Untuk menganalisis data respon guru terhadap *e* -LKPD yang dikembangkan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket
2. Memberi skor jawaban responden. Penskoran jawaban responden pada angket dilakukan berdasarkan Skala *Gutmann*

Tabel 15. Penskoran untuk Angket Respon Siswa berdasarkan Skala

Gutmann

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Ya	1
2	Tidak	0

Nilai dari data yang dihasilkan adalah persentase dari nilai rata-rata perindikator jawaban responden. Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

(Arikunto, 2010)

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah nilai skor

n = Jumlah individu skor

Dari perhitungan skor masing-masing pertanyaan, dicari persentase jawaban keseluruhan responden dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

(Asyahri & Silvia, 2016)

Keterangan:

P = Persentase

$\sum x$ = Jumlah jawaban responden dalam satu item

$\sum xi$ = Jumlah nilai ideal item

Adapun kriteria validasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16. Persentase Skor Lembar Validasi

Persentase	Kriteria
80,1% – 100%	Sangat tinggi
60,1 % – 80%	Tinggi
40,1% – 60%	Sedang
20,1 % – 40%	Rendah
0,0 % – 20%	Sangat rendah

3.7.3 Teknik Analisis Data Kepraktisan

Teknik analisis data kepraktisan meliputi:

3.7.3.1 Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan *e-LKPD* Berbasis *PBL* Terintegrasi *STEM* Untuk Meningkatkan *Complex Problem Solving*.

Analisis keterlaksanaan pembelajaran (dalam hal ini Modul Ajar) menggunakan

e -LKPD yang dikembangkan dengan menghitung jumlah skor yang diberikan oleh guru/pengamat untuk setiap aspek pengamatan, lalu dihitung persentase ketercapaiannya dengan rumus:

$$\%J_{in} = \frac{\sum J_i}{N} \times 100\%$$

(Sudjana, 2005)

Keterangan:

$\%J_{in}$ = Persentase jawaban -i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban -i

N = Jumlah seluruh responden

Tabel 17 . Kriteria Tingkat Keterlaksanaan.

Persentase	Kriteria
80,1% – 100%	Sangat tinggi
60,1 % – 80%	Tinggi
40,1% – 60%	Sedang
20,1 % – 40%	Rendah
0,0 % – 20%	Sangat rendah

3.7.4 Teknik Analisis Data Uji Validitas dan Reliabilitas Soal *Pretest/Postest*

Uji validitas dan reliabilitas soal tes dilakukan sebelum soal digunakan untuk *pretest* dan *posttest*. Adapun cara yang dilakukan untuk mengetahui validitas soal tes adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{N\sum xy - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum y)^2)(N\sum xy - ((\sum y)^2))}}$$

(Arikunto, 2013)

Keterangan :

r = Nilai validitas

N = Jumlah peserta tes

$\sum x$ = Jumlah skor total tes

$\sum y$ = Jumlah skor total kriterium (pembanding)

Selanjutnya, Menurut (Arikunto, 2010) uji reliabilitas soal tes dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *Alpha Cronbach* sebagai berikut :

$$r_{11} = \left(\frac{n}{(n-1)} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma^2 t} \right) \text{ dan } \sigma_t^2 = \frac{\sum x_t^2 - \frac{(\sum x_t)^2}{N}}{N}$$

Keterangan :

r_{11} = koefisien reliabilitas

n = jumlah butir soal

1 = bilangan konstanta

$\sum \sigma_t^2$ = jumlah varian skor

x_t^2 = varian total

Tabel 18. Tafsiran Reliabilitas Soal

Reliabilitas Soal	Keterangan
$0,80 \leq r_{11} \leq 1,00$	Reliabilitas Sangat tinggi
$0,60 \leq r_{11} \leq 0,80$	Reliabilitas Tinggi
$0,40 \leq r_{11} \leq 0,60$	Reliabilitas Sedang
$0,20 \leq r_{11} \leq 0,40$	Reliabilitas Rendah
$0,00 \leq r_{11} \leq 0,20$	Tidak Reliabel

Sumber: Arikunto (2010)

3.7.5 Teknik Analisis Data Skor Hasil *Pretest* dan *Posttest*

Skor hasil *pretest* dan *posttest* diubah menjadi nilai. Lalu nilai *pretest* dan *posttest* digunakan untuk mencari n-Gain untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik.

3.7.5.1 Perhitungan nilai peserta didik

Peningkatan kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik yang ditunjukkan oleh skor yang diperoleh peserta didik dalam test pengetahuan (*pretest* dan *posttest*).

Teknik penskoran nilai *pretest* dan *posttest* yaitu:

$$\text{Nilai siswa} = \frac{\text{jumlah skor jawaban yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

3.7.5.2 Menghitung n-Gain

Mengetahui besarnya peningkatan kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik pada kelas eksperimen, maka dilakukan analisis nilai gain ternormalisasi (*n-Gain*). Rumus *n-Gain* menurut Hake (1999) adalah sebagai berikut:

$$n\text{-Gain} = \frac{\text{Nilai posttest} - \text{pretest}}{\text{skor maksimal ideal} - \text{nilai pretest}}$$

Hasil perhitungan *n-Gain* kemudian dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi yang dinyatakan oleh Hake (1999) sebagaimana Tabel 19. berikut ini:

Tabel 19. Kategori *n-Gain*

Besar <i>n-Gain</i>	Kategori
$n\text{-Gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq n\text{-Gain} < 0,7$	Sedang
$n\text{-Gain} < 0,3$	Rendah

3.7.5.2 Effect Size

Uji *effect size* dilakukan untuk mengetahui kuat lemahnya hubungan dalam penelitian ini yakni kuat lemahnya peningkatan kemampuan *CPS* terhadap peserta didik. Kuat lemahnya kemampuan representasi dan argumentasi peserta didik menggambarkan besar dan kecilnya kontribusi penerapan *e-LKPD* pembelajaran pencemaran lingkungan berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* hasil pengembangan. Perhitungan *effect size* menurut Cohen (1988) , menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu^2 = \frac{t^2}{t^2 + df}$$

keterangan:

μ^2 = *effect size*

t = t hitung dari uji-t

df = derajat kebebasan

Tabel 20. Interpretasi *Effect Size* (Cohen, 2007)

Effect Size	Interpretasi
$0,2 \leq d \leq 0,5$	Kecil
$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
$0,8 \leq d \leq 2,0$	Tinggi

3.8 Teknik Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis menggunakan uji – t. Langkah-langkah pengujian hipotesis adalah uji normalitas, uji homogenitas, uji perbedaan dua rata-rata.

3.8.1 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran data yang diperoleh. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan program SPSS 16.0 menggunakan uji *Saphiro-Wilk* yang digunakan untuk menguji pendistribusian data pada sampel dengan taraf signifikansi 95% dan alfa 0,05. Hipotesis dalam uji normalitas sebagai berikut.

Ho : Data berdistribusi normal

H1 : Data tidak berdistribusi normal

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai signifikansi yang diperoleh. Apabila nilai signifikansi *asympt (2-tailed)* > 0,05 maka Ho diterima dan data berdistribusi normal.

3.8.2 Uji kesamaan dua varians (homogenitas)

Uji homogenitas dilakukan guna meyakinkan bahwa sampel memiliki varians data yang homogen. Uji homogenitas dilakukan dengan menggunakan program SPSS 16.0 menggunakan uji *Levene Test* dengan taraf signifikansi 95% dan nilai alpha 0,05. Hipotesis dalam uji homogenitas sebagai berikut.

Ho : Varian data homogen

H1 : Varian data tidak homogen

Kriteria pengambilan keputusan didasarkan pada nilai signifikansi yang diperoleh. Apabila nilai signifikansi *asympt.Sig (2-tailed)* > 0,05 maka H_0 diterima dan data homogen.

3.8.3 Uji perbedaan dua rata-rata

Pada penelitian ini menggunakan SPSS versi 20.0 dengan paired sample *t-test*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata nilai *pretest* kemampuan *Complex Problem solving* peserta didik berbeda secara signifikan dengan rata-rata nilai *posttest* kemampuan *Complex Problem solving* peserta didik. Adapun rumus hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Rata-rata nilai *posttest* kemampuan *Complex Problem solving* peserta didik berbeda nyata dari rata-rata nilai *pretest* kemampuan *Complex Problem solving* peserta didik

H_1 : Rata-rata nilai *posttest* kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik lebih rendah dari rata-rata nilai *pretest* kemampuan *Complex Problem solving* peserta didik

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahan ajar (*e*-LKPD) yang dikembangkan memiliki karakteristik berbasis digital, berbasis masalah kontekstual yang disusun berdasarkan sintaks *PBL* yang terintegrasi dengan pendekatan *STEM*. Bahan ajar (*e*-LKPD) yang dikembangkan dinyatakan praktis berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran yang tinggi mencapai 95 % , serta valid berdasarkan validitas *e*-LKPD berbasis *Problem Based Learning* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* yang diukur menggunakan angket validitas oleh validator dengan kategori tinggi mencapai 93,22%
2. Bahan ajar (*e*-LKPD) yang dikembangkan dinyatakan efektif meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* peserta didik yang didukung oleh hasil *effect size* sangat besar (4,12). kemampuan *Complex Problem Solving* mengacu pada indikator yang dikembangkan Chevallier (2016) yaitu: (1) *framing the problem*, (2) *diagnose the problem*, (3) *find the solution*, dan (4) *implementing the solution* yang diukur dengan *pretest-posttest* peserta didik. Adapun peningkatan kemampuan *Complex Problem Solving* tertinggi terdapat pada indikator *diagnose the problem* dengan diperoleh *n-Gain* sedang (0,56). Bahan ajar (*e*-LKPD) juga efektif mengembangkan *Enviromental Awareness* yang diukur dengan angket skala sikap diperoleh relatif tinggi (83,13%).

5.2 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pada Aplikasi *Flipbook* yang digunakan untuk membuat *e-LKPD* peserta didik tidak dapat menuliskan jawaban secara langsung, sehingga harus membuat laporan dan jawaban *e-LKPD* pada *Ms. Word* yang di *convert* ke *PDF*.
2. Waktu pelaksanaan pembelajaran tidak sesuai dengan modul ajar yang telah disusun, yang mana pada tahapan menentukan *prototipe* serta alat dan bahan yang akan dibuat membutuhkan waktu yang lebih lama sehingga waktu untuk membuat *prototipe* menjadi berkurang.

5.3 Saran

Adapun saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan keterbatasan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Peneliti menyarankan kepada guru/ calon peneliti yang ingin mengembangkan *e-LKPD* berbasis *PBL* terintegrasi *STEM* untuk meningkatkan kemampuan *Complex Problem Solving* dan *Environmental Awareness* lebih lanjut dapat menggunakan aplikasi yang interaktif, sehingga peserta didik dapat menuliskan jawaban secara langsung.
2. Bagi guru/calon peneliti hendaknya mempertimbangkan waktu yang akan digunakan untuk mengimplementasikan *e-LKPD* terutama tahap menentukan *prototipe* serta alat dan bahan yang akan dibuat yang membutuhkan waktu yang lebih lama, sehingga penerapan pembelajaran ini dapat dilaksanakan se-efisien mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, & Munawaroh,F. 2004. Problem Base Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. Jurnal Education. Vol 10.no 1:155-162.
- Acedo, C.. Hughes, C. 2014. *Principles for learning and competences in the 21st-century curriculum*. Prospects, 44(4), 503-525.
- Arda , F., Yogica, R., & Darussyamsu, R.2021. Pengembangan Lembar KERJA Peserta Didik Berbasis PBL Pada Materi Pencemaran Lingkungan. Prsidngs SEMNAS bio 2021 Universitas Negeri Padang.vol1: 997-1004
- Arikunto.,S. 2010. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. Bumi Aksara
- Afriana, J., Permanasari, T., dan Fitriani,. A. 2016. *Penerapan Project Based Learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan Literasi Sains Siswa Di tinjau dari Gender*. Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, Vol 2 No2: 202-212.
- Arnaud Chevallier, *Strategic Thinking in Complex Problem Solving* (New York: Oxford University Press 198 Madison Venue, 2016.
- Assalma, N,E., Rahayu, E.S., & Iswari, R.S. 2013. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik dan Pendektan Pembelajaran Berbasis Proyek dan Berwawasan Saling Temas. Unnes Journal. Vol 1:1-9.
- Asyhari, A., & Silvia, H. 2016. Pengembangan Media Pembelajaran berupa bulletin dalam bentuk buku saku untuk pembelajaran IPA Terpadu. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Buruni,5(1),:1-13.
- Astuti,P.2014. Analisis Pembelajaran Berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Mata Pelajara IPA:Sebuah Tinjauan Literatur.Vol 10.:79-86
- Barrows, H.S. 1980. *Problem Based Learning Approach to Medical Education*. New York.

- Bayumi, Efriyeni C., & Fauzie. 2021. *Penerapan Model Pembelajaran berdifrensiasi*. Budi Utama.
- Beers, S.Z. 2011. 21 st Skills: *Preparing Student for Future*. Tersedia: [http:// www. Yinghuaacademy.org](http://www.Yinghuaacademy.org) diunduh pada 17 desember 2023.
- Bybee, R.W. *The case for STEM education: Challenges and opportunity* Arlington, VI: *National Science Teachers Association* (NSTA) Press.
- Cohen. 1998. *Statistical power analysis for behavior science* (2nd) Erlbunn
- Chevalier, A. 2008. *Strategic Thinking In Complex Problem Solving*. Oxford Of University
- Chen, X. 2014. *Stem Attrition: Collage Students Path Into and Out Of STEM Field*. National Center of Education Statistics. Institute of Education Science.
- Cheng, S., H. dan Huang, L. 2018. *The Impact of Problem-Solving Instruction on Middle School Students' Physical Science Learning Interplays of Knowledge, Reasoning and Problem*. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology* Vol 14 No.33:731-743.
- Darmodjo, H., Kaligis, J.R.E. 1992. *Pendidikan Dunia Usaha dan Dunia Industri*. Jakarta.
- Denisa, L., & Hakim, L. 2021. *Pengembangan E-Modul Kontekstual Akuntansi Perbankan Syariah Kelas XI Berbasis Flip PDF Professional*. *Jurnal Pendidikan Akuntansi*. Vol 9. no 1:79-87
- Destalia, L., Suratno, S. dan H., Sulfiyah A. 2014. *Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah Dan Hasil Belajar Melalui Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah (PBM) Dengan Metode Eksperimen Pada Materi Pencemaran Lingkungan*. *Jurnal University of Jember* Vol 3 No 4: 213-224
- Dewi, O.C., Atmoko T.U., Alrasyid, H.A. Priyandana, D., Dewi, M.B., V & Siska, D. 2019. *Tackling Enviromental Pollution through Parcipatory Approach in Nambo South Tangerang, Indonesia*. *IOP Conferences Series: Earth and Enviromental Science*, 209(1).

- Dorner. 1990. The logic of failure” *Philosophical Transactions of the royal society of London. B, Biological Sciences* 327(1241): 4634-73.
- Dorner. 1987. *Dignostik Der Operativen Intelligenz*. Dignostica.
- Fischer,A., Greif,S., & Funke,J.2019. The Process of Complex Solving. *Journal of Problem Solving*.Vol 4.1.: 19-42
- Funke. 2007. *Complex Problem Solving A case for complec cognition? Cognitive Processing*, 11(2), 133-142.
- Goeleman, et al. 2010. *Ecological intelligence*. Kecerdasan ekologis. Mengungkap rahasia di balik produk-produk yang kita beli. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hake, R.R. 2002. Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Machanics with Gender, High School Physics, and Pretest Scores pn Mathemeatics and Spatial Visualization. Submitted to the physics Education Research Conferences (Boise,ID).
- Hanifah, DKK. 2019. *Pengaruh Model Pembelajaran E-leraning Berbantuan Media Pembelajaran Edmodo terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Peserta Didik*. Numerical: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 3(1): 31-42.
- Hasanah. 2021. *Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Matematis siswa kelas VII SMP*.
- Hanover Research. 2011. *K-12 STEM Education Overview*. Washington: District Admistration Practice.
- Harju-Autti,P. 2013. Measuring Enviromental Awareness in Nniteen States India. *Universal Journal Of Enviromental*. Vol 3. No 5: 544-554.
- Hattie, J. 2013. *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning* London: Routlege.

- Herkensens, H. dan Winden, A. 2021. *Solving Managerial Problems Systematically*. Routledge, Houten, Belanda: 136 hlm,
- Hudoyo, Herman. 2003. *Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Matematika*. Malang:UM Press.
- Ionita, F., & Simatupang. 2020. Pengaruh Model Problem Base Learning terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Biolokus*. Vol 3. No1: 245-251
- Jonassen, D.H. 2011. *Learning to Solve the problem*. New York: Routledge.
- Kumano, Y., & Goto. 2015 Issues Concerning Scientific Process in Science Lessons Involving Outdoor and Indoor Activities: A Comparative Study of Scientific Process in Japanese Science Classes the Chronological Development of Scientific Process in the U.S. through NGSS. Vol: 47:93-103
- Kurniati, D., Harimukti, R., & Jamil, N.A. 2022. Efektivitas Pembelajaran Berdiferensiasi Terhadap Keterampilan Sosial Siswa Kelas IV Mata Pelajaran IPAS di SDN 19 Palapa. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1.1:200-209
- Kepner, C. H., & Tregoe. 1965. *The Rational Manager*. New York.
- Kokkinen, E. 2013. *Measuring Environmental Awareness In the World*. Lokaku University of Qulu.
- Lathifah, M.F. Hidayati, B.N. & Zulandri. 2021. Efektivitas LKPD Elektronik sebagai Media Pembelajaran pada Masa Pandemi Covid 19 untuk Guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampenan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. Vol 4:0-5.
- Lou, S.-J. Tsai, H.-Y. Tseng, K.-H., & Shi, R.-C. 2014. *Effects of implementing STEM- I Project-Based Learning Activities for FEMALE High School Students*. Vol 12.1:52-73
- Maisya Riyanda, dkk. 2020. *Implementasi Metode Out Door Learning Terhadap Complex Problem Solving Skills Pada*

- Mahendra. 2019. *Project Based learning bermuatan Etnomatematika dalam pembelajaran matematika* JPI(Jurnal Pendidikan Indonesia).
- Muhaimin. 2015. *Membangun kecerdasan ekologis, model Pendidikan untuk meningkatkan kompetensi ekologis*. Bandung: Alfabeta.
- Nugraha, Derri. 2020. *Sampah Sumber Segala Masalah Lingkungan di Teluk Lampung*. Situs berita online. Diakses pada 12 Desember 2023.
- Nenggala, B. 2007. *Kepedulian Lingkungan Hidup: Teori dan Praktik Indonesia*. Jakarta: Pustaka Mandiri.
- Novelia, R., Rahimah D., & Syukur,. M.F.2017. Penerapan Model Mastery Learning berbantuan LKPD Untuk meningkatkan Hasil Belajar Matematika Peserta Didik Di kelas VIII SMP Negeri 4 Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah*. Vol 1: 20-25.
- OECD. 2018. *Results Combined Executive Summaries Volume I, II, III*. Paris: *The Organisation for economic cooperation and development*
- Orozlan, D. 2007. *Systems Thinking Skills and STEM Education*.
- Palmer,J.A.1998. *Environmental Education in 21ST Century : Theory, Practice, Progress and Promise*. Routledge.ISBN 978-0-415-13197-1.
- Partenen-Hertell,M.,Harju-Autti,P.,Kreft-Burman,K.,&Pemberton, D.1999. *Raising Environmental the Baltic Sea Area*. Finish Environmental Institute.ISBN 952-11-0528-3.
- Puccio, G. J., Murdock, M.C., & Mance, M. 2005. *Creative Leadership Skills That Drive Change*.
- Purba, Mariati, dkk. 2021. *Prinsip Pengembangan Berdiferensiasi (Diffretiated Instruction), pada Kurikulum Fleksibel sebagai Wujud Merdeka Belajar*. Jakarta: Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kemdikbudtek.
- Purwanto, B.,& Nugroho, A.A.2017. Penerapan Model Problem Base Learning pada Konsep Perusakan dan Pencemaran Lingkungan untuk meningkatkan Sikap

- Peduli Lingkungan Siswa SMA Negeri 1 Sabang. *Jurnal EduBio Tropika*.1:61-120.
- Poelmans. 2013. *Conceptual Structures for STEM Research and Education*.
- Potabenko, M. 2004. *Reserch On Enviromental Awereness In Ukraine*.
- Prastowo, Andi. 2012. “ *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*
- Rahayu.2021.A Shift Corporate Social Reponbility Program To Suport Vocational Education in Indonesia.Vol.27.no.1: 23-36
- Ristekdikti. 2018. *Tinggi di era Pengembangan IPTEK dan Pendidikan revolusi 4.0*. di unduh dari [https://www.ristekdikti.go.id/siaran-pers/pengembangan-iptek-dan Pendidikan-tinggi-di-era-revolusi-industri-4-0/](https://www.ristekdikti.go.id/siaran-pers/pengembangan-iptek-dan-pendidikan-tinggi-di-era-revolusi-industri-4-0/)
- Rustaman. 2015. *Development technology and engineering literacy through STEM-based education*. Proceeding Internatinal Conference On Inovation in Engineering and Vocational Education.
- Reeve, E.M. 2015. *STEM Thinking Technology and Engineering Teacher (ITEAA)*, 74(4) 8-16.
- Rowntree, Derek. 1995. *Teaching thought Self-Instruction How To Develp open Learing material*. (revisi sd). New York: Kogan Page London / Nicholas Publishing.
- Siti, Z. 2018. *Mengenal 4c: Learning and Innovation Skills Untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0*. 2nd Science Education National Confrence, 1-7.
- Sudjana,N. 2005. *Metode Statistika*. Tarsito.
- Supeno, Prastowo, S.H.B. dan Rahayu, M.P.2020. *Karakteristik Kemampuan Siswa SMP Menyelesaikan WII DAN III Structured Problems Pada pembelajaran Fisika*. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi* Vol 6 NO 1:63-72.
- Stohhlmann, M., Moore T., & Roehrig, G. (2012). *Considerations for Teaching Integrated STEM education*. *Journal of Pre-Colege Enginering Education Reasearch* , 28-34.

- Syukri, Muhammad, dkk. 2013. *Pendidikan STEM dalam Enterpreniul Science Thinking “EsciT” : Satu Pengkongsian Pengalaman dari UKM untuk Aceh*. Malaysia: Academy of Islamic Studies.
- Swan,J., & Stapp,W.B.1974. *Enviromental Education: Strategies Toward a More Livable Future*. ISBN 978-0471838801.
- Switzerland,F. Wustenberg,S.,Greiff S. 2013. *Validity of the micro DYN Approach: Complex Problem Solving Predicts School Grades Beyond Working memory capacity*.
- Tomlinson, C. A., & Moon, T. R. 2013. *Assesement and Student Succes in a Diddrentiated Classroom*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Torlakson. 2014. *A Blueprint for STEM In California Public Education*.
- Triyanto. 2011. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progesif*. Jakarta: Kencana Prenas Media
- Volmeyer, Regina, Bruce D Burns, and Keith J Holyoak. 1996. “ *The Impact of Goal Specifity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure*.” *Cognitive science* 20(1): 75-100.
- Wagner,T. 2010. *Overcoming The Global Achievement Gap*. Cambridge, Mass: Harvard Univerisity.
- Widiyatmoko, A. 2014. *Pengelolaan Sampah*. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan. Jakarta.
- Yuliandriati. 2019 *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Base Learning Pada materi ikatan kimia kelas X*. Jurnal Tadris Kimia. Vol.1.no. 4:105-120.