

**PENGEMBANGAN *E-MODUL* TERINTEGRASI STEM PADA MATERI
PENCEMARAN LINGKUNGAN BERORIENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
PEMECAHAN MASALAH**

(Tesis)

Oleh

**DINA ELSE FERNANDU
NPM 1923025007**



**MAGISTER PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PENGEMBANGAN *E-MODUL* TERINTEGRASI STEM PADA MATERI
PENCEMARAN LINGKUNGAN BERORIENTASI UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
PEMECAHAN MASALAH**

Oleh

DINA ELSE FERNANDU

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Jurusan Pendidikan MIPA
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan**



**MAGISTER PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *E-MODUL* TERINTEGRASI STEM PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN BERORIENTASI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH

Oleh

DINA ELSE FERNANDU

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan *e-modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang berorientasi untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah yang efektif. Pada penelitian ini, digunakan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Instrumen yang digunakan adalah instrument tes berupa soal *pretest-postes* untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah dan instrument non tes berupa lembar respon peserta didik dan pendidik. Analisis data berdasarkan data *N-Gain*, *effect size* dan persentase deskriptif respon peserta didik dan pendidik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-modul* hasil pengembangan terintegrasi STEM dinyatakan “Sangat Valid” (91,7%). Produk *e-modul* terintegrasi STEM yang dikembangkan juga dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Efektifitas *e-modul* yang dikembangkan mendapatkan *N-Gain* dengan kategori “Sedang” (0,50), selain itu berdasarkan nilai *effect size* yang didapatkan (0,546), *e-modul* memiliki kategori “Sedang” dalam memberikan dampak pada kemampuan pemecahan masalah. Selanjutnya, skor hasil respon peserta didik dan pendidik terhadap produk *e-modul* terintegrasi STEM yang dikembangkan dinyatakan “Sangat Menarik” oleh peserta didik (86,6%) dan pendidik (83%).

Kata kunci : E-modul, STEM, PJBL, pemecahan masalah

ABSTRACT

DEVELOPMENT E-MODULE INTEGRATED STEM IN ENVIRONMENTAL POLLUTION MATERIALS ORIENTED TO IMPROVE PROBLEM SOLVING SKILLS

By

DINA ELSE FERNANDU

This study aims to develop an integrated STEM e-module on environmental pollution material that is oriented towards increasing effective problem solving skills. In this study, was used ADDIE development model (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation). The instruments used were test instruments in the form of pretest-posttest questions to measure problem-solving skills and non-test instruments in the form of students and teachers response sheets. Data analysis based on N-Gain data, effect size and descriptive percentage of student and teacher responses. The results of the study show that the e-module resulting from STEM integrated development is declared "Very Valid" (91.7%). The developed STEM integrated e-module product was also found to be effective in increasing problem solving abilities. The effectiveness of the developed e-module gets an N-Gain in the "Moderate" category (0.50), besides that based on the effect size value obtained (0.546), the e-module has a "Medium" category in having an impact on problem solving abilities. Furthermore, the scores of students' and educators' responses to the STEM integrated e-module products developed were declared "Very Interesting" by students (86.6%) and educators (83%).

Keywords: E-module, STEM, PJBL, problem solving

Judul Tesis

: **PENGEMBANGAN E-MODUL
TERINTEGRASI STEM PADA MATERI
PENCEMARAN LINGKUNGAN
BERORIENTASI UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH**

Nama Mahasiswa

: **Dina Else Fernandu**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1923025007**

Program Studi

: **Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam**

Jurusan

: **Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam**

Fakultas

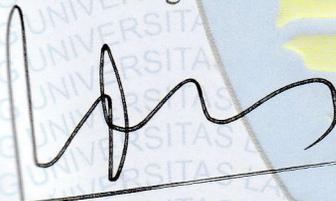
: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

NIP. 19681210199303 1 002


Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.

NIP. 19611027 198603 2 001

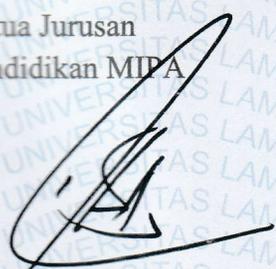
2. **Mengetahui**

Ketua Jurusan

Pendidikan MIPA

Ketua Program Studi

Magister Pendidikan IPA


Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

NIP. 19600301 198503 1 003


Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.

NIP. 19611027 198603 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua : **Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.**



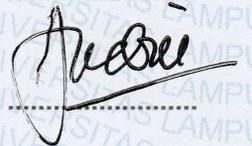
Sekretaris : **Dr. Dewi Lengkana, M.Sc.**



Penguji Bukan
Pembimbing : **1. Dr. Tri Jalmo, M.Si.**



2. Dr. Noor Fadiawati, M.Si



2. Dekan Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan

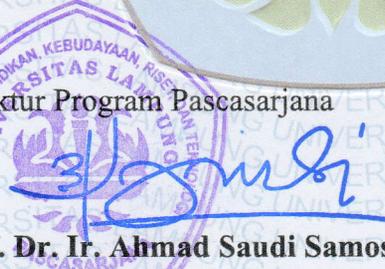


Dr. Sunyono, M.Si.
NIP. 19651230 199111 1 001



3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 19620415 199803 1 005



Tanggal Ujian Tesis : 01 Februari 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, dengan ini menyatakan dengan sebenar•
benarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul "" PENGEMBANGAN *E-MODUL* TERINTEGRASI
STEM PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN
BERORIENTASI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
PEMECAHAN MASALAH adalah hasil karya saya sendiri dan saya tidak
melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan
cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat
akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atau karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada
Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari adanya ketidakbenaran, saya
bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya
bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 01 Februari 2023

Yang menyatakan



Dina Else Fernandu

NPM. 1923025007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Tengah pada tanggal 11 Februari 1995, sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Samsudin dan Ibu Seniwati. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 4 Gunung Madu pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Satya Dharma Sudjana pada tahun 2010, Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2013, dan memperoleh gelar sarjana Pendidikan Biologi (S1) di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung pada tahun 2017. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Magister Pendidikan IPA, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung. Penulis aktif bergabung menjadi *Trainer* pada *Program Education Sustainable Development* WWF Indonesia tahun 2020, dan hingga tahun 2023 masih aktif menjadi *volunteer* dari gerakan *Earth Hour* di Indonesia dan Kegiatan kampanye terkait lingkungan hidup dalam bidang Pendidikan di Bandar Lampung.



Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha
Penyayang

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrabbi'l'amin, segala puji dan syukur hanya untuk Allah SWT,
atas rahmat dan nikmat yang telah diberikan, serta kekuatan, kesehatan, dan
kesabaran utukku dalam mengerjakan skripsi ini
Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjunganku
Nabi Muhammad SAW

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

Ayahku (Samsudin) dan Ibuku (Seniwati)

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

Adikku dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungannya ketika
aku berada di dalam kesulitan, membimbingku dan menasihati ketika aku
hilang arah.

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

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis yang berjudul “Pengembangan *E-Modul* Terintegrasi STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Berorientasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah” adalah salah satu syarat untuk mencapai gelar magister pendidikan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung
2. Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Pendidikan Universitas Lampung.
5. Dr. Dewi Lengkana, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung, dan Pembimbing II dalam penyusunan tesis ini yang telah memberikan ilmu pengetahuan, nasehat, motivasi, arahan, dan bimbingan kepada penulis.
6. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing akademik dan Pembimbing I dalam penyusunan tesis yang telah membimbing, memotivasi, dan mengarahkan penulis selama proses penulisan tesis.
7. Dr. Tri Jalmo, M.Si., selaku Pembahas dan Penguji I dalam penyusunan tesis yang telah banyak memberikan masukan, arahan, saran dan kritik yang bersifat positif dan membangun.

8. Dr. Noor Fadiawati, M.Si., selaku Penguji II dalam penyusunan tesis yang telah banyak memberikan masukan, arahan, saran dan kritik yang bersifat positif dan membangun.
9. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku validator Konstruk, Dr. Dina Maulina, M.Si., selaku Validator Isi, serta Dr. Mulyanto Widodo, M.Pd., selaku Validator Bahasa yang telah memberikan saran dan masukan evaluatif terhadap *e-modul* terintegrasi STEM hasil pengembangan.
10. Dosen Magister Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama menempuh pendidikan.
11. Rani Amrista Wijayanti, S.Pd., M.Sc. selaku Kepala SMP Global Madani yang telah memberikan izin penelitian.
12. Lu'lu' Kholidah Fauziah, M.Sc. selaku guru pengampu mata pelajaran IPA kelas VII SMP Global Madani yang telah memberikan bantuan, masukan dan saran selama proses penelitian.
13. Pimpinan, guru dan staff SD Global Madani yang telah memberikan semangat, izin dan doa selama penulisan tesis.
14. Pimpinan dan rekan Guru SMA Negeri 5 Bandar Lampung yang memberikan semangat, izin dan doa dari awal menempuh pendidikan magister.
15. Teman-teman di Program Studi Magister Pendidikan IPA angkatan 2019, semoga semua kebaikan yang telah diberikan mendapatkan pahala dari Allah SWT.

Bandar Lampung, 01 Februari 2023

Penulis

Dina Else Fernandu

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bahan Ajar <i>E-Modul</i>	10
2.2 STEM (<i>Science, Technology, Engineering, Mathematic</i>).....	12
2.3 Kemampuan Pemecahan Masalah.....	15
2.4 Analisis Kedalaman dan Keluasan Materi.....	19
2.5 Model Pembelajaran Berbasis Masalah.....	22
2.6 Kerangka Pemikiran.....	26
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Desain Penelitian.....	29
3.2 Prosedur Pengembangan.....	29
3.3 Subjek Uji Coba.....	36
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.5 Instrumen Penelitian.....	37
3.6 Teknik Analisis Data.....	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Data Responden.....	45
4.2 Analisis Statistik Data Penelitian.....	49
4.3 Pembahasan.....	52
V. SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan.....	66
5.2 Saran.....	66

DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	
1. <i>Storyboard E-Modul</i>	78
2. Kisi-Kisi Angket Analisis Kebutuhan <i>E-Modul</i>	85
3. Angket Analisis Kebutuhan <i>E-Modul</i>	86
4. Rekapitulasi Hasil Angket Analisis Kebutuhan <i>E-Modul</i>	89
5. Kisi-Kisi Kuisisioner Validasi Ahli.....	94
6. Lembar Kuisisioner Validasi Ahli Konstruk.....	96
7. Lembar Kuisisioner Validasi Ahli Isi.....	100
8. Lembar Kuisisioner Validasi Ahli Bahasa.....	103
9. Hasil Kuisisioner Validasi Ahli Konstruk.....	105
10. Hasil Kuisisioner Validasi Ahli Isi.....	107
11. Hasil Kuisisioner Validasi Ahli Bahasa.....	108
12. Angket Respon Peserta Didik.....	109
13. Hasil Respon Peserta Didik.....	112
14. Angket Respon Pendidik.....	114
15. Hasil Respon Pendidik.....	117
16. Silabus.....	118
17. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).....	121
18. Kisi-Kisi Pretest-Posttest.....	132
19. Soal Pretest-Posttest.....	147
20. Kunci Jawaban Pretest-Posttest.....	175
21. Rubrik Penilaian Pretest-Posttest.....	179
22. Data Validasi Dan Reliabilitas Butir Soal.....	182
23. Data Hasil Nilai Pretes-Postes Kontrol.....	185
24. Data Hasil Nilai Pretes-Postes Eksperimen.....	186
25. Hasil Uji Dan <i>Effect Size</i> Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	187
26. <i>E-Modul</i> Hasil Pengembangan.....	193

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Definisi komponen dasar area konten dan praktek pada STEM.....	13
2. Indikator <i>Science, Technology, Engineering, Mathematic</i>	14
3. Skema kegiatan dan hasil pengelolaan metode pemecahan masalah.....	16
4. Skema kemampuan pemecahan masalah.....	18
5. Keluasan dan kedalaman materi	19
6. Sumber bahan pencemar air.....	20
7. Sumber bahan pencemar udara.....	21
8. Sumber bahan pencemar tanah.....	21
9. Perbedaan Tahap PjBL Lucas, Doppelt dan Laboy-Rush.....	23
10. Sistematika <i>E-Modul</i> terintegrasi STEM.....	24
11. Interpretasi Skor Kuesioner Validasi.....	39
12. Kriteria Koefisien Validitas.....	39
13. Kriteria Koefisien Reliabilitas.....	39
14. Kriteria Skor NGain.....	41
15. Kriteria nilai <i>effect size</i>	42
16. Skor Respon Pendidik dan Peserta Didik.....	42
17. Interpretasi Skor Kuesioner Respon Pendidik dan Peserta Didik.....	43
18. Variabel, Jenis Data, Instrumen, dan Analisis Data.....	43
19. Hasil persentase keseluruhan skor validasi.....	48
20. Hasil Uji Validitas Soal	49
21. Hasil Statistika Deskriptif.....	50
22. Hasil Uji Normalitas Data.....	50
23. Hasil nilai <i>N-Gain</i> dan analisis uji dua sampel berpasangan.....	51
24. Hasil Respon Peserta Didik dan Pendidik.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	28
2. Alur validasi <i>E-Modul</i>	31
3. Alur penelitian dan pengembangan	35
4. Data respon guru pada aspek kemampuan pemecahan masalah	45
5. Data respon guru pada aspek kemampuan pemecahan masalah	45
6. Data hasil validasi produk <i>E-Modul</i> Terintegrasi STEM yang dikembangkan	48
7. Tampilan awal <i>story board</i> pada penyusunan awal	53
8. Tampilan <i>story board</i> setelah perbaikan	54
9. Tampilan aplikasi desain grafis <i>Canva</i>	54
10. Tampilan sampul sebelum perbaikan (kiri) dan setelah perbaikan (kanan)	55
11. Tampilan halaman gambaran umum <i>E-Modul</i>	55
12. Tampilan sebelum perbaikan (kiri) dan setelah perbaikan (kanan)	56
13. Tampilan hasil <i>E-Modul</i> dengan aplikasi <i>Kvisoft FlipBook Maker</i>	56
14. Contoh tampilan bagian informasi pada modul elektronik	58
15. Tampilan bagian merumuskan masalah pada <i>E-Modul</i>	59
16. Contoh jawaban dalam menyusun rumusan masalah	59
17. Tampilan pada <i>E-Modul</i> terkait tautan <i>website</i> yang dikunjungi	60
18. Contoh jawaban terkait tautan <i>website</i> yang dikunjungi	60
19. Tampilan pada <i>E-Modul</i> terkait aspek <i>mathematic</i>	61
20. Contoh jawaban terkait aspek <i>mathematic</i>	61
21. Tampilan pada <i>E-Modul</i> terkait aspek <i>engineering</i>	62
22. Contoh jawaban terkait aspek <i>engineering</i>	62
23. Aktivitas siswa membuat lubang biopori	63

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Revolusi industri saat ini memasuki fase ke empat dan disebut sebagai revolusi industri 4.0. Era revolusi industri ini juga dikenal dengan istilah revolusi digital dan era disrupsi. Menurut Kasali (2018), disrupsi diartikan juga sebagai inovasi. Revolusi ini telah mengubah cara kerja manusia menjadi digitalisasi melalui inovasi-inovasi (Suwardana, 2017). Ciri-ciri era disrupsi yaitu perubahan yang masif, cepat, dengan pola yang sulit ditebak (*Volatility*), perubahan yang cepat menyebabkan ketidakpastian (*Uncertainty*), terjadinya kompleksitas hubungan antar faktor penyebab perubahan (*Complexity*), dan kekurangjelasan arah perubahan yang menyebabkan ambiguitas (*Ambiguity*) (Ristekdikti, 2018). Dengan demikian, diperlukan kemampuan yang perlu disiapkan untuk menghadapi tantangan tersebut.

Kemampuan yang perlu disiapkan untuk menghadapi era revolusi industri 4.0 menjadi bagian dari tuntutan kemampuan abad 21 dalam pendidikan. Menurut Yuliati dan Saputra (2019), era revolusi industri 4.0 memiliki dampak terhadap pendidikan sains untuk mampu mempersiapkan individu yang memiliki kompetensi mumpuni dalam menghadapi berbagai tantangan di masa depan. Kehidupan dimasa depan menuntut anak untuk memiliki kecakapan berpikir dan belajar. Mulyasa dalam Sumantri (2019), menyebutkan kemampuan abad 21 yang dimaksud diantaranya adalah pemecahan masalah (*problem solving skill*), berpikir kritis (*critical thinking skill*), kolaborasi (*collaboration skill*), komunikasi (*communication skill*), dan kreativitas (*creativity and innovation skill*). Kompleksitas tantangan dan permasalahan yang akan dihadapi oleh peserta didik dimasa depan, menuntut salah satu kemampuan abad 21 yaitu pemecahan masalah menjadi penting untuk dipersiapkan.

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan yang harus dimiliki peserta didik untuk menemukan jawaban dari suatu masalah melalui proses yang melibatkan pencarian dan pengelolaan informasi (Fitriyah, dkk., 2018; Susiana, dkk., 2018). Rahayu, dkk., (2021) mengungkapkan bahwa ditemukan kategori rendah dalam kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas VI, pada konsep pencemaran lingkungan. Kemampuan pemecahan masalah yang rendah juga dapat diamati pada kasus terjadinya pencemaran lingkungan yang ada tepatnya di Indonesia. Hal ini didukung oleh data yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) tahun 2019. Indonesia memiliki nilai indeks 66,55 dengan predikat cukup baik. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2019 dalam Andianti, dkk. (2020), mendata dari 98 sungai di Indonesia 54 sungai berstatus cemar ringan, 6 sungai cemar ringan-cemar sedang, dan 38 sungai berstatus cemar ringan-cemar berat. Keadaan ini lebih buruk dari tahun sebelumnya pada 2018 yaitu dari 97 sungai di Indonesia 67 sungai berstatus cemar ringan, 5 sungai cemar ringan-cemar, dan 25 sungai berstatus cemar ringan-cemar berat.

Rendahnya kemampuan pemecahan masalah juga muncul pada kasus terjadinya pencemaran lingkungan yang ada di Provinsi Lampung. Menurut data Dinas Lingkungan Hidup Lampung (Nugraha, 2020), 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., 2018), mencermati bahwa warga Lampung memiliki kecenderungan enggan membayar pungutan sampah dan memilih untuk membuang sampah langsung ke laut. Rendahnya kemampuan pemecahan masalah pada saat ini, menjadikan pentingnya pembiasaan pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa untuk menghadapi tantangan hidup.

Permasalahan yang kompleks, dihadapi dalam era revolusi industri ini salah satunya terkait dengan masalah lingkungan hidup, atau lebih sering dikenal terkait permasalahan pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan termasuk dalam permasalahan yang kompleks dan membutuhkan berbagai disiplin ilmu untuk dapat terlibat merincikan serta mencari solusi dari permasalahan tersebut. Jenis permasalahan yang demikian, digolongkan pada masalah yang tidak terstruktur dengan baik atau *Ill Structured Problem*.

Masalah yang tidak terstruktur dengan baik (*Ill structured problems*) adalah salah satu jenis masalah yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan tidak dibatasi oleh domain konten yang dipelajari di kelas (Jonassen, 2011). Masalah yang tidak terstruktur menunjukkan tantangan yang kompleks dan penyebab yang relevan untuk masalah tersebut seringkali tidak jelas. Contoh masalah tersebut adalah masalah keberlanjutan berkaitan dengan lingkungan hidup seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan atau kelangkaan sumber daya (Mitchell & Walinga, 2017). Berkaitan dengan permasalahan yang tidak terstruktur terkait lingkungan hidup, didapatkan fakta bahwa sebagian besar peserta didik mendapatkan hasil yang kurang memuaskan dalam mengenali masalah, merencanakan strategi, dan menerapkan strategi pada *ill structured problems* serta melakukan evaluasi (Supeno, dkk., 2020). Dengan demikian, pentingnya penerapan pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik, terutama pada materi yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan.

Dalam pembelajaran di sekolah, materi terkait terjadinya pencemaran lingkungan terdapat dalam kurikulum 2013. Materi tersebut terdapat pada kelas VII SMP dengan kompetensi dasar (KD) 3.8 menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dan 4.8 membuat tulisan tentang gagasan pemecahan masalah pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan (Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 35 Tahun, 2018). Namun, sangat penting untuk diperhatikan upaya penerapannya dalam pembelajaran di kelas. Penerapan

materi sesuai dengan kompetensi dasar yang berkaitan dengan terjadinya pencemaran lingkungan dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik sesuai tuntutan kemampuan abad 21, dengan penerapan model pembelajaran dan metode yang tepat (Destalia, dkk., 2014).

Pembelajaran berbasis proyek pada materi pencemaran lingkungan menunjukkan hasil peningkatan signifikan kemampuan peserta didik, motivasi belajar, dan hasil belajar peserta didik (Sitompul, dkk., 2020; Ashariah, dkk., 2020; Solekhah, 2020). Berdasarkan hasil penelitian Thovawira, F. A., dkk. (2020), pembelajaran berbasis proyek pada materi pencemaran lingkungan menunjukkan hasil peningkatan signifikan kemampuan peserta didik, motivasi belajar, dan hasil belajar peserta didik. Menurut Sukmawijaya, dkk. (2019), model pembelajaran STEM-PjBL berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan peserta didik. Aplikasi STEM dalam pembelajaran sudah diterapkan dalam pembelajaran di negara-negara berkembang (Permanasari, 2016), sehingga STEM dapat diintegrasikan sebagai pendekatan, model pembelajaran, maupun disisipkan dalam materi pelajaran melalui bahan ajar. Pada pembelajaran STEM perlu diberikan tantangan untuk melakukan tugas-tugas rekayasa otentik sebagai komplemen dari pembelajaran sains melalui kegiatan-kegiatan proyek yang mengintegrasikan sains, rekayasa, teknologi, dan matematika (Bybee, 2013).

Penerapan pembelajaran yang tepat juga didukung oleh penggunaan bahan belajar yang sesuai dengan kebutuhannya. Bahan ajar yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran terkait materi terjadinya pencemaran lingkungan. Pemilihan bahan ajar lebih berdampak pada belajar peserta didik dibandingkan dengan efektivitas guru (Chingos, 2012). Salah satu media belajar yang digunakan dalam pembelajaran adalah modul. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Almuharomah, dkk. (2019); Zulaiha dan Kusuma (2020), modul yang disusun sebagai bahan belajar terintegrasi STEM mampu meningkatkan kecakapan abad 21 dan memotivasi peserta didik. Menurut Marpaung (2020), penggunaan modul dalam proses pembelajaran

efektif untuk meningkatkan kecakapan hasil belajar peserta didik. Penggunaan modul mendukung pembelajaran peserta didik dalam kelas, selain itu modul yang dipilih juga harus sesuai dengan kebutuhan kemajuan teknologi di era revolusi industri 4.0.

Kemajuan teknologi tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran yang dilakukan di era revolusi 4.0. menggunakan bahan ajar berbasis elektronik menjadi salah satu pilihan yang dapat diterapkan dalam pembelajaran. Menurut Shoimin (2014), dalam penerapan pembelajaran inovasi dan kreasi sangat diperlukan untuk penguasaan materi yang dikelola dan ditampilkan secara profesional. Salah satu penerapannya dengan menggunakan modul yang berbasis elektronik. *E-Modul* adalah bahan belajar yang telah dirancang secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu dan dirancang berbentuk satuan waktu tertentu yang bisa ditampilkan dengan menggunakan alat elektronik tertentu (Priatna, dkk. 2017). Devitri, dkk. (2019) dan Puspitasari (2019), menuliskan bahwa penggunaan modul elektronik juga efektif diimplementasikan dalam pembelajaran peserta didik. Penggunaan *E-Modul* dalam pembelajaran sebagai upaya inovasi terbaru bagi pendidik untuk meningkatkan kemampuan berfikir peserta didik sesuai tuntutan abad 21 (Pujiati, dkk. 2019).

Untuk mengetahui kebutuhan inovasi dalam membuat bahan ajar *E-Modul* terintegrasi STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik yang ada dilapangan dilakukan survei terhadap kebutuhan guru. Analisis kebutuhan guru IPA sekolah menengah pertama dilakukan guna menemukan kebutuhan guru berdasarkan keadaan sebenarnya. Dari hasil sebaran angket analisis kebutuhan, 93,8% guru IPA SMP mengetahui adanya tuntutan kemampuan peserta didik di abad 21. Namun, hanya 37,8% saja yang menuliskan kemampuan pemecahan masalah masuk dalam tuntutan kecakapan abad 21. Sebagian besar reponden guru IPA SMP mengaku sudah mengetahui tentang kemampuan pemecahan masalah peserta didik dengan persentase hasil 95,8% dan 79,2% telah menjalankan pembelajaran dengan meningkatkan

kemampuan pemecahan masalah peserta didik dengan berbagai macam model pembelajaran termasuk *Problem Base Learning*, inkuiri terbimbing, *discovery learning*, diskusi dan disertai alat peraga. Namun, tanggapan tentang pemahaman guru IPA SMP terkait kemampuan pemecahan masalah masih beragam, dan kurang tepat.

Analisis kebutuhan juga dilakukan pada aspek bahan ajar yang digunakan guru IPA SMP. Seluruh responden setuju atas penggunaan bahan ajar dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Mengunduh bahan ajar dari internet memiliki persentase yang paling tinggi yaitu 37,5%. Selanjutnya, hasil pernyataan tentang penggunaan bahan ajar elektronik, yaitu 100% dibutuhkan oleh guru IPA SMP dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan 77,1% bahan ajar yang digunakan guru IPA SMP diakui dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Sedangkan, 22,9% mengaku bahwa bahan ajar yang digunakan belum dapat memfasilitasi peserta didik untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

Kebutuhan akan penggunaan bahan ajar yang terintegrasi STEM dan mengkonstruksikan cara berpikir pemecahan masalah peserta didik mendapatkan hasil 100% dibutuhkan oleh guru IPA SMP. Namun dalam pelaksanaannya 64,6% yang mengaku telah mengimplementasikannya itu pun hanya terintegrasi STEM saja, sisanya 35,4% belum mengintegrasikan STEM dan mengkonstruksikan cara berpikir pemecahan masalah peserta didik. Dengan hasil analisis dan fakta ideal yang dibutuhkan peserta didik untuk dapat menghadapi tuntutan kehidupan di masa yang akan datang maka dalam penelitian ini dikembangkan *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mengembangkan *E-Modul* terintegrasi STEM yang valid

dan berorientasi dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah?

2. Bagaimana repon guru dan siswa terhadap produk *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dikembangkan?
3. Bagaimana efektifitas produk *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang valid berorientasi dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
2. Mengetahui repon guru dan siswa terhadap produk *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dikembangkan.
3. Mendeskripsikan efektivitas *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pengembangan handout berbasis STEM ini, antara lain:

1. Manfaat bagi siswa, dapat menambah pengalaman dapat melaksanakan pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan terintegrasi STEM dan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
2. Manfaat bagi guru, dapat menambah alternatif penggunaan bahan ajar khususnya bahan ajar seperti modul terintegrasi STEM untuk

meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

3. Manfaat bagi sekolah, dapat memberikan masukan ide mengenai bahan ajar terintegrasi STEM dan pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

1.5 Rung Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Produk yang akan dihasilkan dalam penelitian ini adalah *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah .
2. *E-Modul* terintegrasi STEM meliputi materi, video, gambar, tautan pembelajaran, kuis, soal dan menggunakan software *Canva* dan *Kvisoft FlipBook Maker*.
3. Subjek uji coba adalah peserta didik dan pendidik untuk menguji kemenarikan dan kepraktisan penggunaan *E-Modul*, keefektifan di uji pada subjek uji coba kelompok kecil yang diperoleh dari hasil tes soal pada *E-Modul*.
4. Tingkat validitas *E-Modul* dalam penelitian ini meliputi aspek konstruksi, materi/isi dan bahasa
5. Kemenarikan dalam penelitian ini ditinjau dari respon guru dan respon peserta didik menggunakan
6. Indikator kemampuan pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian merujuk pada indikator yang dikembangkan oleh Cheng, dkk. (2018), antara lain mengidentifikasi konsepsi yang diketahui untuk memfasilitasi penyelesaian masalah yang diusulkan (*Identify known conception*), memberikan lebih dari dua solusi yang mungkin (*Provide Solutions*), mengevaluasi solusi yang diajukan (*evaluate solutions*), Merancang dan melakukan percobaan sesuai dengan desain yang ditetapkan untuk diterapkan (*design and perform experiment*) dan memberikan penjelasan berbasis bukti (*evidence based explanation*)..

7. Materi yang disajikan dalam *E-Modul* ini adalah materi Pencemaran lingkungan di SMP kelas VII/ Semester II pada KD 3.8. Menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dan KD 4.8 Membuat tulisan tentang gagasan penyelesaian masalah pencemaran di lingkungannya.
8. Model Pembelajaran yang digunakan adalah *Project Based Learning* (PjBL) Terintegrasi STEM dengan memuat sintaks refleksi, melakukan penyelidikan, mencari informasi, menerapkan, dan mengkomunikasikan (Laboy & Rush, 2010).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Ajar *E-Modul*

Bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun tidak tertulis (Depdiknas, 2008). Bahan ajar cetak menurut Kelana dan Pratama (2019) meliputi handout, modul, buku dan lembar kerja siswa (LKS), sedangkan non cetak meliputi audio, audio-visual, dan multimedia. Menurut Zain (2017), memilih dan mengembangkan bahan ajar perlu dipertimbangkan berdasarkan tujuan pembelajaran. Aspek pengembangan bahan ajar mencakup ruang lingkup dan tahapan-tahapan pada bahan ajar. Ruang lingkup bahan ajar berkaitan dengan keluasan bahan ajar yang dipandang relevan untuk mengantarkan peserta didik mencapai tujuan, dan tahapan-tahapan bahan ajar menyangkut struktural bahan ajar.

Pada penelitian ini dikembangkan bahan ajar modul IPA, namun dalam bentuk elektronik. Modul adalah salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, di dalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan didesain untuk membantu siswa menguasai tujuan belajar yang spesifik. Modul mencakup karakteristik *Self Instruction* (dapat digunakan untuk belajar secara mandiri), *Self Contained* (materi pembelajaran disusun secara tuntas), *Stand Alone* (tidak harus digunakan bersamaan dengan bahan belajar lainnya), *Adaptive* (menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi), dan *User Friendly* (mudah digunakan) (Daryanto, 2013). Modul elektronik atau *E-Modul* disajikan secara elektronik dengan menggunakan hard disk, disket, CD, atau flashdisk dan dapat dibaca dengan menggunakan komputer atau alat pembaca buku

elektronik (Wijayanto dan Zuhri, 2014). Dengan demikian diketahui bahwa modul elektronik berbeda dengan modul cetak dalam bentuk fisik atau media untuk mengaksesnya.

Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi menurut Rosenberg (2011), terdapat beberapa hal yang menyebabkan pergeseran dalam proses pembelajaran, diantaranya beralih dari penggunaan bahan ajar cetak menggunakan kertas ke pembelajaran dengan bahan ajar elektronik menggunakan perangkat elektronik, terintegrasi dengan jaringan internet. Menurut Vitrianingsih, dkk. (2021) sumber belajar yang digunakan dalam memahami materi pembelajaran selama masa pandemi *covid* saat ini antara lain: Buku paket, *E-book*, LKS, dan media internet, serta pengembangan elektronik modul untuk membantu proses pemahaman materi peserta didik. Modul pembelajaran pada masa pandemi *Covid-19* didesain dalam bentuk elektronik (*E-Modul*) sehingga memudahkan peserta didik dalam mengaksesnya (Nurmayanti, 2021).

Penelitian terdahulu dilakukan untuk mengukur efektifitas pengembangan elektronik modul yang akan digunakan sebagai bahan ajar. Menurut penelitian Sidiq dan Nujuah (2020), elektronik modul efektif dapat digunakan dalam pembelajaran dan memiliki implikasi dapat membangun, memicu, memperkuat minat peserta didik untuk belajar secara mandiri dan proses pembelajaran lebih efektifitas, efisiensi sehingga terjadi peningkatan kualitas pembelajaran. Penelitian lainnya dilakukan oleh Lestari dan Parmiti (2020); Oktaviara dan Pahlevi (2019); Maryam, dkk. (2019), menyatakan bahwa pengembangan *E-Modul* sebagai bahan ajar efektif dan dapat digunakan dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan dan hasil belajar peserta didik.

Penyusunan modul memperhatikan sistematika struktur penyusunan yang ideal. Satu modul dibuat untuk mengajarkan suatu materi yang spesifik supaya peserta belajar mencapai kompetensi tertentu. Berdasarkan

Disdiknas (2008) tentang penulisan modul, sistematika struktur penulisan modul terdiri dari bagian pembuka mencakup judul, daftar isi, peta informasi, daftar tujuan kompetensi, dan tes awal; bagian inti mencakup pendahuluan/tinjauan umum materi, hubungan dengan materi atau mata pelajaran lain, uraian materi (jika materi cukup luas, maka dapat dikembangkan ke dalam beberapa kegiatan belajar (KB)). Setiap KB memuat uraian materi, penugasan, dan rangkuman), penugasan, dan rangkuman; bagian penutup glossary atau daftar istilah, tes akhir dan indeks.

2.2 STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*)

STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) diperkenalkan pada tahun 2001 untuk merujuk pada kurikulum sains, teknologi, teknik dan matematika (Tim Teaching Institute for Excellence on STEM, 2010). Pada konsep pendidikan modern, STEM diintegrasikan dalam berbagai disiplin ilmu pada peserta didik untuk menghadapi permasalahan dunia (Labov, Reid, & Yamamoto, 2010; Sanders, 2009). Menurut Breiner, dkk. (2012), perspektif pendidikan STEM ini melibatkan disiplin ilmu yang terpisah, sains, teknologi, teknik, dan matematika menjadi satu kesatuan unit, sehingga mengajarkan disiplin ilmu terintegrasi sebagai satu kesatuan yang kohesif.

Ilmu pengetahuan dan teknologi memainkan peran yang semakin penting dalam pertumbuhan dan perkembangan yang berkelanjutan di Indonesia (Hayes & Setyonaluri, 2015). Indonesia dengan sains dan teknologi memiliki visi 2005-2025 untuk meningkatkan daya saing global Indonesia dan untuk mendorong transisi menuju ekonomi berbasis pengetahuan (OECD, 2016). Pemerintah Indonesia juga menekankan peran ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mencapai tujuan pembangunan ekonomi nasional yang tertera dalam undang-undang nomor 20 tahun 2003.

Pengembangan keterampilan Industri 4.0 global dapat diintegrasikan dengan

kurikulum dalam mendukung pendekatan STEM (Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, 2015). Menurut Sheffield, dkk. (2018), integrasi STEM dalam pendidikan dapat dikembangkan lebih lanjut melalui kurikulum yang berfokus pada inkuiri ilmiah dan keterampilan abad 21. STEM terintegrasi harus dilaksanakan di seluruh tatanan pendidikan Indonesia, tidak hanya untuk kebutuhan tempat kerja dan daya saing global, tetapi juga untuk nilai-nilai moral dan etika yang memungkinkan masyarakat untuk menghadapi kompleksitas kehidupan sosial di dunia global.

Pembelajaran dengan pendekatan STEM, akan melalui penerapan dan praktik dari konten dasar STEM pada situasi sesuai kehidupan nyata, tidak hanya membahas ilmu pengetahuan saja, namun mengaitkannya dengan teknologi, teknik serta matematika (Bybee, 2013). Menurut Ardianto, dkk. (2019), terdapat tiga domain literasi STEM yang diadaptasi dari penilaian *Technology an Engineering Literacy* (TEL), yaitu area konten, praktek, dan kontek atau situasi (situasi sehari-hari kehidupan yang melibatkan sains, teknologi, teknik dan matematika. Penilaian dibutuhkan dalam implementasi literasi STEM, berikut ini Tabel 1. yang menyajikan definisi komponen dasar literasi STEM dengan menghubungkan area konten dengan praktek.

Tabel 1. Definisi komponen dasar area konten dan praktek pada STEM

Area konten		
Sains, Teknologi, dan masyarakat	Desain/Rancangan	Matematika
Pengetahuan siswa tentang sains, teknologi, dan masyarakat serta dampaknya bagi lingkungan sekitar	Pengetahuan siswa tentang proses yang digunakan untuk mengembangkan teknologi baru dan memecahkan masalah	Pengetahuan siswa tentang mengidentifikasi dan menerjemahkan masalah atau solusi ke dalam bahasa matematika

Tabel 1. (lanjutan)

Praktek literasi STEM	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi permasalahan atau pertanyaan terkait STEM • Mengenali karakteristik penyelidikan dengan STEM • Merancang model dan penyelidikan ilmiah untuk mengembangkan solusi • Membuat penjelasan dan argumentasi dengan melibatkan pengetahuan STEM • Mengevaluasi dan mengkomunikasikan data dalam membuat keputusan
------------------------------	--

(Ardianto, dkk., 2019).

Menurut Afriana, dkk. (2016), pembelajaran STEM dapat berhasil dengan menekankan beberapa aspek dalam proses pembelajaran di tunjukkan pada Tabel 2. berikut,

Tabel 2. Indikator *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (Afriana, dkk., 2016)

<i>Science</i>	<i>Technology</i>	<i>Engineering</i>	<i>Mathematics</i>
Mengajukan pertanyaan	Menjadi sadar akan ketergantungan masyarakat terhadap jaringan sistem teknologi	Mendefinisikan Masalah	Memahami masalah-masalah dan gigih dalam memecahkan masalah
Mengembang-kan dan menggunakan model		Mengembang-kan dan menggunakan Model	Model dengan matematika
Merencanakan dan melakukan investigasi	Belajar menggunakan teknologi baru sebagaimana yang tersedia	Merencanakan dan melakukan investigasi	Menggunakan alat-alat yang tepat secara strategis
Menganalisis dan Menginter-pretasi kan data		Menganalisis dan Menginterpretasi kan data	Menghadirkan ketelitian dan Ketepatan

Tabel 2. (lanjutan)

Menggunakan matematika dan berpikir komputasional	Mengenali bahwa teknologi berperan dalam kemajuan sains dan teknologi	Menggunakan matematika dan berpikir komputasional	Memberi alasan secara abstrak dan kuantitatif
Membangun penjelasan		Mendesain solusi	Mencari dan memanfaatkan Struktur
Memadukan argumen yang ada dari bukti-bukti	Membuat keputusan yang tepat terkait teknologi dan merelaksikannya dengan masyarakat dan lingkungan	Memadukan argumen yang ada dari bukti-bukti	Membangun argumen yang layak dan mengkritisi alasan pihak lain
Mencari, mengevaluasi dan Mengomuni-kasikan informasi		Mencari, mengevaluasi dan mengomunikasikan informasi	Mencari dan mengekspresikan secara tepat dan beraturan dari alasan yang berulang-ulang

Menurut Nadelson dan Sifert (2017), ditingkatan sekolah STEM terintegrasi biasanya dikaitkan dengan pembelajaran berbasis proyek atau berbasis masalah. Integrasi STEM diperlukan untuk mempersiapkan pengetahuan dasar siswa dan kesempatan untuk secara efektif menerapkan pengetahuan serta praktik STEM pada masalah kompleks yang tidak terstruktur (*Ill structured problems*) dengan baik. Pembelajaran dengan STEM terintegrasi lebih efisien karena beberapa konsep dan ide STEM dapat secara efektif ditangani secara bersamaan (Drake & Burns, 2004).

2.3 Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu kemampuan yang menjadi tuntutan abad 21. Menurut Robert L. Solso dalam Mawardah (2015), pemecahan masalah adalah suatu pemikiran yang terarah secara langsung untuk menemukan solusi atau jalan keluar untuk suatu masalah yang spesifik. Selanjutnya menurut Polya dalam Hendriana, dkk. (2017), mengemukakan bahwa pemecahan masalah adalah usaha mencari jalan

keluar dari suatu tujuan yang tidak begitu mudah segera dicapai. Fase dari kemampuan pemecahan masalah menurut Polya (2004), melalui empat tahapan, yaitu Memahami masalah (*Understanding the Problem*), Mendefinisikan rencana (*Devising a Plan*), Melaksanakan rencana (*Carrying out the Plan*), Memeriksa kembali (*Looking Back*). Kemudian, menurut Herkeens dan Winden (2021), fase pemecahan masalah menjadi enam tahapan. Pada dasarnya tahapan-tahapan tersebut serupa, pada enam tahapan memiliki keterangan yang lebih rinci pada fasenya. Skematik kegiatan dan hasil dari pengelolaan metode pemecahan masalah menurut Herkeens dan Winden (2021), disajikan dalam Tabel 3. Berikut,

Tabel 3. Skema kegiatan dan hasil pengelolaan metode pemecahan masalah

Fase	Aktivitas	Hasil
Mendefinisikan masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun daftar permasalahan • Membuat kelompok masalah • Memilih masalah inti • Menuliskan masalah dalam 16 teknik 16e 	Mengidentifikasi masalah secara umum
Merumuskan pendekatan pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun daftar pendekatan pemecahan masalah • Menggunakan 16 teknik lakukan, temukan, dan memilih dengan tepat untuk mendeskripsikan aktivitas dan pengetahuan yang dibutuhkan, serta memilih pendekatan yang sesuai. 	Rencana untuk proses pemecahan masalah
Menganalisis masalah	<ul style="list-style-type: none"> • Memeriksa kembali masalah yang sudah diidentifikasi dan dikelompokkan, dan melengkapinya. • Mencari penyebabnya • Mencari tahu alasan solusi sebelumnya tidak berjalan • Menggunakan langkah ilmiah • Memberikan gambaran hubungan permasalahan dengan penyebab 	Definisi dan analisis terkait masalah dan idenfikasi masalah

Tabel 3. (lanjutan)

Menyusun solusi	<ul style="list-style-type: none"> • Mendeskripsikan solusi • Menetapkan proses pengambilan keputusan • Menyusun daftar kriteria • Skala kriteria • Bobot kriteria • Menemukan alternatif menggunakan kemungkinan yang ada • Mengevaluasi alternatif 	Melaporkan solusi dan hasil diskusi
Memilih solusi	Memilih satu kemungkinan solusi	Solusi untuk masalah
Implementasi solusi	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun rencana implementasi • Memberikan deskripsi singkat dan langkah-langkah untuk dilakukan • Penjelasan rinci tentang pendekatan yang mungkin dilakukan 	Perubahan

Dimensi pemecahan masalah menurut Cheng, dkk. (2018), terdiri dari lima dimensi antara lain mengidentifikasi konsepsi yang diketahui yang mungkin membantu memecahkan masalah (*identify known conceptions that might help solve the problem*), memberikan penjelasan yang mungkin untuk masalah tersebut (*provide possible explanations for the problem*), memberikan dua kemungkinan solusi untuk memecahkan masalah (*provide two possible solutions to solve the problem*), mengevaluasi solusi mereka dan memutuskan yang mana satu adalah solusi yang paling dapat diterapkan (*evaluate their solutions and decide which one is the most applicable solution*), dan menafsirkan data dan hasil (*interpret data and results*). Pada penelitian pengembangan ini digunakan lima dimensi yang dikemukakan oleh Cheng, dkk. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Cheng, dkk. (2018), terdapat lima indikator dalam untuk mengidentifikasi kinerja pada pemecahan masalah, yaitu mengidentifikasi konsepsi yang diketahui untuk memfasilitasi penyelesaian masalah yang diusulkan (*Identify known*

conception), memberikan lebih dari dua solusi yang mungkin (*Provide Solutions*), mengevaluasi solusi yang diajukan (*evaluate solutions*), Merancang dan melakukan percobaan sesuai dengan desain yang ditetapkan untuk diterapkan (*design and perform experiment*) dan memberikan penjelasan berbasis bukti (*evidence based explanation*). Pada

Tabel 4. Skema kemampuan pemecahan masalah yang diadaptasi menggunakan indikator dan dikaitkan dengan materi pencemaran lingkungan.

Topik	Kemukakan dua solusi yang mungkin diterapkan untuk masalah pencemaran lingkungan	
Materi yang berkaitan	Pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah dan dampaknya bagi ekosistem	
Langkah-langkah yang diterapkan	Langkah 1 Mengidentifikasi konsepsi yang diketahui untuk memfasilitasi penyelesaian masalah yang diusulkan	Gunakan konsep dan pengetahuan yang sudah dipelajari untuk dapat membantu dalam mengidentifikasi terjadinya permasalahan pencemaran lingkungan
	Langkah 2 Memberikan lebih dari dua solusi yang mungkin	Sediakan dua solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan
Langkah-langkah yang diterapkan	Langkah 3 Mengevaluasi solusi yang diajukan	Lakukan evaluasi terhadap solusi yang diberikan dengan mempertimbangkan apakah solusi tersebut dapat diterapkan dan masuk akal.
	Langkah 4 Merancang dan melakukan percobaan sesuai dengan desain yang ditetapkan untuk diterapkan	Siapkan solusi yang paling dapat diterapkan dan cobalah untuk menerapkannya
	Langkah 5 Memberikan penjelasan berbasis bukti	Berikan penjelasan dan kesimpulan berdasarkan bukti penerapan yang dilakukan

2.4 Analisis Kedalaman dan Keluasan Materi

Pencemaran lingkungan termasuk materi yang ada di Silabus IPA SMP/MTS kurikulum 2013 yang diterapkan di Indonesia. Materi pencemaran lingkungan diajarkan pada peserta didik kelas VII semester genap. Kompetensi dasar yang mencakup materi Pencemaran Lingkungan terdapat pada kompetensi 3.8 menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem, serta kompetensi dasar 4.8 membuat tulisan tentang gagasan penyelesaian masalah pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan. Materi pencemaran lingkungan mencakup pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan dampak bagi ekosistem. Berikut ini Tabel 5. Analisis kedalaman dan keluasan materi.

Tabel 5. Keluasan dan kedalaman materi

Kompetensi dasar	
3.8 Menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi Ekosistem	
Keluasan	Kedalaman
1. Terjadinya pencemaran lingkungan (pencemaran air, udara, tanah)	1. Pengertian pencemaran lingkungan 2. Menguraikan proses terjadinya pencemaran lingkungan 3. Menentukan karakteristik lingkungan yang tercemar 4. Memberi contoh sumber-sumber pencemaran lingkungan 5. Merinci macam-macam polutan yang menyebabkan pencemaran lingkungan
2. Dampak dari pencemaran lingkungan bagi ekosistem dan Usaha Penanggung-langannya	1. Dampak pencemaran lingkungan bagi ekosistem 2. Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan
Kompetensi dasar	
4.8 Membuat tulisan tentang gagasan penyelesaian masalah pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan	
Keluasan	Kedalaman
Membuat desain dan produk penanggulangan pencemaran lingkungan.	Membuat produk biopori menggunakan botol plastik sekali pakai

Kajian konsep materi pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem ditinjau dari buku IPA terpadu kelas 7 kurikulum 2013 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 karena 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 6 berikut.

Tabel 6. Sumber bahan yang mencemari air.

Sumber bahan pencemar	Polutan
<ul style="list-style-type: none"> - Plastik sekali pakai - Limbah industri, penambangan emas atau timbal - Minyak dan hidrokarbon - Pupuk buatan (kimia) yang berlebihan, detergen dan lain-lain - Pestisida 	<ul style="list-style-type: none"> - Plastik, Mikroplastik - Logam-logam berat tertentu, misalnya timbal, raksa (merkuri), kadmium - 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 yang menyebabkan terganggunya keseimbangan atmosfer.
7. Karakteristik pencemaran udara: udara menjadi berwarna, udara menjadi berbau, udara memiliki suhu yang tinggi, sesak nafas ketika terhirup.

8. Sumber dan bahan polutan yang mencemari udara pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Sumber bahan yang mencemari udara.

Sumber bahan pencemar	Polutan
<ul style="list-style-type: none"> - 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 	<ul style="list-style-type: none"> - 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 diatas 8 (tanah basa), berbau busuk, kering, mengandung logam berat, mengandung sampah anorganik
11. Sumber dan bahan polutan yang mencemari tanah pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Sumber bahan yang mencemari tanah.

Sumber bahan pencemar	Polutan
<ul style="list-style-type: none"> - Industri dan rumah tangga - Pestisida (insektisida dan herbisida) - Pupuk kimia (buatan) 	<ul style="list-style-type: none"> - Limbah padat meliputi plastik, kaleng, kaca - DDT (<i>dichloro-diphenyl-trichloro-ethane</i>) - Fosfat, nitrit dan nitrat

10. Dampak pencemaran lingkungan bagi ekosistem
11. Upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam implementasi pembelajaran materi pencemaran lingkungan. Ruslaini (2015); Dewi, dkk. (2019); Hasanah, dkk. (2020); Simatupang dan Ionita (2020), melakukan implementasi pembelajaran berbasis masalah pada materi pencemaran. Selanjutnya, Arlita (2014) melakukan implementasi pembelajaran terkait materi pencemaran lingkungan dengan pembelajaran penemuan terbimbing.

Nurkiswati (2020) melakukan implementasi *direct instruction* untuk pada pembelajaran materi pencemaran lingkungan. Kulsum, dkk. (2020), melakukan implementasi model *discovery learning* pada konsep pencemaran lingkungan. Kemudian penelitian lain dikembangkan oleh Irawati (2015) terkait modul pembelajara IPA dengan tema pencemaran lingkungan.

Pada penelitian pengembangan *E-Modul* ini, difokuskan pada materi pencemaran lingkungan dengan metode pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di kehidupan akan datang. Penelitian terkait dilakukan oleh Aninda, dkk. (2019) dengan mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek pada materi materi pencemaran lingkungan. Penelitian lain terkait integrasi STEM dilakukan oleh Sugianto, dkk., (2018) dengan mengembangkan modul IPA berbasis proyek yang terintegrasi STEM efektif digunakan dalam pembelajaran.

2.5 Model Pembelajaran Berbasis Proyek

Model pembelajaran berbasis proyek merupakan salah modul yang dianjurkan dalam pembelajaran kurikulum 2013 yang berorientasi pada peserta didik (*student centered*). Dalam modul implementasi kurikulum 2013, *Project Based Learning* adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran. Peserta didik melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, sintetis, dan informasi untuk menghasilkan berbagai bentuk cara belajar. Menurut Daryanto & Raharjo (2012), *Project Based Learning*, atau PJBL adalah model pembelajaran yang menggunakan masalah sebagai langkah awal dalam mengumpulkan dan menintegrasikan pengetahuan baru berdasarkan pengalamannya dan beraktifitas secara nyata. Boss & Kraus (2007), mendefinisikan model pembelajaran berbasis proyek sebagai sebuah model pembelajaran yang menekankan aktivitas peserta didik dalam memecahkan berbagai

permasalahan yang bersifat *open-ended* dan mengaplikasi pengetahuan mereka dalam mengerjakan sebuah proyek untuk menghasilkan sebuah produk otentik tertentu.

Keunggulan model *Project Based Learning* (PjBL) menurut Abidin (2016), yaitu model ini bersifat terpadu dengan kurikulum sehingga tidak memerlukan tambahan apapun dalam pelaksanaannya, peserta didik terlibat dalam kegiatan dunia nyata dan mempraktikkan strategi otentik secara disiplin. Peserta didik bekerja secara kolaboratif untuk memecahkan masalah yang penting baginya, teknologi terintegrasi sebagai alat untuk penemuan, kolaborasi, dan komunikasi dalam mencapai tujuan pembelajaran penting dalam cara-cara baru, dan meningkatkan kerjasama guru dalam merancang dan mengimplementasikan proyek-proyek yang melintasi batas-batas geografis atau bahkan melompati zona waktu.

Tahapan PjBL dikembangkan oleh dua ahli, George Lucas dan Doppelt. Pada tahapan yang dikembangkan oleh keduanya memiliki enam tahapan, namun menurut Doppelt, dalam hasil penelitiannya tahapan PjBL yang dikembangkan lebih menekankan pada *Creative Design Proses* (CDP). Pada penerapan Pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM menurut Laboy & Rush (2010), terdapat lima tahapan yang dilakukan siswa, setiap langkah bertujuan untuk mencapai proses secara spesifik. Perbedaan tahapan pembelajaran berbasis proyek disajikan dalam Tabel 9. berikut,

Tabel 9. Perbedaan Tahap PjBL Lucas, Doppelt dan Laboy-Rush

Tahapan	Ahli		
	Lucas	Doppelt	Laboy-Rush
Pertama	Menentukan pertanyaan dasar (<i>Start with essential question</i>)	Merancang tujuan (<i>Design purpose</i>)	Refleksi (<i>Reflection</i>)

Tabel 9. (lanjutan)

Kedua	Menyusun perencanaan proyek (<i>Design project</i>)	Menentukan bidang penyelidikan (<i>Field of inquiry</i>)	Melakukan penyelidikan (<i>Research</i>)
Ketiga	Menyusun Jadwal (<i>Create schedule</i>)	Mengajukan alternatif solusi (<i>Solution alternatives</i>)	Menemukan informasi (<i>Discovery</i>)
Keempat	Memantau siswa dan kemajuan proyek (<i>Monitoring the students and progress of project</i>)	Memilih solusi (<i>Choosing the preferred solution</i>)	Menerapkan (<i>Application</i>)
Kelima	Penilaian hasil (<i>Assess the outcome</i>)	Melaksanakan solusi (<i>Operation steps</i>)	Mengkomunikasikan (<i>Communication</i>)
Keenam	Evaluasi pengalaman (<i>Evaluation the experience</i>)	Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	

Penelitian pengembangan ini mengembangkan *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan dengan menerapkan pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*). Berikut ini sistematika *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dikembangkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Sistematika *E-Modul* terintegrasi STEM

Siste-matika <i>E-Modul</i>	Sintak Project Based Learning	Integrasi STEM	Aktivitas
Judul			
Kata Pengantar			
Daftar Isi			
Petunjuk: petunjuk belajar dan petunjuk penggunaan			
Gambaran umum modul Peta Konsep			
Judul Bab			
Kompetensi Dasar dan Tujuan			

Tabel 10. (lanjutan)

Penerapan materi dan pembuatan produk dengan menggunakan berbagai media.	Refleksi	<i>Science</i> - Memulai dengan fenomena terkait pencemaran lingkungan akibat sampah - Disertai pertanyaan-pertanyaan terkait fenomena pencemaran akibat sampah	Guru Menyajikan video/foto kondisi lingkungan tercemar akibat sampah
		- <i>Technology</i> Melakukan penyelidikan menggunakan media gadget (menyaksikan video) sebagai penerapan penggunaan teknologi	Siswa Mengembangkan konsep dan mendefinisikan fenomena yang terjadi
		<i>Science</i> - Menggunakan konsep untuk menjelaskan fenomena dampak pencemaran akibat sampah	
		<i>Science</i> Membangun motivasi dan ketertarikan terhadap fenomena pencemaran akibat sampah	Guru Motivasi dan ketertarikan siswa untuk mempelajari lebih lanjut terkait fenomena yang diberikan
	Melakukan penyelidikan	<i>Science</i> - Menyelidiki solusi pencemaran akibat sampah plastik dengan pembuatan biopori dengan menggunakan bantuan botol plastik sekali pakai - Memahami langkah-langkah ilmiah yang dilakukan untuk menyelidiki solusi <i>Technology</i> Melakukan penyelidikan menggunakan media gadget sebagai penerapan penggunaan teknologi	Guru Menyediakan pilihan solusi terkait sampah plastik dengan pembuatan biopori
	Menemukan informasi	<i>Science</i> - Menganalisis kebutuhan untuk pembuatan produk dari solusi gagasan yang dipilih. -	Guru Memberikan arahan untuk menentukan alat dan bahan untuk menyusun produk

Tabel 10. (lanjutan)

		<i>Mathematics</i> - Perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk <i>Technology</i> - Melakukan penyelidikan menggunakan media gadget sebagai penerapan penggunaan teknologi <i>Engineering</i> - Mendata kebutuhan yang berkaitan dengan pelaksanaan teknis penerapan solusi Mendesain rancangan biopori yang akan dibuat	Siswa Melakukan diskusi mendalam untuk merumuskan desain produk
	Menerapkan	<i>Science</i> - Memutuskan penyusunan produk dengan rincian kebutuhan yang relevan. <i>Engineering</i> - Menyusun produk berdasarkan desain yang dirancang <i>Mathematics</i> Formula perhitungan matematis yang diterapkan pada desain produk	Siswa menyusun desain produk secara rinci berdasarkan hasil analisis yang digunakan untuk mengambil keputusan
	Mengkomunikasikan	<i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i> - Mengkomunikasikan ide dan desain keputusan dengan penjelasan ilmiah.	Menyampaikan ide gagasan baru pembuatan produk yang berguna untuk diterapkan di lingkungan sekolah
Latihan Soal			
Rangkuman			
Glosarium			
Referensi			
Profil penulis			

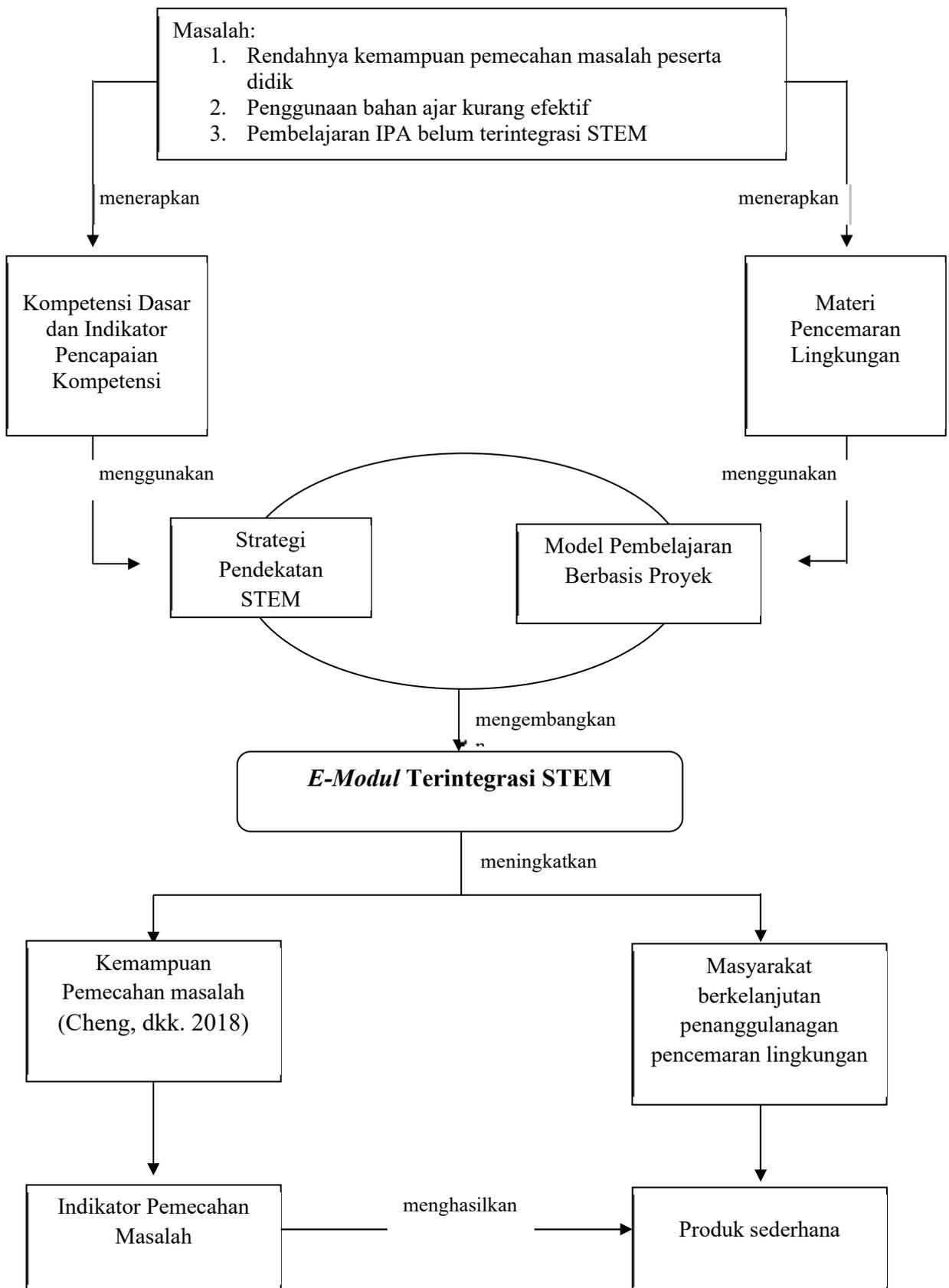
2.6 Kerangka Pemikiran

Pembelajaran IPA pada tingkat SMP di Indonesia mengikuti perkembangan Kurikulum 2013. Implementasi kurikulum 2013 disesuaikan dengan kebutuhan kemampuan abad 21, kemajuan teknologi, dan tantangan hidup peserta didik di masa yang akan datang. Integrasi STEM menjadi salah

satu pendekatan yang dapat dilakukan dalam melaksanakan pembelajaran di sekolah. STEM merupakan pembelajaran didasarkan atas integrasi materi sains, teknologi, desain, dan matematika. Kemampuan tuntutan pada peserta didik dapat dilatih dengan implementasi integrasi STEM dalam pembelajaran.

Kemampuan peserta didik untuk memecahkan masalah sangat dibutuhkan dalam pembelajaran materi pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan menjadi permasalahan global yang terjadi di sekitar peserta didik, dan kontekstual dihadapi di kehidupan sehari-hari. Kombinasi pembelajaran dengan menggunakan *project based learning*, diharapkan peserta didik dapat melakukan pembelajaran yang bermakna, kontekstual, dan menghasilkan suatu gagasan baru atas permasalahan pencemaran lingkungan.

Penggunaan *E-Modul* dalam pembelajaran diperlukan mengingat kondisi pemberlakuan pembelajaran jarak jauh, menuntut siswa untuk dapat melakukan pembelajaran mandiri dan menggunakan media belajar yang relevan dengan kondisi. Penggunaan *E-Modul* juga menjawab tantangan global kemajuan teknologi di era industri 4.0. Kemajuan teknologi berdampak dengan kebutuhan kemampuan peserta didik untuk menghadapinya, maka pengembangan bahan ajar berbasis elektronik ini dilakukan untuk menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan tersebut.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menghubungkan metode kualitatif dan kuantitatif (Creswell, 2013) dengan menggunakan desain penelitian pengembangan (Research and Development), model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) (Branch, 2009). Penelitian yang dilakukan menghasilkan produk yaitu bahan ajar berupa *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan.

3.2 Prosedur Pengembangan

Berikut uraian tahapan prosedur pengembangan *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dilakukan:

3.2.1 Tahap Analisis (*Analysis*)

Pada tahapan analisis peneliti melakukan studi pustaka dengan mengkaji beberapa literatur dan hasil penelitian yang relevan dengan penelitian pengembangan ini yaitu studi literatur tentang *E-Modul*, STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), kemampuan pemecahan masalah siswa, dan model *Project Based Learning*. Kemudian, menggunakan angket kebutuhan pengembangan bahan ajar *E-Modul* terintegrasi STEM untuk mengetahui kebutuhan lapangan guru IPA SMP. Data didapatkan dari 48 guru IPA SMP di Provinsi Lampung. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap hasil angket analisis kebutuhan guru yang dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian diinterpretasikan secara kualitatif.

3.2.2 Tahap Desain (*Design*)

Pada tahapan desain dilakukan penyusunan kerangka struktur bahan ajar *E-Modul* terintegrasi STEM yang dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (*Problem Solving Skills*). Adapun tahapan desain yang dilakukan oleh mencakup:

- a. Menyusunan kerangka struktur bahan ajar *E-Modul* terintegrasi STEM yang dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (*Problem Solving Skills*).
- b. Menentukan sistematika penyajian materi, ilustrasi dan visualisasi.
- c. Menuliskan *draft* produk awal *E-Modul* terintegrasi STEM dan pembuatan *story board*. Pada tahap ini, peneliti juga membuat instrumen validitas *E-Modul*, instrumen kemenarikan *E-Modul*, instrumen soal tes.

Sistematika yang diterapkan dalam *E-Modul* antara lain, halaman awal berisikan judul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk belajar, petunjuk penggunaan, peta konsep, judul bab, kompetensi dasar dan indikator, penerapan materi dan pembuatan produk dengan menggunakan media gambar dan video, latihan soal, rangkuman, glosarium, referensi, serta profil penulis. Kemudian, dilengkapi juga dengan keterangan sintak dari model pembelajaran berbasis proyek antara lain, refleksi, melakukan penyelidikan, menemukan informasi, menerapkan, dan mengkomunikasikan.

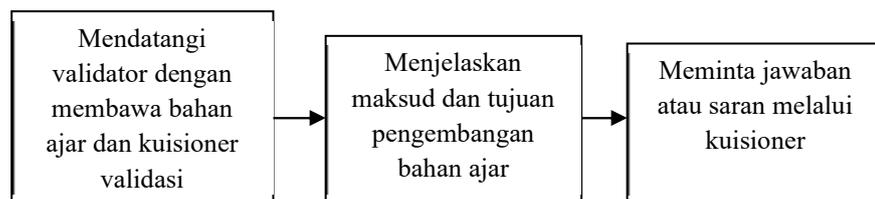
Pembuatan *story board* dilakukan pada tahapan awal penyusunan *E-Modul* (lampiran 1). Hal tersebut dilakukan agar tahap penyusunan *E-Modul* lebih terarah dan memudahkan dalam penyesuaian berdasarkan sistematika yang telah dibuat sebelumnya. *Story board* yang disusun terdiri atas bagian-bagian yang dicantumkan dalam *E-Modul* disertai dengan keterangan pada masing-masing bagiannya.

Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan instrumen validasi *E-Modul*, instrumen respon pendidik dan peserta didik, dan instrumen soal tes. Validasi produk dilakukan pada tiga aspek yaitu validasi konstruk, validasi isi dan validasi Bahasa (lampiran 5). Pada instrumen respon pendidik dan peserta didik (Lampiran 12) mencakup aspek kemenarikan, kebermanfaatan dan keterbacaan. Selanjutnya, instrument soal tes disusun dengan berpedoman pada kisi-kisi soal (lampiran 19) untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik. Soal yang disusun sebanyak 10 butir soal dalam bentuk soal isian.

3.2.3 Tahap Pengembangan (*Develop*)

Pengembangan produk *E-Modul* untuk desain tampilan modul menggunakan aplikasi desain grafis yaitu aplikasi *Canva*, kemudian untuk menjadikan modul elektronik menggunakan aplikasi *Kvisoft FlipBook Maker*. Produk pengembangan ini diukur validitasnya menggunakan kuesioner. Tujuan uji validasi untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan untuk diimplementasikan pada pembelajaran, sehingga *E-Modul* layak diuji cobakan di lapangan (Lumbantobing,dkk. 2019).

Langkah-langkah pada tahap validasi adalah sebagai berikut,



Gambar 2. Alur Validasi *E-Modul*

Validasi yang diukur dalam penelitian ini mencakup validitas konstruk, isi dan bahasa.

a. Validasi konstruk

Validasi konstruk dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi oleh ahli konstruk

adalah kualitas teknis berupa tampilan mencakup kelayakan kegrafikan (Ukuran *E-Modul*, Desain sampul *E-Modul* dan Desain Isi *E-Modul*). Validasi ahli konstruk dilakukan dengan mengajukan surat permohonan validasi kepada ahli yang berkompeten. Peneliti menyerahkan surat permohonan, lembar penilaian modul elektronik, dan produk hasil pengembangan modul elektronik yang telah disusun. Validator konstruk pada penelitian ini adalah Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., dosen Pascasarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

b. Validasi Isi

Validasi isi dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi adalah kelayakan isi, kelayakan penyajian, penggunaan bahasa, aspek integrasi STEM, dan aspek kemampuan pemecahan masalah. Validasi ahli isi dilakukan dengan mengajukan surat permohonan validasi kepada ahli yang berkompeten. Peneliti menyerahkan surat permohonan, lembar penilaian modul elektronik, dan produk hasil pengembangan modul elektronik yang telah disusun. Validator isi pada penelitian ini adalah Dr. Dina Maulina, M.Si., dosen pascasarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

c. Validasi Bahasa

Validasi Bahasa dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi mencakup tata bahasa, penggunaan kalimat efektif, kesesuaian ukuran teks, serta penggunaan kata baku dan tanda baca yang tepat. Validasi ahli bahasa dilakukan dengan mengajukan surat permohonan validasi kepada ahli yang berkompeten. Peneliti menyerahkan surat permohonan, lembar penilaian modul elektronik, dan produk hasil pengembangan modul elektronik yang telah disusun. Validator

bahasa pada penelitian ini adalah Dr. Mulyanto Widodo, M.Pd., dosen pascasarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.

Selain validitas pada tahap pengembangan juga dilakukan uji coba terbatas. Tujuan uji coba produk untuk menguji soal pretes-postes yang digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah pada siswa. Teknik analisis data uji coba butir soal pretes-postes dilakukan menggunakan aplikasi SPSS 21.

3.2.4 Tahap Implementasi (*Implement*)

Pada penelitian ini juga dilakukan uji kemenarikan dalam implementasi produk yang dikembangkan. Kemenarikan *E-Modul* diukur menggunakan hasil dari sebaran angket respon guru dan siswa terhadap modul elektronik yang dikembangkan. Teknik analisis data kemenarikan penggunaan *E-Modul* dilakukan dengan teknik persentase melalui aplikasi *Microsoft Excel 2017*.

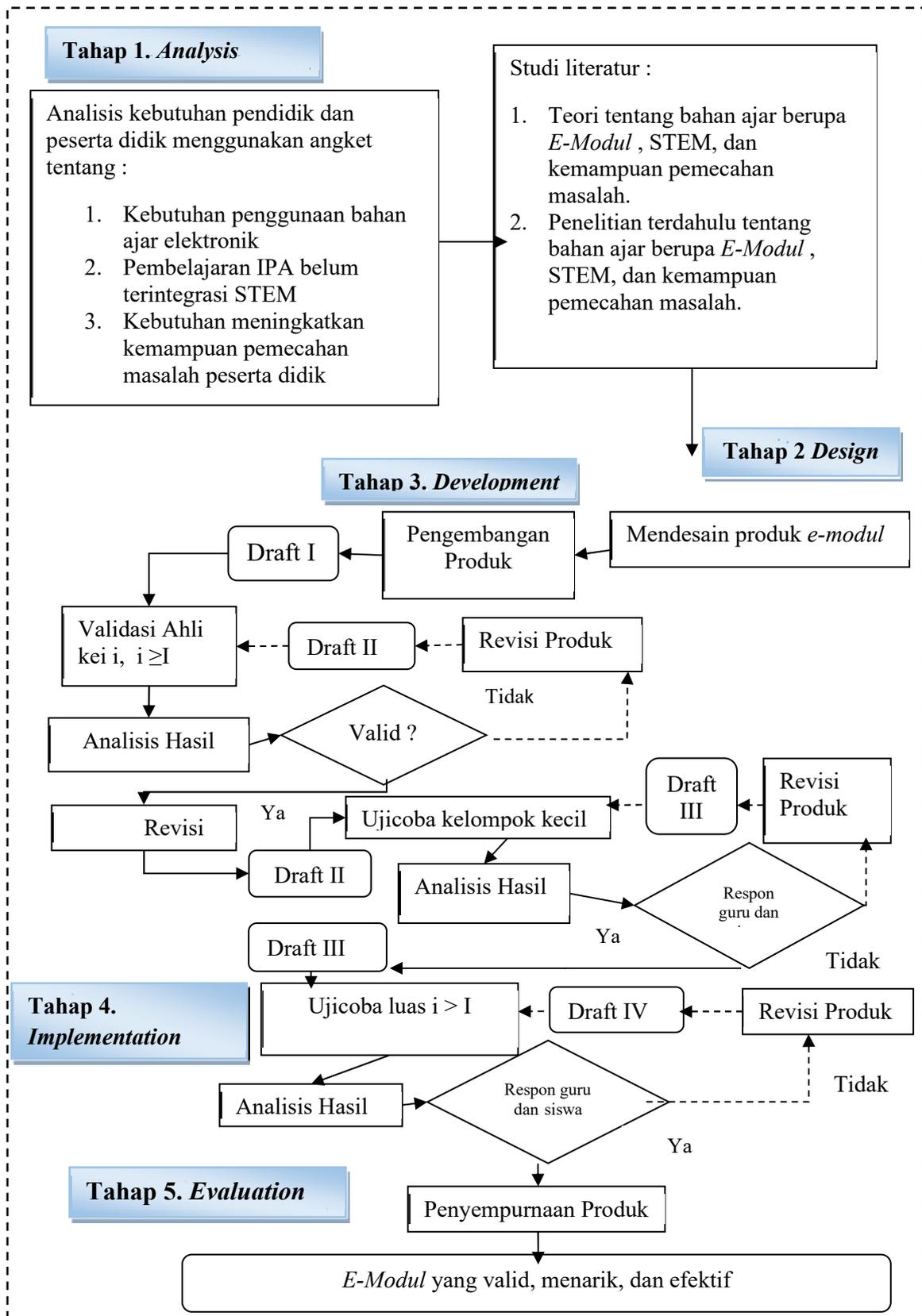
Implementasi diawali dengan memberikan soal pretest pada kelas kontrol maupun eksperimen. Lalu, dilakukan pembelajaran dengan menggunakan modul elektronik pada kelas eksperimen dan menggunakan buku ajar yang tersedia di sekolah pada kelas kontrol. Pada akhir pembelajaran diberikan soal postes untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah pada siswa. Penerapan pembelajaran IPA dengan menggunakan modul elektronik yang dikembangkan memperhatikan tahapan pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi STEM.

3.2.5 Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi dilakukan saat tahap analisis, desain, pengembangan dan implementasi. Tahap evaluasi meliputi internal dan external evaluation (Putra and Ayuningtyas, 2019). Evaluasi internal dilaksanakan untuk mengetahui kualitas produk dan hasilnya digunakan sebagai umpan balik untuk memperbaiki produk. Evaluasi

internal dalam penelitian ini mencakup analisis masalah, perbaikan desain, validasi dari ahli isi dan konstruk, serta respon dari pendidik dan peserta didik. Evaluasi eksternal dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan pemecahan masalah (*problem solving skills*) peserta didik. Pada evaluasi eksternal dilakukan perhitungan terhadap nilai postes-pretest untuk mengetahui efektivitas *E-Modul* terintegrasi STEM dalam meningkatkan *problem solving skills*. Hasil produk pada tahap evaluasi ini adalah *E-Modul* yang menarik dan efektif. Teknik analisis data keefektifan *E-Modul* dilakukan dengan uji normalitas, uji homogenitas, uji one sample t-test, perhitungan terhadap nilai *normalize gain* dan perhitungan *effect size* untuk mengetahui dampak dari penggunaan modul elektronik terintegrasi STEM untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa.

Alur penelitian dan pengembangan pada penelitian ini secara ringkas dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Penelitian dan Pengembangan

3.3 Subjek Uji coba

Penelitian ini dilakukan di SMP Global Madani pada bulan November 2021. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* yakni penetapan responden sebagai sampel karena berdasarkan adanya tujuan tertentu atau kriteria-kriteria tertentu, bukan berdasar atas random dan strata (Sugiyono, 2010). Kriteria pengambilan sampel ini dilakukan berdasarkan pertimbangan kondisi pembelajaran di sekolah dalam masa pembelajaran jarak jauh. Subjek uji coba yaitu *E-Modul* sebagai produk hasil pengembangan. Uji coba penggunaan *E-Modul* dalam pembelajaran dilakukan pada peserta didik kelas VII.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini terdiri dari 2 jenis data yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif terdiri dari data hasil validasi produk *E-Modul* yang dikembangkan, respon peserta didik setelah penggunaan *E-Modul*. Sedangkan data kuantitatif adalah skor kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Secara rinci data yang diambil pada penelitian ini yaitu:

a. Data Validasi Produk *E-Modul*

Data validasi produk yang dikembangkan terdiri dari validasi isi materi yang berisi tentang kelayakan materi pencemaran lingkungan yaitu *E-Module* pada materi pencemaran lingkungan sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran yang telah disusun menggunakan skala likert menjadi beberapa pernyataan. Selain itu, dilakukan validasi konstruk media, yang menganalisis dan mengkaji dari segi tampilan media, aspek suara, kemenarikan media dan aspek kemudahan penggunaan media secara menyeluruh yang dikembangkan menggunakan skala likert menjadi beberapa pernyataan. Selanjutnya, validasi bahasa yang digunakan dalam *E-Modul* terintegrasi STEM. Pada validasi bahasa dilakukan analisis terhadap penggunaan bahasa, kalimat, ukuran teks, kata baku dan tanda baca.

b. Data Respon Pendidik dan Peserta didik terhadap *E-Modul*

Respon pendidik dan peserta didik didapatkan dengan menggunakan angket respon yang dibagikan pada peserta didik setelah melakukan pembelajaran dengan menggunakan *E-Modul* dan seluruh guru IPA di SMP Global Madani. Pendidik dan Peserta didik diminta untuk memberikan respon dengan memberikan tanda ceklis (√) pada pilihan yang disajikan, dalam bentuk skala likert untuk setiap item pernyataan pada angket respon pendidik dan peserta didik.

c. Data Tes Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik

Data tes kemampuan pemecahan masalah peserta didik didapatkan dari hasil penilaian butir soal pretes-postes yang diberikan saat, ketika awal pembelajaran dan diakhir pembelajaran, baik kelas kontrol maupun kelas eksperimen.

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah instrumen non tes dan instrumen tes yang berkaitan dengan pengembangan produk *E-Modul*. Instrumen non tes berupa lembar validasi ahli dan angket respon peserta didik terhadap *E-Modul*, sedangkan instrumen tes menggunakan soal pretes-postes yang digunakan untuk mengukur keefektifan *E-Modul* terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik.

Berikut ini instrument yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

a. Kuesioner Pra Penelitian

Lembar kuesioner di berikan pada saat observasi awal untuk mengetahui kebutuhan dan permasalahan pembelajaran pada guru.

b. Kusioner Validasi Produk

Pada kusioner validasi media dan materi *E-Modul* memuat pernyataan tertulis kepada validator ahli konstruk, validator ahli materi dan validator ahli bahasa. Kusioner validasi bertujuan untuk memperoleh

respon dari validator mengenai bahan ajar dengan materi yang sedang dikembangkan oleh peneliti. Hasil dari validator digunakan sebagai acuan apakah bahan ajar dengan materi tersebut sudah valid atau belum valid.

- c. Kuesioner Respon Pendidik dan Peserta Didik
Kuesioner respon pendidik dan peserta didik digunakan untuk mengumpulkan pendapat mengenai respon pendidik dan peserta didik terhadap kemenarikan *E-Modul*.
- d. Instrumen Tes Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta didik
Instrumen tes yang digunakan pada penelitian ini berupa soal esai pada *E-Modul* untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik.

3.6 Teknik Analisis Data

Pada pendekatan penelitian ini dilakukan dua tahapan analisis data, tahap pertama menggunakan metode kualitatif dan tahap kedua menggunakan metode kuantitatif. Analisis data yang dilakukan antara lain:

- a. Analisis Kevalidan *E-Modul*

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *E-Modul* yang valid. Validitas *E-Modul* diukur menggunakan pernyataan pada lembar validitas yang bagikan pada validator. Hasil dari angket validitas dihitung untuk mengetahui persentasenya. Perhitungan persentase menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{\sum Skor \ x \ f}{Skor \ tertinggi} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Jumlah persentase; f = Frekuensi validator
(Riduwan, 2010)

Hasil persentase yang didapatkan kemudian diinterpretasikan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 11. Interpretasi Skor Kuesioner Validasi

Skor	Tingkat Pencapaian (%)	Interpretasi
5	81-100	Sangat Valid
4	61-80	Valid
3	41-60	Cukup Valid
2	21-40	Kurang Valid
1	0-20	Tidak Valid

(Riduwan, 2010)

b. Uji Validitas Butir Soal

Uji validitas butir soal dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan butir soal yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk menghitung validitas butir soal digunakan uji korelasi pearson pada program SPSS 21.

Hasil yang didapatkan kemudian diinterpretasikan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 12. Kriteria Koefisien Validitas

Koefisien Validitas	Keterangan
$0,80 \leq r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r_{xy} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} \leq 0,60$	Sedang
$0,20 \leq r_{xy} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,20$	Rendah Sekali
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,20$	Rendah Sekali

(Maenani & Oktova, 2015)

c. Uji Reliabilitas Butir Soal

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui konsistensi dari suatu butir soal pada *E-Modul* yang digunakan sebagai alat ukur sehingga hasilnya dapat dipercaya. Uji reliabilitas butir soal menggunakan uji cronbach's alpha pada program SPSS 21. Nilai koefisien reliabel alpha diinterpretasikan berdasarkan tabel 13. berikut.

Tabel 13. Kriteria Koefisien Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas	Keterangan
$0,80 < r_{11} = 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_{11} = 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} = 0,60$	Sedang

Tabel 13. (lanjutan)

$0,20 < r_{11} = 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} = 0,20$	Sangat Rendah

(Maenani & Oktova, 2015)

d. Analisis Keefektifan *E-Modul*

Analisis keefektifan *E-Modul* terintegrasi STEM ditentukan oleh hasil tes kemampuan pemecahan masalah. Sebelum melakukan analisis data, terlebih dahulu dilakukan pengujian prasyarat analisis data, yaitu uji normalitas guna mengetahui apakah data yang diperoleh terdistribusi normal. Berikut cara pengujian prasyarat analisis data.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas diperlukan untuk menentukan pilihan analisis statistik lebih lanjut atau sebagai prasyarat analisis statistik. Apabila data yang didapatkan berdistribusi normal maka dapat dilakukan uji analisis statistik parametrik. Pengujian dilakukan menggunakan uji *one-sample kolmogorov-smirnov test* menggunakan bantuan program komputer SPSS 21.

Hipotesis untuk uji distribusi normal sebagai berikut.

H_0 = data terdistribusi secara normal

H_1 = data tidak terdistribusi secara normal

Lalu, kriteria uji distribusi normal sebagai berikut.

Nilai Sig atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak

Nilai Sig atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima

Selain itu dilakukan juga perhitungan *N-Gain* untuk melihat besaran kemampuan siswa. Perhitungan pada nilai *N-Gain* dengan rumus sebagai berikut.

$$ngain = \frac{\text{Postes} - \text{Pretes}}{\text{Nilai maksimum} - \text{pretest}}$$

Kriteria interpretasi nilai *N-Gain* sebagai berikut.

Tabel 14. Kriteria Skor *N-Gain*

Nilai	Interpretasi
$\geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq N-Gain \leq 0,70$	Sedang
$\leq 0,30$	Rendah

(Lestari, E. Karunia, 2017)

2) Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan menggunakan SPSS 21, hipotesis uji sebagai berikut.

$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (kedua kelompok populasi memiliki varians yang homogen)

$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (kedua kelompok populasi memiliki varians yang tidak homogen)

Selanjutnya, kriteria pengujian yaitu jika nilai probabilitas (*Sig.*) lebih besar dari $\alpha = 0,05$, maka hipotesis nol diterima.

3) Uji dua sampel berpasangan (*Paired Sample T-test*)

Uji dua sampel berpasangan (*Paired Sample T-test*) dilakukan jika data terdeteksi normal. Uji ini dilakukan dengan menggunakan uji *One Sample T Test* dengan bantuan program komputer SPSS 21. Kemudian, untuk hipotesis uji dua sampel berpasangan (*Paired Sample T-test*) sebagai berikut.

$H_0 =$ Kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menggunakan *E-Modul* terintegrasi STEM adalah sama (tidak ada perubahan)

$H_1 =$ Kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menggunakan *E-Modul* terintegrasi STEM adalah tidak sama (ada perubahan)

Pedoman pengambilan keputusan sebagai berikut.

Nilai $Sig < 0,05$ maka H_0 ditolak

Nilai $Sig > 0,05$ maka H_0 diterima

Tanggapan atau pendapat pendidik dan peserta didik dilihat dari hasil persentase setiap pernyataan. Pedoman interpretasi data yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 17. Interpretasi Skor Kuesioner Respon Pendidik dan Peserta Didik

Tingkat Pencapaian (%)	Kriteria
$80 < P \leq 100$	Sangat menarik
$60 < P \leq 80$	Menarik
$40 < P \leq 60$	Cukup menarik
$20 < P \leq 40$	Tidak menarik
$0 \leq P \leq 20$	Sangat tidak menarik

Analisis data pada penelitian ini secara rinci direpresentasikan pada Tabel 18 berikut.

Tabel 18. Variabel, Jenis Data, Instrumen, dan Analisis Data

No	Variabel	Data yang diperlukan	Instrumen	Analisis data
1.	Kevalidan	a. Data hasil validasi konstruk oleh tim validator	a. Lembar validasi konstruk	a. Statistik deskriptif, teknik persentase
		b. Data hasil validasi isi oleh tim validator	b. Lembar validasi isi	b. Statistik deskriptif, teknik persentase
		c. Data hasil validasi bahasa oleh tim validator	c. Lembar validasi bahasa	c. Statistik deskriptif, teknik persentase
2.	Keefektifan	Data hasil tes kemampuan pemecahan masalah peserta didik (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>)	Soal tes kemampuan pemecahan masalah peserta didik	Uji <i>paired sample T Test</i> dan perhitungan <i>effect size</i>

Tabel 18. (lanjutan)

3.	Respon pendidik dan peserta didik	Data respon pendidik dan peserta didik setelah penggunaan produk	Lembar angket respon pendidik dan peserta didik	Statistik deskriptif, teknik persentase
----	-----------------------------------	--	---	---

V.SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan produk pengembangan *E-Modul* terintegrasi STEM pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dengan langkah pembelajaran berbasis proyek dengan ciri pembeda pada modul elektronik yaitu adanya gambaran umum sebagai informasi integrasi STEM dalam modul yang dikembangkan.
2. Produk *E-Modul* terintegrasi STEM yang dikembangkan pada materi pencemaran lingkungan untuk dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa dinyatakan Sangat Valid dan Sangat Menarik berdasarkan respon peserta didik dan pendidik untuk digunakan dalam pembelajaran.
3. Produk *E-Modul* terintegrasi STEM yang dikembangkan pada materi pencemaran lingkungan dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa ditinjau dari peningkatan *N-Gain* dan nilai *effect size* yang dihasilkan masuk dalam kategori memberikan dampak yang signifikan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti mengajukan saran bagi calon peneliti lain dan guru yang akan menggunakan bahan ajar dalam bentuk elektronik agar dapat memperhatikan ketersediaan perangkat untuk mengakses modul elektronik sebagai bahan ajar dan akses listrik serta

jaringan internet ketika hendak menerapkan pembelajaran dengan menggunakan modul elektronik terintegrasi STEM hasil pengembangan karena dalam penggunaannya membutuhkan alat-alat elektronik dan fasilitas jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Yunus. 2014. *Desain Sistem Pembelajaran: Dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: Refika Aditama.
- Afriana, J., Permanasari, A. dan Fitriani, A. 2016. Penerapan *Project Based Learning* Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, Vol.2 No.2: 202-212.
- Almuharomah, Farida A., Mayasari, T., dan Kurniadi, E. 2019. Pengembangan Modul Fisika STEM Terintegrasi Kearifan Lokal “Beduk” untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika* Vol. 7 No.1: 1-10.
- Andianti, R., Mardiyah, S dan Purba, W. S. 2020. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia: Air dan Lingkungan*. Badan Pusat Statistik, Jakarta: 340 hlm.
- Aninda, A., Permanasari, A. dan Ardianto, D. 2019. Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi STEM Siswa SMA. *Journal of Science Education and Practice* Vol.3 No.2:1-16.
- Ardianto, D., Firman, H., Permanasari, A. dan Ramalis, T., R. 2019. What is Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Literacy?. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 253: 381-384.
- Arlita, Lelly Z. 2014. Implementasi Pembelajaran Penemuan Terbimbing pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Siswa di SMP Negeri 3 Waru. *Pensa: Jurnal Pendidikan Sains* Vol. 2, No. 03: 1-9.

- Asahriah, S., Muis, A. dan Arsal, A. F. 2020. Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik yang Diajar Melalui Model Pembelajaran Pjbl dan Model Konvensional Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Biology Teaching and Learning*. Vol. 3 No. 1: 52-59
- Boss, Suzie., & Krauss, Jane. 2007. Reinventing Project Based Learning: Your Field Guide To Real World Projects In The Digital Age. *International Society for Technology In Education*.
- Branch, M. R. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: springer science & bussines media LCC.
- Breiner, J., M., Harkness, S., S., Johnson, C., C. dan Koehler, C., M. 2012. What is STEM? A discussion about Conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics* Vol. 112 No. 1: 3-11.
- Bybee, R, W. 2013. The case for STEM education: Challenges and opportunity. Arlington, VI: *National Science Teachers Association (NSTA) Press*.
- Cadman, C. A., Butler, K., Mitchell, L., Latuheru, J., Asqif H., Pratomo, I.S.Y., Idrus, R. M., Pankie, P., Khirlan, Pratamasari, I., Noor, I., Prasetyawati, A., Sarah, M. dan Utomo, K.P. 2018. Hotspot Sampah Laut di Indonesia. Diterbitkan oleh *Worldbank.org*. diakses pada 02 April 2021.
- Chingos, M, W., & Whitehurst, G, J. 2012. Choosing Blindly: instructional materials teacher effectiveness and the common core. Washington: *Brown Center on Education Policy at Brookings*.
- Cheng, S., She, H. dan Huang, L. 2018. The Impact of Problem-Solving Instruction on Middle School Students' Physical Science Learning: Interplays of Knowledge, Reasoning, and Problem Solving. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* Vol. 14 No.3:731-743.
- Creswell W. John. 2013. *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Daryanto. 2013. *Menyusun Modul Bahan Ajar Untuk Persiapan Guru Dalam Mengajar*. Gava Media, Yogyakarta: 210 hlm.

- Daryanto, dan Mulyo Rahardjo. 2012. Model Pembelajaran Inovatif. Yogyakarta: Gava Media.
- Dewi, E.H.P., Akbari, S. dan Nugroho, A., A. 2019. Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi melalui Model *Problem Base Learning* (PBL) pada Materi Pencemaran Lingkungan Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Jatisrono. *Jurnal of Biology Learning* Vol.1 No.1: 53-62.
- 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 Univesrity of Jember* Vol.3 No. 4 : 213-224.
- Depdiknas. 2008. *Teknik Penyusunan Modul*. Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Jakarta.
- Devitri, Andriani, N., dan Zulherman. 2019. *Efektivitas Penggunaan E-Modul Fisika Berbasis Multirepresentasi Pada Materi Pokok Momentum dan Impuls Untuk Kelas X SMA*. Undergraduate thesis, Sriwijaya University.
- Doppelt, Y. 2005. Assessment of project based learning in a mechatronics context. *Journal of Technology Education*. Vol 16 no.2: 7-24.
- Drake, S. M., & Burns, R. C. 2004. Meeting standards through integrated curriculum. *Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development*.
- Fitriyah, Imam Sumpono, and Bambang Subali. 2018. Implementasi Alat Praktikum Pembiasan Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMA. *Unnes Physics Education Journal* Vol.7 No.3 :75–84.
- George Lucas Educational Foundation. (2005). *Instructional module project based learning*. Diakses dari <http://www.edutopia.org/modules/pbl/project-based-learning>
- George Lucas Educational Foundation. (2014). *Project Based Learning vs. Problem-Based Learning vs. X-BL*. Diakses dari

http://www.edutopia.org/Project-Based Learning vs. Problem-Based Learning vs. X-BL_edutopia.html

Hasanah, Z., Pada, A. U. T., Safrida, Artika, W. dan Mudatsir. 2021. Implementasi Model *Problem Base Learning* Dipadu Lkpd Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia* Vol.9 No.1: 65-75.

Hayes, A., & Setyonaluri, D. 2015. *Taking advantage of the demographic dividend in Indonesia: A brief introduction to theory and practice*. Jakarta, Indonesia: UNFPA.

Hendriana, H., Rohaeti, E. E., dan Soemarmo, U. 2017. *Hard Skills dan Soft Skills Matematika Siswa*. Bandung: Refika Aditama.

Herkeens, H. dan Winden, A. 2021. *Solving Managerial Problems Systematically*. Routledge, Houten, Belanda : 136 hlm.

Indrawati, Dwi. 2011. Upaya pengendalian pencemaran sungai yang diakibatkan oleh sampah. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology* Vol. 5 No. 6. 193-200.

Irawati, Hani. 2015. Pengembangan Modul Pembelajaran IPA dengan Tema Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMP Kelas VII. *Jurnal Bioedukatika* Vol.3 No.1: 16-20.

Jonassen, D.H. 2011. *Learning to Solve Problems*. New York: Routledge.

Kasali, R. (2018). *Self Disruption*. Mizan. Bandung: 400 hlm.

Kelana, J.B., dan Pratama, D.F. 2019. *Bahan Ajar IPA Berbasis Literasi Sains*. LEKKAS. Bandung: 48 hlm.

Kulsum, N. N. S., Surahman, E. dan Ali, M. 2020. Implementasi Model Discovery Learning Terhadap Literasi Sains dan Hasil Belajar Peserta Didik Pada Sub Konsep Pencemaran Lingkungan. *Biodidaktika: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya* Vol.15 No.2:55-65.

Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. 2010. *Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty first century?* CBE Life Science Education, 9, 10–16.

- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM education through project-based learning. www.learning.com/stem/whitepaper/integrated-STEM-through-Project-based-Learning.
- Lestari, H. D. dan Parmiti, D. P. 2020. Pengembangan *E-Modul* IPA Bermuatan Tes Online meningkatkan Hasil Belajar. *Journal of education Technology* Vol. 4 No. 1: 73-79.
- Lumbantobing, Marko Ayaki, Sudji Munadi, and Bernardus Sentot Wijanarka. 2019. Pengembangan *E-Modul* Interaktif Untuk Discovery Learning Pada Pembelajaran Mekanika Teknik Dan Elemen Mesin. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin* 4(1):1–8.
- Maenani, L. & Oktova, R. 2015. Analisis Butir Soal Fisika Ulangan Umum Kenaikan Kelas X Madrasah Aliyah Se-Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah Tahun Pelajaran 2011/2012. *Jurnal Berkala Fisika Indonesia* 7 (1): hlm. 5-11.
- Marpaung, Dewi N., Pongkendek, Jesie J., dan Siregar, Lamtiar F. 2020. Efektivitas Penggunaan Modul Pembelajaran Inovatif Berdasarkan Kurikulum 2013 Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa. *Musamus Journal of Education* Vol. 2 No.2: 47-55.
- Mawardah, S., Anisah, H., 2015. Kemampuan Pemecahan Masalah Matematik Siswa Pada Pembelajaran Matematika dengan Menggunakan Model Pembelajaran Generatif (*Generative Learning*) di SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2): 166 - 175.
- Maryam, Masykur, R. dan Andriani, S. 2019. Pengembangan *E-Modul* matematika berbasis open ended pada materi sistem persamaan linear dua variabel kelas VIII. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika* Vol.10 No. 1: 1-12.
- Mayudho, I. dan Supriyanto, A. 2020. Penggunaan Pembelajaran Media Elektronik untuk Pendidikan. *Seminar Nasional - Jurusan Administrasi Pendidikan Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Malang*. Hlm 90-98.
- Mitchell, I. K., & Walinga, J. 2017. The creative imperative: The role of creativity, creative problem solving and insight as key drivers for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1872-1884.

- Nadelson, L. S., dan Seifert, A. L. 2017. Integrated STEM defined: Contexts, Challenges, and the Future. *The Journal of Educational Research* Vol. 110 No. 3: 221-223.
- Nugraha, Derri. 2020. Sampah, Sumber Segala Masalah Lingkungan di Teluk Lampung. Situs berita online *Mongabay.co.id*. Diakses pada 12 April 2021.
- Nurkisanawati, Baiq. 2020. Implementasi Pembelajaran Direct Instruction Untuk Meningkatkan Pemahaman Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Materi Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya bagi Kehidupan Pada Siswa Kelas VII.9 SMP Negeri 1 Praya Tahun Pelajaran 2018/2019. *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan* Vol.4 No.2 : 155-166.
- Oktaviara, R., A. dan Pahlevi, T. 2019. Pengembangan *E-Modul* berbantuan Kvisoft flipbook maker berbasis pendekatan saintifik pada materi menerapkan pengoperasian aplikasi pengolah kata kelas X OTKP 3 SMKN 2 Blitar. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)* Vo. 7 No. 3: 60-65.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. 2009. *Mathematics Framework*. Paris, France: OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development. 2016. Indonesia. In *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*. Paris, France: OECD Publishing.
- Permanasari, A. 2016. STEM education : Inovasi dalam pembelajaran sains. *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)* Vol. 3: 23- 34.
- Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018 Tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah.
- Putra, Rheza Pratama, and Tantri Raras Ayuningtyas. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran Flip Chart Berbahan Dasar Bambu. *Jurnal Historia* 7(1):79–94.
- Polya, G. 2004. *How to Solve It*. New Jersey: Princeton University Press.
- Priatna, I. K., Putrama, I. M., & Divayana, D. G. H. 2017. Pengembangan *E-Modul* Berbasis Model Pembelajaran Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Videografi untuk Siswa Kelas X Desain Komunikasi Visual di

- SMK Negeri 1 Sukasada. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 6(1), 70–78.
- Pujiati, Rahmawati, F. dan Rahmawati. 2019. Pentingnya *E-Module* Pembelajaran Peserta Didik Di Era Revolusi Industri 4.0. *The 2nd Proceeding Annual National Conference for Economics and Economics Education Research* Vol. 2 : 81 – 87.
- Pujiati, Anik. 2019. Peningkatan Literasi Sains dengan Pembelajaran STEM di Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika Universitas Indraprasta PGRI Jakarta*: 547-554.
- Rahayu, O., Siburian, M. F., dan Andri, S. 2021. Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah IPA Siswa Kelas VII pada Konsep Pencemaran Lingkungan di MTs. Asnawiyah Kab. Bogor. *Biological Science and Education Journal* Vol. 1 No. 1: 15-23.
- Riduwan. 2010. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- RISTEKDIKTI. 2018. Pengembangan Iptek dan Pendidikan Tinggi di Era Revolusi Industri 4.0. diunduh dari <https://www.ristekdikti.go.id/siaran-pers/pengembangan-iptek-danpendidikan-tinggi-di-era-revolusi-industri-4-0/>
- Rosenberg, Marc. J. 2001. *E-Learning : Strategies For Delivering Knowledge In The Digital Age*. McGraw-Hill Companies. USA.
- Rukoyah, Siti Ooy. 2020 Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Membangun Keterampilan Rekayasa Dan Kemampuan Engineering Productivity Siswa. Universitas Pendidikan Indonesia. repository.upi.edu/perpustakaan.upi.edu
- Ruslaini, Djufri, dan Rahmatan, H. 2015. Pengembangan Model Pembelajaran Problem Based Instruction (PBI) Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Tindakan Peduli Terhadap Lingkungan Di Madrasah Aliyah Negeri Darussalam Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Biotik* Vol. 3 No. 1: 21-26.
- Shoimin, Aris. 2014. *68 Model Pembelajaran INOVATIF dalam Kurikulum 2013*. Ar-Ruzz Media, Yogyakarta : 239.

- Sheffield, R., Koula, R., Blackley, S., Fitriani, E., Rahmawati, Y. and Resek, D. 2018. Transnational Examination of STEM Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, Vol. 26 No.8: 67–80.
- Sidiq, Ricu dan Najuah. (2020). Pengembangan *E-Modul* Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), 1- 14.
- Simatupang, H. dan Ionita, F. 2020. Pengaruh Model *Problem Base Learning* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Materi Pencemaran Lingkungan Siswa SMA Negeri 13 Medan. *Jurnal Biolokus* Vol.3 No.1: 345-251.
- Sole, F. B., & Anggraeni, D. M. (2018). Inovasi Pembelajaran Elektronik dan Tantangan Guru Abad 21. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 2(1), 10–18.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugianto, S. D., Ahied, M., Hadi, W. S. dan Wulandari, A. Y. R. 2018. Pengembangan Modul IPA Berbasis Proyek Terintegrasi STEM Pada Materi Tekanan. *Natural Science Education Research* Vol.1 No.1: 28-39.
- Sukmawijaya, Y., Suhendar, Dan Juhanda, A. 2019. Pengaruh Model Pembelajaran Stem-Pjbl Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi*, Vol. 9, No.9: 28-43
- Sullivan, G., M., & Feinn, R. 2012. Using Effect Size or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3): 279–282
- Solekhah, Anis Wahdati. 2020. Peningkatan Motivasi Dan Hasil Belajar IPA Materi Pencemaran Lingkungan Melalui Model PjBL Siswa Kelas VII SMPN 9 Salatiga. *Jurnal Pendidikan MIPA*, Vol. 10 No. 1: 16-22
- Sumantri, Budi Agus. 2019. Pengembangan Kurikulum di Indonesia Menghadapi Tuntutan Kompetensi Abad 21. *El-Hikmah Jurnal kajian dan Penelitian Pendidikan Islam* Vol.18 No.1 :27-50.

- Supeno, Prastowo, S. H. B. dan Rahayu, M. P. 2020. Karakteristik Kemampuan Siswa SMA Menyelesaikan WII dan III Structured Problems Pada pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi* Vol. 6 No.1: 63-72.
- Susiana, Nora, Lia Yuliati, and Eny Latifah. 2018. Pengaruh Interactive Demonstration Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Kelas X Pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian Dan Pengembangan* Vol.3 No.3 :312–15.
- Suwardana, H. 2017. Revolusi industri 4.0 berbasis revolusi mental. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, Vol.1 No.2: 102-110.
- Teaching Institute Team for Excellence in STEM. 2010. *What is STEM Education?* Retrieved from <http://www.tiesteach.org/stem-education.aspx>.
- Thovawira, F. A., Safitri, I., Supartik. 2020. Implementasi Pendekatan STEM, Manfaat dan Tantangan Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 355-371.
- Vitrianingsih, D., Aulianingsih, I. dan Yuliani, H. 2021. Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) IPA Terintegrasi Islam, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika* Vol 5 No 1 2021 hal 27-37.
- Wijayanto, & Saifuddin Zuhri, M. 2014. Pengembangan *E-Modul* Berbasis Flip Book Maker Dengan Model Project Based Learning Untuk Mengembangkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Prosiding Mathematics and Sciences Forum*, hal 625–628.
- Yuberti, Y. dan Saregar, A. 2017. *Pengantar Metodologi Penelitian Pendidikan Matematika dan Sains*. CV. Anugrah Utama Raharja, Bandar Lampung:155 hlm.
- Yuliati, Yuyu. 2017. Literasi Sains dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Cakrawala Pendas* Vol.3 No. 2: 21-28.
- Yuliati, Yuyu dan Saputra, Dudu Suhandi. 2019. Pembelajaran Sains di Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Cakrawala Pendas* Vol.5 No. 2 : 167-171.

Zulaiha, F., dan Kusuma, D. 2020. Pengembangan Modul Berbasis STEM untuk Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi (JPFT)* Vol. 6 No. 2: 246-255.

Zain, Muhammad. 2017. Pengembangan Strategi Pembelajaran dan Pemilihan Bahan Ajar. *Jurnal Inspiratif Pendidikan Department of Islamic Education Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar* Vol. 6 No. 1: 172-178.