

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM-PJBL UNTUK
MEMBANGUN *NATURE OF SCIENCE* PADA MATERI
SIFAT BENDA DAN PERUBAHAN WUJUD BENDA
PESERTA DIDIK KELAS IV
SEKOLAH DASAR**

(Tesis)

Oleh

AMELIA ZAHRA



**PRODI STUDI MAGISTER KEGURUAN GURU SEKOLAH DASAR
FAKULTAS KEGURUAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM-PJBL UNTUK
MEMBANGUN *NATURE OF SCIENCE* PADA MATERI
SIFAT BENDA DAN PERUBAHAN WUJUD BENDA
PESERTA DIDIK KELAS IV
SEKOLAH DASAR**

Oleh

AMELIA ZAHRA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN

Pada

Jurusan Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



**PRODI STUDI MAGISTER KEGURUAN GURU SEKOLAH DASAR
FAKULTAS KEGURUAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM-PJBL UNTUK MEMBANGUN *NATURE OF SCIENCE* PADA MATERI SIFAT BENDA DAN PERUBAHAN WUJUD BENDA PESERTA DIDIK KELAS IV SEKOLAH DASAR

Oleh

AMELIA ZAHRA

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar berupa E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda di kelas IV Sekolah Dasar. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model pengembangan Plomp yang mencakup tiga tahap utama, yaitu *Preliminary Research, Development or Prototyping Phase* dan *Assessment Phase*. Penelitian ini dilakukan di SDN 4 Sukajawa Bandar Lampung kelas IV semester genap. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata penilaian uji validasi materi diperoleh 85,48% (Sangat Valid), Rata-rata penilaian uji validasi ahli media 84.88% (Sangat Valid), dan rata-rata penilaian uji validasi ahli bahasa 88.00% bahasa (Sangat Valid). Rata-rata angket kepraktisan E-MODUL diperoleh 95% (Sangat Praktis) dan hasil dari praktisi (Pendidik) diperoleh 97% (Sangat Praktis). Analisis data dilakukan menggunakan uji *Idenpendent samples t test* yang menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0.01 dan efektivitas memperoleh *N-Gain* 0.73 dengan kriteria peningkatan tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa E-MODUL berbasis STEM-PJBL memenuhi kriteria valid, praktis dan efektif untuk membangun *Nature of Science* peserta didik.

Kata kunci: E-MODUL, *Nature of Science*, Sekolah Dasar, sifat benda dan perubahan wujud, STEM-PJBL.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF STEM-PJBL-BASED E-MODULES TO BUILD THE *NATURE OF SCIENCE* IN THE SUBJECT MATTER OF THE PROPERTIES OF OBJECTS AND CHANGES IN THE FORM OF OBJECTS FOR FOURTH GRADE STUDENTS IN ELEMENTARY SCHOOLS

By

AMELIA ZAHRA

This study aims to develop teaching materials in the form of STEM-PJBL-based E-MODULES to build the Nature of Science in the subject matter of the properties of objects and changes in the form of objects in the fourth grade of elementary school. This study is a development study using the Plomp development model, which includes three main stages: Preliminary Research, Development or Prototyping Phase, and Assessment Phase. This study was conducted at SDN 4 Sukajawa Bandar Lampung in the fourth grade during the even semester. The results of this study indicate that the average validity test score for the material was 85.48% (Very Valid), the average validity test score for media experts was 84.88% (Very Valid), and the average validity test score for language experts was 88.00% (Very Valid). The average practicality questionnaire score for the E-MODULE was 95% (Very Practical), and the results from practitioners (educators) were 97% (Very Practical). Data analysis was conducted using an independent samples t-test, yielding a significance value of 0.01 and an effectiveness score of N-Gain 0.73 with a high improvement criterion. Therefore, it can be concluded that the STEM-PJBL-based E-MODULE meets the criteria of validity, practicality, and effectiveness in developing students' understanding of the nature of science.

Keywords: E-MODULE, elementary school, *Nature of Science*, properties of objects and changes in form, STEM-PJBL.

**Judul Tesis : PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM-
PJBL UNTUK MEMBANGUN NATURE OF
SCIENCE PADA MATERI SIFAT BENDA DAN
PERUBAHAN WUJUD BENDA PESERTA DIDIK
KELAS IV SEKOLAH DASAR**

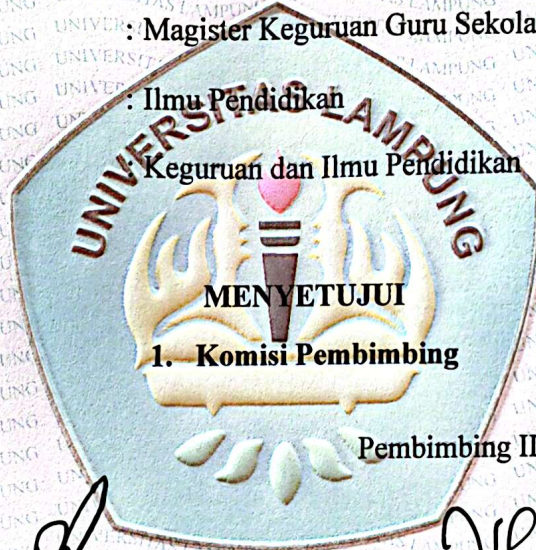
Nama Mahasiswa : Amelia Zahra

Nomor Pokok Mahasiswa : 2323053003

Program Studi : Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar

Jurusan : Ilmu Pendidikan

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

Dr. Fatkhur Rohman, M.Pd.
NIP 19910716 202421 1 011

Pembimbing II,

Dr. Mohammad Mona Adha, M.Pd.
NIP 19791117 200501 2 002

2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Ilmu Pendidikan**

Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si.
NIP 19741220 200912 1 002

**Ketua Program Studi
Magister Keguruan Guru SD**

Dr. Dwi Yulianti, M.Pd.
NIP 19670722 199203 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Fatkhur Rohman, M.Pd.

Sekretaris : Dr. Mohammad Mona Adha, M.Pd.

Penguji Anggota : 1. Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si.

2. Dr. Apri Wahyudi, M.Pd.

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

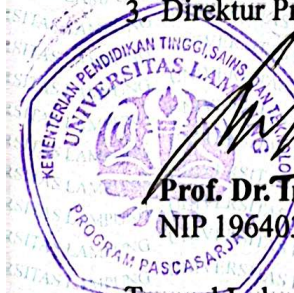
NIP. 19870504 201404 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Tr. Murhadi, M.Si.

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 14 Agustus 2025



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk Membangun *Nature of Science* Pada Materi Sifat Benda dan Perubahan Wujud Benda Peserta Didik Kelas IV Sekolah Dasar” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiatisme.
2. Hak Intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2025
Pembuat pernyataan,



Amelia Zahra
NPM. 2323053003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 11 April 1998 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dilahirkan dari pasangan Bapak Ailen Putra dan Ibu Mardiana. Penulis mengawali pendidikan di SDN 1 Sawah Brebes Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Muhammadiyah 3 Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung lulus pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Al-Azhar 3 Kecamatan Kedaton, Kota Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2016. Tahun 2016 penulis melanjutkan jenjang S1 Pendidikan Guru Sekolah Dasar di Universitas Lampung dan lulus pada tahun 2020. Penulis diangkat menjadi Guru Pemerintahan dengan Perjanjian Kerja TMT 01 Maret 2022. Selanjutnya di tahun 2023 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa S-2 Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

MOTTO

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar.”

(Qs. Ar-Ruum:60)

“Work hard in silence, Succes be your noise”

(Frank Ocean)

“Berusaha dengan keikhlasan, meniatkan sebagai ibadah, serta menyerahkan hasil sepenuhnya kepada Allah SWT.”

(Amelia Zahra)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan limpahan nikmat dan rahmat-Nya dan semoga shalawat selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tentunya dengan penuh kerendahan hati penulis mempersembahkan karya tulis sederhana ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan Pendidikan dan tanda bakti kasih tulus yang mendalam kepada:

1. Orang tuaku tercinta Papa Ailen, Mama Mardiana, Abi Effendi dan Umi Christina yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, menyayangi, mendo'akan, motivasi dan mendukung segala bentuk perjuangan anaknya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan berkah sehat dan umur panjang dan memberikan kesempatan Saya untuk membahagiakan dan mengangkat derajat keluarga besar.
2. Adik-adikku tersayang, Tasya, Farrasa, Diaz yang telah menyemangatiku, menghiburku, dan mendo'akan dalam setiap perjuanganku.
3. Keluarga Besar Mawardi Murkawi yang telah sepenuh hati, mendo'akan, dan mendukung saya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan berkah sehat dan umur panjang.
4. Diriku sendiri yang selalu mampu menguatkan dan meyakinkan semua hal yang aku impikan akan terwujud atas bantuan Allah dan kerja kerasku.
5. Sahabat seperjuangan Salamah Tri Rahayu, Risna Estuning, dan rekan rekan MKGSD 2023 terimakasih atas motivasi dan semangatnya untuk menyelesaikan studi ini.
6. Semua pendidik dari SD, SMP, SMA, hingga kuliah S1 dan S2, yang telah mengajarkan banyak hal baik berupa ilmu pengetahuan maupun ilmu agama.
7. Kepada semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.

SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirrohiim.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* Pada Materi Sifat Benda dan Perubahan Wujud Benda Peserta Didik Kelas IV Sekolah Dasar” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan di Universitas Lampung. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar.
2. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan studi.
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung yang telah memberikan petunjuk kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Si. Ketua Jurusan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Dr. Dwi Yulianti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini
6. Dr. Fatkhur Rohman, M.Pd., selaku pembimbing I atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, semangat, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.

7. Dr. Muhammad Mona Adha, M.Pd., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, semangat, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
8. Dr. Muhammad Nurwahidin, M.Ag., M.Si., selaku Pembahas atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
9. Dr. B. Anggit Wicaksono, M.Si., Dr. Hanifah Zakiya, M.Pd., dan Dr. Ahmad Fahrudin, S. Pd., M.Pd., selaku validator produk atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
10. Dr. Rangga Firdaus, S.Kom., M.Kom., Fredi Ganda Putra., dan Dr. Apri Wahyudi, M.Pd selaku validator produk atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
11. Dr. Rahmat Prayogi, S.Pd., M.Pd., Drs. Dr. Mulyanto Widodo, M.Pd., dan Dr. Istiqomah Nurzafira, M.Pd selaku validator produk atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
12. Bapak dan Ibu Dosen, serta Staff Program Studi Magister Keguruan Guru Sekolah Dasar dan Jurusan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
13. Kepala Sekolah dan Bapak/Ibu Dewan Guru SD Negeri 4 Sukajawa Bandar Lampung, yang telah memberikan izin dan membantu selama proses penelitian berlangsung.
14. Peserta didik Kelas IV SD Negeri 4 Sukajawa Bandar Lampung selaku subjek penelitian tesis, yang telah berpartisipasi aktif dan mendukung kelancaran proses penelitian ini.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Allah SWT melindungi dan membalas kebaikan yang sudah diberikan kepada peneliti. Aamiin.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2025
Penulis,

Amelia Zahra
NPM. 2323053003

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	10
1.3 Batasan Masalah.....	10
1.4 Rumusan Masalah	11
1.5 Tujuan Penelitian.....	11
1.6 Manfaat Penelitian	12
1.6.1 Manfaat teoritis	12
1.6.2 Manfaat Praktis	12
1.7 Ruang Lingkup Penelitian.....	13
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 E-MODUL	14
2.1.1 Pengertian E-MODUL	14
2.1.2 Karakteristik E-MODUL	15
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan E-MODUL	17
2.1.4 Tujuan, Manfaat E-MODUL.....	18
2.2 Pembelajaran IPAS di SD	19
2.3 Pendekatan STEM.....	20
2.4 Model Pembelajaran STEM-PJBL.....	22
2.5 Sintak Model PjBL STEM	24
2.6 <i>Nature of Science(Nature of Science)</i>	25
2.6.1 Pengertian <i>Nature of Science</i>	25
2.6.2 Indikator <i>Nature of Science</i>	28
2.7 Penelitian yang relevan	31
2.8 Kerangka Pikir	37

III. METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian Pengembangan.....	39
3.2 Prosedur pengembangan	40
3.3 Tempat dan Subyek Penelitian	48
3.3.1 Tempat Penelitian.....	48
3.3.2 Subjek Penelitian.....	48
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian	48
3.4.1 Populasi Penelitian.....	48
3.4.2 Sampel Penelitian.....	49
3.5 Definisi Konseptual dan Operasional Penelitian.....	49
3.5.1 Variabel Terikat (<i>Nature of Science</i>)	49
3.5.2 Variabel Bebas (E-MODUL Berbasis STEM-PJBL).....	50
3.6 Teknik Pengumpulan Data	51
3.7 Instrumen Penelitian.....	52
3.7.1 Instrumen Tahap penelitian pendahuluan (<i>Preliminary Research</i>)	52
3.7.2 Instrumen Pengembangan (<i>Prototype Research</i>).....	53
3.8 Uji Prasyarat Instrumen.....	54
3.8.1 Uji Validitas.....	55
3.8.2 Uji Reliabilitas.....	55
3.8.3 Tingkat Kesukaran Soal	56
3.8.4 Daya Pembeda.....	57
3.9 Teknik Analisis Data	57
3.9.1 Analisis kevalidan produk	58
3.9.2 Analisis Praktikalitas E-MODUL	59
3.9.3 Analisis Efektivitas E-MODUL	60

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	63
4.1.1 Hasil Penelitian Investigasi Awal (<i>Preliminary Research</i>)	63
4.2 Pembahasan.....	100
4.2.1 Pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL menggunakan Model Plomp	100
4.2.2 Kevalidan Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL.....	102
4.2.3 Kepraktisan Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL.....	103
4.2.4 Keefektivan Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL.....	103
4.3 Keunggulan dan Keterbatasan Penelitian.....	106

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	107
5.2 Saran	108

DAFTAR PUSTAKA.....	109
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis Kebutuhan Peserta Didik	6
2. Analisis Kebutuhan Pendidik	7
3. Rekapitulasi Analisis Kebutuhan	7
4. Indikator Nature of Science	30
5. Indikator Nature of Science	30
6. Prosedur Penelitian.....	40
7. Kegiatan kajian literatur.....	42
8. Data Peserta Didik Kelas IV SD Negeri 4 Sukajawa TP 2024/2025	49
9. Klasifikasi Validitas.	55
10. Kriteria Reliabilitas Soal.....	56
11. Klasifikasi Tingkat Kesukaran Soal	56
12. Klasifikasi Daya Pembeda Soal	57
13. Interpretasi Nilai Indeks Valid	58
14. Klasifikasi Kepraktisan	59
15. Kategori Nilai N-gain.....	62
16. Hasil Analisis Konsep Elemen Zat dan Benda.....	67
17. <i>Storyboard</i> Desain Awal Produk	70
18. Hasil Evaluasi Sendiri (Self Evaluation)	75
19. Hasil Analisis One to One Evaluation.....	76
20. Hasil Penilaian Ahli Materi.....	77
21. Revisi Hasil Validasi Ahli Materi.....	77
22. Hasil Penilaian Ahli Media	81
23. Revisi Hasil Validasi Ahli Media	82
24. Hasil Penilaian Ahli Bahasa	91
25. Hasil Penilaian Praktikalitas Pendidik	92
26. Hasil Penilaian Respon Peserta Didik.....	92
27. Hasil Uji Validitas Butir Soal.....	93
28. Hasil Uji Reliabilitas	93
29. Hasil Uji Daya Pembeda Soal	94
30. Hasil uji tingkat kesukaran soal	94
31. Hasil penilaian praktikalitas pendidik.....	95
32. Hasil penilaian praktikalitas peserta didik	95
33. Hasil Uji Normalitas	96
34. Hasil Uji Homogenitas.....	96

35. Output SPSS Idenpendent Sample T-test	97
36. Group Statistic Uji Independent Sampel T-test.....	98
37. Hasil Interpretasi Indikator Pemahaman <i>Nature of Science</i>	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses dalam EDP	23
2. Kerangka Pikir	38
3. Proses evaluasi formatif prototipe (Tessmer, 1993).....	43
4. Flowchat Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL	47
5. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik	64
6. Hasil Angket Kebutuhan Pendidik	65
7. Hasil Rekapitulasi Analisis Tes Nature of Science	66
8. Reflection	73
9. Mengumpulkan Data Dari Video	73
10. Tahap <i>Discovery</i>	73
11. Tahap <i>Aplication</i>	74
12. Tahap Communication	74
13. Aktivitas Peserta didik pada Sintak Research	104
14. Aktivitas Peserta didik pada Sintaks Discovery.....	105
15. Aktivitas Peserta didik pada sintak Application.....	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Wawancara	120
2. Analisis Kebutuhan Peserta didik Kelas IV	121
3. Analisis Kebutuhan Pendidik	126
4. Kisi-Kisi Instrumen Soal	131
5. Instrumen Soal	132
6. Uji Prapendahuluan	152
7. Modul Ajar Kelas Kontrol dan Eksperimen	153
8. Kisi- kisi instrumen soal pretest dan posttest	166
9. Soal Pretest dan Posttest	168
10. Uji Coba Soal	177
11. Kunci jawaban Pretest dan Posttest	187
12. Angket uji praktikalitas respon peserta didik Small group evaluation	189
13. Angket uji praktikalitas pendidik (Small Group Evaluation)	192
14. Self Evaluation	195
15. Validasi ahli materi	196
16. Validasi ahli media	205
17. Validasi Ahli Bahasa	215
18. Hasil Validasi Ahli Materi	224
19. Hasil Validasi Ahli Media	225
20. Hasil Validasi Ahli Bahasa	226
21. Hasil Analisis One to One Evaluation	227
22. Data hasil penilaian praktikalitas pendidik	228
23. Hasil penilaian praktikalitas peserta didik	229
24. Validitas Soal	230
25. Reliabilitas Soal	232
26. Tingkat Kesukaran Soal	233
27. Daya Pembeda Soal	234
28. Hasil penilaian praktikalitas pendidik	235
29. Hasil penilaian praktikalitas peserta didik	236
30. Normalitas	237
31. Homogenitas	238
32. Idenpendent Sampel T-test	239
33. Hasil Pretest Kontrol	240
34. Hasil Posttest Kontrol	241

35. Hasil-hasil analisis <i>Nature of Science</i> Kelas control.....	242
36. Hasil-hasil analisis <i>Nature of Science</i> Kelas Eksperimen.....	244
37. Analisis N-gain Per Aspek Eksperimen	246
38. Analisis N-gain Per Aspek Kontrol.....	247
39. Dokumentasi	248
40. Surat Izin Penelitian	252
41. Surat Balasan Izin Penelitian	253
42. Surat balasan telah melaksanakan penelitian	254
43. HAKI.....	255
44. LoA	256

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pendidikan berperan krusial dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia, memungkinkan individu mengembangkan potensinya untuk kehidupan yang lebih baik. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di abad ke-21, pendidikan harus berfokus pada pembentukan manusia yang kompeten dan berdaya saing (Rohman & Lusiyana, 2017; Wardhana *et al.*, 2022). Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam era Revolusi Industri 4.0 menuntut pendidikan untuk berfokus pada peningkatan keterampilan agar mampu bersaing di tingkat global. Integrasi teknologi dalam pembelajaran menjadi solusi dalam menghadapi tantangan era ini dengan membekali keterampilan yang sesuai dengan kebutuhan pasar kerja masa depan. Kolaborasi antara dunia pendidikan, industri, dan pemerintah berperan penting dalam menciptakan ekosistem pendidikan yang adaptif dan inovatif (Rahmania & Hamimi, 2023; Ferdiani & Pranyata, 2022).

Berdasarkan hasil *Program for International Student Assessment (PISA)* tahun 2022, banyak negara, termasuk Indonesia, masih menghadapi tantangan dalam meningkatkan literasi sains, matematika, dan membaca peserta didik. Meski ada kemajuan, seperti kenaikan peringkat dalam literasi sains penurunan skor rata-rata menunjukkan kesenjangan antara kurikulum sekolah dan kebutuhan kompetensi abad 21 (Kemendikbudristek, 2023). Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berdampak pada dunia pendidikan, khususnya penggunaan bahan ajar harus beradaptasi dengan perkembangan tersebut. Dunia pendidikan harus peka agar pembelajaran tidak menjadi ketinggalan Zaman. (Triana *et al.*, 2020).

Kesadaran akan pentingnya pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) sebagai media pembelajaran terus meningkat. Pesatnya perkembangan teknologi memberikan peluang besar untuk dimanfaatkan dalam mendukung berbagai aktivitas, khususnya dalam bidang pendidikan. (Ilah Armilah *et al.*, 2024, Rohman *et al.*, 2020). Penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk keberhasilan pembelajaran tidak dapat dipisahkan dari kurikulum. Kurikulum yang dipakai saat ini merupakan Kurikulum Merdeka, yang berfokus pada pengembangan pengetahuan dan keterampilan siswa melalui proyek, dengan muatan yang lebih optimal dan pembelajaran dalam kurikuler yang beragam, memberikan waktu yang cukup bagi peserta didik untuk memperdalam konsep dan memperkuat keterampilannya (A. D. C. Putri, 2024; Antonius Alijoyo & Sapuan, 2022).

Kurikulum Merdeka memberi kebebasan bagi sekolah dan guru untuk menyusun pembelajaran yang lebih fleksibel dan sesuai kebutuhan siswa. Pendekatan ini menempatkan peserta didik sebagai pusat, mendorong keterlibatan aktif, meningkatkan motivasi, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. SiSTEM pendidikan Indonesia memiliki peluang besar untuk memanfaatkan Kurikulum Merdeka dalam mendorong perubahan positif dan mendukung perkembangan siswa secara menyeluruh. (Windayanti *et al.*, 2023; Suhaida, 2024). Kurikulum Merdeka, pendidik diberikan kebebasan untuk mengajar sesuai dengan kemampuan dan minat peserta didik, membentuk karakter melalui pilihan pelajaran yang relevan, serta mengembangkan *soft skill* di lingkungan sekitar, meskipun masih terdapat tantangan berupa kurangnya fasilitas pembelajaran dan sumber belajar yang belum lengkap (Daga, 2021; Angga *et al.*, 2022).

Pendekatan STEM tidak hanya mendorong peserta didik untuk memahami konsep secara mendalam, tetapi juga melatih *soft skills* yang relevan dengan kehidupan nyata. Agar pembelajaran lebih efektif, pemilihan bahan ajar yang sesuai juga penting untuk mengasah keterampilan berpikir peserta didik secara optimal (Karlina *et al.*, 2023; Roslina *et al.*, 2022; Yulianti & Masiroh, 2024), namun

penggunaan modul berbasis STEM harus disertai dengan model pembelajaran yang tepat. Model *Project-Based Learning* (PjBL) tidak hanya membantu siswa memahami materi, tetapi juga menghasilkan produk yang bermanfaat. Oleh karena itu, modul yang terintegrasi dengan STEM harus digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Ramadhan & Sutrisnawati, 2023). PjBL dengan pendekatan STEM memiliki kapasitas untuk mendorong peserta didik terlibat dalam pembelajaran yang bermakna, memahami ide melalui proyek, mengajarkan konsep *sains* secara teoritis, dan mendorong peserta didik terlibat dalam proyek praktis yang mengaplikasikan pengetahuan peserta didik (Capraro *et al.*, 2013). Salah satu mata pelajaran kurikulum merdeka yang diintegrasikan adalah IPAS (Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial) sebagai mata pelajaran baru dalam Kurikulum Merdeka berperan dalam mewujudkan Profil Pelajar Pancasila. IPAS mengkaji tentang makhluk hidup, benda mati di alam semesta, serta interaksinya, dan juga mengkaji kehidupan manusia sebagai individu dan makhluk sosial yang berinteraksi dengan lingkungannya (Azzahra *et al.*, 2023). Pembelajaran IPA bertujuan membantu peserta didik memahami konsep-konsep ilmiah yang berguna dalam kehidupan sehari-hari, menumbuhkan rasa ingin tahu, dan kesadaran akan saling ketergantungan antara ilmu pengetahuan, lingkungan, teknologi, dan masyarakat melalui tahapan *siSTEMatis* untuk memahami konsep ilmiah dengan benar (S. U. Putri & Taqiudin, 2021; Tursinawati & Widodo, 2019)

Pembelajaran IPA juga melibatkan sifat ilmu pengetahuan yang dikenal sebagai *Nature of Science*. *Nature of Science* adalah pengetahuan tentang bagaimana sains bekerja (Lederman & Lederman, 2019). Pemahaman tentang *Nature of Science* memainkan peran penting dalam memperkuat kemampuan berpikir kritis, penalaran, dan penerapan ilmu pengetahuan pada peserta didik. *Nature of Science* juga membantu membentuk sikap positif, yang menjadi bekal untuk menghadapi tantangan di kehidupan masyarakat. Lebih dari sekadar penguasaan materi, *Nature of Science* membekali peserta didik dengan keterampilan esensial untuk menghadapi tuntutan globalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat. Dengan memahami *Nature of Science*, peserta didik mendapatkan wawasan yang lebih menyeluruh tentang bagaimana sains bekerja dan kontribusinya dalam kehidupan

sehari-hari (BouJaoude *et al.*, 2022; Sengul, 2023). Pemahaman siswa sekolah dasar terhadap *Nature of Science* masih rendah karena berbagai faktor seperti pendekatan pengajaran *Nature of Science* yang masih bersifat implisit menjadi hambatan utama dalam pembelajaran sains. Banyak guru tidak menggunakan metode terstruktur atau pendekatan khusus untuk *Nature of Science*, sehingga siswa tidak secara langsung diarahkan untuk memahami konsep-konsep hakikat sains. Akibatnya, peserta didik sering kali kurang menyadari pentingnya pemahaman mendalam mengenai hakikat sains dalam proses belajar (Sengul, 2023).

Terbatasnya pemahaman guru terhadap *Nature of Science* turut mempengaruhi kualitas pembelajaran. Masih banyak guru dan calon guru yang kesulitan dalam memahami konsep dasar *Nature of Science*, yang berakibat pada kemampuan mereka yang belum optimal dalam mengajarkan konsep tersebut. Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman guru dan calon guru sekolah dasar terhadap *Nature of Science* berada dalam kategori cukup (Jumanto & Widodo, 2018; Adi & Widodo, 2018). Keterbatasan materi di buku teks sains juga menjadi salah satu kendala. Buku teks cenderung lebih berfokus pada konsep-konsep pengetahuan sains dan mengabaikan aspek penting dari *Nature of Science*, seperti kreativitas, subjektivitas, dan pengaruh sosial-budaya dalam perkembangan ilmu pengetahuan (Lederman *et al.*, 2002). Keterbatasan metode pembelajaran yang menunjang *Nature of Science* menyebabkan proses belajar sains kurang optimal. Pembelajaran *Nature of Science* seharusnya bersifat eksploratif, kreatif, dan kolaboratif, namun metode ini belum diterapkan secara luas di sekolah dasar akibat keterbatasan fasilitas, waktu, dan pengalaman guru dalam merancang kegiatan ilmiah yang interaktif (McComas, 2020). Ketergantungan pada pendekatan hafalan menghambat peserta didik dalam mengembangkan pemahaman ilmiah yang kritis dan kreatif. Model pembelajaran hafalan cenderung meminggirkan aspek berpikir ilmiah dan *Nature of Science* yang sangat penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik (Khalick *et al.*, 2008).

Solusi untuk mengatasi rendahnya *Nature of Science* peserta didik dengan pendekatan STEM yang dikombinasikan dengan model PjBL terbukti mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap *Nature of Science*. Menurut penelitian (Almiasih & Winarto, 2022) strategi ini memungkinkan peserta didik untuk memahami *Nature of Science* secara lebih kontekstual dan aplikatif melalui keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran. Melalui pendekatan ini, peserta didik berkesempatan untuk melihat bagaimana sains diterapkan dalam teknologi, teknik, dan matematika, yang sejalan dengan prinsip-prinsip *Nature of Science*. Pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa bekerja dalam tim, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, dan menerapkan sains dalam situasi nyata. Penggunaan media dan teknologi dalam pembelajaran berperan penting dalam meningkatkan pemahaman *Nature of Science*. Menurut McComas & Nouri (2016), teknologi seperti simulasi dan aplikasi ilmiah memungkinkan siswa memahami konsep sains secara interaktif dan lebih menarik. Teknologi membantu menyederhanakan konsep abstrak *Nature of Science*, sehingga lebih mudah dipahami oleh peserta didik.

Urgensi *Nature of Science* untuk Peserta Didik, Pemahaman *Nature of Science* sangat penting dalam pembelajaran ipa karena membantu siswa menghadapi tantangan perubahan IPTEK yang semakin pesat. IPA mencakup tiga dimensi utama, yaitu sains sebagai cara berpikir, cara menyelidiki, dan kumpulan pengetahuan (Chiappetta & Koballa, 2010). *Nature of Science* peserta didik tidak hanya memahami konsep ilmiah, tetapi juga mengembangkan rasa ingin tahu, penalaran, dan keterampilan investigatif. Proses ilmiah dalam ipa melibatkan observasi, pengumpulan data, pengujian hipotesis, eksperimen, serta analisis hasil. Dengan memahami *Nature of Science*, peserta didik dapat menghubungkan konsep sains dengan kehidupan sehari-hari, meningkatkan relevansi dan penerapan ilmu pengetahuan dalam berbagai situasi praktis dan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan masalah (Wilujeng *et al.*, 2019).

Materi sifat benda dan perubahan wujud benda salah satu materi yang ada di pembelajaran IPAS di kelas IV dalam kurikulum merdeka. Materi ini bertujuan untuk membekali siswa tentang terjadinya perubahan wujud zat atau benda

dengan benar. Sejalan dengan penelitian terdahulu menyatakan proses pembelajaran dengan menggunakan model saintifik dapat meningkatkan hasil belajar IPA siswa kelas V mengenai jenis benda dan perubahan wujud (Latifah *et al.*, 2020). Oleh karena itu, sangat penting untuk membekali siswa dengan pemahaman konseptual tentang sifat-sifat benda dan perubahan bentuk benda sehingga mereka dapat mengambil keputusan mengenai permasalahan ilmiah dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang sudah terlaksana pada tanggal 5 Juni 2024 di SDN 4 Sukajawa melalui angket dengan wali kelas IV dan peserta didik kelas IV berjumlah 76 orang. Analisis kebutuhan yang diberikan kepada peserta didik mengenai E-MODUL menunjukkan perlu adanya pengembangan E-MODUL sebagai bahan ajar peserta didik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Analisis Kebutuhan Peserta Didik

No	Dimensi	Jumlah Peserta didik	Alternatif jawaban		Persentase
			Ya	Tidak	
1	Minat Peserta didik dalam proses pembelajaran	76	27,6%	72,4%	100%
2	Indikator <i>Nature of Science</i> sudah di integrasikan dalam pembelajaran	76	4,8%	95,2%	100%
3	Inovatif guru dalam pengembangan bahan ajar	76	36%	64%	100%
4	Kesiapan Peserta didik menerima produk penelitian E-MODUL Berbasis STEM-PJBL	76	100%	0%	100%
5	Karakteristik kemenarikan produk E-MODUL	76	92%	8%	100%

Sumber : Hasil Angket Kebutuhan Peserta Didik.

Berdasarkan analisis diatas hasil angket diperoleh Peserta didik kurang aktif, kurangnya minat peserta didik dalam proses pembelajaran IPAS. Bahan ajar yang digunakan pada proses pembelajaran hanya buku paket yang tersedia dari sekolah. Pemahaman *Nature of Science* peserta didik masih rendah. Pendidik juga belum menggunakan bahan ajar yang bervariasi dan pembelajaran masih satu arah serta kurangnya pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran.

Tabel 2. Analisis Kebutuhan Pendidik

No	Dimensi	Jumlah Pendidik	Alternatif Jawaban		Persentase
			Ya	Tidak	
1	Minat Peserta didik dalam proses pembelajaran	3	56%	44%	100%
2	Indikator <i>Nature of Science</i> sudah diintegrasikan dalam pembelajaran	3	40%	60%	100%
3	Inovatif Pendidik dalam pengembangan bahan ajar	3	42%	58%	100%
4	Kesiapan Pendidik menerima produk penelitian E-MODUL Berbasis STEM-PJBL	3	100%	0%	100%
5	Karakteristik kemenarikan produk E-MODUL	3	84%	16%	100%

Sumber : Hasil Angket Kebutuhan Pendidik.

Analisis kebutuhan pendidik pada tabel 2 menunjukkan proses pembelajaran menggunakan cara yang sama, pendidik tidak mengaplikasikan materi dengan dunia nyata atau kehidupan sehari-hari yang mampu menggali gagasan untuk pemahaman *Nature of Science* peserta didik. Belum adanya inovasi dalam pembelajaran, metode pembelajaran yang digunakan ceramah dan diskusi. Bahan ajar yang digunakan hanya buku paket, dan buku paket yang tersedia terbatas. pendidik belum menggunakan E-MODUL dalam proses pembelajaran. Untuk mendukung hasil instrumen angket, penulis melakukan tes berupa soal untuk peserta didik kelas IV SD negeri 4 Sukajawa dengan hasil yang didapat sebagai berikut :

Tabel 3. Rekapitulasi Analisis Kebutuhan

No	Aspek	Persentase
1	<i>Empiris Base</i>	38%
2	<i>Tentative</i>	43%
3	<i>Theories and Law</i>	46%
4	<i>Socio Cultural Embeddedness</i>	47%
5	<i>Creativity</i>	44%
6	<i>Scientific Method</i>	40%
7	<i>Subjective</i>	48%
Rerata BK		44%

Sumber : Hasil tes kemampuan awal *Nature of Science* peserta didik.

Data hasil rekapitulasi hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan oleh peneliti kepada peserta didik kelas IV diperoleh hasil yaitu pada aspek *Empiris Base* 38% predikat rendah diketahui peserta didik belum dapat menafsirkan data atau bukti. *Tentative* dengan persentase 43% predikat rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik belum bisa memberikan penjelasan antar fenomena alam. *Theories*

and Law dengan persentase 46% predikat rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik belum bisa memahami perbedaan hukum dan teori dalam sains. *Socio Cultural Embeddedness* dengan persentase 47% persentase rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik siSTEM nilai dan budaya mempengaruhi cara pengetahuan ilmiah dikembangkan, diterapkan, dan diterima dalam masyarakat. *Creativity* dengan persentase 44% persentase rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik belum memahami bahwa kreativitas dan imajinasi adalah pendorong penting dalam perkembangan pengetahuan ilmiah. *Scientific Method* dengan persentase 40% persentase rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik belum bisa mengevaluasi. *Subjective* dengan persentase 48% persentase rendah diperoleh hasil yaitu peserta didik belum bisa mengerti bahwa pandangan pribadi dan pengalaman sebelumnya bisa memengaruhi cara mereka memahami dan menafsirkan ilmu pengetahuan. Hasil wawancara pendukung lainnya menunjukkan bahwa beberapa faktor mempengaruhi pemahaman *Nature of Science* peserta didik, seperti diperoleh sumber belajar yang digunakan hanya buku pendidik, Pendidik menggunakan metode ceramah dan penugasan. Pendidik tidak membuat materi terkait dengan kehidupan sehari-hari sehingga dapat berdampak pada keterampilan *Nature of Science* mengakibatkan tidak tercapainya tujuan pembelajaran dan peserta didik kurang aktif selama proses pembelajaran karena masih berfokus kepada pendidik saat pembelajaran.

Masalah dalam pembelajaran ipa kurangnya sumber belajar yaitu bahan ajar dan proses pembelajaran yang tidak optimal, perlu segera diatasi agar tujuan pembelajaran ipa dapat dicapai secara efektif dalam mengembangkan kemampuan peserta didik dengan baik. Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran adalah modul. Bahan belajar yang sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi antara lain E-MODUL atau modul elektronik. E-MODUL memiliki keunggulan dibandingkan modul cetak. Modul cetak hanya terdiri dari materi dan gambar, sedangkan modul elektronik menjadikan pembelajaran lebih interaktif (Inayah *et al.*, 2022). Untuk membuat modul lebih menarik maka perlu inovasi seperti modul berbasis metode, pendekatan atau model (Agung *et al.*, 2022).

Rendahnya pemahaman *Nature of Science* pada peserta didik dapat ditingkatkan melalui penerapan E-MODUL berbasis STEM dan PJBL. Pendekatan ini mengkombinasikan konsep ilmiah dengan proyek nyata yang melibatkan siswa secara aktif, memungkinkan mereka mengalami proses ilmiah secara langsung. Penggunaan PJBL berbasis STEM mendorong siswa untuk melakukan eksperimen, mengembangkan hipotesis, mengumpulkan data, serta menyusun kesimpulan, sehingga meningkatkan keterampilan ilmiah (Imran & Wibowo, 2018). E-MODUL interaktif mempermudah pembelajaran, khususnya saat pembelajaran daring. E-MODUL memiliki fitur yang mendukung pemahaman materi secara lebih mendalam. Berbeda dengan modul cetak, E-MODUL dapat diakses melalui berbagai perangkat digital. Selain itu, simulasi interaktif dalam E-MODUL membantu siswa memahami sains sebagai proses dinamis berbasis bukti (Wulandari *et al.*, 2021; Amril & Thahar, 2022). Dengan E-MODUL STEM PjBL, peserta didik dapat menghubungkan ilmu pengetahuan dengan masalah praktis sehari-hari, meningkatkan relevansi sains dalam kehidupan peserta didik (Agung *et al.*, 2022).

Membangun *Nature of Science* dapat dilakukan melalui penggunaan model pembelajaran yang tepat yaitu model pembelajaran STEM-PJBL. Penelitian yang dilakukan (Agung *et al.*, 2022) menyatakan bahwa STEM-PJBL meningkatkan hasil belajar peserta didik serta mampu meningkatkan karakter peserta didik pada pembelajaran abad 21 dan era revolusi industri 4.0. serta penelitian (Purwaningsih *et al.*, 2020) pembelajaran STEM-PJBL secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Pendekatan STEM dengan model project based Learning adalah salah satu pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan (Davidi *et al.*, 2021; Anggraito *et al.*, 2020). Pendekatan STEM dan PJBL, dapat digunakan untuk mengintegrasikan elemen-elemen tersebut ke dalam pembelajaran (Israwaty & Syam, 2021). STEM dengan model pembelajaran PJBL peserta didik menjadi aktif dalam pembelajaran (Agung *et al.*, 2022).

Pemahaman *Nature of Science* pada peserta didik dapat ditingkatkan melalui E-MODUL berbasis STEM-PJBL. Modul ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam eksperimen dan proyek nyata, sejalan dengan prinsip *Nature of Science*. Pendekatan STEM-PJBL memungkinkan peserta didik melakukan investigasi ilmiah dan kolaborasi, sehingga memperkuat pemahaman mereka terhadap proses sains. Selain itu, pendekatan ini membantu mengaitkan konsep sains dengan situasi nyata, seperti eksperimen tentang lingkungan, yang menumbuhkan kesadaran akan sifat dinamis dan berbasis bukti dalam sains. Oleh karena itu, pengembangan E-MODUL STEM-PJBL diperlukan untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Bahan ajar yang digunakan hanya buku paket peserta didik
2. Pendidik juga belum menggunakan bahan ajar yang bervariasi dan pembelajaran masih satu arah serta kurangnya pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran.
3. Peserta didik masih berfokus pada buku paket dan belum bisa mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari.
4. Pemahaman *Nature of Science* belum menjadi fokus utama dalam pembelajaran.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan masalah yang sudah diidentifikasi penulis, maka masalah pada penelitian ini dibatasi agar lebih kerucut dan mencapai target penelitian yang diharapkan. Pembatasan penelitian ini adalah belum tersedia E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV Sekolah Dasar.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana Kevalidan pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar?
2. Bagaimana Kepraktisan pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar?
3. Bagaimana Keefektifan pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengukur Kevalidan pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar.
2. Mengukur Kepraktisan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar.
3. Mengukur Keefektifan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV sekolah dasar.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1.6.1 Manfaat teoritis

Secara teoritis penelitian ini bermanfaat untuk menambah pengetahuan mengenai pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda peserta didik kelas IV Sekolah Dasar.

1.6.2 Manfaat Praktis

a. Peserta didik

Melalui pengembangan E-MODUL yang dilakukan peneliti dapat memberikan suasana pembelajaran IPAS yang baru pada peserta didik.

b. Pendidik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dalam rangka penyusunan konsep-konsep baru terutama tentang Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda.

c. Sekolah

Merupakan bahan masukan bagi sekolah dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan melalui inovasi pengembangan modul elektronik pembelajaran.

d. Peneliti Lain

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengalaman peneliti lain yang ingin mengembangkan E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* peserta didik dapat dijadikan bekal awal untuk menjadi pendidik yang profesional.

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Spesifikasi produk yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan modul elektronik (E-MODUL) materi sifat benda dan perubahan wujud benda yang berbasis STEM-PJBL. Produk yang dikembangkan merupakan E-MODUL yang disusun dengan langkah-langkah STEM-PJBL untuk membangun *Nature of Science* peserta didik. E-MODUL berbasis STEM-PJBL dikembangkan pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda pada kelas IV. E-MODUL berbasis STEM-PJBL dibuat agar peserta didik tertarik dan berminat untuk membaca dan mempelajari E-MODUL dapat memandu peserta didik dalam mempelajari materi maupun kegiatan yang dilakukan dalam pembelajaran. E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang dikembangkan memuat gambar dan video yang dikemas menarik berbeda dengan E-MODUL yang hanya berisi penjelasan tentang materi saja dan dapat diakses oleh peserta didik kapanpun melalui smartphone.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 E-MODUL

2.1.1 Pengertian E-MODUL

Kemajuan teknologi informasi telah mengubah cara pembelajaran, termasuk penggunaan modul cetak dan E-MODUL. Pergeseran dari media cetak ke digital mempengaruhi pendidikan dan metode pengajaran, dengan E-MODUL yang berkembang pesat selama revolusi industri 4.0 dan pembelajaran abad 21 sebagai upaya menyesuaikan perkembangan zaman, menjadikan modul dalam bentuk elektronik lebih praktis dan efisien (Istianah *et al.*, 2020; Kimianti & Prasetyo, 2019). Buku elektronik sebagai versi digital dari buku cetak dapat dibaca melalui perangkat elektronik dan *software* khusus, menjadikan E-MODUL sebagai opsi pengembangan yang bagus (Dwi Lestari & Putu Parmiti, 2020). E-MODUL adalah bahan ajar berbasis teknologi yang merupakan pengembangan dari modul cetak ke bentuk elektronik, sehingga disebut elektronik modul (Nurhalimah Erdi & Padwa, 2021). E-MODUL adalah bentuk penyajian bahan belajar mandiri yang disusun secara sistematis ke dalam satuan-satuan pembelajaran terkecil mencakup materi, metode, batasan, dan cara evaluasi untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu yang disajikan ke dalam format elektronik seperti animasi, audio, navigasi memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan program secara lebih interaktif (Inzghi *et al.*, 2023; N. T. Putri *et al.*, 2023).

E-MODUL adalah sumber belajar yang dirancang sesuai dengan kurikulum dan berisi materi, metode, batasan, dan metode evaluasi yang menarik untuk mencapai kompetensi dan dibuat menjadi sumber belajar non-cetak dengan menggunakan piranti elektronik seperti komputer atau Android untuk menampilkan informasi

(Laili *et al.*, 2019). E-MODUL merupakan bahan ajar praktis dapat diperbanyak dan mudah diakses oleh peserta didik dan guru dimanapun berada. Siswa dapat menyimpan E-MODUL di *smartphone* atau laptopnya, karena tidak membebani dengan biaya penggandaan (Nikmatin Mabsutsah & Yushardi, 2022). Penulis menyimpulkan bahwa E-MODUL merupakan pengembangan dari modul cetak yang dirancang siSTEMatis, mencakup materi, metode, dan evaluasi untuk mencapai kompetensi pembelajaran. Dengan fitur animasi, audio, dan navigasi interaktif, modul ini mendukung pembelajaran mandiri, efisien, fleksibel, dan mudah diakses melalui perangkat elektronik.

2.1.2 Karakteristik E-MODUL

Menurut Depdiknas menyatakan bahwa penyusunan modul yang baik harus sesuai dengan karakteristik yang digunakan. Karakteristik E-MODUL menurut (Najuah *et al.*, 2020) menyatakan bahwa pada dasarnya, E-MODUL memiliki beberapa karakteristik berikut:

1. *Self Instructional* (Belajar Mandiri)

Modul *Self-Instructional* (Belajar Mandiri) disusun dengan tujuan pembelajaran, materi kontekstual, dan contoh untuk menjelaskan. Agar siswa dapat belajar sendiri dan tidak tergantung pada orang lain, berikan latihan atau tugas, rangkuman, alat penilaian, daftar rujukan atau refensi materi, dan penggunaan bahasa yang sederhana dan komunikatif.

2. *Self Contained* (Utuh)

Materi pembelajaran yang terdiri dari satu unit kompetensi yang dipelajari dimasukkan secara utuh ke dalam satu modul sehingga siswa dapat mempelajari materi secara menyeluruh.

3. *Stand Alone* (Berdiri Sendiri)

Modul yang dibuat tidak bergantung pada media lain dan dapat digunakan sendiri.

4. Adaptif

Modul harus fleksibel dan responsif terhadap kemajuan ilmu dan teknologi.

5. *User Friendly* (Mudah digunakan)

Modul harus mudah digunakan dengan instruksi pelajaran yang mudah dipahami, pengoperasian media yang sederhana, bahasa penyampaiannya dan harus membuat pengguna merasa akrab dan termotivasi untuk belajar.

karakteristik E-MODUL yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran (Qotimah & Mulyadi, 2021) :

1. Aspek Materi

Materi dalam E-MODUL disusun dengan berorientasi pada kebutuhan peserta didik, mengacu pada kompetensi inti dan kompetensi dasar yang telah ditetapkan. Sumber referensi yang digunakan harus mematuhi standar nasional, relevan dengan perkembangan terbaru, dan disusun secara sistematis menyerupai struktur buku cetak. Untuk mempermudah pemahaman, bahasa yang digunakan harus sederhana, dengan pola penulisan yang konsisten. Selain materi utama, disertakan pula informasi tambahan guna memperluas wawasan siswa dan memperkaya konten pembelajaran. Panduan penggunaan E-MODUL dibuat secara singkat, jelas, dan menarik, sehingga mempermudah siswa dalam mengoperasikan modul tersebut.

2. Aspek Desain

Tujuan pembelajaran yang disampaikan dalam E-MODUL dirancang sesuai dengan kurikulum yang berlaku, dengan menitikberatkan pada kompetensi yang harus dicapai serta pengukuran capaian yang terukur. Integrasi elemen multimedia, seperti teks, gambar, audio, dan video, digunakan untuk meningkatkan minat dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Desain yang sederhana namun tetap menarik dirancang untuk memudahkan siswa dalam menjelajahi dan memahami isi E-MODUL.

3. Aspek Media

Navigasi E-MODUL dibuat sederhana, dengan ikon dan warna yang mudah dikenali oleh siswa untuk mempermudah penggunaannya. Konsistensi dalam elemen tampilan, seperti teks, gaya, ukuran huruf, spasi, dan warna, menjadi prioritas untuk menciptakan kenyamanan membaca. Penggunaan

media pendukung, termasuk gambar, audio, video, dan animasi, harus relevan dengan materi yang diajarkan agar dapat membantu siswa memahami konsep yang sulit. Fitur tambahan, seperti kemampuan untuk menonaktifkan musik latar, juga disediakan agar modul dapat menyesuaikan dengan preferensi gaya belajar siswa.

2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan E-MODUL

Kelebihan E-MODUL dibandingkan dengan modul cetak adalah sifatnya yang interaktif memudahkan pengoprasian, dapat menampilkan gambar, audio, video, dan animasi, tahan lama, lebih praktis dibawa-bawa serta dilengkapi tes/kuis formatif yang memungkinkan umpan balik otomatis dengan segera (Silitonga, 2018). Kelebihan penggunaan modul elektronik dalam pembelajaran meliputi struktur pembelajaran yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri, sehingga guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber belajar. E-MODUL juga mempersingkat waktu kelas dan memungkinkan siswa belajar kapan saja dan di mana saja melalui perangkat elektronik. (Widiastuti, 2021; Syahputri & Dafit, 2021; Ummah *et al.*, 2020). Menurut (Laili *et al.*, 2019) Kelebihan penggunaan E-MODUL adalah:

- (1) Dapat meningkatkan motivasi peserta didik.
- (2) Adanya penilaian memungkinkan pendidik dan peserta didik mengetahui bagian mana yang belum selesai.
- (3) Bahan pelajaran dapat dibagi-bagi agar lebih merata dalam satu semester.
- (4) Materi pembelajaran disusun menurut tingkat akademik.
- (5) Modul dapat lebih interaktif dan dinamis dibandingkan modul cetak yang lebih statis.
- (6) Video, audio, dan animasi dapat digunakan untuk mengurangi unsur bahasa tingkat tinggi pada modul cetak.

Menurut (Astuti *et al.*, 2021) Kelebihan Elektronik Modul :

1. E-MODUL mudah digunakan karena kompatibel dengan PC, laptop, smartphone (Android dan iOS).
2. Penggunaannya sederhana, fleksibel, dan mudah dipahami.

3. Dapat diakses secara *offline*, mengurangi ketergantungan pada koneksi internet.
4. Materi disajikan secara spesifik untuk melatih literasi sains peserta didik.

Keterbatasan dalam penggunaan E-MODUL dalam pembelajaran termasuk keterbatasan perangkat di sekolah dan siswa yang tidak memiliki perangkat yang diperlukan untuk mengakses E-MODUL. Selain itu, guru mungkin tidak dapat mengembangkan media E-MODUL karena mereka tidak memahami teknologi atau membuatnya sesuai dengan peraturan. Hal ini berarti bahwa guru harus lebih mahir dalam menggunakan media pembelajaran di era digital (Lastri, 2023).

2.1.4 Tujuan, Manfaat E-MODUL

Menurut (Andi Prastowo, 2015) tujuan pengembangan modul pembelajaran mencakup beberapa aspek: (1) memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri baik dengan maupun tanpa bimbingan pendidik; (2) mengurangi dominasi dan sifat otoriter pendidik dalam proses pembelajaran; (3) melatih kejujuran peserta didik; serta (4) mengakomodasi beragam tingkat dan kecepatan belajar peserta didik, di mana peserta didik dengan kecepatan belajar tinggi dapat menyelesaikan modul lebih cepat, sementara peserta didik dengan kecepatan belajar lambat memiliki kesempatan untuk mengulang materi sehingga mampu mengevaluasi sendiri tingkat pemahaman yang telah dicapai.

Menurut (Amril & Thahar, 2022) E-MODUL memberikan manfaat dengan menciptakan suasana pembelajaran yang kreatif, interaktif, dan inovatif, serta memungkinkan penggunaannya di berbagai lokasi dengan jarak yang luas. E-MODUL mampu meningkatkan keterlibatan dan proses pembelajaran pada anak-anak di sekolah. Selain itu, rancangan E-MODUL mendukung strategi membaca yang diterapkan oleh orang dewasa untuk membantu pengembangan keterampilan literasi awal, khususnya bagi anak-anak dengan keterampilan yang rendah saat memasuki masa sekolah. E-MODUL juga mendorong penerapan pendekatan membaca interaktif oleh pembaca dewasa sekaligus menyoroti hubungan antara

makna teks dan pemahaman anak. Seluruh manfaat ini secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan pengetahuan huruf pada anak-anak.

2.2 Pembelajaran IPAS di SD

Pendidikan di Indonesia telah mengalami perubahan kurikulum sebanyak sebelas kali sejak tahun 1947 hingga saat ini, mencerminkan upaya terus-menerus dalam menyesuaikan sistem pendidikan dengan kebutuhan zaman. Beberapa tonggak penting dalam sejarah kurikulum di Indonesia meliputi Kurikulum Berbasis Kompetensi (2004), Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (2006), dan Kurikulum 2013 (Kurtilas) yang mengalami revisi pada tahun 2018. Saat ini, hadir Kurikulum Merdeka, yang dirancang untuk menciptakan suasana pembelajaran yang lebih tenang, menyenangkan, bebas tekanan, dan memberi ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi bakat alaminya. (Aransyah *et al.*, 2023; Maula *et al.*, 2024). Kurikulum Merdeka adalah program pendidikan yang dirancang oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Indonesia. Kurikulum ini bertujuan untuk mengembangkan pembelajaran berbasis kompetensi, sekaligus membentuk karakter siswa yang berlandaskan nilai-nilai kebangsaan dan prinsip-prinsip universal (Labudasari *et al.*, 2023).

Kurikulum merdeka memadukan ilmu pengetahuan alam dan ilmu pengetahuan sosial yang disebut IPAS (Darniyanti *et al.*, 2023). Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) adalah ilmu pengetahuan yang mengkaji tentang makhluk hidup dan benda mati di alam semesta serta interaksinya, dan mengkaji kehidupan manusia sebagai individu sekaligus sebagai makhluk sosial yang berinteraksi dengan lingkungannya (Kemendikbud, 2022). Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) adalah disiplin ilmu yang mempelajari makhluk hidup serta benda mati di alam semesta, sekaligus menganalisis kehidupan manusia baik sebagai individu maupun sebagai makhluk sosial yang berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peserta didik mengalami miskonsepsi pada materi (Budiwati *et al.*, 2023). Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) bertujuan membekali peserta didik untuk menghadapi tantangan

abad 21 dengan menyelesaikan permasalahan terkait fenomena alam dan sosial secara ilmiah menggunakan konsep sains. Setelah mempelajari IPAS, peserta didik diharapkan memiliki kemampuan untuk membuat keputusan yang tepat secara ilmiah, yang mendukung kehidupan yang lebih nyaman, sehat, dan baik. IPAS mencakup tiga elemen kompetensi literasi saintifik: menjelaskan fenomena ilmiah, merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, serta menganalisis data dan bukti secara ilmiah (Natalia *et al.*, 2023). Salah satu materi dalam mata pelajaran IPAS yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari adalah tentang sifat dan perubahan wujud benda. Perubahan wujud benda merujuk pada suatu peristiwa atau fenomena di mana suatu benda mengalami perubahan menjadi bentuk yang berbeda dari sebelumnya. Materi ini bertujuan untuk memahami perbedaan sifat-sifat benda, variasi bentuknya, serta proses perubahan wujud benda. Dengan mempelajari subtopik ini, peserta didik diharapkan dapat mengenali bentuk benda cair, padat, dan gas beserta sifat-sifatnya, serta memahami proses terjadinya perubahan wujud benda dalam kehidupan sehari-hari (Ellyas Asmara *et al.*, 2023). Materi sifat benda dan perubahan wujud benda dalam pelajaran IPAS kelas IV Fase B pada Kurikulum Merdeka.

2.3 Pendekatan STEM

STEM adalah kumpulan disiplin ilmu yang saling terkait. Sains membutuhkan matematika sebagai alat untuk mengolah data, sementara teknologi dan teknik merupakan penerapan dari ilmu sains (Afriana *et al.*, 2016). STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) adalah istilah yang pertama kali dibuat oleh *National Science Foundation* Amerika Serikat pada tahun 1990-an dan mencakup empat bidang ilmu. Beberapa temuan penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dapat meningkatkan literasi sains, kreativitas, dan keterampilan pemecahan masalah (Azis *et al.*, 2019). Tujuan utama dari pendidikan STEM adalah meningkatkan literasi siswa dalam sains dan teknologi, melampaui sekadar kemampuan membaca, menulis, dan mengamati, serta mengarah pada pengembangan keterampilan untuk menyelesaikan masalah sehari-hari. Pendekatan STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami

dunia secara menyeluruh, bukan dalam bagian-bagian terpisah. Dengan menggabungkan empat disiplin ilmu utama (sains, teknologi, teknik, dan matematika) ke dalam satu sistem pembelajaran yang terpadu, STEM mampu menghilangkan batasan tradisional antar disiplin ilmu. Metode ini juga memungkinkan siswa untuk memahami hubungan antar pengetahuan berbagai bidang dengan solusi yang relevan terhadap berbagai tantangan (Pratiwi & Nana, 2023). Proses pembelajaran yang menerapkan pendekatan STEM didalamnya juga mampu meningkatkan motivasi, kreativitas, pengetahuan, dan inovasi baru (Khaira, 2018). Menurut (Usboko *et al.*, 2021; Davidi *et al.*, 2021) Pembelajaran dalam STEM meliputi empat disiplin ilmu, yaitu:

1. Science (Sains): Berkaitan dengan pengetahuan tentang ilmu alam.
2. Technology (Teknologi): Berkaitan dengan pengembangan teknologi modern yang berhubungan dengan sains.
3. Engineering (Teknik): Melibatkan pengoperasian dan perancangan untuk memecahkan masalah dan memberikan manfaat.
4. Mathematics (Matematika): Menghasilkan ilmu yang digunakan dalam sains, teknologi, dan teknik.

STEM yang memanfaatkan digitalisasi dalam proses pembelajaran tidak hanya memperkuat keterampilan siswa untuk menghadapi abad 21 (Maula & Fatmawati, 2020) tetapi juga memungkinkan mereka untuk bersosialisasi, berorganisasi, dan mengembangkan kreativitas, sehingga meningkatkan kehidupan sosial dan kreativitas siswa (Zuryanty, Hamamah, Kenedi & Helsa, 2020). Sejalan dengan penelitian (Hayati, 2023) menyatakan bahwa penelitian yang dilakukan oleh (Vincent-Ruz & Schunn, 2018) menyatakan bahwa STEM merupakan pembelajaran yang sesuai dengan *Nature of Science*.

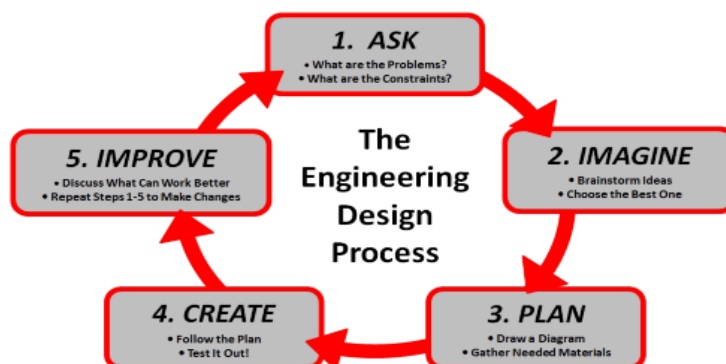
Pendekatan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM) dengan model *project based Learning* adalah salah satu pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan (Davidi *et al.*, 2021; Anggraito *et al.*, 2020). Pendekatan ini dapat membantu siswa menjadi lebih aktif dalam pembelajaran dan mendapatkan pengalaman belajar yang lebih bermakna serta menghasilkan peningkatan kreativitas dan pemahaman konsep IPA membuat siswa aktif

sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Yulaikah *et al.*, 2022). Pembelajaran dengan pendekatan STEM menawarkan manfaat dalam mengatasi berbagai permasalahan dunia nyata. Pendekatan ini mengintegrasikan STEM sehingga peserta didik berperan sebagai pemecah masalah, penemu, dan inovator. Selain itu, pendekatan ini juga mendorong kemandirian, kemampuan berpikir logis, literasi teknologi, serta kemampuan untuk mengaitkan pendidikan STEM dengan kebutuhan dunia kerja (Agustina, 2023). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendidikan STEM adalah salah satu jenis pembelajaran yang bertujuan untuk membantu siswa memahami ide dan teknologi baru sehingga siswa dapat menerapkannya dan memahami konsep teknologi dan pengetahuan.

2.4 Model Pembelajaran STEM-PJBL

Model pembelajaran inovatif yang dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM adalah model pembelajaran PjBL. Hal ini disebabkan oleh keselarasan sintaks PjBL dengan prinsip STEM. Sintaks PjBL termasuk dalam proses rekayasa (*engineering process*), yang merupakan salah satu elemen penting dalam pendekatan STEM, sehingga keduanya saling mendukung dalam mendorong pengembangan kemampuan berpikir kreatif siswa. Pembelajaran STEM-PJBL mampu meningkatkan kreativitas siswa karena menuntut mereka untuk menciptakan suatu produk yang memerlukan pemecahan masalah secara kreatif (Karlina *et al.*, 2023). STEM-PJBL bercirikan *Engineering Design Process* (EDP), *Engineering Design Process* (EDP) adalah serangkaian langkah yang sering digunakan oleh insinyur untuk menyelesaikan masalah dan menjadi dasar dalam pembelajaran berbasis STEM. EDP melibatkan siklus yang dimulai dari pendefinisian masalah, mempelajari konsep ilmiah, merencanakan dan mencoba solusi, hingga mengambil keputusan akhir (Shahali *et al.*, 2017, Sumarni & Kadarwati, 2020). Model pembelajaran PjBL memungkinkan siswa berpartisipasi aktif dan berkolaborasi, dengan integrasi STEM yang penting untuk mencapai keterampilan abad 21. Keterkaitan sains, teknologi, matematika, dan teknik dalam pembelajaran diharapkan menciptakan pembelajaran yang bermakna melalui integrasi pengetahuan dan keterampilan (Pertiwi *et al.*, 2024). Penerapan

pengetahuan STEM sebagai elemen utama dalam pembelajaran melibatkan proses desain rekayasa yang diimplementasikan melalui lima siklus: bertanya, membayangkan, mencipta, menguji, dan meningkatkan (Yudha *et al.*, 2023).



Gambar 1. Proses dalam EDP

Menurut (Syukri *et al.*, 2018) tahapan dalam Engineering Design Process (EDP) mencakup lima langkah utama. Pertama, peserta didik mengidentifikasi masalah dalam kelompok dan menentukan batasan serta kriteria penyelesaiannya (Bertanya). Setelah itu, peserta didik mendiskusikan berbagai solusi yang mungkin dan memilih yang terbaik berdasarkan penelitian yang dilakukan (Membayangkan). Langkah berikutnya adalah membuat model atau sketsa dari solusi yang dipilih, dengan penjelasan rinci mengenai bagian-bagian, fungsi, bahan, dan bagaimana solusi tersebut dapat menyelesaikan masalah (Rencana). Selanjutnya, peserta didik merealisasikan produk sesuai dengan desain yang telah dirancang (Membuat). Tahap akhir adalah pengujian produk untuk memastikan solusi yang dihasilkan mampu menjawab masalah atau tantangan yang dihadapi (Memperbaiki). Model pembelajaran STEM-PJBL menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan kegiatan. Pembelajaran ini berfokus pada proses jangka panjang, menghubungkan siswa dengan isu kehidupan nyata, dan mengintegrasikan berbagai bidang pengetahuan. Dengan pendekatan yang berpusat pada siswa, model ini memperkuat keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif untuk menyelesaikan masalah nyata secara mandiri (Triastuti, 2020). Pengembangan perangkat pembelajaran sains terpadu PjBL untuk model STEM bertujuan untuk

mendukung siswa dalam menghubungkan konsep pembelajaran dengan dunia nyata (Rochim & Budiyanto, 2021).

2.5 Sintak Model PjBL STEM

Menurut Laboy-Rush (2010) pembelajaran STEM-PJBL memiliki lima langkah, yang masing-masing bertujuan untuk mencapai proses tertentu. Kelima tahap tersebut terdiri dari :

1. Refleksi: Menempatkan siswa dalam konteks masalah untuk memotivasi mereka mulai menyelidiki dan meneliti isu tersebut.
2. Penelitian: Pendidik membantu siswa dengan memilih referensi materi dan mengumpulkan informasi relevan untuk pembelajaran IPA.
3. *Discovery*: Siswa menggabungkan penelitian dan informasi yang ada dalam perencanaan proyek, belajar mandiri, dan mengidentifikasi hal-hal yang masih belum diketahui.
4. Pengujian: Aplikasi produk atau solusi untuk memecahkan masalah, diikuti dengan evaluasi dan modifikasi berdasarkan hasil pengujian.
5. Komunikasi: Mempresentasikan hasil proyek, yang meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta menerima umpan balik.

Pada setiap tahap, siswa menjalani proses mulai dari refleksi terhadap pengetahuan sebelumnya, pencarian informasi, penentuan solusi, pembuatan proyek, hingga penyajian hasilnya (S. U. Putri & Taqiudin, 2021, Adriyawati *et al.*, 2020). Pembelajaran dengan model PjBL-STEM mencakup lima tahap utama yang saling berkaitan. Tahap *reflection* berfungsi untuk menghubungkan pengetahuan awal peserta didik dengan materi yang akan dipelajari. Tahap *research* mengarahkan peserta didik untuk melakukan penelitian terkait proyek yang akan dikerjakan. Tahap *discovery* berfokus pada proses penemuan yang menjadi inti dari tahap ketiga. Tahap *application* bertujuan membantu peserta didik memahami hubungan antara berbagai bidang dalam STEM atau konteks yang lebih luas. Akhirnya, tahap *communication* memungkinkan peserta didik

untuk mempresentasikan produk atau solusi mereka kepada sesama peserta didik atau komunitas yang lebih luas, menekankan pentingnya komunikasi dalam menyampaikan hasil pembelajaran (Lydiati, 2019).

2.6 Nature of Science (Nature of Science)

2.6.1 Pengertian *Nature of Science*

Nature of Science adalah mengacu pada epistemologi sains, yang berarti sains sebagai cara untuk mengetahui, atau prinsip dan keyakinan yang mendasari perkembangan pengetahuan ilmiah. *Nature of Science* membahas apa itu sains, bagaimana itu bekerja, dan bagaimana *sains* dapat memengaruhi masyarakat. Ini juga membahas tentang bagaimana sains dapat menyelesaikan masalah dan membantu masyarakat (Mmcomas William F. & Clough, 2020). *Nature of Science* merupakan bagian yang berkaitan dengan pemahaman hakikat ilmu secara keseluruhan (Lederman *et al.*, 2002). *Nature of Science* menekankan ciri-ciri ilmu pengetahuan yang berasal dari pengembangan ilmu tersebut dan diperkuat dengan inkuiri ilmiah, yang menghasilkan metode tertentu karena asumsi ilmuwan tentang cara kita mempelajari dunia melalui proses penyelidikan (Höttecke & Allchin, 2020).

Pemahaman hakikat ilmu pengetahuan berkaitan dengan mampu tidaknya suatu masyarakat memahami ilmu pengetahuan secara utuh dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan memahami hakikat ilmu pengetahuan, diharapkan seseorang mampu berpikir ilmiah dan bijaksana saat menangani masalah (Annisa & -, 2017). Pemahaman terhadap Hakikat Sains (*Nature of Science*) sangat penting dalam mendukung kemampuan menciptakan, mengelola, serta memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini juga berperan dalam mendasari pengambilan keputusan terkait isu sosial-ilmiah, sekaligus meningkatkan apresiasi terhadap sains sebagai bagian integral dari budaya modern. Selain itu, *Nature of Science* berkontribusi pada pengembangan pemahaman mengenai norma-norma dalam komunitas ilmiah, yang mendukung penegakan komitmen moral bernilai universal bagi Masyarakat (Pratiwi *et al.*,

2024). Namun, pemahaman siswa sekolah dasar terhadap *Nature of Science* masih rendah karena berbagai faktor seperti pendekatan pengajaran *Nature of Science* yang masih bersifat implisit menjadi hambatan utama dalam pembelajaran sains. Banyak guru tidak menggunakan metode terstruktur atau pendekatan khusus untuk *Nature of Science*, sehingga siswa tidak secara langsung diarahkan untuk memahami konsep-konsep hakikat sains. Akibatnya, siswa sering kali kurang menyadari pentingnya pemahaman mendalam mengenai hakikat sains dalam proses belajar (Sengul, 2023). Terbatasnya pemahaman guru terhadap *Nature of Science* turut mempengaruhi kualitas pembelajaran. Masih banyak guru dan calon guru yang kesulitan dalam memahami konsep dasar *Nature of Science*, yang berakibat pada kemampuan mereka yang belum optimal dalam mengajarkan konsep tersebut. Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman guru dan calon guru sekolah dasar terhadap *Nature of Science* berada dalam kategori cukup (Jumanto & Widodo, 2018; Adi & Widodo, 2018). Keterbatasan materi di buku teks sains juga menjadi salah satu kendala. Buku teks cenderung lebih berfokus pada konsep-konsep pengetahuan sains dan mengabaikan aspek penting dari *Nature of Science*, seperti kreativitas, subjektivitas, dan pengaruh sosial-budaya dalam perkembangan ilmu pengetahuan (Lederman *et al.*, 2002).

Keterbatasan metode pembelajaran yang menunjang *Nature of Science* menyebabkan proses belajar sains kurang optimal. Pembelajaran *Nature of Science* seharusnya bersifat eksploratif, kreatif, dan kolaboratif, namun metode ini belum diterapkan secara luas di sekolah dasar akibat keterbatasan fasilitas, waktu, dan pengalaman guru dalam merancang kegiatan ilmiah yang interaktif (McComas, 2020). Ketergantungan pada pendekatan hafalan menghambat siswa dalam mengembangkan pemahaman ilmiah yang kritis dan kreatif. Model pembelajaran hafalan cenderung meminggirkan aspek berpikir ilmiah dan *Nature of Science* yang sangat penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik (Khalick *et al.*, 2008).

Berdasarkan buku *Nature of Science in Science Instruction* yang disunting oleh William F. McComas 2020, berikut adalah bentuk penerapan konkret dari *Nature of Science* dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar:

1. Memahami Proses Ilmiah

Nature of Science mengajarkan bahwa sains adalah proses dinamis yang terus berkembang melalui eksperimen dan observasi, bukan sekadar kumpulan fakta tetap. Dalam pembelajaran sains, siswa bisa dilibatkan dalam eksperimen sederhana untuk menunjukkan bahwa pengetahuan ilmiah berkembang berdasarkan bukti dan dapat berubah seiring dengan penemuan baru.

2. Menggali Mitos dan Realitas dalam Sains

Buku ini menekankan pentingnya meluruskan kesalahpahaman, seperti mitos tentang adanya "satu metode ilmiah yang pasti" atau anggapan bahwa "ilmu pengetahuan selalu benar." Dengan pemahaman bahwa sains bersifat tentatif dan bisa berubah, siswa didorong untuk memiliki pandangan yang terbuka dan fleksibel terhadap hasil belajar di bidang sains.

3. Pengenalan Sejarah Ilmuwan dan Penemuannya

Mengaitkan materi sains dengan kisah para ilmuwan dan penemuan mereka membantu siswa melihat bagaimana konsep ilmiah berkembang. Misalnya, siswa dapat belajar tentang perubahan pemahaman kita mengenai tata surya dari masa Galileo hingga sekarang, sehingga mereka memahami bahwa ilmu pengetahuan berkembang dari waktu ke waktu.

4. Membahas Keterbatasan Sains

Buku ini juga merekomendasikan pengenalan tentang batasan ilmu pengetahuan, bahwa sains tidak dapat menjawab semua jenis pertanyaan. Diskusi ini dapat membantu siswa menghargai pentingnya sains sambil memahami bahwa metode ilmiah adalah salah satu dari berbagai cara untuk memahami dunia.

5. Menggunakan Studi Kasus dan Eksperimen Terbimbing

Siswa dapat diajak mempelajari kasus nyata, seperti eksperimen pada tanaman yang ditanam dalam kondisi berbeda untuk memahami proses fotosintesis. Pendekatan ini memberikan siswa kesempatan untuk secara langsung terlibat

dalam investigasi ilmiah dan analisis hasilnya, memperkuat pemahaman mereka tentang konsep-konsep ilmiah.

Nature of Science in *Science Instruction* yang disunting oleh William F. McComas, *Nature of Science* adalah konsep yang mencakup baik keterampilan maupun kemampuan dalam sains. *Nature of Science* melibatkan kemampuan untuk memahami bagaimana ilmu pengetahuan berfungsi secara metodologis dan filosofis serta mencakup keterampilan khusus dalam menyelidiki, menganalisis, dan menginterpretasikan fenomena alam melalui proses ilmiah. Selain itu, *Nature of Science* mengajarkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan untuk menilai bukti serta pemahaman terhadap sifat sementara dari teori dan fakta ilmiah.

Nature of Science sains memiliki peran penting dalam membantu siswa memahami materi ilmiah yang mereka pelajari. Pentingnya pemahaman ini dapat dilihat dari beberapa aspek berikut: (1) Ketika siswa memahami hakikat ilmu pengetahuan, mereka akan lebih mudah mengenali berbagai asumsi yang menjadi dasar pengetahuan ilmiah. (2) Pemahaman tentang hakikat sains dapat meningkatkan minat siswa terhadap sains dan pendidikan sains, sekaligus memotivasi mereka untuk mempelajari materi sains lebih dalam. (3) Pendekatan pembelajaran yang secara eksplisit mengajarkan hakikat sains membantu siswa membangun dan menyusun ulang ide-ide ilmiah secara jelas, serta menyadarkan mereka bahwa mereka dapat mendukung berbagai gagasan ilmiah (Herawati *et al.*, 2022).

2.6.2 Indikator *Nature of Science*

Secara umum, para ahli berpendapat bahwa ada tujuh aspek utama dalam *Nature of Science* yang dapat diterapkan dalam pembelajaran IPA. Aspek-aspek tersebut meliputi: sifat sains yang sementara, berbasis empiris, subjektif, melibatkan kreativitas manusia, memiliki keterkaitan dengan masyarakat dan budaya, adanya perbedaan antara observasi dan inferensi, serta hubungan antara teori dan hukum ilmiah. Beberapa ahli juga menyoroti pentingnya landasan empiris, sifat tentatif

sains, serta keterkaitan antara teori, hukum, metode ilmiah, dan subjektivitas dalam sains (Rahayu, 2019; Imran & Wibowo, 2018; Yanuar & Widodo, 2020).

Menurut pendapat ahli (Pratiwi *et al.*, 2024) menyatakan indikator *Nature of Science* yaitu: (a). Siswa dapat menafsirkan data dan bukti ilmiah, (b) Siswa mampu memberikan penjelasan, (c) Fenomena ilmiah, (d) Siswa dapat mendesain, (e) penyelidikan ilmiah, (f) Siswa dapat mengevaluasi, (g) penyelidikan ilmiah. Menurut *Next Generation Science Standards* (2013) *Nature of Science* terdapat empat aspek utama yang perlu dikuasai oleh siswa terkait hakikat sains, yaitu: tentatif sains, empiris sains, proses atau metode ilmiah, serta konsep teori dan hukum ilmiah. Menurut (Lederman *et al.*, 2002) Aspek *Nature of Science* dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Empirisme dalam Sains: Pengetahuan ilmiah tidak hanya bertujuan mengakumulasi fakta yang dapat diamati, tetapi juga melibatkan proses abstraksi berulang untuk memahami fenomena alam.
2. Metode Ilmiah: Metode ilmiah diajarkan secara sederhana di pendidikan dasar, tetapi penerapan sebenarnya lebih kompleks dan fleksibel, seringkali berbeda dari teori yang diajarkan.
3. Subjektif : Ilmu pengetahuan tidak terlepas dari pengaruh subjektivitas, seperti nilai, keyakinan, dan pengalaman individu.
4. Tentatif: Pengetahuan ilmiah bersifat dinamis; dapat berubah dengan adanya bukti atau penafsiran baru.
5. Hubungan antara Teori dan Hukum: Teori ilmiah dapat berkembang menjadi hukum jika terbukti konsisten, tetapi hukum lebih mapan dan stabil dibanding teori, yang sifatnya lebih rentan terhadap perubahan.
6. Kreativitas dan Imajinasi: Kreativitas dan imajinasi sangat penting dalam sains untuk menghasilkan ide-ide baru yang logis dan inovatif, terutama dalam menjelaskan hasil observasi.
7. Pengaruh Sosial dan Budaya: Meskipun sains berbasis fakta, prosesnya tetap dipengaruhi oleh nilai, norma, dan budaya masyarakat di mana sains dikembangkan.

Menurut (Hayat, 2018) menyatakan bahwa indikator *Nature of Science* sebagai berikut.

Tabel 4. Indikator *Nature of Science*

No	Aspek	Indikator
1	Tentatif	Memahami pengetahuan dapat berubah sewaktu waktu sebagai bagian dari ilmu pengetahuan.
2	Empiris	Memahami pengetahuan berdasarkan pengamatan atau observasi dalam menghasilkan pengetahuan ilmiah
3	Metode Ilmiah	Memahami peran model ilmiah dalam ilmu pengetahuan
4	Imajinasi dan kreativitas manusia	Ilmu pengetahuan merupakan hasil kreativitas dan imajinasi manusia.
5	Sosial dan budaya	Memahami ilmu pengetahuan diciptkan oleh manusia dan dipengaruhi oleh kebudayaan masyarakat yang menerapkannya.
6	Subjektif	Menilai keyakinan siswa tentang faktor yang berhubungan dengan pendapat pribadi dan anggapan yang berdasarkan teoritis
7	Hubungan teori dan hukum ilmiah	Hukum menggambarkan hubungan yang konsisten antara fenomena alam berdasarkan pengamatan berulang, dinyatakan dengan rumus matematis. Teori ilmiah memberikan penjelasan lebih luas tentang alasan di balik fenomena tersebut, berdasarkan pengamatan dan eksperimen yang mendalam.

Sumber : (Hayat, 2018).

Tabel 5. Indikator *Nature of Science*

No	Aspek	Indikator
1	<i>Empiris Base</i>	Pengetahuan ilmiah didasarkan pada data atau bukti dari observasi dan percobaan dengan panca indera.
2	<i>Tentative</i>	Pengetahuan ilmiah tidak mutlak dan bisa direvisi atau disempurnakan dengan bukti baru.
3	<i>Theories and Law</i>	Hukum menggambarkan hubungan atau fenomena alam dan disertai dengan rumus matematis. Teori menjelaskan hubungan antar fenomena alam.
4	<i>Socio Cultural Embeddedness</i>	Pengetahuan ilmiah dipengaruhi oleh masyarakat dan budaya tempat ia dipraktikkan. SiSTEM nilai dan budaya mempengaruhi bagaimana pengetahuan ilmiah dipraktikkan dan diterima.
5	<i>Creativity</i>	Pengetahuan ilmiah muncul dari imajinasi, kreativitas, dan penalaran logis. Kreativitas dan imajinasi mendorong perkembangan pengetahuan ilmiah.
6	<i>Scientific Method</i>	Tidak ada metode ilmiah tunggal yang berlaku universal; peneliti bebas menggunakan metode yang dapat dipertanggungjawabkan.
7	<i>Subjective</i>	Subjektivitas pribadi dan pengalaman sebelumnya mempengaruhi pengetahuan ilmiah dan interpretasinya.

Sumber : (Widodo *et al.*, 2019)

2.7 Penelitian yang Relevan

Berikut ini hasil penelitian relevan dengan penelitian ini dipaparkan sebagai berikut:

1. (Inzghi *et al.*, 2023) penelitian yang berjudul “ E-MODUL berbasis *project based learning* terintegrasi *science, technology, engineering, mathematic (STEM)* pada materi fluida statis dan dinamis”. bertujuan mengembangkan E-MODUL interaktif sebagai alternatif pembelajaran mandiri. E-MODUL ini dirancang menggunakan software iSpring Suite, memungkinkan akses fleksibel kapan saja dan di mana saja. Proses pengembangan menggunakan model ADDIE untuk memastikan E-MODUL dirancang secara sistematis dan efektif. Penggunaan iSpring Suite menciptakan media pembelajaran yang interaktif dan mudah diakses, sekaligus memberikan inspirasi bagi pendidik untuk mengembangkan inovasi serupa. E-MODUL ini mendukung pemahaman mandiri siswa pada materi fluida, mendorong integrasi teknologi dalam pembelajaran, serta memenuhi kebutuhan pendidikan abad ke-21 yang fleksibel. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan E-MODUL berbasis *project based learning*. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu berbasis STEM-PJBL.
2. (Agung *et al.*, 2022) penelitian yang berjudul “E-MODUL IPA dengan Model STEM-PJBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa”. E-MODUL IPA dengan Model STEM-PJBL berorientasi pendidikan karakter dinyatakan sangat valid, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran. E-MODUL ini dirancang untuk meningkatkan hasil belajar siswa dan membentuk karakter yang relevan dengan era revolusi industri 4.0. Validitas dan praktikalitas menunjukkan desain yang baik dan kemudahan implementasi. Efektivitas terbukti dalam meningkatkan pemahaman materi IPA serta keterampilan praktis. Nilai-nilai pendidikan karakter seperti berpikir kritis, tanggung jawab, dan kerja sama diintegrasikan untuk menghadapi

tantangan pendidikan masa kini. Pendekatan STEM-PJBL mendorong keterlibatan siswa melalui pembelajaran berbasis proyek, memungkinkan penerapan konsep dalam kehidupan nyata. Kontribusi penelitian ini mendukung inovasi pembelajaran, pembentukan individu berkarakter, dan kesiapan menghadapi era revolusi industri 4.0. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan E-MODUL berbasis STEM-PJBL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu untuk membangun *Nature of Science*.

3. (Antari *et al.*, 2023) penelitian yang berjudul “Modul Elektronik Berbasis *Project Based Learning* Pembelajaran IPAS untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar”. Menghasilkan E-MODUL yang sangat valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas IV SD dalam mata pelajaran IPAS. E-MODUL ini mengintegrasikan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) yang dirancang untuk melatih keterampilan seperti kerja sama, kemandirian, disiplin, dan komunikasi, serta meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa melalui desain yang menarik dan penggunaan media digital. Modul ini efektif dalam membantu siswa memahami materi IPAS secara lebih baik, dengan pendekatan yang memungkinkan partisipasi aktif siswa. Desainnya yang menarik dan penggunaan media digital mendukung aksesibilitas dan memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan. Selain itu, E-MODUL ini juga membantu meningkatkan literasi teknologi siswa. Penelitian ini memberikan implikasi bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran yang lebih inovatif menggunakan modul digital, sehingga mendukung pencapaian hasil belajar yang optimal dan pengembangan keterampilan abad ke-21 pada siswa. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan E-MODUL berbasis project based learning. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu membangun *Nature of Science*.

4. (Setyowati *et al.*, 2022) penelitian yang berjudul “ *The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials*” Penelitian ini berhasil mengembangkan bahan ajar IPA berbasis model Project-Based Learning (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan Education for Sustainable Development (ESD) pada materi pencemaran lingkungan. Bahan ajar yang dikembangkan, yang meliputi RPP, LKS, dan asesmen, terbukti valid dan layak untuk digunakan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kesadaran keberlanjutan siswa SMP kelas VII. Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar ini memiliki tingkat kelayakan yang sangat baik, dengan persentase 85% untuk asesmen keterampilan berpikir kritis dan 97% untuk asesmen kesadaran keberlanjutan. Pengembangan bahan ajar ini memberikan peluang bagi guru untuk lebih mudah mengimplementasikan pendekatan ESD dalam pembelajaran IPA, serta membantu siswa untuk lebih memahami dan peduli terhadap isu-isu lingkungan. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan bahan ajar STEM-PJBL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu materi sifat benda dan perubahan wujud serta membangun *Nature of Science*.

5. (Wardhana *et al.*, 2022) penelitian yang berjudul “ E-MODUL interaktif berbasis *Nature of Science* perkembangan teori atom guna meningkatkan level kognitif literasi sains peserta didik”. Validitas Tinggi: Isi: 96% , Literasi sains: 91%, *Nature of Science*: 88% , Bahasa: 84% Penyajian: 90%, Kepraktisan Tinggi: Isi: 91% , Literasi sains: 92% Motivasi: 90%, Penyajian: 91% , Efektivitas Tinggi: Tingkat kognitif rendah: N-gain 0.7 , Tingkat kognitif menengah: N-gain 0.7. Tingkat kognitif tinggi: N-gain 0.8 . Ide Pokok: E-MODUL ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan kognitif literasi sains peserta didik. Dengan validitas dan kepraktisan yang sangat tinggi, serta efektivitas yang terbukti, E-MODUL ini menjadi alat yang sangat berguna dalam proses pembelajaran. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti

adalah mengembangkan E-MODUL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu E-MODUL berbasis STEM-PJBL.

6. (Aulya *et al.*, 2021) penelitian yang berjudul “ Pengembangan E-MODUL Kimia Berbasis PjBL-STEM untuk Pembelajaran Daring Siswa SMA pada Materi Larutan Penyangga”. mengembangkan E-MODUL kimia berbasis pendekatan STEM yang dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran daring. E-MODUL ini mendukung pembelajaran materi larutan penyangga dan telah memenuhi kriteria kelayakan dari segi teori dan praktik. Keberhasilan E-MODUL ini didukung oleh validitas teoritis dan kepraktisan penggunaannya, namun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menguji efektivitasnya dalam skala yang lebih besar. Evaluasi pada level 2 menunjukkan bahwa E-MODUL ini sudah siap diuji coba dalam kelompok besar, dengan fokus pada hasil belajar dan pemahaman siswa. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan evaluasi lebih mendalam pada level 3 dan 4, guna menganalisis aplikasi praktis dan dampak jangka panjang dari penggunaan E-MODUL tersebut. Meskipun E-MODUL ini menunjukkan potensi besar, verifikasi lebih lanjut diperlukan untuk memastikan efektivitas dan optimasi penggunaannya dalam pendidikan. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan E-MODUL berbasis STEM-PJBL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu pada pelajaran IPAS di Sekolah Dasar
7. (Candra *et al.*, 2022) penelitian yang berjudul “ *Nature of Science Oriented in Improving Students' Science Process Skills*”. Sumber belajar ini terbukti meningkatkan keterampilan proses sains siswa, yang tercermin dari hasil analisis nilai rata-rata keterampilan proses sains yang menunjukkan hasil positif. Sumber belajar ini memudahkan guru dan siswa dalam proses pembelajaran dan memperkuat efektivitas pembelajaran IPA. Peningkatan keterampilan proses sains siswa menjadi dasar yang baik untuk pengembangan materi pembelajaran IPA lebih lanjut. Penelitian ini juga

merekomendasikan penerapan lebih luas dari sumber belajar ini di sekolah-sekolah lain untuk mengevaluasi konsistensinya serta penelitian lanjutan untuk mengeksplorasi dampak sumber belajar ini terhadap keterampilan sains lainnya. Pendekatan *Nature of Science* ini berkontribusi positif dalam pengajaran sains di tingkat SMP. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah *Nature of Science*. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu mengembangkan E-MODUL

8. (Purwaningsih *et al.*, 2020) penelitian yang berjudul “ *the effect of STEM-PJBL and discovery learning on improving students’ problem-solving skills of the impulse and momentum topic*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh pembelajaran STEM-PJBL (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics-Project Based Learning*) dan *discovery learning* terhadap keterampilan pemecahan masalah siswa pada topik impuls dan momentum. Dengan menggunakan desain kuasi-eksperimen, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode STEM-PJBL lebih efektif dibandingkan dengan *discovery learning* dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa. Pendekatan STEM- PJBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam merancang proyek nyata, yang membantu mereka mengaplikasikan konsep-konsep fisika ke dalam situasi kehidupan sehari-hari. Metode ini juga memotivasi siswa untuk mengeksplorasi karir di bidang sains dan teknologi serta meningkatkan keterampilan ilmiah dan teknik mereka. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah STEM-PJBL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu E-MODUL Berbasis STEM-PJBL.
9. (Sugianto *et al.*, 2018) Penelitian berjudul “Pengembangan Modul IPA Berbasis Proyek Terintegrasi STEM pada Materi Tekanan” menunjukkan bahwa modul tersebut layak digunakan sebagai sumber belajar untuk siswa SMP. Penilaian kelayakan aspek materi mencatat validitas sebesar

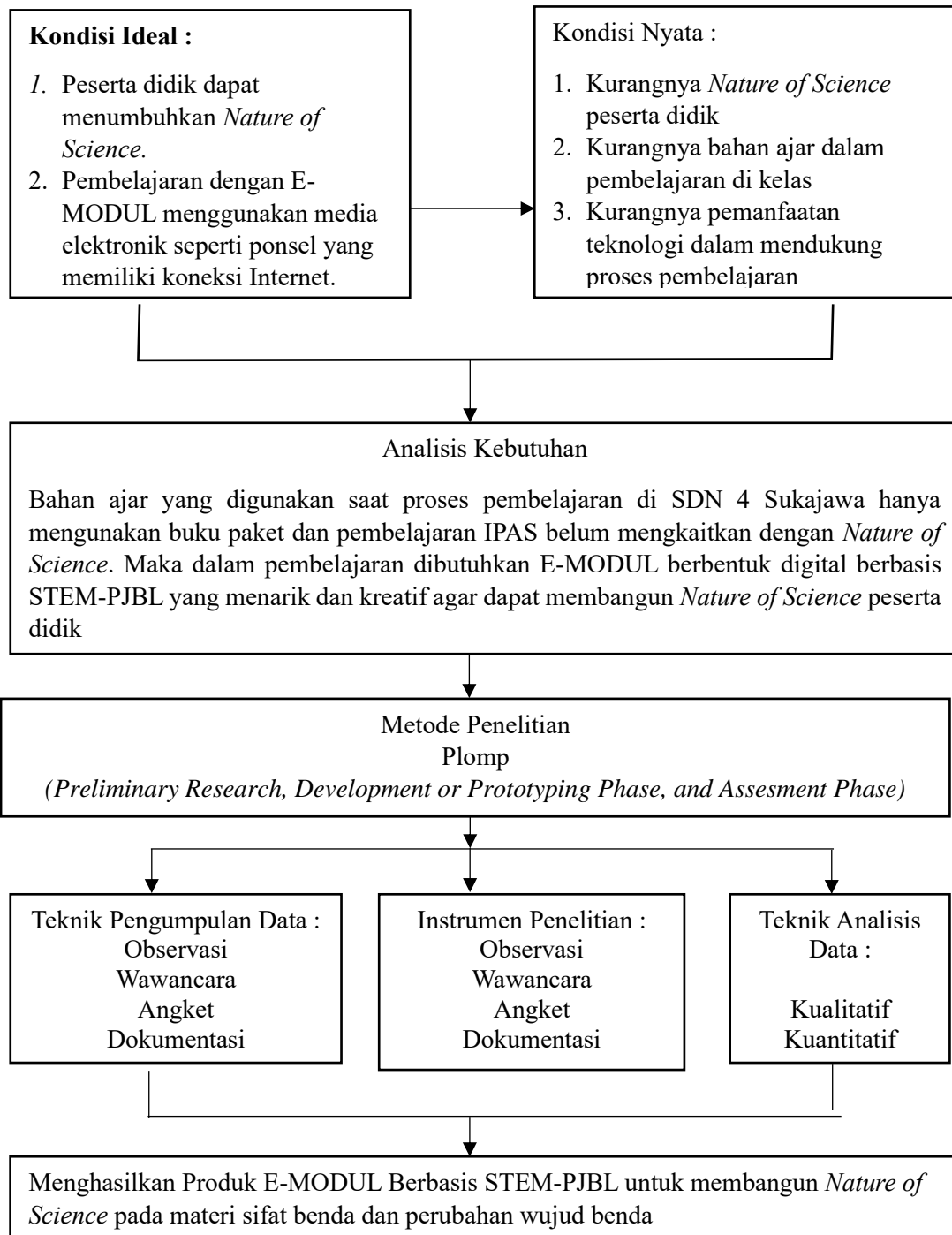
87,7% dengan kategori sangat valid dan reliabilitas 97,19% dengan kategori sangat baik. Dari aspek media, validitas mencapai 93,8% dan reliabilitas 95,5%, keduanya masuk dalam kategori sangat baik. Respon siswa terhadap modul ini sangat positif, dengan skor rata-rata keseluruhan sebesar 84,73% dan tingkat keterbacaan mencapai 80,67%. Hasil penelitian menegaskan bahwa modul ini mendukung efektivitas pembelajaran IPA dengan mempermudah proses pengajaran dan pembelajaran. Pendekatan proyek yang terintegrasi STEM memungkinkan siswa memahami konsep tekanan melalui aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga lebih relevan. Penelitian juga merekomendasikan pengembangan modul serupa untuk materi IPA lainnya dan penerapan di berbagai sekolah guna mengukur konsistensi efektivitasnya. Penggunaan model ADDIE dalam pengembangan memastikan struktur modul sesuai dengan kebutuhan pembelajaran modern. Pendekatan ini menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep IPA secara komprehensif. Modul ini memberikan kontribusi positif terhadap pengajaran sains di tingkat SMP. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah mengembangkan MODUL. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu Elektronik Modul

10. (Wilujeng *et al.*, 2019) Penelitian berjudul “Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Potensi Lokal untuk Meningkatkan Ketercapaian *Nature of Science*(*NATURE OF SCIENCE*) Peserta Didik SMP” bertujuan merancang perangkat pembelajaran IPA berbasis potensi lokal yang valid dan efektif. Model pengembangan yang digunakan merupakan modifikasi 4D dan Borg & Gall, meliputi tahapan define, design, develop, dan disseminate. Hasil penelitian menunjukkan perangkat pembelajaran memenuhi kriteria validitas dan efektivitas. Validitas diperoleh melalui validasi ahli, sementara efektivitas dibuktikan melalui uji coba awal dan utama pada siswa kelas VII SMP Negeri 2 Paranggupito. Nilai rata-rata gain keterampilan proses IPA sebesar 0,27

pada uji coba awal dan 0,37 pada uji coba utama di kelas eksperimen, lebih tinggi dibandingkan gain rata-rata kelas kontrol sebesar 0,22. Uji statistik dengan paired t-test menunjukkan signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), mengindikasikan perbedaan signifikan antara hasil pretest dan posttest. Perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal juga efektif meningkatkan sikap ilmiah dan memperkuat konsep keterampilan proses IPA. Evaluasi mendalam dalam skala implementasi lebih luas dan analisis dampak jangka panjang terhadap ketercapaian *Nature of Science* disarankan untuk penelitian lanjutan. Persamaan penelitian ini dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti adalah *Nature of Science*. Perbedaan penelitian dengan riset yang akan diteliti oleh peneliti yaitu E-MODUL Berbasis STEM-PJBL.

2.8 Kerangka Pikir

Nature of Science peserta didik yang masih rendah dan membutuhkan tambahan bahan ajar yang dapat menunjang belajar di sekolah maupun di rumah. IPAS adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana benda mati dan makhluk hidup berinteraksi di alam semesta, serta bagaimana kehidupan manusia sebagai kelompok sosial dan individu berinteraksi dengan lingkungannya. salah satu pelajaran yang dapat melatih *Nature of Science* peserta didik dengan mengarah pada pentingnya sains pada materi pelajaran IPAS Sebagai penunjang dari *Nature of Science* peserta didik dalam bidang IPA, maka diperlukannya sebuah E-MODUL yang sesuai dengan tingkatan kelas dan tahap perkembangan. E-MODUL berbasis STEM-PJBL sangat fleksibel bisa dipelajari secara mandiri dimana dan kapan saja. Adapun materi pembelajaran IPAS kelas IV sekolah dasar dalam buku kemendikbud membahas mengenai materi Sifat benda dan Perubahan Wujud benda. Materi ini dapat diperdalam dengan menghadirkan suatu E-MODUL supaya peserta didik aktif, mandiri dan dapat membangun keterampilan *Nature of Science* pada pembelajaran. Berdasarkan hal tersebut, peneliti mengembangkan modul elektronik berbasis STEM-PJBL yang dapat digunakan dengan harapan dapat membangun *Nature of Science* peserta didik.



Gambar 2. Kerangka Pikir

III. METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian Pengembangan

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D), Penelitian ini mengacu pada model Plomp, yang mencakup tiga tahap utama, yaitu *preliminary research* penelitian awal, *development or prototyping phase* pengembangan atau pembuatan prototipe, dan *assessment phase* evaluasi (plomp & nieveen, 2013a). Menurut (Thalib & Tahmir, 2024; Zulyani & Asmar, 2021) Model Plomp dipilih karena bersifat fleksibel dan umum, sehingga mudah disesuaikan dengan kebutuhan produk pendidikan. Keunggulan utamanya adalah mendukung proses pengembangan yang iteratif dan tidak linier, memungkinkan evaluasi dan perbaikan dilakukan secara berkelanjutan tanpa harus menyelesaikan seluruh tahap terlebih dahulu. Hal ini sangat cocok untuk pengembangan produk yang dinamis dan kontekstual. Alasan tidak memilih model lain:

1. Borg & Gall: Terlalu kompleks dan memakan banyak waktu serta sumber daya, sehingga kurang cocok untuk penelitian dengan keterbatasan waktu.
2. Dick & Carey: Terstruktur ketat dan menyeluruh, namun kurang fleksibel dalam merespons perubahan kebutuhan lapangan.
3. Four-D: Bersifat linier, kurang mendukung evaluasi berulang selama pengembangan.
4. ADDIE: Umum digunakan, tetapi cenderung kaku dan kurang iteratif, sehingga tidak ideal untuk inovasi produk pendidikan.

Peneliti memilih model pengembangan Plomp karena pada model pengembangan Plomp produk yang didesain melewati beberapa kali penilaian sehingga kevalidan sebuah produk lebih terjamin. Menggunakan model pengembangan Plomp dalam penelitian ini juga dipandang lebih fleksibel artinya kegiatan pengembangan

produk dapat disesuaikan dengan kebutuhan peneliti dan karakteristik. Adanya penekanan pada penelitian pendahuluan (*preliminary research*) menjadi dasar berpijak yang kuat untuk merumuskan masalah dan menemukan solusi yang tepat. Penelitian pengembangan ini dilakukan untuk mengatasi masalah belum tersedianya bahan ajar yang mendukung untuk membangun pemahaman *Nature of Science* peserta didik. Penelitian ini mengembangkan bahan ajar berupa E-MODUL Berbasis STEM-PJBL sebagai upaya untuk membangun pemahaman *Nature of Science* peserta didik kelas IV di SDN 4 Sukajawa.

3.2 Prosedur pengembangan

Prosedur penelitian dalam penelitian ini mengikuti prosedur model pengembangan Ploomp yaitu preliminary research (penelitian pendahuluan), development or prototyping phase (tahap pengembangan atau pembuatan prototipe) dan assessment phase (tahap penilaian). Prosedur penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Prosedur Penelitian

Fase	Fokus	Kegiatan
<i>Preliminary research</i>	Analisis kebutuhan dan konteks, tinjauan literatur	Analisis kebutuhan dan konteks, tinjauan literatur, yang hasilnya menjadi pedoman untuk kerangka kerja pertama/ <i>prototype 1</i> dari produk yang dikembangkan.
<i>Development or Prototyping Phase</i>	Fokus pada validitas konstruk dan praktikalitas. Selanjutnya mengutamakan praktikalitas dan secara bertahap menuju efektivitas produk.	Pengembangan prototipe secara bertahap yang akan diuji coba dan direvisi berdasarkan tahap evaluasi formatif. Evaluasi formatif berlangsung melalui penilaian ahli yang menghasilkan kepraktisan yang diharapkan.
<i>Assessment Phase</i>	Praktikalitas dan efektifitas	Menilai apakah pengguna dapat menggunakan produk dengan praktis dan efektif.

Sumber : Dimodifikasi dari (Akker *et al.*, 2013).

Berikut ini adalah langkah-langkah yang diambil oleh peneliti dalam menjalankan penelitian.

1. Tahap pendahuluan (*Preliminary Research*)

Tahap Penelitian Pendahuluan (*Preliminary Research*) merupakan tahapan investigasi awal yang disebut analisis kebutuhan dan analisis masalah. Kegiatan-kegiatan penting yang dilakukan selama tahap investigasi awal mencakup analisis praktik pengguna (analisis kebutuhan dan konteks) dan eksplorasi dasar pengetahuan ilmiah (Kajian literatur). Analisis kebutuhan melihat pada persepsi guru dan peserta didik dalam situasi yang diinginkan, sedangkan analisis konteks bertujuan untuk mengeksplorasi lingkungan masalah dan memetakan ruang lingkup pengembangan produk. Kegiatan pada tahap ini dapat dijelaskan sebagai berikut (Plomp & Nieveen, 2013):

a. Analisis kebutuhan dan isi

Tahapan ini didasari atas rasionalitas perlunya penelitian pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL pada peserta didik kelas IV Sekolah Dasar. Analisis kebutuhan pada penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan permasalahan yang mendasar dan umum terjadi pada pembelajaran IPA. Subjek analisis kebutuhan adalah satu kelas sampel yaitu kelas IV A SDN 4 Sukajawa dan Pendidik yang mengajar dikelas tersebut. Kegiatan yang dilakukan pada langkah ini adalah wawancara kepada guru dilakukan untuk mengetahui bagaimana kegiatan pembelajaran disekolah, observasi kegiatan pembelajaran, angket analisis kebutuhan kepada guru dan peserta didik dan tes kemampuan *Nature of Science* dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman awal *Nature of Science* peserta didik.

b. Analisis konsep

Berdasarkan temuan informasi dan teori yang dilakukan dalam analisis literatur, selanjutnya temuan tersebut digunakan untuk merancang konseptual E-MODUL berbasis STEM-PJBL seperti konseptual tentang: (1) menentukan karakteristik dan tujuan produk, (2) menentukan poin penting syarat dalam penerapan produk yang dikembangkan, (3) Menentukan tujuan yang harus dicapai peserta didik pada

setiap tahapan/sintak dari produk yang dihasilkan, dan (4) menentukan spesifikasi materi yang cocok dengan karakteristik produk yang dikembangkan.

c. *Literature review* (Kajian literatur)

Setelah melakukan analisis kebutuhan dan menemukan permasalahan di lapangan, maka dirancang suatu intervensi atau pengembangan produk untuk mencari solusi yang tepat. Hasil studi pustaka berupa jurnal penelitian yang relevan dan kajian pustaka yang mendukung penelitian. Kegiatan kajian literatur disajikan berikut.

Tabel 7. Kegiatan kajian literatur

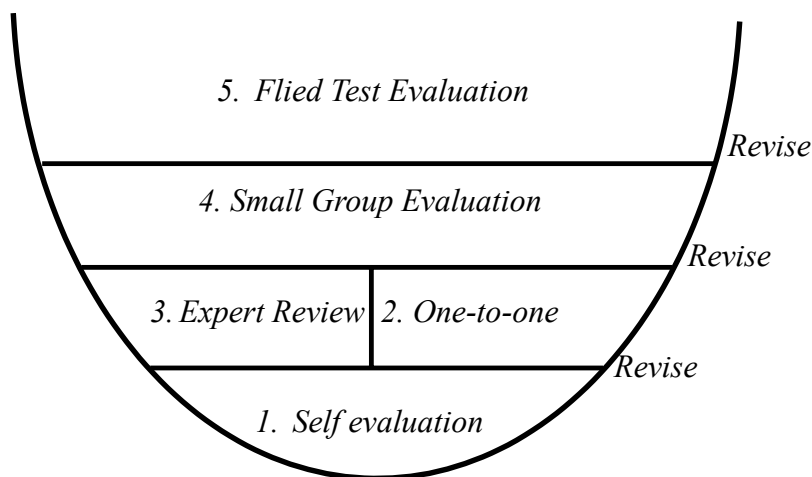
Kegiatan Penelitian	Fokus Penelitian	Metode pengumpulan data	Instrumen	Tujuan
Kajian Literatur	Memilih, menganalisis dan mengulas teori-teori tentang pentingnya pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk membangun <i>Nature of Science</i>	Dokumentasi	Dokumentasi	Mengkaji buku-buku referensi serta artikel jurnal nasional dan internasional.

Sumber : Modifikasi dari (Akker *et al.*, 2013)

2. Tahap Pengembangan (*Development or Prototyping Phase*).

Pengembangan prototipe dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan intervensi yang valid dan praktis (Plomp dan Nieveen, 2013). Fase ini berfokus pada perencanaan solusi dari hasil investigasi awal melalui perancangan prototipe awal serta instrumen penelitian yang diperlukan. Peneliti mengembangkan E-MODUL berbasis STEM-PJBL berdasarkan analisis sebelumnya. Rancangan awal dievaluasi melalui *Self Evaluation* dan menghasilkan prototipe 1, selanjutnya akan dievaluasi melalui tahapan *One to one evaluation* dan menghasilkan prototipe 2 kemudian dinilai oleh ahli (*Expert Review*) dan menghasilkan prototipe 3. Selanjutnya Prototipe 3 diuji kembali dalam *Small Group Evaluation*, menghasilkan prototipe 4 yang valid untuk diuji coba dalam *field Test Evaluation*.

Evaluasi formatif yang digunakan dalam pengembangan prototipe mengacu pada evaluasi formatif dari (Usnul *et al.*, 2019) Tessmer sebagai berikut.



Gambar 3. Proses evaluasi formatif prototipe (Tessmer, 1993).

Gambar 3. secara praktis pada setiap tahapan evaluasi formatif dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Self Evaluation (Penilaian diri sendiri)

Self Evaluation dilakukan oleh peneliti untuk menilai dan merevisi rancangan awal perangkat pembelajaran atau prototipe 1. Evaluasi ini bertujuan mengidentifikasi serta memperbaiki kesalahan yang terlihat, seperti kesalahan penulisan dan pengetikan. Setelah tahap ini, produk akan melalui evaluasi dengan tahapan *One to one evaluation* dan penilaian ahli (*Expert Review*) untuk evaluasi lebih lanjut. Aspek-aspek yang dievaluasi pada tahap ini disajikan dalam tabel 8.

b. One to one evaluation (Evaluasi perorangan)

One to one evaluation dilakukan pada tiga orang peserta didik. E-MODUL dievaluasi dengan cara meminta tiga orang peserta didik tersebut mengerjakan sesuai petunjuk dan didampingi peneliti. Peserta didik yang dipilih mewakili siswa kelas IV dengan kemampuan akademik rendah, sedang, dan tinggi. Pada tahap ini didapatkan rancangan dari prototipe ke-dua. Peserta didik melakukan review berdasarkan sudut pandangnya sebagai calon pengguna produk, (Tessmer, 1993) fokus evaluasi pada tahap ini berkaitan dengan kejelasan informasi

mengenai kesan peserta didik terhadap E-MODUL produk yang dikembangkan. lebih lanjut Tessmer menambahkan bahwa pada *one to one evaluation* peserta didik melakukan evaluasi terhadap kesalahan yang tampak seperti tata bahasa, salah pengejaan, salah tanda baca, dan petunjuk yang tidak jelas dari prototipe 1. Pada tahap ini didapatkan rancangan dari prototipe 2.

c. Expert review (Penilaian Ahli)

Tahap ini evaluasi terhadap *prototipe 2* melalui tahap *Expert Review* yang dilakukan oleh sembilan dosen ahli, meliputi 3 ahli bahasa, 3 ahli media, dan 3 ahli materi, untuk menilai tingkat validitas suatu produk. Validasi bertujuan untuk menentukan apakah produk layak digunakan dan sesuai dengan tujuan pengukuran. Kegiatan evaluasi ini dilakukan dalam bentuk mengisi lembar validasi sampai diperoleh E-MODUL berbasis STEM-PJBL untuk yang valid dan layak untuk digunakan. Hasil validasi dari validator dapat diklasifikasikan dalam tiga kemungkinan yaitu :

- 1) Valid dan Layak digunakan tanpa revisi, artinya rancangan dapat dilanjutkan ke tahap evaluasi formatif berikutnya.
- 2) Valid dan layak digunakan dengan sedikit revisi, maka perangkat direvisi berdasarkan saran dan masukan dari validator.
- 3) Tidak valid dan tidak layak digunakan, maka akan dilakukan revisi besar atau bahkan perancangan ulang perangkat pembelajaran. Hasil revisi besar dikembalikan lagi ke validator untuk divalidasi ulang, Kegiatan validasi ini memungkinkan terjadinya siklus sampai didapatkan rancangan yang valid.

Masukan yang diberikan dalam tahap ini digunakan untuk menghasilkan prototipe 3, dan kemudian dievaluasi pada tahap *Small Group Evaluation* (Evaluasi kelompok kecil)

d. Small group evaluation (evaluasi kelompok kecil)

prototipe ke tiga yang telah dihasilkan akan di evaluasi kelompok kecil (*Small Group Evaluation*) dilakukan pada 10 orang peserta didik dan 1 orang pendidik yang diambil dari satu kelas yang tersedia. Peserta didik yang dipilih mewakili

peserta didik dengan kemampuan akademik rendah, sedang, dan tinggi. 10 peserta didik tersebut tidak termasuk kedalam kelompok evaluasi perorangan maupun uji coba lapangan. Pengelompokan ini dilakukan agar hasil kepraktisan yang diperoleh dapat dinyatakan berlaku pada berbagai tingkat kognitif peserta didik.

One to One Evaluation (evaluasi perorangan) dan *Small group evaluation* (evaluasi kelompok kecil) juga bertujuan untuk melihat praktikalitas bahan ajar. Instrumen yang digunakan pada *Small group evaluation* (evaluasi kelompok kecil) berupa lembar observasi dan angket sehingga nantinya dapat diidentifikasi kekurangan dari *Prototipe ke-tiga* dan *Prototipe ke-empat*. E-MODUL dievaluasi dengan cara meminta peserta didik dengan mengamati, mencatat, dan menjawab pertanyaan peserta didik terkait E-MODUL yang mereka gunakan. Peneliti memberi angket kepada peserta didik terkait tanggapan mereka dalam penggunaan E-MODUL. Revisi *Prototipe ke-tiga* terhadap hasil yang didapat pada uji kelompok kecil menghasilkan *Prototipe ke-empat* yaitu E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang praktis untuk kelas kelompok kecil dan selanjutnya akan dilakukan tahap *Field test Evaluation*.

e. Field test evaluation.

Tahap terakhir dalam evaluasi formatif pada penelitian ini dilakukan terhadap satu kelompok belajar (satu kelas) yang tersedia dengan jumlah 26 peserta didik. Pengujian pada tahap ini berfokus terhadap kepraktisan produk dengan menggunakan angket dan tercipta prototipe 4.

3. Tahap penilaian akhir produk (*Assesment Phase*)

Tahap penilaian akhir produk (*Assesment Phase*) yang dilakukan merupakan tahap uji lapangan, peserta didik yang dipilih adalah peserta didik yang sama yang diberi *pretest* dan tidak mengikuti evaluasi perorangan ataupun evaluasi kelompok kecil. Pendidik yang mengajar pada tahap uji lapangan ataupun evaluasi kelompok kecil. Pendidik yang mengajar pada tahap uji lapangan adalah pendidik yang mengajar di kelas ujicoba. Instrumen yang digunakan adalah lembar observasi dan angket, Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kepraktisan dan

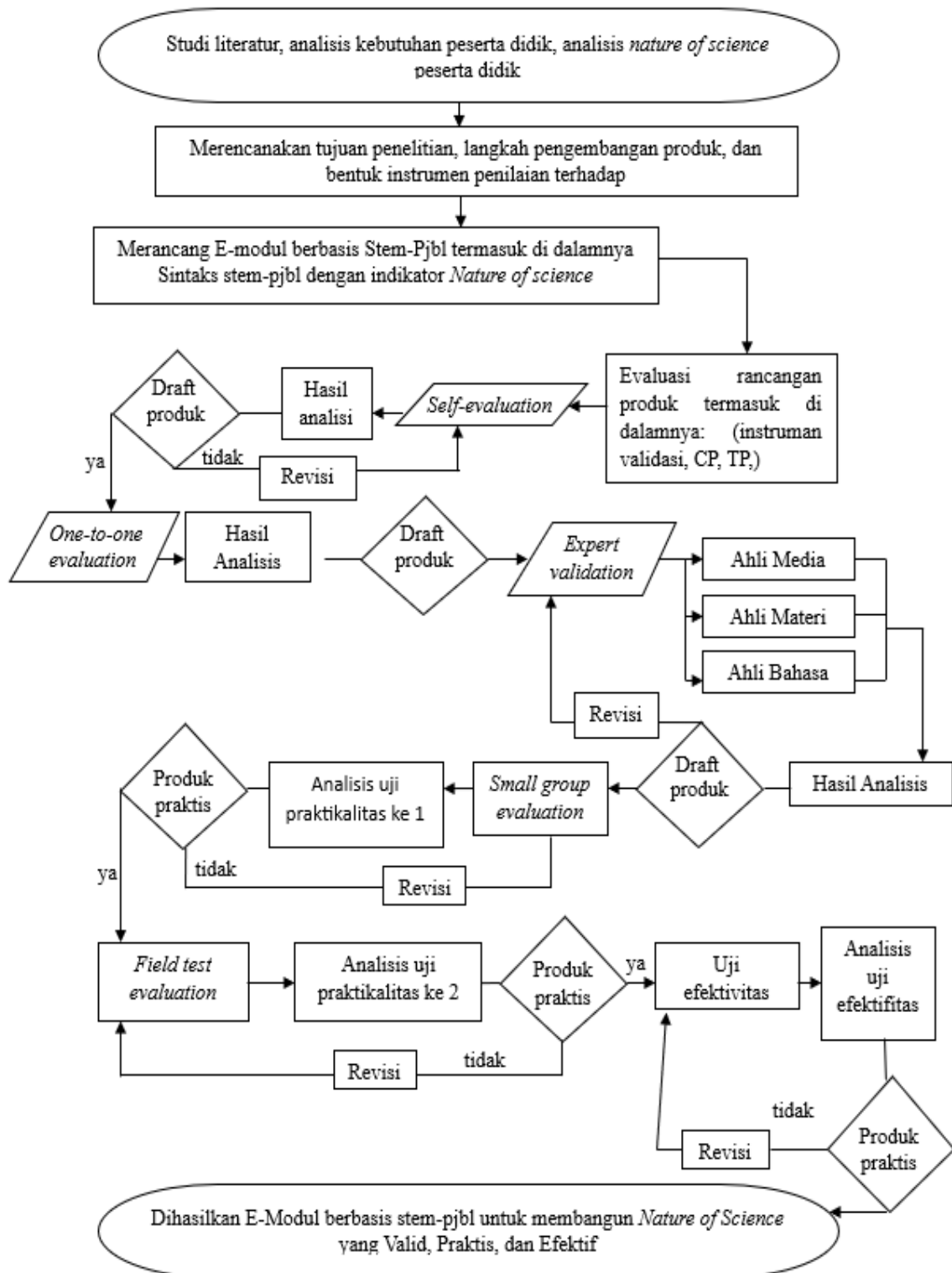
keefektifan perangkat pembelajaran E-MODUL yang dikembangkan dalam proses pembelajaran. Berikut dijelaskan mengenai uji praktikalitas dan efektifitas.

a. Uji Praktikalitas

Uji kepraktisan dilakukan untuk mengetahui apakah pendidik dan peserta didik tidak kesulitan dalam memahami dan menggunakan bahan ajar yang dikembangkan, apakah waktu pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu yang ditentukan, dan petunjuk-petunjuk dalam perangkat dapat dibaca dan dipahami dengan jelas. Uji praktikalitas dilaksanakan melalui angket respon pendidik dan angket respon peserta didik. Jika hasilnya belum praktis maka akan dilakukan perbaikan kembali hingga diperoleh E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang praktis.

b. Uji Efektifitas

Uji keefektifan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana bahan ajar yang dihasilkan dapat membangun *Nature of Science*. Data diperoleh dari tes hasil belajar peserta didik yang difokuskan untuk mengukur pemahaman *Nature of Science*. Sebelum melakukan tes, peneliti terlebih dahulu Menyusun item tes, membuat kunci jawaban, membuat rubrik penilaian dan memvalidasi item tes dan rubrik penilaian. Setelah melaksanakan tes pemahaman *Nature of Science*, peneliti memberi skor terhadap lembar jawaban peserta didik berdasarkan rubrik penilaian yang telah disusun untuk kemudian dianalisis hasil tes untuk menentukan efektifitas bahan ajar terhadap pemahaman *Nature of Science*. Berdasarkan konsep-konsep evaluasi produk tersebut, berikut ini disimpulkan aspek yang digunakan untuk menyatakan kualitas E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang dikembangkan pada penelitian ini. Pertama, kevaliditasan E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang dikembangkan ditentukan hasil penilaian pakar (*Expert Review*) terhadap *prototype ke- satu*. Kedua, kepraktisan E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang dikembangkan ditentukan dari hasil penilaian pengguna (peserta didik) dan praktisi (pendidik) terhadap *prototype ke-dua* dan hasil pengamatan proses pembelajaran. Ketiga, keefektifan E-MODUL berbasis STEM-PJBL yang dikembangkan ditentukan dari hasil belajar peserta didik. *Flowchart* prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchat Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL

3.3 Tempat dan Subyek Penelitian

3.3.1 Tempat Penelitian

Studi pendahuluan dan uji coba produk E-MODUL berbasis STEM-PJBL dilaksanakan dikelas IV SD Negeri 4 Sukajawa, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Bandar Lampung. Proses pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL berlangsung di Kampung Universitas Lampung.

3.3.2 Subjek Penelitian

a. Subjek Analisis Kebutuhan

Analisis Kebutuhan Responden yang digunakan adalah peserta didik kelas IV SD Negeri 4 Sukajawa tahun Pelajaran 2024/2025 semester genap. Subjek wawancara pada studi pendahuluan adalah pendidik kelas IV dan Angket diberikan kepada pendidik dan peserta didik kelas IV. Pada studi pendahuluan, wawancara dilakukan dengan pendidik kelas IV dan angket diberikan kepada pendidik dan peserta didik kelas IV.

b. Subjek Validasi Ahli

Validasi Ahli dilakukan untuk memperoleh kelayakan dan tanggapan atas bahan ajar yang dikembangkan sebagai masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan produk E-MODUL yang dikembangkan. Validasi ahli ini dilakukan oleh tiga ahli, yaitu ahli materi, ahli media dan ahli bahasa.

3.4 Populasi dan Sampel Penelitian

3.4.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah keseluruhan objek atau subjek dalam penelitian . Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas IV SDN 4 Sukajawa, Bandar Lampung.

Tabel 8. Data Peserta Didik Kelas IV SD Negeri 4 Sukajawa TP 2024/2025

No	Nama Kelas	Banyak Peserta Didik
1	IV A	27
2	IV B	30
3	IV C	26
Jumlah		83

Sumber : Data Peserta Didik SD Negeri 4 Sukajawa.

Berdasarkan tabel 8. Populasi dalam penelitian ini berjumlah 83 orang peserta didik kelas IV SDN 4 Sukajawa, Bandar Lampung.

3.4.2 Sampel Penelitian

Penelitian ini, teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* yaitu teknik pengumpulan sampel yang dilakukan dengan menetapkan alasan logis atau ciri-ciri khusus sesuai dengan tujuan penelitian, peserta didik kelas IV A sebagai kelas eksperimen dan peserta didik kelas IV C sebagai kelas kontrol.

3.5 Definisi Konseptual dan Operasional Penelitian

3.5.1 Variabel Terikat (*Nature of Science*)

1. Definisi Konseptual

Nature of Science (*Nature of Science*) mencerminkan hakikat ilmu pengetahuan yang meliputi karakteristik, proses, dan asumsi ilmiah dalam pengembangannya. Konsep ini mendukung kemajuan sains dan teknologi serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait isu sosial-ilmiah. Selain itu, *Nature of Science* menanamkan nilai moral universal dalam komunitas ilmiah dan meningkatkan apresiasi terhadap sains sebagai bagian dari budaya. Perkembangan ilmu pengetahuan dalam *Nature of Science* terjadi melalui penyelidikan sistematis berbasis bukti dengan metode tertentu yang dipengaruhi oleh asumsi ilmuwan terhadap fenomena alam.

1. Definisi Operasional

Penilaian kemampuan *Nature of Science* dilakukan melalui pengukuran *Nature of Science* tes yang dikembangkan dengan mengacu pada indikator-indikator *Nature of Science*. Indikator *Nature of Science* ada 7, yaitu :

- a. Tentatif
- b. Empiris
- c. Metode Ilmiah
- d. Imajinasi dan kreatifitas manusia
- e. Sosial dan Budaya
- f. Subjektif
- g. Hubungan teori dan Hukum Ilmiah

3.5.2 Variabel Bebas (E-MODUL Berbasis STEM-PJBL)

1. Definisi Konseptual

E-MODUL berbasis STEM-PJBL merupakan e modul yang dikaitkan dengan Capaian Pembelajaran dengan Tujuan Pembelajaran yang ingin dicapai dalam pelajaran serta dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan pembelajaran. Dengan begitu, E-MODUL berbasis proyek ini akan melatih peserta didik untuk dapat pemahaman *Nature of Science*.

2. Definisi Operasional

Penyusunan E-MODUL berbasis STEM-PJBL sebagai bahan ajar harus sesuai dengan langkah-langkah yang tepat agar dihasilkan produk E-MODUL yang baik. Pembuatan E-MODUL berbasis STEM-PJBL harus memenuhi persyaratan pada aspek materi dan media. Pada aspek materi syarat E-MODUL meliputi kesesuaian E-MODUL berbasis STEM-PJBL, kualitas isi E-MODUL. Pada aspek media E-MODUL berbasis STEM-PJBL harus memenuhi syarat didaktif, konstruktif dan teknik.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah prosedur sistematis yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang relevan dengan pertanyaan penelitian peneliti (Creswell, 2015). Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif diperoleh dari hasil observasi terhadap peserta didik dan pendidik. Sedangkan data kuantitatif diperoleh dari lembar validasi, hasil angket respon peserta didik dan tes kemampuan *Nature of Science* peserta didik.

a. Teknik Pengumpulan Data Analisis Kebutuhan

Teknik pengumpulan data analisis kebutuhan dilakukan dengan wawancara terhadap pendidik dan memberikan angket kebutuhan kepada peserta didik di kelas IV dengan jumlah 83 peserta didik.

b. Teknik Pengumpulan Data Validitas Produk

Teknik pengumpulan data validitas produk berupa angket uji validasi yang digunakan untuk memperoleh nilai yang valid terhadap prototype produk. Lembar validasi menggunakan *Ceklist* yang terdiri dari lima alternatif jawaban, yaitu skor 1 dengan kriteria tidak valid, skor 2 dengan kriteria kurang valid, skor 3 dengan kriteria cukup valid, skor 4 kriteria valid, skor 5 kriteria sangat valid. Angket ini menjadi bahan refleksi bagi peneliti untuk memperbaiki E-MODUL melalui proses penilaian.

c. Teknik Pengumpulan Data Kepraktisan Produk

Angket praktikalitas untuk melihat praktis atau tidaknya perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Instrumen ini diisi oleh peserta didik dan pendidik. Angket diberikan setelah seluruh kegiatan pembelajaran berakhir.

d. Teknik Pengumpulan Data Keefektifan Produk

Data keefektifan produk digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan E-MODUL yang telah dikembangkan terhadap kemampuan *Nature of Science* peserta didik. Pengumpulan data keefektifan terdiri dari *Pretest* yang dilakukan sebelum pembelajaran dimulai dan *Posttest* setelah pokok bahasan dipelajari. Bentuk tes *Five-tier* untuk mengukur pemahaman *Nature of Science* peserta didik.

3.7 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati. Instrumen penelitian digunakan untuk mendapatkan data dari fokus permasalahan. Berikut akan dijelaskan instrumen yang digunakan pada setiap tahap penelitian.

3.7.1 Instrumen Tahap penelitian pendahuluan (*Preliminary Research*)

Pada tahap analisis kebutuhan, instrumen yang digunakan bertujuan untuk mengumpulkan informasi awal yang dibutuhkan dalam pengembangan E-MODUL berbasis STEM-PJBL. Subyek penelitian pendahuluan adalah satu kelas sampel peserta didik SDN 4 Sukajawa. Instrumen yang digunakan diantaranya yaitu :

a. Instrumen Penilaian Pedoman Wawancara Pendidik

Pedoman wawancara pendidik berisi daftar pertanyaan yang ditujukan untuk mengetahui kondisi dan permasalahan yang terjadi dalam pembelajaran. Wawancara dilakukan terhadap pendidik kelas IV di SDN 4 Sukajawa. Aspek-aspek yang diwawancarai yaitu deskripsi bagaimana pembelajaran IPAS di Kelas. 1. Bagaimana proses pembelajaran IPAS selama ini, 2 . Model pembelajaran yang pendidik implementasikan dalam pembelajaran di kelas. 3 Bahan ajar yang digunakan saat pembelajaran di kelas. 4 Apakah pendidik melaksanakan pembelajaran mengaitkan *Nature of Science*. 5. Aktivitas peserta didik selama proses pembelajaran di kelas 6. Pernahkan pendidik menggunakan E-MODUL untuk pembelajaran di Kelas 7. Apakah Model pembelajaran STEM-PJBL pernah diajarkan di kelas.

b. Instrumen Penilaian Angket Pendidik dan Peserta Didik

Angket digunakan untuk mengumpulkan data mengenai pandangan peserta didik dan pendidik terhadap pembelajaran IPAS. Angket peserta didik berisi pernyataan tentang pengalaman belajar, penilaian terhadap E-MODUL yang digunakan, serta gambaran terhadap bentuk E-MODUL yang disukai. Angket Pendidik memuat pandangan pendidik terkait pelaksanaan pembelajran, penggunaan E-MODUL, serta tantangan dan saran pengembangan E-

MODUL. Angket ini divalidiasi oleh ahli, direvisi sesuai masukan dan digunakan setelah dinyatakan layak.

c. Tes pemahaman *Nature of Science*

Tes pemahaman *Nature of Science* berisi soal-soal yang terdapat indikator *Nature of Science*. Tes ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman *Nature of Science* peserta didik.

3.7.2 Instrumen Pengembangan (*Prototype Research*)

a. Instrumen Penilaian Validitas Produk

Instrumen validitas digunakan untuk mengukur kevalidan bahan ajar yang telah disusun. Aspek penilaian meliputi aspek materi, media dan bahasa. Lembar validasi perangkat diisi oleh sembilan orang validator menggunakan skala menggunakan skala Likert dengan lima alternatif jawaban, yaitu skor 1 dengan kriteria tidak valid, skor 2 dengan kriteria kurang valid, skor 3 dengan kriteria cukup valid, skor 4 dengan kriteria valid dan skor 5 dengan kriteria sangat valid. Instrumen penilaian validitas produk yang digunakan dalam penelitian ini divalidasi terlebih dahulu oleh ahli materi, ahli media dan ahli bahasa.

b. Instrumen Penilaian Validitas E-MODUL

Instrumen penilaian Validitas E-MODUL berbasis STEM-PJBL digunakan untuk memvalidasi aspek kelayakan materi, media dan bahasa. Komponen evaluasi tersebut dijabarkan dalam beberapa indikator penilaian. Instrumen penilaian validitas bahan ajar akan divalidasi oleh ahli materi, ahli media dan ahli bahasa.

c. Instrumen Kepraktisan

Praktikalitas sebuah intervensi pembelajaran berkaitan dengan keterpakaian atau keterlaksanaan intervensi tersebut oleh peserta didik dan pendidik pada proses pembelajaran. Instrumen kepraktisan digunakan untuk mengumpulkan data kepraktisan bahan ajar. Instrumen kepraktisan yang dipakai pada penelitian yaitu angket praktikalitas. Angket praktikalitas digunakan untuk

melihat praktis atau tidaknya bahan ajar yang dikembangkan. Instrumen ini diisi oleh pendidik dan peserta didik yang telah mengikuti evaluasi kelompok kecil dan uji lapangan. Sebelum digunakan angket divalidasi terlebih dahulu oleh ahli dan termasuk minimal dalam kategori baik. Angket diberikan setelah seluruh kegiatan pembelajaran berakhir. Data yang diperoleh dari angket tersebut dianalisis untuk mengetahui kategori praktikalitas perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

d. Instrumen Efektifitas

Instrumen yang digunakan untuk menguji keefektifan yaitu soal-soal *Nature of Science*. Tes dilakukan dalam bentuk Pretest dan Posttest untuk melihat perkembangan *Nature of Science* peserta didik sebelum, dan setelah melaksanakan pembelajaran. Data yang diperoleh dari hasil Pretest tidak dianalisis secara kuantitatif. Selanjutnya data dari hasil Posttest dianalisis secara kuantitatif dengan teknik persentase. Tes diberikan pada peserta didik yang mengikuti uji coba lapangan. Sebelum diberikan pada peserta didik sebagai subjek

- 1) Membuat kisi-kisi tes berdasarkan indikator *Nature of Science*, menyusun item tes sesuai kisi-kisi dan membuat pedoman penskoran.
- 2) Memvalidasi tes. Sebelum digunakan terlebih dahulu soal tes divalidasi oleh validator. Validitas tes yang digunakan adalah validitas isi dengan cara memvalidasi soal-soal tes kepada ahli/pakar dan guru hingga berada pada kriteria valid atau sangat valid.
- 3) Melakukan uji coba soal tes akhir yang telah divalidasi. Uji coba ini diberikan pada peserta didik yang tidak termasuk dalam kelas subjek penelitian.

3.8 Uji Prasyarat Instrumen

Alat tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes untuk mengukur pemahaman *Nature of Science* peserta didik. Tes tersebut berbentuk soal *five tier* yang diberikan kepada peserta didik selama tahap evaluasi uji lapangan (*field test evaluation*). Tujuannya adalah untuk menilai efektivitas bahan ajar serta keberhasilan pencapaian tujuan pembelajaran. Agar instrumen penelitian dapat

digunakan dalam penelitian, maka penulis melakukan uji coba instrumen penelitian untuk memperoleh instrumen yang valid dan reliabel.

3.8.1 Uji Validitas

Uji validitas merupakan suatu konsep yang berkaitan dengan sejauh mana suatu tes dapat mengukur apa yang diukur butir kevalidan soal pada penelitian ini menggunakan rumus korelasi *Product-moment*, digunakan untuk menilai validitas:

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Keterangan :

- r_{xy} = Koefisien korelasi X dan Y
- N = Jumlah responden
- $\sum XY$ = Total perkalian skor X dan Y
- $\sum X$ = Jumlah skor variabel X
- $\sum Y$ = Jumlah skor variabel Y
- $\sum X^2$ = Total kuadrat skor variabel X
- $\sum Y^2$ = Total kuadrat skor variabel Y

Sumber: Arikunto, 2013: 213

Kriteria pengujian apabila r hitung $>$ r tabel dengan $\alpha = 0,05$ maka alat ukur tersebut dinyatakan valid. Klasifikasi validitas dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Klasifikasi Validitas.

Nilai Validitas	Kategori
0,00 – 0,200	Sangat Rendah
0,200 – 0,400	Rendah
0,400 – 0,600	Sedang
0,600 – 0,800	Tinggi
0,800 – 1,00	Sangat Tinggi

Sumber : Arikunto, 2013-214.

3.8.2 Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas bertujuan untuk mengetahui sejauh mana suatu instrumen mampu menghasilkan data yang tepat, teliti, dan akurat. Dalam penelitian ini, digunakan teknik pengujian *Cronbach Alpha* yang sesuai untuk data berbentuk esai atau uraian (Sugiono, 2020). Adapun rumus *Cronbach Alpha* adalah sebagai berikut:

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)$$

Dimana :

r_{11} : Koefisien reliabilitas tes

k : Jumlah item soal

S_t^2 : *Varians* total

S_i^2 : Jumlah seluruh *varians* masing-masing soal

Proses pengolahan data reliabilitas diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 10. Kriteria Reliabilitas Soal

No	Nilai Reliabilitas	Kategori
1	0,800 – 1,00	Sangat tinggi
2	0,60 – 0,79	Tinggi
3	0,40 – 0,59	Cukup
4	0,20 – 0,39	Kurang
5	0,00 – 0,19	Sangat Rendah

Sumber : Sugiyono (2016: 257)

3.8.3 Tingkat Kesukaran Soal

Analisis tingkat kesukaran pada uji kelompok kecil Rumus yang digunakan untuk menghitung taraf kesukaran seperti yang dikemukakan oleh Arikunto (2012: 222) :

$$TK = \frac{\bar{x}}{SMI}$$

Keterangan :

TK : Indeks Tingkat Kesukaran

\bar{x} : Nilai rata – rata tiap butir soal

SMI : Skor Maksimum Ideal

Semakin kecil indeks yang diperoleh semakin sulit soal tersebut, sebaliknya semakin besar indeks diperoleh maka semakin mudah soal tersebut, klasifikasi taraf kesukaran soal dapat dilihat pada tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 11. Klasifikasi Tingkat Kesukaran Soal

Besar tingkat kesukaran	Interpretasi
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

Sumber : Arikunto, 2012: 225.

3.8.4 Daya Pembeda

Menurut Arikunto (2012 : 226) menyatakan bahwa daya beda soal adalah kemampuan soal untuk membedakan antara peserta didik yang berkemampuan tinggi dengan peserta didik yang berkemampuan rendah. Perhitungan daya beda soal dapat menggunakan rumus :

$$D = \frac{B_A}{J_A} - \frac{B_B}{J_B} = PA - PB$$

Keterangan :

D : Jumlah Peserta tes

B_A : Banyak peserta kelompok atas yang menjawab soal dengan benar

B_B : Banyak peserta kelompok bawah yang menjawab soal dengan benar

J_A : Banyak peserta kelompok atas

J_B : Banyak peserta kelompok bawah

$PA = \frac{B_A}{J_A}$: Proporsi peserta kelompok atas yang menjawab benar

$PB = \frac{B_B}{J_B}$: Proporsi peserta kelompok bawah yang menjawab benar

Adapun kriteria daya pembeda soal ditentukan sebagai berikut.

Tabel 12. Klasifikasi Daya Pembeda Soal

Indeks Daya Beda	Keterangan
0,00 – 0,19	Jelek
0,20 – 0,39	Cukup
0,40 – 0,69	Baik
0,70 – 1,00	Baik Sekali
Negativ	Tidak Baik

Sumber : Arikunto (2012 : 232)

3.9 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis kualitatif dan kuantitatif. Dalam pendekatan kualitatif, analisis data dilakukan dengan mencari dan mengatur transkrip wawancara, observasi, dan bahan-bahan lain secara sistematis untuk meningkatkan pemahaman dan melaporkan temuan penelitian. Data kualitatif berperan penting dalam menggali informasi awal terkait urgensi perancangan produk atau modul pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian.

Sementara itu, analisis data kuantitatif digunakan untuk mendeskripsikan data angka-angka yang selanjutnya diinterpretasikan pada penilaian tertentu dan digeneralisasikan dalam kesimpulan penelitian. Analisis data kualitatif dan kuantitatif dilakukan secara terpisah, namun keduanya sangat penting karena hasil dari kedua analisis tersebut digunakan untuk menjawab apakah modul pembelajaran yang dikembangkan valid, praktis, dan efektif.

3.9.1 Analisis kevalidan produk

Data validasi E-MODUL berbasis STEM-PJBL diperoleh dari hasil penilaian yang dilakukan oleh 9 Validator ahli terdiri dari 3 Ahli media, 3 ahli bahasa dan 3 ahli materi). Dari data hasil validasi pakar kemudian dilakukan analisis deskriptif untuk mencari nilai rerata dan persentasi capaian pada validasi E-MODUL berbasis STEM-PJBL adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{\sum S}{n(C - 1)}$$

Keterangan :

V : Indeks validitas butir

S : Skor setiap penilai dikurangi skor terendah dalam kategori yang dipakai
(S = r - lo)

r : Skor kategori pilihan penilai

lo : Skor terendah dalam kategori penyekoran

n : Banyaknya penilai (terkait dengan jumlah ahli)

C : Banyaknya kategori yang dapat dipilih penilai (terkait dengan skala)

Hasil perhitungan koefisien indek Aiken dapat diinterpretasikan sesuai

Tabel 13. Interpretasi Nilai Indeks Valid

Rerata Skor	Rentang nilai/ persentase	Klasifikasi
$\bar{X} > 4,2$	$\bar{X} > 84$	Sangat valid
$\bar{X} > 3,4 - 4,2$	$\bar{X} > 68 - 84$	Valid
$\bar{X} > 2,6 - 3,4$	$\bar{X} > 52 - 68$	Cukup valid
$\bar{X} > 1,8 - 2,6$	$\bar{X} > 36 - 52$	Kurang Valid
$\bar{X} \leq 1,8$	$\bar{X} \leq 36$	Tidak valid

Sumber: (Widoyoko E. P, 2017).

3.9.2 Analisis Praktikalitas E-MODUL

Uji praktikalitas E-MODUL dilakukan melalui *small group evaluation* dan *field test evaluation*, uji kepraktisan produk dapat dilihat dari hasil angket yang diberikan kepada peserta didik dan pendidik. Instrumen angket terhadap penggunaan produk memiliki 5 pilihan jawaban yang sesuai dengan konten pertanyaan. data yang terkumpul selanjutnya di analisis menggunakan analisis kuantitatif deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata dan persentase dengan rumus :

1. Respon Peserta didik

Angket respon peserta didik menggunakan skala likert. Nilai pada data yang dihasilkan merupakan persentase nilai rata-rata perindikator dari setiap jawaban responden. Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus :

$$P = \frac{\sum X}{\sum Xi} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Nilai Uji Kemenarikan

$\sum X$ = Respon Peserta didik

$\sum Xi$ = Nilai Maksimal

2. Respon Pendidik

Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan analisis kuantitatif deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata dan persentase dengan rumus :

$$P = \frac{\sum X}{\sum Xi} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Nilai uji kepraktisan

$\sum X$ = Respon pendidik

$\sum Xi$ = Nilai maksimal

Tabel 14. Klasifikasi Kepraktisan

Persentase (%)	Kriteria
81-100	Sangat Praktis
61-80	Praktis
41-60	Kurang Praktis
21-40	Tidak Praktis
0-20	Sangat Tidak Praktis

Sumber : (Yanto, 2019).

3.9.3 Analisis Efektivitas E-MODUL

Analisis data efektivitas digunakan untuk mengetahui keefektifan E-MODUL berbasis STEM-PJBL. Keefektifitas E-MODUL dapat diketahui dengan melakukan uji prasyarat sebagai berikut.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan peneliti untuk menguji apakah sebaran data berdistribusi normal atau tidak. Dalam penelitian uji normalitas data menggunakan uji *Shapiro Wilk*. Data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (p) yang diperoleh lebih besar dari $\alpha = 0,05$ ($p > 0,05$).

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan peneliti untuk mengetahui homogen atau tidak sampel yang diambil dari populasi. Penelitian uji homogenitas data menggunakan uji *one way anova*. Data dikatakan homogen apabila nilai signifikan (p) yang diperoleh lebih besar dari $\alpha = 0,05$ ($p > 0,05$).

c. Uji *Independent Sample t-Test*

Uji beda rata-rata dilakukan setelah sampel dinyatakan berdistribusi normal, yaitu melalui Uji *Independent Sample t-Test* dilakukan melalui penelitian *quasi eksperiment*, dengan menerapkan E-MODUL berbasis STEM-PJBL di kelas eksperimen dan kelas kontrol yang tidak diberi perlakuan. Berdasarkan kondisi ini uji efektivitas E-MODUL berbasis STEM-PJBL dilakukan menggunakan uji t dengan hipotesis yang diajukakan sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan pemahaman *Nature of Science* peserta didik yang menggunakan E-MODUL berbasis STEM-PJBL dan yang tidak menggunakan E-MODUL berbasis STEM-PJBL.

H_1 : Terdapat perbedaan pemahaman *Nature of Science* peserta didik yang menggunakan E-MODUL berbasis STEM-PJBL dan yang tidak menggunakan E-MODUL berbasis STEM-PJBL.

Rumus Independent Sampel T-Test sebagai berikut :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Keterangan:

X_1 = Rata-rata skor kelompok 1

X_2 = Rata-rata skor kelompok 2

S_1^2 = Sum of square kelompok 1

S_2^2 = Sum of square kelompok 2

n_1 = Jumlah subjek/sample kelompok 1

n_2 = Jumlah subjek/sample kelompok 2

Pengambilan keputusan dapat diketahui berdasarkan tingkat signifikansi:

1. apabila nilai signifikansi (2-tailed) < 0,05 maka H_0 ditolak H_1 diterima.
2. sebaliknya jika nilai signifikansi (2-tailed) > 0,05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

d. Uji *N-gain*

Uji efektifitas untuk membangun pemahaman *Nature of Science* peserta didik melalui tes pengetahuan dapat dilihat dari hasil *pretest* dan *posttest*. Nilai masing-masing *pretest* dan *posttest* ditentukan oleh rumus berikut :

$$\text{Nilai Peserta didik} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Peningkatan pemahaman *Nature of Science* juga dapat diamati melalui data nilai *pretest* dan *posttest*, di mana besarnya peningkatan dihitung menggunakan rumus *gain* ternormalisasi (normalized gain) sebagai berikut.

$$N - gain = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}}$$

Hasil *N-Gain* tersebut kemudian diinterpretasikan dengan kategori dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kategori Nilai *N-gain*

<i>N-Gain</i>	Kategori
$> 0,7$	Tinggi
$0,3 - 0,7$	Sedang
$< 0,3$	Rendah

Sumber: (Hake, 1998).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang berjudul “Pengembangan E-MODUL Berbasis STEM-PJBL untuk Membangun Nature of Science pada Materi Sifat Benda dan Perubahan Wujud Benda Peserta Didik Kelas IV Sekolah Dasar” dapat disimpulkan bahwa:

1. E-MODUL Berbasis STEM-PJBL valid untuk membangun Nature of Science peserta didik kelas IV sekolah dasar.

Hal ini dibuktikan dari hasil validasi ahli materi yang memperoleh rata-rata 85,48% dengan kategori sangat valid, validasi ahli media memperoleh rata-rata 84,88% dengan kategori sangat valid, dan validasi ahli bahasa memperoleh rata-rata 88% dengan kategori sangat valid.

2. E-MODUL Berbasis STEM-PJBL praktis untuk membangun Nature of Science peserta didik kelas IV Sekolah Dasar yang digunakan dalam pembelajaran IPAS.

Kepraktisan produk dibuktikan dari hasil angket yang diberikan kepada guru dan peserta didik setelah menggunakan E-MODUL. Hasil rata-rata persentase kepraktisan respon guru sebesar 97% dengan kategori sangat praktis, sedangkan hasil rata-rata persentase kepraktisan respon peserta didik sebesar 95% dengan kategori sangat praktis.

3. E-MODUL Berbasis STEM-PJBL efektif untuk membangun Nature of Science peserta didik kelas IV sekolah dasar.

Keefektifan produk dibuktikan dari hasil uji *independent sample t-test* yang memperoleh signifikansi 0,01 ($< 0,05$) sehingga terdapat perbedaan signifikan

antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selain itu, perhitungan N-Gain sebesar 0,73 termasuk kategori tinggi, yang menunjukkan adanya peningkatan pemahaman Nature of Science peserta didik setelah menggunakan E-MODUL.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman yang diperoleh selama proses dilaksanakan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penulis menyarankan kepada para pendidik untuk menggunakan E-MODUL berbasis STEM-PJBL khususnya pada materi sifat benda dan perubahan wujud benda kelas IV, karena telah terbukti valid, praktis dan efektif dalam membangun pemahaman *Nature of Science* peserta didik.
2. Karena penelitian ini hanya mencakup materi sifat benda dan perubahan wujud benda, disarankan agar penelitian lanjutan dapat dikembangkan pada materi lain.
3. Karena penelitian ini hanya dilakukan pada peserta didik kelas IV, penulis merekomendasikan agar penelitian lanjutan dapat mencakup jenjang pendidikan dan tingkatan kelas lain. Baik yang lebih tinggi maupun lebih rendah. Dengan demikian, akan tercipta lebih banyak inovasi pembelajaran yang mampu memperkaya pemahaman peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyawati, Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020). Steam-Project-Based Learning Integration to Improve Elementary School Students' Scientific Literacy on Alternative Energy Learning. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 1863–1873.
<https://doi.org/10.13189/Ujer.2020.080523>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan Ipa*, 2(2), 202.
<https://doi.org/10.21831/Jipi.V2i2.8561>
- Agung, I. D. G., Suardana, I. N., & Rapi, N. K. (2022). E-Modul IPA dengan Model STEM-PJBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(1), 120.
<https://doi.org/10.23887/Jipp.V6i1.42657>
- Akker, J. Van Den, Bannan, B., Kelly, A. E., Nieveen, N., & Plomp, T. (2013). *Educational Design Research* (Plomp Tjeerd & Nieveen Nienke. (Ed.)).
- Alijoyo, F. A., & Sapuan, I. (2022). Green behavior and the use of eco-product: Millennial generation perspective. *Eduvest: Journal of Universal Studies*, 2(1), 121–130. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v2i1.342>
- Almiasih, S., & Winarto, W. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran PJBL Berbasis STEM-Nos Terhadap Literasi Sains Siswa Kelas V SD Negeri Kalierang 01. *Jurnal Dialektika Jurusan Pgsd*, 12(2).
<http://journal.peradaban.ac.id/index.php/jdpgsd/article/view/1229>
<http://journal.peradaban.ac.id/index.php/jdpgsd/article/download/1229/831>
- Amril, K. J., & Thahar, H. E. (2022). Pengembangan Modul Elektronik Menulis Teks Cerpen Berbasis Project Based Learning bagi Siswa Kelas XI SMA. *Diglosia: Jurnal Kajian Bahasa, Sastra, dan Pengajarannya*, 5(3), 715–730.
<https://doi.org/10.30872/Diglosia.V5i3.489>
- Annisa, M., & -, L. (2017). Pemahaman Aspek-Aspek dalam Hakikat Sains (Nature Of Science) oleh Guru Sekolah Dasar di Wilayah 4P (Pedalaman, Perbatasan, Perkotaan, dan Pesisir). *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 1(4), 241.
<https://doi.org/10.23887/Jisd.V1i4.12709>

- Antari, P. L., Widiani, I. W., & Wibawa, I. M. C. (2023). Modul Elektronik Berbasis Project Based Learning Pembelajaran Ips untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Imiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 7(2), 266–275. <https://doi.org/10.23887/jipp.v7i2.60236>
- Aransyah, A., Herpratiwi, H., Adha, M. M., Nurwahidin, M., & Yuliati, D. (2023). Implementasi Evaluasi Modul Kurikulum Merdeka Sekolah Penggerak Terhadap Peserta Didik SMA Perintis 1 Bandar Lampung. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, 8(1), 136. <https://doi.org/10.33394/jtp.v8i1.6424>
- Ariyani, A., Permanasari, A., & Permana, I. (2025). *Development of PJBL-STEM Learning E-Modules With Jigsaw Strategy on Motion and Force Materials to Increase Student ' S Creativity And Communication Skills Class VII*. 11(1), 684–693. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.9479>
- Asmara, Y. E., Wahyudi, & Sahari, S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Audio Visual Berbasis Powtoon Pada Pembelajaran IPA Materi Sifat Dan Perubahan Wujud Benda Kelas IV Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1), 97–107. <https://doi.org/10.37329/cetta.v6i1.1988>
- Astuti, S., Maulina, J., & Harahap, D. N. (2021). Kelayaan Modul Elektronik Berbasis Literasi Sains dengan Topik Pembuatan Edible Film Pulp Kakao Sebagai Kajian Koloid. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 10(2), 1968–1975. <https://doi.org/10.26740/jpps.v10n2.p1968-1975>
- Aulya, R. A., Asyhar, R., & Yusnaidar. (2021). Pengembangan E-Modul Kimia Berbasis PJBL-STEM untuk Pembelajaran Daring Siswa SMA pada Materi Larutan Penyangga. *Journal of the Indonesian Society Of Integrated Chemistry*, 13(2), 84–91. <https://doi.org/10.22437/jisic.v13i2.14506>
- Azis, A. A., Lutfi, & Ismail. (2019). Pengaruh Project Based Learning Terintegrasi STEM Pengaruh Project Based Learning Terintegrasi STEM Terhadap Literasi Sains, Kreativitas dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya*, pp. 189–194.
- Azzahra, I., Aan Nurhasanah, & Eli Hermawati. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka pada Pembelajaran IPAS di SDN 4 Purwawinangun. *Didaktik : Jurnal Ilmiah Pgsd Stkip Subang*, 9(2), 6230–6238. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v9i2.1270>
- Boujaoude, S., Ambusaidi, A., & Salloum, S. (2022). *Teaching Nature of Science With Multicultural Issues in Mind: The Case of Arab Countries*. 545–572. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83122-6_17
- Budiwati, R., Budiarti, A., Muckromin, A., Hidayati, Y. M., & Dessty, A. (2023). Analisis Buku IPAS Kelas IV Kurikulum Merdeka Ditinjau dari Miskonsepsi. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 523–534. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4566>

- Bustan. (2022). Problematika SiSTEM Pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pemikiran dan Pengembangan Pembelajaran*, 4(1), 572–575.
<https://doi.org/10.31970/pendidikan.v4i1.460>
- Candra, A., Wesnawati, D., Suma, K., & Subagia, I. W. (2022). Nature of Science (NOS) Oriented in Improving Students' Science Process Skills. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 55(3), 285–298.
<https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPP/article/view/49444>
- Chiappetta, E. L., & Koballa, T. R., Jr. (2010). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools: Developing Fundamental Knowledge and Skills* (7th ed.). Boston, MA: Pearson Allyn & Bacon.
- Daga, A. T. (2021). Makna Merdeka Belajar dan Penguatan Peran Guru di Sekolah Dasar. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 7(3), 1075–1090.
<https://doi.org/10.31949/Educatio.V7i3.1279>
- Darniyanti, Y., Rahmayati, I., & Filahanasari, E. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbantu Canva Mata Pelajaran IPAS untuk Mendukung Merdeka Belajar Kelas IV di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(3), 1507–1517. <https://doi.org/10.31004/basicedu.V7i3.5631>
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 11(1), 11–22.
<https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22>
- Diansah, I., & Asyhari, A. (2020). Effectiveness of Physics Electronic Modules Based on Self Directed Learning Model (SDL) Towards the Understanding of Dynamic Fluid Concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012024>
- Didelmi, A., Rahman, B., & Sari, C. (2023). Pengembangan e-modul berbasis PJBL-STEM dengan menggunakan aplikasi 3D Pageflip Profesional pada materi optik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan minat belajar siswa SMP. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Pendidikan Ke-2, FKIP Universitas Lampung*, 216–226.
- Erdi, P. N., & Padwa, T. R. (2021). Penggunaan E-Modul Dengan Sistem Project Based Learning. *JAVIT (Jurnal Vokasi Informatika)*, 1(1), 21–25.
<http://javit.ppj.unp.ac.id>
- Ferdiani, R. D., & Pranyata, Y. (2022). E – Modul Berbasis STEM PBJL untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Selama Pandemi Covid -19. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3), 1875.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.V11i3.5141>
- Ferrero, M., Vadillo, M. A., & León, S. P. (2021). Is Project-Based Learning Effective Among Kindergarten and Elementary Students? A SySTEMatic Review. *Plos One*, 16(4 April), 1–14.
<https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0249627>

- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey Of Mechanics Test Data For Introductory Physics Courses. *American Journal Of Physics*, 66(1), 64–74.
<https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hayat, M. S. (2018). Hakikat Sains & Inkuiri. *Hakikat Sains & Inkuiri*, 2008, 1–21.
- Hayati, F. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Siswa Kelas II di Sekolah Dasar. *Journal of Comprehensive Science (Jcs)*, 2(1), 220–229. <https://doi.org/10.59188/Jcs.V2i1.201>
- Herawati, S., Kusumastuti, M. N., & Aryani, A. (2022). Penggunaan Primary Literature dengan Topik Psicotropika Untuk Meningkatkan Pemahaman Hakikat Sains Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 39(2), 57–65.
<https://doi.org/10.15294/Jpp.V39i2.38276>
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing Nature-Of-Science Education in the Age of Social Media. *Science Education*, 104(4), 641–666.
<https://doi.org/10.1002/ScE.21575>
- Idriani, R., Khery, Y., & Hendrawani. (2021). Pencapaian Pemahaman Hakikat Sains Siswa dalam Pembelajaran di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah Ikip Mataram*, 8(2), 256–266. <https://ojs.ikipmataram.ac.id/index.php/Jiim>
- Ilah Armilah, Dedy Miswar, & Mona Adha, M. (2024). Utilization of Canva as a Learning Media for Social Studies. *International Journal of Educational and Life Sciences*, 2(4), 283–291. <https://doi.org/10.59890/Ijels.V2i4.1691>
- Imran, M. E., & Wibowo, A. (2018). Profil Pemahaman Nature of Science (Nnos) di Sekolah Dasar. *Jkpd (Jurnal Kajian Pendidikan Dasar)*, 3(2), 540.
<https://doi.org/10.26618/Jkpd.V3i2.1420>
- Inayah, R., Aswirna, P., & Asrar, A. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Etno- Keterampilan Komunikasi Peserta Didik. *Journal Cerdas Mahasiswa*, 189–200.
- Inzghi, I., Wibowo, F. C., & Serevina, V. (2023). E-Modul Berbasis Project Based Learning (PJBL) Terintegrasi Science, Technology, Engineering, Mathematic (STEM) pada Materi Fluida Statis dan Dinamis. *Xi*, 335–340.
<https://doi.org/10.21009/03.1102.Pf46>
- Israwaty, I., & Syam, N. (2021). Pengaruh Penggunaan Pendekatan STEM Berbasis PJBL Terhadap Hasil Belajar Pembelajaran Ipa Siswa Kelas IV UPTD SD Negeri 65 Parepare. *Jurnal Publikasi Pendidikan*, 702–713.
- Istianah, Hapipah, & Oktaviana, E. (2020). 3 1,2,3. *Jurnal Kreatifitas Pengabdian Kepada Masyarakat (Pkm)*, 3(April), 119–126.
- Karlina, C. M., Susilowati, E., & Fakhrudin, I. A. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran STEM-PJBL Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP Negeri 1 Slogohimo Wonogiri di Era Pandemi pada Materi Hidrosfer.

- Jagomipa: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ipa*, 3(1), 33–41.
<https://doi.org/10.53299/jagomipa.v3i1.270>
- Khaira, N. (2018). Pengaruh Pembelajaran STEM Terhadap Peserta Didik pada Pembelajaran IPA. *Seminar Nasional Mipa Iv*, 233–237.
- Kimianti, F., & Prasetyo, Z. K. (2019). Pengembangan E-Modul IPA Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 7(2), 91.
<https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v7n2.p91--103>
- Laili, I., Ganefri, & Usmeldi. (2019). Efektivitas Pengembangan E-Modul Project Based Learning pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik. *Jurnal Imiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(3), 306–315.
<https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/jipp/article/download/21840/13513>
- Lailiyah, S., & Ermawati, F. U. (2020). Materi Gelombang Bunyi: Pengembangan Tes Diagnostik Konsepsi Berformat Five-Tier, Uji Validitas dan Reliabilitas Serta Uji Terbatas. *Jurnal Pendidikan Fisikatadulakoonline (Jpft)*, 8(3), 104–119.
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146.
<https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914>
- Latifah, S., Romdanih, & Rahmad, I. N. (2020). Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Jenis dan Perubahan Wujud Benda Menggunakan Model Nature of Science. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Stkip Kusuma Negara Ii*, 263–270.
<http://jurnal.stkipkusumanegara.ac.id/index.php/semnara2020/article/view/692>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature Of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
<https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lestari, H. D., & Parmiti, D. P. P. (2020). Pengembangan E-Modul IPA Bermuatan Tes Online Untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Journal Of Education Technology*, 4(1), 73. <https://doi.org/10.23887/jet.v4i1.24095>
- Lydiati, I. (2019). Peningkatan Kreativitas Peserta Didik pada Materi Statistika Melalui Model Pembelajaran PJBL-STEM Kelas XII MIPA 6 SMA Negeri 7 Yogyakarta. *Jurnal Ideguru*, 4(2), 51–60. <https://jurnal-dikpora.jogjapro.go.id/index.php/jurnalideguru/article/view/94>
- Mabsutsah, N., & Yushardi, Y. (2022). Analisis Kebutuhan Guru Terhadap E-Module Berbasis STEAM Dan Kurikulum Merdeka Pada Materi Pemanasan Global. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 205–213.
<https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.588>

- Maula, N. R., & Fatmawati, L. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Kayaku (Kayanya Alam Negeriku) Berbasis STEM Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(1), 97. <https://doi.org/10.23887/jisd.v4i1.22351>
- Maula, N. R., Nugroho, A. A., & Prastyo, K. D. (2024). Implementasi Pembelajaran Berdiferensiasi pada Pembelajaran IPAS Kelas IV di SD. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (Jiepp)*, 4(2), 272–278. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v4i2.502>
- Mccomas, W. F. (2020). Nature of Science in Science Intrction. *Science: Philosophy, History And Education*, 409–423.
- Mccomas, W. F., & Clough, M. P. (2020). *Nature Of Science In Science Instruction: Rationales And Strategies*. Springer.
- Najuah, M. P., Lukitoyo, P. S., & Wirianti, W. (2020). *Modul elektronik: Prosedur penyusunan dan aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Natalia, D., Herpratiwi, H., Nurwahidin, M., & Riswandi, R. (2023). Pengembangan Modul IPAS Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kreativitas Belajar Peserta Didik. *Jurnal Teknologi Pendidikan : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, 8(2), 327. <https://doi.org/10.33394/jtp.v8i2.6459>
- Nurhalimah Erdi, P., & Padwa, T. R. (2021). *Terbit Online pada Laman Web Jurnal: Http://Javit.Ppj.Unp.Ac.Id Javit (Jurnal Vokasi Informatika) Penggunaan E-Modul dengan SiSTEM Project Based Learning*. 1(1), 21–25. [Http://Javit.Ppj.Unp.Ac.Id](http://Javit.Ppj.Unp.Ac.Id)
- Pertiwi, T. U., Oetomo, D., & Sugiharto, B. (2024). *The Effectiveness of STEM Project-Based Learning in Improving Students' Environmental Literacy Abilities*. *Jpbi (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(2), 476–485.
- Plomp, T., & Nieveen. (2013a). Educational Design Research Educational Design Research. *Netherlands Institute for Curriculum Development: Slo*, 1–206. <http://www.eric.ed.gov/ericwebportal/Recorddetail?Accno=Ej815766>
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2013b). Educational Design Research Educational Design Research. *Netherlands Institute for Curriculum Development: Slo*, 1–206. <http://www.eric.ed.gov/ericwebportal/Recorddetail?Accno=Ej815766>
- Pratiwi, W. O., Sunyono, S., Rohman, F., & Firdaus, R. (2024). Unveiling the needs for ethnosience-based e-worksheets to enhance the nature of science and environmental awareness of elementary school students. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 7(1), 118–136. <https://doi.org/10.24042/ijjsme.v7i1.21099>
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The Effect of STEM-PJBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of the Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan Ipa Indonesia*, 9(4), 465–476. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26432>

- Putri, A. D. C. (2024). *Rancangan Modul Digital Berbasis STEM-Project Based Learning pada Materi Energi Terbarukan*. *Xii*, 95–100.
<https://doi.org/10.21009/03.1201.Pf14>
- Putri, N. T., Ariyani, F., & Adha, M. M. (2023). Pengembangan E-Modul Bermuatan Tema Cita-Citaku Berbasis Project Based Learning. *Al-Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 7(3), 964.
<https://doi.org/10.35931/Am.V7i3.2339>
- Putri, S. U., & Taqiudin, A. A. (2021). STEAM-PBL: Strategi Pengembangan Kemampuan Memecahkan Masalah Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(2), 856–867.
<https://doi.org/10.31004/obsesi.V6i2.1270>
- Qotimah, I., & Mulyadi, D. (2021). Kriteria Pengembangan E-Modul Interaktif Dalam Pembelajaran Jarak Jauh. *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling*, 4(2), 125–131.
- Rahmania, A. D., & Hamimi, E. (2023). Analisis Kebutuhan E-Modul Berbasis PJBL Terintegrasi STEM yang Dilengkapi Edukit Carsurya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Energi. *Proceedings of Life And Applied Sciences*, 1, 24–31.
- Ramadhan, A., & Sutrisnawati, S. (2023). Development of an Inquiry-Based Practicum Guide to Improve Scientific Work Skills and Science Literacy. *Journal of Educational Science and Technology (Est)*, 9(1), 38.
<https://doi.org/10.26858/Est.V9i1.39025>
- Rochim, R. A., & Budiyanto, M. (2021). Analisis Kebutuhan Perangkat Pembelajaran Model PjBL Terintegrasi STEM Berbasis E-Learning di Masa Pandemi COVID-19. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5370–5378.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1786>
- Rohman, F., Fauzan, A., & Yohandri. (2020). Project, Technology and Active (Protective) Learning Model to Develop Digital Literacy Skills in the 21st Century. *International Journal Of Scientific And Technology Research*, 9(1), 12–16.
- Rohman, F., & Lusiyana, A. (2017). Keterampilan Proses Sains dan Keterampilan Sosial. *Jipfri (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 1(2), 47–56. <http://www.journal.stkipnurulhuda.ac.id/index.php/jipfri/article/view/115>
- Roslina, R., Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): SySTEMatic Literature Review (Slr). *Phenomenon : Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(1), 120–139. <https://doi.org/10.21580/Phen.2022.12.1.11722>
- Sengul, O. (2023). Pre-Service Mathematics Teachers' Views of Nature of Science in the Context of Covid-19. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 499–514.
<https://doi.org/10.30935/Scimath/12982>

- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E., & Hernani, H. (2022). The Development of Science Teaching Materials Based on the PJBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 45–53. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.23571>
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM Learning Through Engineering Design: Impact on Middle Secondary Students' Interest Towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2017.00667a>
- Sugianto, S. D., Ahied, M., Hadi, W. P., & Wulandari, A. Y. R. (2018). Pengembangan Modul IPA Berbasis Proyek Terintegrasi STEM pada Materi Tekanan. *Natural Science Education Research*, 1(1), 28–39. <https://doi.org/10.21107/Nser.V1i1.4171>
- Suhaida, D. Dkk. (2024). Assessing the Impact of Merdeka Belajar on Student Engagement and Academic Performance: A Comprehensive Literature Review. *American Journal of Science And Learning for Development*, 03(01), 122–129. <https://Inter-Publishing.Com/Index.Php/Ajsld/Article/View/3416/2889>
- Sujud, R., Rahmawati, Y., & Utami, A. D. (2024). Development of Science Literacy Through Group Choice STEM-PJBL Projects Integrated with Matter State Changes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2552–2564. <https://doi.org/10.29303/Jppipa.V10i5.6441>
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-STEM Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/Jpii.V9i1.21754>
- Syahputri, I., & Dafit, F. (2021). Pengembangan E-Modul Membaca Siswa Kelas 3 SDN 029 Pekanbaru. *Qalamuna: Jurnal Pendidikan, Sosial, dan Agama*, 13(2), 671–686. <https://doi.org/10.37680/Qalamuna.V13i2.1081>
- Syukri, M., Soewarno, S., Halim, L., & Mohtar, L. E. (2018). The Impact of Engineering Design Process in Teaching and Learning to Enhance Students' Science Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66–75. <https://doi.org/10.15294/Jpii.V7i1.12297>
- Thalib, A., & Tahmir, S. (2024). *Kognitif*. 4(May), 319–326.
- Triana, D., Anggraito, Y. U., & Ridlo, S. (2020). Effectiveness of Environmental Change Learning Tools Based on STEM-PJBL Towards 4c Skills of Students. *Jise*, 9(2), 181–187. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Triastuti, E. (2020). Model Pembelajaran STEM PJBL pada Pembuatan Ice Cream Melatih Keterampilan Berfikir Kreatif dan Wirausaha. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 5(2). <https://doi.org/10.51169/Ideguru.V5i2.159>

- Tursinawati, T., & Widodo, A. (2019). Pemahaman Nature of Science (Nos) di Era Digital: Perspektif dari Mahasiswa PGSD. *Jurnal IPA & Pembelajaran Ipa*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.24815/Jipi.V3i1.13294>
- Ummah, R., Suarsini, E., & Lestari, S. R. (2020). Pengembangan E-Modul Berbasis Penelitian Uji Antimikroba pada Matakuliah Mikrobiologi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(5), 572-579. <https://doi.org/10.17977/jptpp.V5i5.13432>
- Usboko, M. D. R., Parsa, I. M., & Baitanu, Z. Y. (2021). Penerapan Pembelajaran STEM dengan Model PJBL di Kelas XI Titl SMK N 2 Kupang untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif. *Jurnal Spektro*, 4(1), 8–14. <http://ejournal.undana.ac.id/index.php/spektro/article/download/5006/2904>
- Usnul, U., Johar, R., & Sofyan, H. (2019). Potential Effect of Pisa Equivalent Questions Using the Context of Aceh Traditional Houses. *Jramathedu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 4(2), 89–100. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.V4i2.8362>
- Vincent-Ruz, P., & Schunn, C. D. (2018). The Nature of Science Identity and Its Role as the Driver of Student Choices. *International Journal Of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0140-5>
- Wardhana, S. O., Nabilah, S., Dewitasari, A. P., & Hidayah, R. (2022). *E-Modul Interaktif Berbasis Nature of Science (Nos) Perkembangan Teori Atom Guna Meningkatkan Level Kognitif Literasi Sains Peserta Didik Singgih Oka Wardhana, Shabrina Nabilah, Annisa Putria Dewitasari, Rusly Hidayah*. 11(1), 34–43.
- Widiastuti, N. L. G. K. (2021). E-Modul dengan Pendekatan Kontekstual pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Imiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(3), 435. <https://doi.org/10.23887/jipp.V5i3.37974>
- Widodo, A., Jumanto, J., Adi, Y. K., & Imran, M. E. (2019). Pemahaman Hakikat Sains (Nos) oleh Siswa dan Guru Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Pendidikan Ipa*, 5(2), 237–247. <https://doi.org/10.21831/jipi.V5i2.27294>
- Widoyoko E. P. (2017). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Wilujeng, I., Kun, Z., & Suryadarma, I. (2019). Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Potensi Lokal untuk Meningkatkan Capaian Nature of Science (Nos) Insih Wilujeng, Zuhdan Kun P ., Igp Suryadarma Kata-Kata Kunci : Perangkat Pembelajaran , Potensi Lokal , Capaian Nos (Nature of Science. *Pendidikan Sains*, 8(20), 1–19.
- Windayanti, W., Afnanda, M., Agustina, R., Kase, E. B. S., Safar, M., & Mokodenseho, S. (2023). Problematika Guru dalam Menerapkan Kurikulum Merdeka. *Journal on Education*, 6(1), 2056–2063. <https://doi.org/10.31004/joe.V6i1.3197>

- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan E-Modul Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh di Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.30595/Jkp.V15i2.10809>
- Yanto, D. T. P. (2019). Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik. *Invotek: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 19(1), 75–82. <https://doi.org/10.24036/Invotek.V19i1.409>
- Yudha, A. S., Antika, H. N., Rusmana, E. E., & Kohar, A. W. (2023). Promoting Students' Creative Thinking Through Activities Exploring the Surrounding Nature: A STEM Project-Based Learning Design for Sets. *Inomatika*, 5(1), 58–84. <https://doi.org/10.35438/Inomatika.V5i1.360>
- Yulianti, D., & Masiroh, F. (2024). *The Implementation of Learning Physics with the STEM-PBL Approach to Newton ' S Law Materials and its Application for Character Development*. 13(2), 191–204. <https://doi.org/10.24042/Jipfalbiruni.V13i2.18750>
- Zulyani, D., & Asmar, A. (2021). Pengembangan E-Module Berbasis Problem Based Learning Berbantuan Android untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik SMP Kelas VIII. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 9(2), 357–370. <https://doi.org/10.25273/Jems.V9i2.10629>