



**PENGEMBANGAN BUKU AJAR DIGITAL INTERAKTIF BERBASIS STEM  
PADA MATERI PEMCEMARAN LINGKUNGAN UNTUK  
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS  
DAN HASIL BELAJAR IPA SISWA SMP**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Magister pada  
program studi Magister Pendidikan IPA Universitas Jember*

**TESIS**

**Oleh**

**Nor Indriyanti  
210220104009**

**KEMETERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN IPA  
JEMBER  
2023**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga diberikan kesehatan untuk menyelesaikan tesis ini tepat waktu. Shalawat serta salam semoga terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kejahiliyaan menuju zaman yang penuh dengan peradaban ilmu pengetahuan. Saya persembahkan tesis ini kepada:

1. Orang tua yang selalu menjadi suport terbaik di setiap langkah saya;
2. Putraku Rafardhan Athalla Al-Azka yang saat ini naik ke kelas 3 SD, dan putriku Azkia Zafina Ramadhani umur 2 tahun 3 bulan. Semoga kelak kalian bisa lulus S3 di usia muda, dan dipermudahkan dalam meraih cita-cita. Terimakasih selama ini telah menjadi anak yang baik dan mandiri;
3. Almamater kebanggaan Program Studi Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

**MOTTO**

“Setiap orang memiliki lintasannya masing-masing, tugas kita hanya berlari sesuai lintasan yang ada”

(Nor Indriyanti)



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nor Indriyanti

NIM : 210220104009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul: *Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa SMP* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan tesis ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2023

Yang menyatakan,

(Meterai Rp 10.000,00)

Nor Indriyanti

NIM 210220104009

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Thesis berjudul *Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa SMP* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Jum'at  
Tanggal : 21 Juli 2023  
Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Pembimbing	Tanda Tangan
1. Pembimbing Utama Nama : Dr.Ir. Imam Mudakir, M.Si NIP : 196405101990021001	(.....)
2. Pembimbing Anggota Nama : Dr. Sulifah Aprilya H., S.Pd., M.Pd NIP : 197904152003122003	(.....)

Penguji	Tanda Tangan
1. Penguji Utama Nama : Prof. Dr. Sutarto, M.Pd NIP : 195805261985031001	(.....)
2. Penguji Anggota Nama : Bevo Wahono, S.Pd., M.Pd., Ph.D NIP : 198705262012121002	(.....)

**ABSTRACT**

*Education in Indonesia is high time to transform in line with the rapid development of technology by utilizing digital media as a learning medium. The purpose of this study is to describe a valid, practical, and effective interactive digital textbook based on STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) to enhance the critical thinking skills and science learning outcomes of junior high school students. The researcher chose environmental pollution as the subject matter of the study based on field observations, which showed that although students have been exposed to environmental pollution topics, they have shown insufficient environmental conservation behavior and are unable to address the pollution issues in their surroundings. The questionnaire distributed to science teachers in Banyuwangi, Jember, and Situbondo revealed that there is a 70.6% demand for digital textbooks among teachers. Both teachers and students require practical digital textbooks that have clear language, effectiveness, lack of ambiguity, include attractive visuals, provide learning videos, audio, and animations, as well as include practice questions and simulations. This study is a development research using the 4-D model (Thiagarajan, 1974), which consists of four stages: defining, designing, developing, and disseminating. The research subjects are junior high schools in Jember Regency. The instruments used are validity test questionnaires, practicality tests, and effectiveness tests, employing qualitative and quantitative analyses. The results of the validity test for the development of this textbook show an average score of 95.82 (highly valid), the practicality test demonstrates high practicality, and the effectiveness test yields very high results. The outcome of this research is an interactive digital textbook based on STEM that improves the critical thinking skills and science learning outcomes of junior high school students.*

*Keywords: Digital textbooks, STEM, critical thinking, learning outcomes.*

## RINGKASAN

**Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa SMP;** Nor Indriyanti; 210220104009; 2023; 59 halaman; Program Studi Magister Pendidikan IPA; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pembelajaran abad 21 harus mengikuti pesatnya perkembangan teknologi dan menyiapkan siswa dengan kecakapan abad 21, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis. Namun, berdasarkan hasil sebaran angket guru di Kabupaten Jember, Situbondo dan Banyuwangi menjelaskan bahwa sumber belajar yang digunakan guru selama ini 47,1% buku ajar, 29,4% LKS dan hanya 11,8%. Padahal 70,6% guru mengaku memerlukan buku ajar digital, dengan menggunakan media pembelajaran yang digunakan selama ini hanya 35,3% siswa yang kemampuan berpikir kritisnya tergolong tinggi. Buku ajar digital interaktif berbasis STEM dipilih oleh peneliti karena STEM mampu mengintegrasikan beberapa disiplin ilmu dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logis, dan sistematis. Pendekatan STEM dengan mengintegrasikan lebih dari dua disiplin ilmu, mampu menyiapkan siswa menghadapi perkembangan zaman dan tantangan abad 21 (Gulen & Yaman, 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA siswa SMP. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model pengembangan *4-D* yang terdiri dari 4 langkah yaitu *define, design, develop, disseminate*.

Kevalidan buku ajar dinilai oleh 2 orang ahli dan pengguna buku ajar. Kepraktisan buku ajar diperoleh dari nilai uji rumpang, respon guru dan siswa, serta keterlaksanaan pembelajaran. Keefektifan buku ajar diperoleh dari hasil kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar kognitif berupa nilai *pretest* dan *posttest*. Uji coba skala terbatas dan skala kelas dilakukan di SMP yang ada di Kecamatan Wuluhan sedangkan pada tahap penyebaran dilaksanakan di dua sekolah berbeda yang ada di Kabupaten Jember.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata keseluruhan validasi buku ajar digital interaktif berbasis STEM oleh validator sebesar 95,82 dengan kriteria sangat valid, dan siap digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Pada uji coba skala terbatas, uji kepraktisan menunjukkan rata-rata nilai uji rumpang sebesar 88,9 dengan kriteria sangat mudah, rata-rata nilai angket respon guru sebesar 85,33 kriteria sangat praktis, dan rata-rata nilai angket respon siswa sebesar 96,15 dengan kriteria sangat praktis. Sehingga buku ajar yang dikembangkan dapat digunakan pada uji coba skala satu kelas.

Pada uji coba skala satu kelas, kepraktisan diperoleh dari rata-rata nilai uji rumpang sebesar 88,89 dengan kriteria mudah, rata-rata nilai angket respon guru sebesar 93,33 dengan kriteria sangat praktis, rata-rata nilai angket respon siswa sebesar 95,81 dengan kriteria sangat praktis, dan rata-rata keterlaksanaan pembelajaran sebesar 85,6 dengan kriteria sangat praktis. Data keefektifan berupa skor *N-gain* sebesar 0,86 dengan kriteria tinggi. Selain itu, hasil kemampuan berpikir kritis sebesar 89,03 dengan kriteria sangat tinggi.

Proses penyebaran yang dilakukan di dua sekolah yang ada di Kabupaten Jember menunjukkan hasil bahwa *N-gain* pada sekolah yang ada di Kecamatan Ambulu sebesar 0,85 dengan kriteria tinggi, rata-rata nilai kemampuan berpikir kritisnya sebesar 94,50 dengan kriteria sangat tinggi. Pada sekolah yang ada di Kecamatan Jenggawah *N-gain* sebesar 0,82 dengan kriteria tinggi, rata-rata nilai kemampuan berpikir kritis sebesar 94,29 dengan kriteria sangat tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan telah dinyatakan valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA siswa SMP.

## PRAKATA

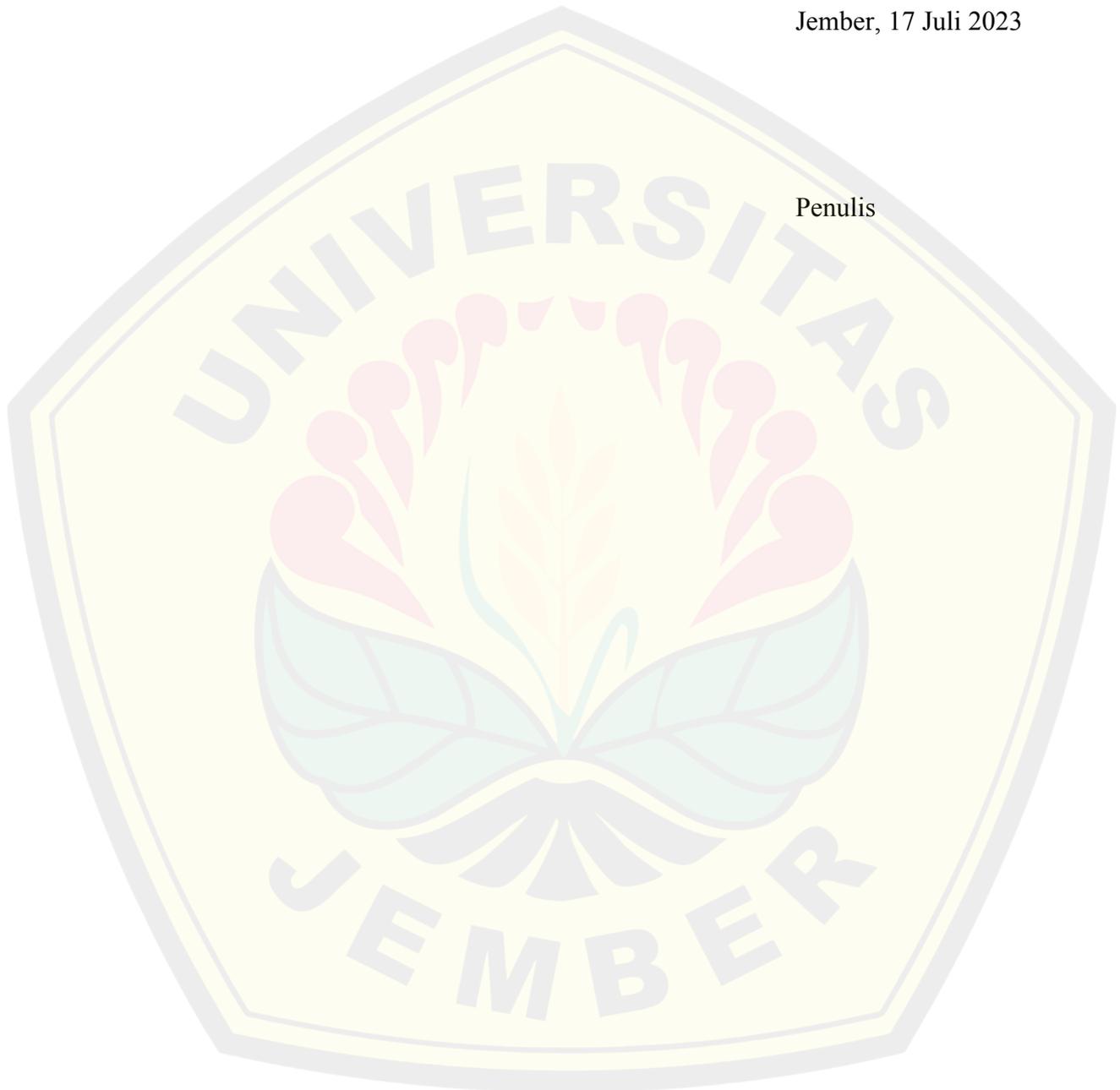
Puji syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan tesis dengan judul “Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa SMP” dapat terselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Magister (S2) pada Program Studi Magister Pendidikan IPA, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Penulisan tesis ini dapat terselesaikan berkat doa, bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Erfan Yudianto, S.Pd., M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Dr. Supeno, M.Pd. M. Si selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA FKIP Universitas Jember;
4. Dr. Imam Mudakir, M.Si selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Sulifah Aprilia H., S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing anggota yang telah ikhlas meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan tesis ini;
5. Prof. Dr. Sutarto, M.Pd, dan Bevo Wahono, S.Pd., M.Pd., Ph.D selaku dosen penguji yang membantu dan meluangkan pikiran demi sempurnanya tesis ini;
6. Dr. Slamet Hariyadi, M.Si dan Dr. Supeno, M.Pd selaku validator yang telah membantu memvalidasi produk buku ajar digital interaktif berbasis STEM dan instrumen yang dikembangkan oleh peneliti;
7. Seluruh Dosen Program Studi Magister Pendidikan IPA FKIP Universitas Jember, atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini, kritik dan saran dapat dikirim ke email peneliti [norindriyanti91@gmail.com](mailto:norindriyanti91@gmail.com). Penulis juga berharap, semoga tesis ini nantinya dapat bermanfaat.

Jember, 17 Juli 2023

Penulis



**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>Pernyataan Orisinalitas.....</b>	<b>iv</b>
<b>Halaman Persetujuan.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>vi</b>
<b>Ringkasan.....</b>	<b>vii</b>
<b>Prakata.....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Isi.....</b>	<b>xi</b>
<b>Daftar Tabel.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Daftar Gambar.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Bahan Ajar.....	5
2.2 Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM.....	7
2.3 Kemampuan Berpikir Kritis .....	9
2.4 Hasil Belajar .....	9
2.5 Kerangka Berpikir .....	11
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Populasi dan Sampel/Subyek Penelitian .....	12
3.3 Desain Penelitian.....	12
3.4 Prosedur Penelitian.....	12
3.5 Pengumpulan Data Penelitian .....	15
3.6 Metode Analisis.....	15
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	19
4.2 Pembahasan.....	38
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>51</b>

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>59</b>

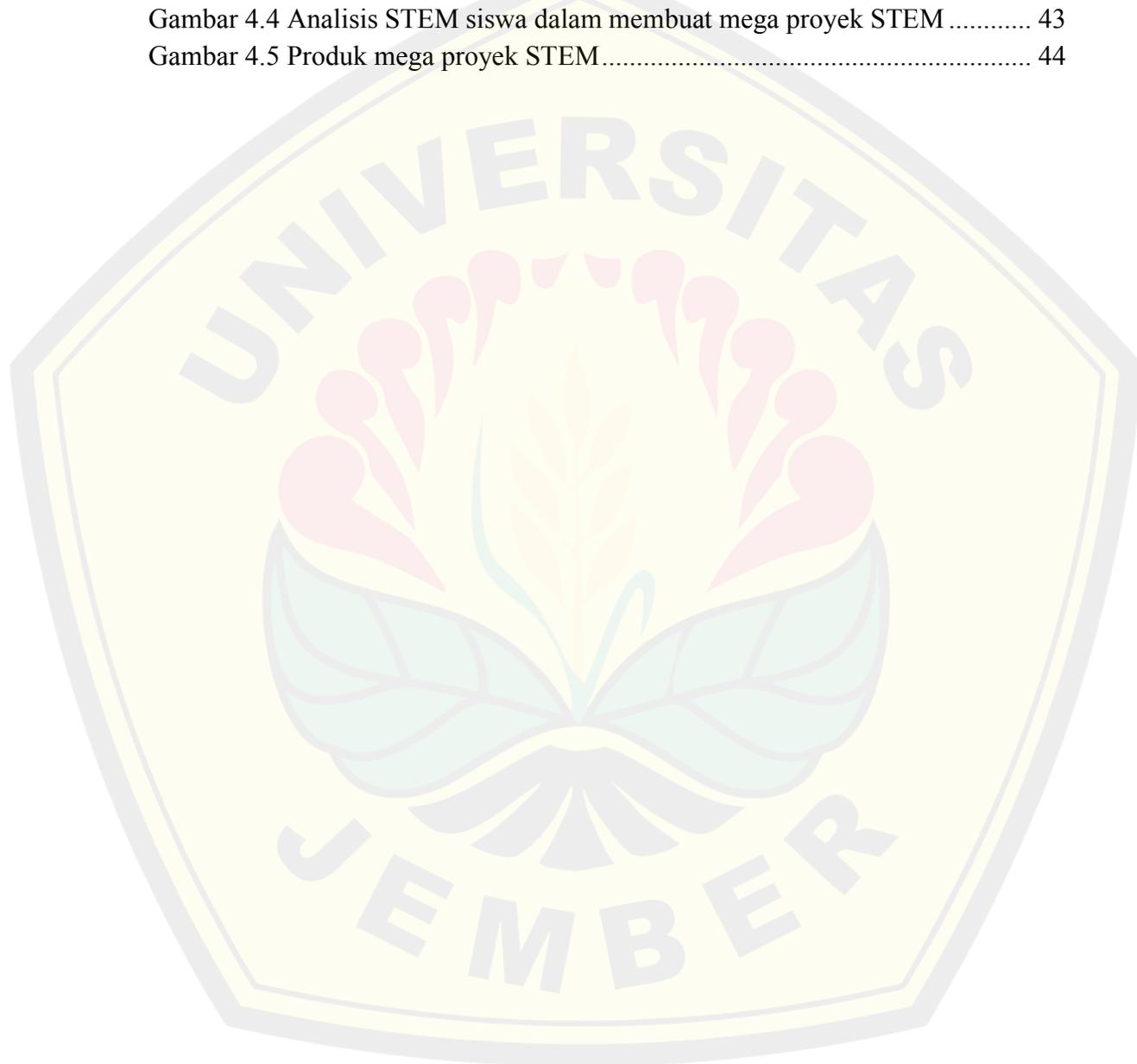


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator berpikir kritis Ennis .....	9
Tabel 2.2 Tingkatan kognitif berdasarkan taksonomi Bloom .....	10
Tabel 3.1 Kriteria validitas .....	16
Tabel 3.2 Kriteria kepraktisan produk buku ajar digital .....	17
Tabel 3.3 Interpretasi nilai uji rumpang buku ajar .....	17
Tabel 3.4 Kriteria kemampuan berpikir kritis siswa .....	18
Tabel 3.5 Kriteria N-gain skor .....	18
Tabel 4.1 Hasil angket analisis kebutuhan guru .....	19
Tabel 4.2 Hasil angket analisis kebutuhan siswa .....	21
Tabel 4.3 Hasil Analisis Konsep .....	22
Tabel 4.4 Data hasil validasi buku ajar digital interaktif berbasis STEM .....	24
Tabel 4.5 Hasil validasi Silabus dan RPP .....	25
Tabel 4.6 Hasil validasi soal <i>pretest posttes</i> .....	26
Tabel 4.7 Revisi prototipe buku ajar digital interaktif berbasis STEM .....	26
Tabel 4.8 Hasil uji rumpang pada uji kelompok kecil .....	28
Tabel 4.9 Hasil angket respon guru pada uji kelompok kecil .....	28
Tabel 4.10 Hasil angket respon siswa pada uji kelompok kecil .....	29
Tabel 4.11 Hasil uji rumpang pada uji coba satu kelas .....	29
Tabel 4.12 Hasil angket respon guru pada tahap uji satu kelas .....	30
Tabel 4.13 Hasil angket respon siswa pada tahap uji satu kelas .....	30
Tabel 4.14 Hasil belajar ranah kognitif pada uji coba satu kelas .....	31
Tabel 4.15 Hasil kemampuan berpikir kritis pada uji coba satu kelas .....	31
Tabel 4.16 N-Gain kemampuan berpikir kritis pada uji satu kelas .....	32
Tabel 4.17 Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran pada uji satu kelas .....	33
Tabel 4.18 Hasil uji rumpang pada uji disseminasi .....	34
Tabel 4.19 Hasil angket respon guru pada tahap disseminasi .....	34
Tabel 4.20 Hasil angket respon siswa pada tahap disseminasi .....	35
Tabel 4.21 Hasil belajar ranah kognitif pada tahap disseminasi .....	35
Tabel 4.22 Hasil kemampuan berpikir kritis pada tahap disseminasi .....	36
Tabel 4.23 N-Gain kemampuan berpikir kritis tahap disseminasi .....	36
Tabel 4.24 Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran uji satu kelas .....	37

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Kerangka Konseptual Penelitian .....	11
Gambar 3.1 Rancangan penelitian pengembangan buku ajar .....	12
Gambar 4.1 Penilaian indikator kemampuan berpikir kritis uji kelompok kecil ..	32
Gambar 4.2 Penilaian indikator kemampuan berpikir kritis uji satu kelas .....	33
Gambar 4.3 Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran uji coba satu kelas.....	37
Gambar 4.4 Analisis STEM siswa dalam membuat mega proyek STEM .....	43
Gambar 4.5 Produk mega proyek STEM.....	44





## BAB.1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi era globalisasi sangatlah pesat, sehingga berdampak pada dunia pendidikan. Perkembangan teknologi mampu melancarkan proses pembelajaran dengan menciptakan ruang belajar baru (Marta, 2019), dengan teknologi siswa dapat mengakses sumber belajar meskipun berada di luar sekolah (Motamedi, 2019), belajar akan menjadi fleksibel (Shatri, 2020). Pendidikan di Indonesia akan maju jika menerapkan pembelajaran berbasis teknologi.

Pembelajaran berbasis teknologi bertujuan untuk membekali siswa memiliki kemampuan yang dibutuhkan era globalisasi yaitu kecakapan abad 21. Pembelajaran berbasis kecakapan hidup abad 21 mempunyai peranan penting dalam menjawab perkembangan era globalisasi. Pembelajaran yang dapat membekali siswa dengan tuntutan kecakapan hidup abad 21 adalah STEM (*Sains, technology, engineering, mathematics*) (Rahmatina et al., 2020). Pendidikan berbasis STEM itu sendiri memberikan manfaat kepada siswa tidak hanya dalam memberikan pemahaman, ide-ide besar dalam sains, prestasi belajar yang baik, tetapi juga berperan dalam membentuk kemampuan berpikir kritis dan kemampuan memecahkan masalah (Suratno et al., 2020). Adapun faktor penentu dalam keberhasilan proses pembelajaran adalah dengan menerapkan media pembelajaran yang interaktif (Tafonao, 2018) (Faqih et al., 2021).

Pendekatan STEM mengintegrasikan beberapa disiplin ilmu dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, logis, dan sistematis. Pendekatan STEM dengan mengintegrasikan lebih dari dua disiplin ilmu, mampu menyiapkan siswa menghadapi perkembangan zaman dan tantangan abad 21 (Gulen & Yaman, 2019). STEM dengan mengintegrasikan beberapa disiplin ilmu mampu menjawab tantangan abad 21.

Tantangan abad 21 dapat dijawab dengan pemanfaatan media pembelajaran menggunakan teknologi *smartphone* berbasis STEM yang mampu membangun intelektual siswa dengan mengintegrasikan teknologi dengan beberapa ilmu pengetahuan dan keterampilan sains, teknologi, teknik rekayasa, maupun

matematika (Thahir et al., 2020). Media pembelajaran memiliki peranan yang penting dalam proses pembelajaran (Nursyahidah et al., 2020). Pendidik dapat memanfaatkan teknologi *smartphone* dalam pembelajaran dengan menggunakan fitur dan aplikasi yang menarik serta praktis (Afriansyah et al., 2020). Perkembangan teknologi telah memainkan peran penting dalam proses integral kehidupan, baik di sekolah maupun masyarakat.

IPA merupakan kajian tentang alam semesta beserta semua peristiwa yang ada di dalamnya. Dilakukan oleh para ahli melalui rangkaian proses ilmiah dengan cermat (Suroso et al., 2021), membuat siswa mampu menemukan ide secara mandiri, memberikan pengalaman secara langsung, serta memahami alam secara ilmiah (Sutarto et al., 2021). Alam sekitar sebagai salah satu objek IPA mencakup berbagai permasalahan di sekitar, diantaranya adalah permasalahan terkait pencemaran lingkungan.

Pencemaran lingkungan adalah materi yang dipelajari oleh siswa SMP kelas VII, materi ini merupakan materi yang kompleks karena di dalamnya berisi tentang pencemaran lingkungan dan pengelolaan lingkungan. Berdasarkan hasil wawancara kepada guru di Jember, Banyuwangi, dan Situbondo menyatakan bahwa siswa tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dalam perilaku peduli terhadap lingkungan setelah mendapatkan materi pencemaran lingkungan. Perubahan perilaku siswa yang menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan hanya ditunjukkan dengan memisahkan sampah organik dan anorganik, membuang sampah pada tempatnya, *recycle* sampah menjadi hiasan atau barang yang lebih berguna. Namun belum mampu mengurangi kuantitas sampah secara signifikan.

Berdasarkan hasil sebaran angket guru di Kabupaten Jember, Situbondo dan Banyuwangi menjelaskan bahwa selama ini guru menggunakan sumber belajar yang berasal dari 47,1% buku ajar, 29,4% LKS dan hanya 11,8%. Padahal 70,6% guru mengaku memerlukan buku ajar digital, dengan menggunakan media pembelajaran yang selama ini digunakan oleh guru, hanya 35,3% siswa yang kemampuan berpikir kritisnya tergolong tinggi, dan 5,9 % yang tergolong sangat baik, penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada lampiran 2 halaman 57.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti mengembangkan buku ajar dengan judul **“Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa SMP”**.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimanakah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang valid untuk pembelajaran IPA di SMP?
- b. Bagaimanakah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang praktis untuk pembelajaran IPA di SMP?
- c. Bagaimanakah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP?
- d. Bagaimanakah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa SMP?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Secara umum, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA siswa SMP, yang meliputi:

- a. Mendeskripsikan buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang valid pada materi pencemaran lingkungan oleh ahli.
- b. Mendeskripsikan buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang praktis pada materi pencemaran lingkungan.
- c. Mengkaji keefektifan buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP.
- d. Mengkaji keefektifan buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa SMP.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM adalah:

Manfaat teoritis hasil penelitian, meliputi:

- a. Menyumbangkan pemikiran untuk memperbaharui buku ajar digital interaktif agar dapat memenuhi tuntutan era globalisasi dan memenuhi kebutuhan keterampilan abad 21.
- b. Menyumbangkan pengetahuan ilmiah dalam bidang pendidikan, terutama bagi guru IPA SMP, dengan menciptakan inovasi materi pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP.
- c. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP, serta sebagai bahan studi lebih lanjut.

Adapun manfaat praktis dari hasil penelitian ini meliputi:

- a. Bagi penulis: dapat meningkatkan pengetahuan dan pengalaman dalam usaha meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa pada mata pelajaran IPA di tingkat SMP.
- b. Bagi guru dan calon guru: dapat meningkatkan pengetahuan dan memberikan pemikiran baru dalam upaya meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP dan hasil belajarnya.
- c. Bagi siswa SMP yang menjadi subjek penelitian: mendapatkan pengalaman langsung dalam penelitian pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar mereka.
- d. Bagi sekolah: dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun program pembelajaran dan memilih media pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP.
- e. Bagi peneliti lain: sebagai masukan dalam melaksanakan penelitian sejenis.

## BAB 2. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan komponen penting dalam proses belajar mengajar. Bahan ajar mencakup segala jenis bahan yang dapat digunakan oleh guru maupun siswa untuk mempermudah pemahaman dalam pembelajaran, yang meliputi pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang terkait dengan kompetensi dasar yang harus dicapai (Kosasih, 2021). Kelemahan dalam kualitas pembelajaran terjadi akibat kurangnya pemanfaatan materi pembelajaran yang dilakukan oleh guru maupun siswa (Rofi'ah et al., 2021).

Kosasih (2021) menjelaskan peran dari bahan ajar bagi guru berfungsi sebagai panduan dalam pembelajaran, membuat pembelajaran lebih efektif, menjadi sumber penilaian hasil belajar siswa, memungkinkan guru menjadi fasilitator yang lebih fokus, dan menghemat waktu. Sementara itu, bagi siswa, bahan ajar memungkinkan mereka untuk belajar secara mandiri, belajar di mana dan kapan saja, belajar sesuai dengan kecepatan masing-masing, dan belajar sesuai dengan urutan yang mereka pilih. Bahan ajar yang dikembangkan haruslah memenuhi kriteria sebagai berikut:

#### 2.1.1 Valid

Buku ajar dikatakan valid jika memenuhi kriteria dan telah dilakukan uji validitas oleh ahli dan praktisi (Sari, 2017). Rengganis, Aysyah dkk (2022) menjelaskan bahwa buku ajar yang dikembangkan harus memenuhi kriteria validasi, meliputi:

- a. Validasi isi, meliputi: isi sesuai dengan karakteristik siswa, isi bermanfaat bagi siswa, keserasian isi buku ajar dengan nilai budaya dan falsafah bangsa Indonesia, benar dalam keilmuan atau konsep.
- b. Validasi ketepatan cakupan, meliputi: keluasan isi, kedalaman materi (tujuan pembelajaran sesuai dengan perkembangan siswa), kesesuaian materi dengan

kompetensi dasar dan globalisasi pendidikan, keutuhan konsep berdasarkan bidang ilmu inovasi dan globalisasi pendidikan.

- c. Validasi ketercernaan buku ajar, meliputi: pemaparan dilakukan secara logis, dengan logika deduktif atau induktif sehingga mampu mengembangkan pola pikir siswa, penyajian materinya runtut dengan menggunakan strategi penyajian uraian, latihan, ilustrasi, contoh, dan alat bantu yang digunakan memudahkan siswa dalam memahami materi, format penulisan tertib dan konsisten, relevansi dengan materi lain dan memuat penjelasan manfaat dan kegunaan bahan ajar.
- d. Validasi bahasa, meliputi: lugas, luwes, memotivasi siswa dalam berpikir, pemilihan kata sesuai dengan tujuan pembelajaran, penggunaan kalimatnya efektif, dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami.
- e. Validasi desain, meliputi: narasi dan teks tidak terlalu padat, ada keterpaduan antara grafik, poin, dan kalimat pendek, tampilan paragraf mudah dibaca, penggunaan grafik dan gambar sesuai dengan manfaat pembelajaran, sistem penomoran benar dan konsisten, variasi huruf dan ukuran menarik.
- f. Validasi ilustrasi. Ilustrasi diperlukan untuk memperjelas informasi serta dapat menarik perhatian siswa, meliputi: tampilan tabel, tampilan grafik, tampilan skema, tampilan gambar.
- g. Validasi kelengkapan dokumen, meliputi: penyampaian tujuan belajar, pemberian strategi belajar, penyediaan contoh soal, latihan, pemberian saran kepada siswa, informasi tambahan yang terintegrasi dengan bahan ajar utama.

#### 2.1.2 Praktis

Dikatakan praktis jika buku ajar yang dikembangkan telah memenuhi sintaks yang dikembangkan, tujuan pembelajaran tercapai, memenuhi ketuntasan belajar siswa, uji kepraktisan berdasarkan respon guru dan siswa. Kriteria pengukuran kepraktisan buku ajar menurut Nieveen (1999) meliputi: waktu yang dibutuhkan dalam menyusun buku ajar, biaya yang dibutuhkan, waktu yang dibutuhkan dalam mengimplementasikan buku ajar dalam pembelajaran, tingkat kesulitan dalam menyiapkan buku ajar, dan tingkat kesulitan dalam mengimplementasikan buku ajar.

### 2.1.3 Efektif

Buku ajar yang efektif merupakan hal terpenting yang harus diperhatikan. Efektif yang dimaksud adalah: siswa diharapkan mampu mencapai tujuan pembelajaran (Kemp, 1994), dan mengetahui tingkat penerapan teori (Reigeluth, 1999).

## 2.2 Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM

Buku ajar digital merupakan media pembelajaran yang bisa diakses dan didistribusikan menggunakan perangkat digital. Buku ajar digital berisi gambar, audio, video, dan animasi yang dapat merangsang minat belajar siswa (Nurdyansyah, 2019), kegiatan pembelajaran secara lebih luas, bervariasi, dan dapat diakses kapan saja dan di mana saja tanpa dibatasi oleh jarak, ruang serta waktu (Pratita et al., 2021). Dilengkapi dengan materi secara tekstual, kuis interaktif, video pembelajaran yang menarik, audio yang mendukung, serta latihan soal yang menarik (Sriwahyuni et al., 2019).

Buku ajar digital dapat mewujudkan tujuan pembelajaran IPA secara efektif, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotorik siswa, serta meningkatkan kemampuan berpikir logis dan kemampuan berpikir kritis (Prasetyono & Hariyono, 2020; Sulistyani Puteri Ramadhani, Zulela MS, 2021), dapat meningkatkan minat siswa (Widodo et al., 2021), yang selaras dengan dengan perkembangan inovasi pendidikan di era digital (Barlian & Fatimah, 2021), Mendukung terciptanya lingkungan belajar yang memudahkan siswa (Perdana et al., 2021), berisi konten interaktif, menyenangkan, berbasis kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (video pembelajaran, gambar konkret, kuis) yang efektif melatih kemandirian belajar siswa (Jannah & Atmojo, 2022), meningkatkan hasil belajar kognitif siswa (Sunami & Aslam, 2021), materi pembelajaran dapat diakses kapan saja (Sadikin & Hakim, 2019; Kuncoro & Hidayati, 2021; Roemintoyo & Budiarto, 2021), animasi digital dapat menstimulasi keaktifan siswa dan memunculkan keterampilan baru (Rizkasari et al., 2021).

Buku ajar digital interaktif yang dikembangkan oleh peneliti berekstensi (html) yang dapat diakses melalui HP secara online. Dengan menggunakan format

ini siswa dan guru tidak memerlukan aplikasi khusus untuk mengaksesnya (Ruddamayanti, 2019). Buku ajar ini dikemas dalam bentuk flipbook, software yang digunakan adalah flip PDF corporate, berbentuk elektronik sehingga memudahkan pengguna buku ajar untuk mempelajarinya kapan saja dan dimana saja. Dengan demikian dapat memudahkan pembelajaran jarak jauh (Marta et al., 2018). Buku ajar digital interaktif yang dikembangkan berbasis STEM.

Myets dan Berkowicz (2015) menjelaskan bahwa *STEM is first about how the learning takes place and second about science, technology, engineering, and mathematics*, serta mendefinisikan STEM sebagai berikut:

- 1) *Science*. Sains meliputi minat juga pengetahuan mengenai kehidupan, penelitian/eksperimen, dan penemuan.
- 2) *Technology*. Teknologi merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, dan komputasi untuk memenuhi kebutuhan manusia.
- 3) *Engineering*. Teknik terkait dengan desain dan proses pembuatan produk, dengan menggunakan metode ilmiah dalam memecahkan permasalahan.
- 4) *Mathematics*. Matematika merupakan keterampilan dalam menganalisis informasi, menyelesaikan masalah, memperhitungkan resiko, dan membuat keputusan dengan perhitungan logis.

Simatupang dan Purnama (2019) menjelaskan bahwa dalam pendekatan STEM, guru mengintegrasikan 4 bidang ilmu untuk menyelesaikan masalah sehari-hari, karakteristik model pembelajarannya meliputi: mengintegrasikan 4 bidang ilmu (*Science, Technology, Engineering and Mathematic*) dalam satu pengalaman belajar, *real world application*, pembelajarannya berbasis proyek, siswa disiapkan menjadi SDM yang integratif, pengembangan *softskill* serta keterampilan teknis.

Bucker dan Boyd (2015) menjelaskan jika STEM diterapkan dengan baik serta didesain dengan tepat, maka membuat siswa lebih mampu dalam memecahkan masalah di dunia nyata. Jolly (2014) juga menjelaskan bahwa dalam aplikasinya, STEM bertujuan untuk mengembangkan pemikiran siswa, *teamwork*, investigasi, serta keterampilan kreatif yang ada di semua bidang.

### 2.3 Kemampuan Berpikir Kritis

Skinner (2010) menjelaskan bahwa berpikir kritis adalah *Critical thinking is thinking that makes sense and focused reflection to decide what should be believed or done*. Dengan memiliki kemampuan berpikir kritis, diharapkan siswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir yang logis, teliti, sistematis, obyektif, dan terbuka dalam menghadapi masalah yang muncul (Damayanti & Afriansyah, 2018). Berpikir kritis adalah proses siswa yang terorganisir dengan baik yang dimulai dari merumuskan masalah hingga mengevaluasi pendapat mereka (Apiati & Hermanto, 2020). Berpikir kritis dapat diklasifikasikan sebagai kemampuan berpikir yang lebih tinggi yang perlu dikembangkan agar siswa mampu menggunakan pemikirannya secara reflektif, rasional, independen dalam memecahkan masalah, membuat simpulan, menyiapkan berbagai opsi kemungkinan, dan mempuat keputusan yang menurutnya tepat secara cepat untuk bersaing dalam era globalisasi.

Ada 4 indikator untuk menganalisis kemampuan berpikir kritis berdasarkan teori Ennis yang dimodifikasi oleh Apiati dan Hermanto. Berikut adalah indikator yang disajikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Indikator Berpikir Kritis Ennis (Apiati & Hermanto, 2020)

No	Indikator	Aktivitas
1	Memberikan penjelasan sederhana ( <i>elementary clarification</i> )	Mengidentifikasi permasalahan dengan fokus pada pertanyaan serta unsur yang ada pada masalah
2	Memberikan penjelasan lebih lanjut ( <i>advance clarification</i> )	Mengidentifikasi hubungan antara konsep yang terdapat dalam masalah dengan membuat metode dan penjelasan secara tepat
3	Menyusun strategi dan taktik ( <i>strategy and tactics</i> )	Menggunakan strategi yang tepat dalam menyelesaikan masalah secara lengkap dan benar
4	Menyimpulkan ( <i>inference</i> )	Membuat kesimpulan dengan tepat

### 2.4 Hasil Belajar

Hasil belajar merupakan akhir dari proses pembelajaran, yang berupa kemampuan siswa setelah kegiatan pembelajaran. Hasil belajar juga merupakan perubahan perilaku sebagai hasil dari kegiatan pembelajaran, adanya perubahan aspek kognitif, afektif, atau psikomotor siswa (Nabillah & Abadi, 2019).

Bloom dalam Rapiadi (2022) menjelaskan penilaian hasil belajar meliputi:

### 2.4.1 Kognitif

Penilaian kognitif dapat dilakukan dengan kuis, ujian blok, dan ujian tertulis. Berdasarkan taksonomi Bloom yang secara hirarki hasil belajar terdiri atas 6 tingkatan (Practice & Bloom, 2008) yang disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tingkatan Kognitif Berdasarkan Taksonomi Bloom (Practice & Bloom, 2008)

Tingkat Kognitif	Definisi	Nama Lain	
<i>Remember</i> (Mengingat) C1	<i>Retrieving relevant knowledge from long – term memory</i> (Mengambil informasi yang relevan dari memori jangka panjang)	Mengenalai	<i>Recognizing</i>
		Mengingat	<i>Recalling</i>
<i>Understand</i> (Memahami) C2	<i>Determining the meaning of instructional messages, including oral, written, and graphic communication</i> (Memahami makna pesan instruksional, termasuk komunikasi lisan, tertulis dan grafik)	Menafsirkan	<i>Interpreting</i>
		Memberi contoh	<i>Exemplifying</i>
		Mengklasifikasikan	<i>Classifying</i>
		Meringkas	<i>Summarizing</i>
		Menarik inferensi	<i>Inferring</i>
		Membandingkan	<i>Comparing</i>
<i>Apply</i> (Mengaplikasi) C3	<i>Carrying out or using a procedure in a given situation</i> (Melakukan atau menerapkan prosedur dalam situasi tertentu)	Melaksanakan	<i>Executing</i>
		Mengimplementasikan	<i>Implementing</i>
<i>Analyze</i> (Menganalisis) C4	<i>Breaking material into its constituent parts and detecting how the parts relate to one another and to an overall structure or purpose</i> (Memisahkan materi menjadi bagian-bagian penyusunnya dan memahami hubungan antara bagian-bagian tersebut dengan keberadaan atau tujuan dari keseluruhan struktur)	Membedakan	<i>Differentiating</i>
		Mengeorganisir	<i>Organizing</i>
		Menemukan pesan tersirat	<i>Attributing</i>
<i>Evaluate</i> (Mengevaluasi) C5	<i>Making judgments based on criteria and standards</i> (Membuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar)	Memeriksa	<i>Checking</i>
		Mengkritik	<i>Critiquing</i>
<i>Create</i> (Membuat) C6	<i>Putting elements together to form a novel, coherent whole or make an original product</i> (Menggabungkan elemen menjadi satu kesatuan baru atau membuat produk asli)	Menghasilkan	<i>Generating</i>
		Merencanakan	<i>Planning</i>
		Memproduksi	<i>Producing</i>

### 2.4.2 Afektif

Afektif diklasifikasikan dalam lima tingkatan, meliputi: penerimaan, tanggapan, penilaian, pengorganisasian, serta karakterisasi. Penilaian ini digunakan untuk mengukur perasaan, sikap, tingkat penerimaan ataupun penolakan terhadap

objek yang dipelajari. Penilaiannya berupa lembar observasi yang dinilai selama proses pembelajaran.

### 2.4.3 Psikomotor

Psikomotor diklasifikasikan ke dalam empat tingkatan, meliputi: kesiapan, meniru, menyesuaikan, serta menciptakan. Tujuan dari menilai aspek psikomotor adalah untuk mengetahui kedalaman pemahaman siswa setelah pembelajaran, serta untuk mengetahui tepat atau tidaknya metode yang digunakan. Penilaian dapat dilakukan dengan melaksanakan praktikum, unjuk kerja, dll.

## 2.5 Kerangka Berpikir



Gambar 2.1 Kerangka Konseptual Penelitian

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian percobaan produk pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM ini dilakukan di SMP yang ada di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember. Penyebaran dilakukan di dua sekolah berbeda yaitu MTs yang ada di Kecamatan Ambulu dan Kecamatan Jenggawah. Penelitian ini dilakukan pada semester genap TA 2022/2023.

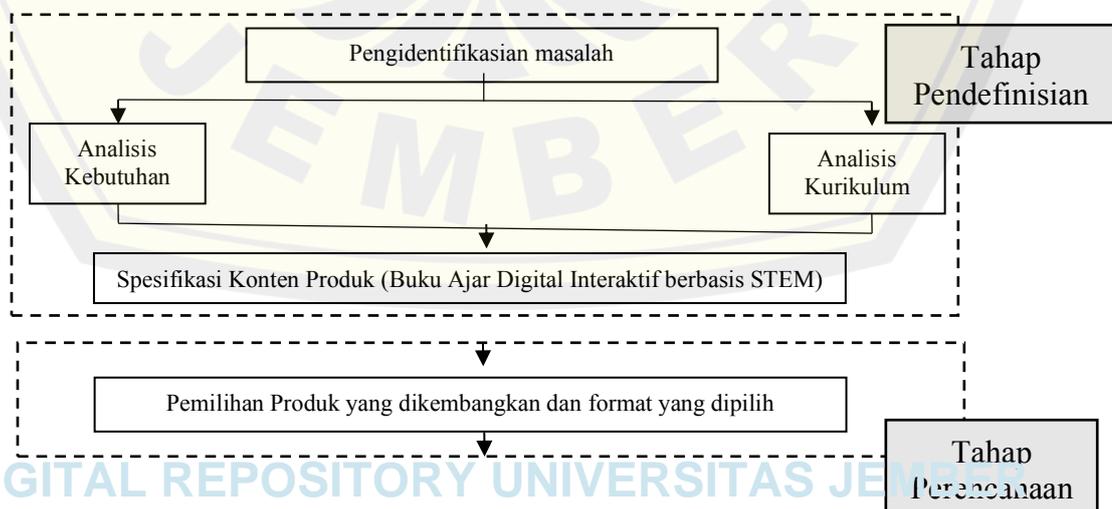
#### 3.2 Populasi dan Sampel/Subyek Penelitian

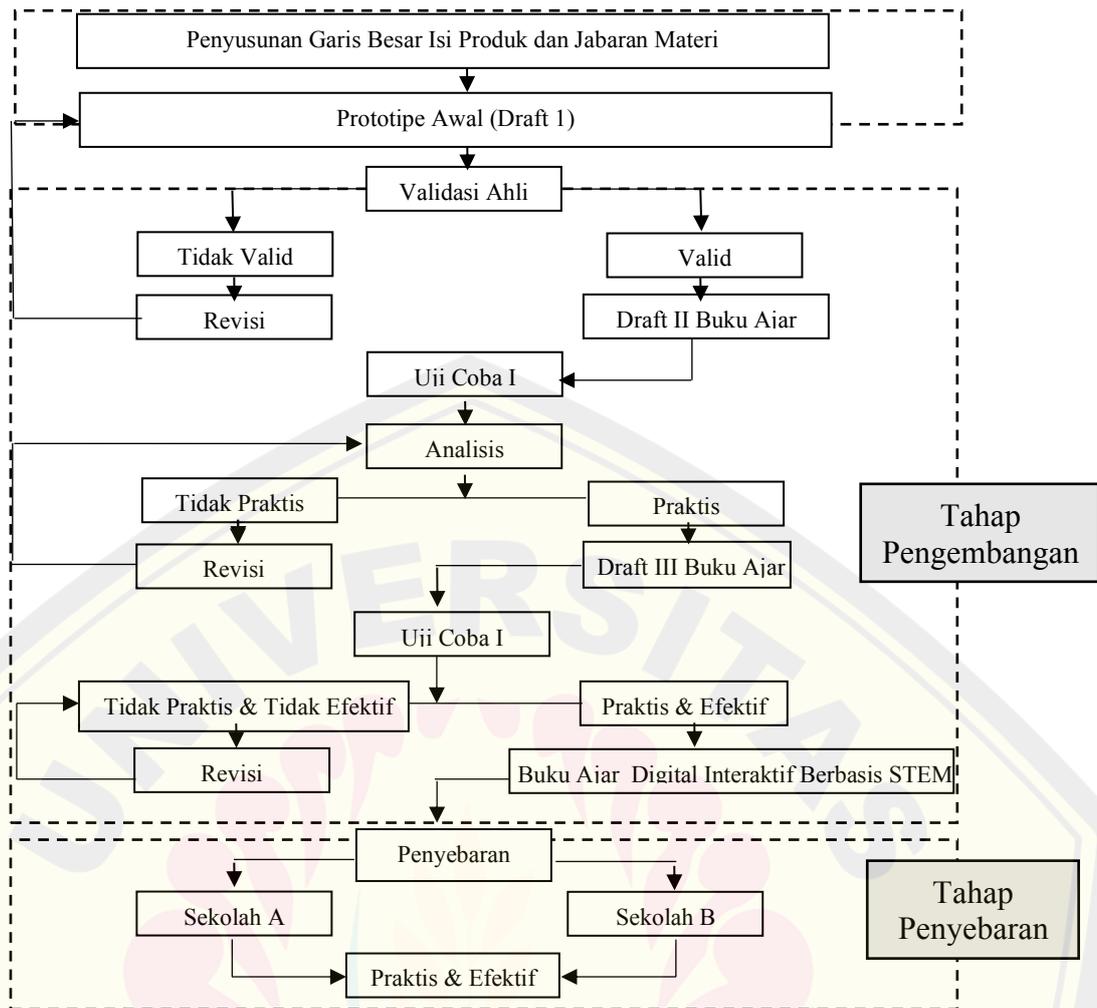
Subjek dari penelitian ini adalah siswa kelas VII SMP yang belum pernah mendapatkan materi polusi lingkungan selama di jenjang SMP.

#### 3.3 Desain Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research & Development). Model penelitian yang digunakan adalah 4-D (Thiagaragan, 1974) dengan menggunakan 4 tahap, meliputi: pengartian (define), perancangan (design), pengembangan (development), dan penyebaran (dissemination).

#### 3.4 Prosedur Penelitian





Gambar 3.1 Rancangan Penelitian Pengembangan Buku Ajar (Modifikasi dari Thiagarajan, 1974)

### 3.4.1 Tahap Pendefinisian (*define*)

Tahap pendefinisian bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran IPA, merumuskan urgensi melakukan pengembangan media pembelajaran, dan menentukan spesifikasi media yang dikembangkan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

#### a. Pengidentifikasian Masalah

- (i) Analisis tugas & kurikulum, meliputi: analisis materi pembelajaran, dan pemilihan KI KD.
- (ii) Analisis kebutuhan guru dan siswa, bertujuan untuk mengetahui dan merumuskan kebutuhan guru dan siswa dalam pembelajaran, dengan cara memberikan angket yang berisikan pertanyaan terkait kebutuhan buku ajar digital interaktif berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil

belajar kepada guru dan siswa. Hasil analisis kebutuhan inilah yang dijadikan dasar untuk mengembangkan media pembelajaran.

b. Spesifikasi konten media yang dikembangkan

Buku ajar yang dikembangkan memiliki konten yang berisi materi, aktivitas STEM, dan latihan soal yang dapat mengukur kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa, dikemas secara interaktif dengan dilengkapi gambar, animasi dan video pembelajaran.

### 3.4.2 Tahap Perencanaan

a. Pemilihan format media yang dikembangkan

Pemilihan format media dilakukan dengan cara mengkaji format media yang sudah ada sebelumnya. Pemilihan format dalam bentuk *screen*, *typography*, *layout*, *language*, *illustration*, *video*, *image*, *interpace design*, dan skenario (urutan kegiatan pembelajaran).

b. Penyusunan Garis Besar Isi Media & Jabaran Materi (GBIM & JM)

Penyusunan GBIM & JM dijadikan acuan utama dalam tahap pengembangan media pembelajaran. Komponen yang dimasukkan meliputi: Kompetensi Inti, kompetensi dasar, tujuan pembelajaran, materi pencemaran lingkungan (air, udara, tanah, suara), soal mengasah kemampuan berpikir kritis, dan soal mengukur hasil belajar.

c. Mendesain dan mengembangkan produk

Pada tahap ini peneliti membuat media pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan guru dan siswa, kurikulum, dan GBIM JM.

### 3.4.3 Tahap Pengembangan

a. Validasi Ahli

Pada tahap ini draft 1 divalidasi oleh ahli (ahli media, ahli materi, dan pengguna media/guru). Validasi ahli menilai instrumen validasi, kemudian peneliti menganalisis untuk mengetahui kualitas media yang dikembangkan, serta memperhatikan kritik dan saran dari validator sebagai acuan dalam perbaikan buku ajar yang dikembangkan. Setelah revisi, maka draft II siap untuk diujicobakan pada kelompok kecil.

b. Uji Coba Kelompok Kecil (*Small Group Test*)

Subjek uji coba kelompok kecil adalah siswa kelas VII B SMP Ma'arif 08 Wuluan Kabupaten Jember, berjumlah 9 siswa mewakili seluruh sampel yang terdiri dari : 3 siswa dengan kemampuan tinggi, 3 kemampuan sedang, dan 3 kemampuan rendah. Tujuan dari uji coba kelompok kecil adalah dengan uji rumpang, angket respon guru dan respon siswa. Jika dinyatakan valid maka diperoleh draft III.

c. Uji coba satu kelas

Tujuan dari uji coba satu kelas adalah untuk memperbaiki draft III. Adapun detail tahapan pembelajaran akan dijelaskan di RPP.

### 3.4.4 Tahap Penyebarluasan

Tahap ini dilakukan dengan cara menyebarkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM dengan melakukan pembelajaran pada satu kelas di dua sekolah yang berbeda, yaitu MTs Ma'arif Ambulu dan MTs arul Hikam Jenggawah.

### 3.5 Pengumpulan Data Penelitian Pengembangan

Pengumpulan data yang digunakan adalah metode campuran (*mixed methode*), terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif.

1. Data Kualitatif

Data kualitatif didapatkan dari analisis kebutuhan guru dan siswa, kajian pada kompetensi inti, kompetensi dasar, dan indikator capaian. Metode yang digunakan berupa angket. Sedangkan pada tahap draft (*prototype*) data kualitatif ini diperoleh dari validasi berupa kritik serta saran dari validator. Data lainnya berasal dari angket respon guru, respon siswa, dan lembar keterlaksanaan pembelajaran oleh observer.

2. Data Kuantitatif

Data kuantitatif didapatkan dari uji rumpang, nilai *pretes posttest* kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar pada uji coba kelompok kecil, uji coba satu kelas, dan penyebar luasan. Data kuantitatif juga didapatkan dari skor analisis uji validasi, skor keterlaksanaan pembelajara, skor analisis respon guru dan siswa.

### 3.6 Metode Analisis

#### 3.6.1 Analisis Validasi Produk

Validasi produk didasarkan pada validasi internal atau logis. Menurut Sugiyono (2012) validasi internal atau logis harus memenuhi aspek validasi konstruk dan

validasi isi. Hasil dari validasi digital interaktif berbasis STEM dianalisis dengan perhitungan:

$$V = \frac{T_{se}}{T_{sm}} \times 100\%$$

V = Jumlah skor penilaian

Tse = Jumlah skor empirik

Tsm= Jumlah skor maksimal

Data yang didapat kemudian dianalisis menjadi deskripsi kuantitatif, dengan menggunakan kriteria penilaian yang disajikan pada Tabel 3.1. Analisis dari validator digunakan untuk melakukan perbaikan.

Tabel 3.1 Kriteria Validitas

Interval skor	Kategori
$25,00 \leq Va < 43,75$	Tidak Valid
$43,76 \leq Va < 62,50$	Kurang valid
$62,51 \leq Va < 81,25$	Valid
$81,26 \leq Va \leq 100$	Sangat valid

Sujarwo (2006)

### 3.6.2 Analisis Kepraktisan

Analisis kepraktisan didapatkan dari angket respon guru, angket respon siswa, serta observasi keterlaksanaan pembelajaran, dengan menggunakan skala linkert. Dimana skor 1 diartikan tidak praktis, skor 2 kurang praktis, skor 3 cukup praktis, skor 4 praktis, dan skor 5 sangat praktis.

Penilaian kepraktisan dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$P = \frac{\sum f}{N} \times 100$$

P = Kepraktisan

f = Jumlah skor yang diperoleh

N = Jumlah skor maksimal

Kriteria kualitatif produk buku ajar digital interaktif berbasis STEM dapat diketahui setelah melakukan perhitungan skor tersebut, adapun kriteria interpretasi skor kepraktisan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria Kepraktisan Produk Buku Ajar Digital

No.	Rentang Nilai	Kriteria
1	$20 \leq P < 36$	Tidak Praktis
2	$36 \leq P < 52$	Kurang Praktis
3	$52 \leq P < 68$	Cukup
4	$68 \leq P < 84$	Praktis
5	$84 \leq P \leq 100$	Sangat Praktis

Uji rumpang juga digunakan untuk menganalisis kepraktisan buku ajar yang dikembangkan, teknik nya adalah memberikan 10 soal dengan menghilangkan kata dalam kalimat, menggunakan rumus:

$$\text{Nilai uji rumpang} = \frac{\text{jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100 \%$$

Skor yang didapat selanjutnya diinterpretasikan kriterianya, yang disajikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Interpretasi Nilai Uji Rumpang Buku Ajar

No	Nilai Uji Rumpang	Kriteria
1	$0 \leq x < 20$	Sangat sulit
2	$20 \leq x < 40$	Sulit
3	$40 \leq x < 60$	Cukup mudah
4	$60 \leq x < 80$	Mudah
5	$80 \leq x \leq 100$	Sangat mudah

### 3.6.3 Analisis efektivitas produk

Efektivitas buku ajar digital interaktif berbasis STEM dianalisis secara kuantitatif menggunakan penilaian dari kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa.

#### a. Analisis kemampuan berpikir kritis

Kemampuan berpikir kritis dianalisis dari setiap indikator kemampuan berpikir kritis Ennis, pengukurannya diperoleh dari hasil analisis jawaban siswa. Nilai akhir siswa dihitung menggunakan rumus:

$$C_s = \frac{JS}{N} \times 100$$

N

$C_s$  = Nilai kemampuan berpikir kritis siswa

JS = Jumlah skor siswa

N = Skor total

Tabel 3.4 Kriteria Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Kriteria	Jumlah skor
Sangat rendah	0-39,99
Rendah	40,00-54,99
Cukup tinggi	55,00-69,99
Tinggi	70,00-84,99
Sangat tinggi	85,00-100

Nuraini (2017)

## b. Analisis hasil belajar

Analisis hasil belajar didapatkan dari hasil *pretest* dan *posttest* siswa pada tahap uji lapangan, menggunakan rumus *Normalized gain* (N-gain). Menurut Meltzer (2002) data yang didapatkan dihitung dengan rumus:

$$N \text{ gain} = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{100 - \text{skor pretest}}$$

Tabel 3.5 Kriteria N-gain Skor

Skor gain	Kriteria
$G < 0,3$	Rendah
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$G \geq 0,7$	Tinggi

(Hake,1998)

Mulyasa (2007) menjelaskan bahwa media yang dikembangkan dikatakan efektif jika hasil belajar siswa mengalami peningkatan N -gain sebesar  $0,3 \leq g < 0,7$  dengan kriteria sedang, pembelajaran dikatakan berhasil apabila hasil belajar siswa secara individual mencapai 65%, dan pembelajaran klasikal mencapai  $\geq 85\%$ .

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian pengembangan yang memiliki tujuan untuk menghasilkan media pembelajaran berupa buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan. Pengembangan dilakukan menggunakan model pengembangan 4-D yang terdiri dari 4 tahapan yaitu pendefinisian (*Define*), perancangan (*Design*), pengembangan (*Develop*), dan penyebaran (*Disseminate*). Selain itu, diuraikan pula beberapa aspek yang terdapat pada hasil pelaksanaan uji coba kelompok kecil, uji coba satu kelas, dan penyebaran untuk mendapatkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang valid, praktis, serta efektif.

#### 4.1.1 Hasil Tahap Pendefinisian (*Define*)

##### a. Hasil angket analisis kebutuhan guru

Pemberian angket kebutuhan guru memiliki tujuan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan di sekolah untuk menjadi dasar bagi penelitian pengembangan. Hasil angket analisis kebutuhan guru yang diberikan pada 17 orang guru IPA yang ada di Kabupaten Jember, Banyuwangi, dan Situbondo dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Angket Analisis Kebutuhan Guru

No.	Aspek yang dinilai	Hasil
1	Kebutuhan buku ajar digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70,6% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital</li> <li>• 62,5% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital yang praktis</li> <li>• 52,9% dari guru (n=17) sangat memerlukan buku ajar digital yang memuat video pembelajaran,</li> <li>• 52,9% dari guru (n=17) sangat memerlukan buku ajar digital yang berisi gambar menarik</li> <li>• 41,2% dari guru (n=17) sangat memerlukan buku ajar digital yang dilengkapi dengan audio dan animasi pembelajaran IPA</li> <li>• 64,7% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital yang terdapat uji kompetensi</li> <li>• 62,5% dari guru (n=17) memerlukan petunjuk penggunaan buku ajar digital agar memudahkan dalam belajar</li> </ul>

No.	Aspek yang dinilai	Hasil
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 58,8% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital yang berisi teks topik pembelajaran dengan menggunakan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu</li> <li>• 52,9% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital yang berisi simulasi praktikum</li> </ul>
2	Kemampuan berpikir kritis siswa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 64,7% dari guru (n=17) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis dengan menggunakan media pembelajaran yang digunakan selama ini dalam kategori sedang, sehingga guru membutuhkan buku ajar yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, 76,5% dari guru (n=17) memerlukan soal yang dapat mengukur kemampuan berpikir kritis siswa</li> </ul>
3	Hasil belajar siswa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 35,3% dari guru (n=17) menyatakan bahwa hasil belajar siswa dengan menggunakan media pembelajaran yang selama ini digunakan dalam kategori baik, hanya 5,9% dari guru yang mengakui bahwa hasil belajar siswanya tergolong sangat baik</li> <li>• 70,6% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital yang dapat mengukur hasil belajar</li> </ul>
4	Penggunaan buku ajar STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 76,5% dari guru (n=17) tidak menggunakan buku ajar STEM dalam materi pencemaran lingkungan</li> </ul>
5	Setuju atau tidaknya guru untuk dikembangkan buku ajar digital STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 94,1% dari guru (n=17) setuju dikembangkan buku ajar pencemaran lingkungan digital interaktif berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP</li> </ul>

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa bahwa 70,6% dari guru (n=17) memerlukan buku ajar digital. Buku ajar digital tersebut dikemas secara praktis, yang didalamnya terdapat video pembelajaran, gambar menarik, terdapat audio dan animasi pembelajaran IPA, terdapat uji kompetensi, dilengkapi petunjuk pembelajaran, berisi teks topik pembelajaran dengan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu. Terdapat soal untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa. 70,6% dari guru (n=17) juga membutuhkan buku ajar digital yang memuat soal untuk mengukur hasil belajar. 76,5% dari guru (n=17) menjelaskan bahwa mereka tidak menggunakan buku ajar STEM dalam materi pencemaran lingkungan 94,1% dari guru (n=17) setuju untuk dikembangkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP. Hasil angket analisis kebutuhan guru secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2 halaman 59.

#### **b. Hasil angket analisis kebutuhan siswa**

Pemberian angket kebutuhan siswa bertujuan untuk mengetahui hal-hal yang dibutuhkan oleh siswa dalam rangka mencapai tujuan pembelajarannya. Hasil

angket analisis kebutuhan siswa yang diberikan pada 79 orang siswa yang tersebar di Kabupaten Jember, Situbondo dan Banyuwangi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Angket Analisis Kebutuhan Siswa

No.	Aspek yang dinilai	Hasil
1	Kebutuhan buku ajar digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44,7% dari siswa (n=79) sangat memerlukan buku ajar digital yang praktis</li> <li>• 50% dari siswa (n=79) sangat memerlukan buku ajar digital berisi topik pembelajaran dengan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu</li> <li>• 47,4% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang dilengkapi gambar menarik</li> <li>• 46,10% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang berisi video pembelajaran</li> <li>• 48% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang berisi audio dan animasi pembelajaran</li> <li>• 42,10% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang terdapat latihan dan uji kompetensi</li> <li>• 50% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang memuat petunjuk belajar/petunjuk penggunaan buku ajar digital, agar siswa tidak mengalami kesulitan dalam menggunakannya</li> <li>• 55,3% dari siswa (n=79) sangat memerlukan buku ajar digital yang mudah dipahami</li> <li>• 48,7% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang menyediakan simulasi praktikum</li> </ul>
2	Kemampuan berpikir kritis siswa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 46,1% dari siswa (n=79) memerlukan soal/latihan yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis</li> </ul>
3	Hasil belajar siswa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 51,30% dari siswa (n=79) memerlukan soal/latihan yang dapat meningkatkan hasil belajarnya</li> </ul>
4	Pengetahuan tentang STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60,5% dari siswa (n=79) menyatakan bahwa tidak mengetahui pembelajaran pendekatan STEM, dan 67,10% dari siswa (n=79) tidak menggunakan buku ajar digital dalam materi pencemaran lingkungan</li> </ul>
5	Setuju atau tidaknya siswa untuk dikembangkan buku ajar digital STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 96,10% dari siswa (n=79) setuju dikembangkan buku ajar pencemaran lingkungan digital interaktif berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP</li> </ul>

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa 44,7% dari siswa (n=79) memerlukan buku ajar digital yang praktis, yang didalamnya memuat topik pembelajaran dengan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu, gambar menarik, video pembelajaran, audio dan animasi pembelajaran, terdapat latihan dan uji kompetensi, dilengkapi dengan petunjuk belajar/petunjuk penggunaan buku ajar digital, mudah dipahami, menyediakan simulasi praktikum, terdapat soal/latihan yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. 60,50% dari siswa (n=79)

mengaku tidak mengetahui pembelajaran STEM dan 96,10% dari siswa (n=79) setuju untuk dikembangkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP.

Berdasarkan analisis kebutuhan siswa tersebut maka buku ajar digital interaktif berbasis STEM perlu dikembangkan dengan memperhatikan saran siswa, diantaranya: mudah, praktis, dan menarik; mempermudah siswa untuk belajar dan memahami isi materi; memberikan pembahasan yang ringkas namun detail; interaktif sehingga siswa lebih semangat belajar; tidak terlalu memberikan beban kepada siswa; dan lebih banyak praktikum. Hasil angket analisis kebutuhan siswa secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2 halaman 59.

### c. Hasil analisis konsep

Kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh hasil analisis konsep adalah melakukan identifikasi, memperinci, serta menyusun konsep-konsep relevan yang bersesuaian dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) pada materi pencemaran lingkungan. Hasil analisis konsep dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Konsep

Kompetensi Inti(KI)	Kompetensi Dasar(KD)	Tujuan Pembelajaran
KI 1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianut.	1.8.1 Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.	1. Mampu mengidentifikasi permasalahan pencemaran (air, udara, tanah, dan suara) yang ada di lingkungan sekitar.
KI 2. Menghargai dan menghayati perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.	2.8.1 Menunjukkan sikap logis, kritis, analitik, konsisten, teliti, bertanggung jawab, responsive, dan tidak mudah putus asa dalam memecahkan masalah. 3.8.1 Mengidentifikasi permasalahan dengan memfokuskan pertanyaan dengan unsur yang terdapat dalam permasalahan pencemaran lingkungan. 3.8.2 Mengidentifikasi hubungan antara konsep IPA dengan terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem. 3.8.3 Mengambil informasi yang relevan dari memori jangka panjang berkaitan dengan pencemaran lingkungan.	2. Mampu melakukan identifikasi hubungan antara konsep IPA terhadap terjadinya pencemaran (air, udara, tanah, dan suara) serta dampaknya bagi lingkungan sekitar. 3. Mampu mengambil informasi yang relevan dari memori jangka panjang berkaitan dengan pencemaran air. 4. Mampu memahami makna pesan instruksional yang ada dalam materi pencemaran air, udara, tanah, dan suara, berupa komunikasi lisan, tertulis dan grafik.
KI 3. Memahami pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin	3.8.4 Memahami makna pesan instruksional yang ada dalam materi pencemaran lingkungan,	5. Mampu menggunakan strategi yang tepat dalam menyelesaikan masalah pencemaran air, udara, tanah, dan suara.

Kompetensi Inti(KI)	Kompetensi Dasar(KD)	Tujuan Pembelajaran
tahu tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya dan fenomena kejadian di sekitar.	berupa komunikasi lisan, tertulis dan grafik.	6. Mampu membuat kesimpulan dengan tepat tentang pencemaran air, udara, tanah, dan suara yang ada di lingkungan sekitar.
KI 4. Mencoba, mengolah, dan menyaji dalam konkret (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang, teori	4.8.1 Menggunakan strategi yang tepat dalam menyelesaikan masalah lingkungan. 4.8.2 Membuat kesimpulan dengan tepat tentang pencemaran lingkungan yang ada di lingkungan sekitar. 4.8.3 Melakukan atau menerapkan prosedur dalam situasi mengatasi pencemaran lingkungan. 4.8.4 Memisahkan materi menjadi bagian-bagian penyusunnya dan memahami hubungan antara bagian-bagian tersebut dengan keberadaan atau tujuan dari keseluruhan struktur. 4.8.5 Memuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar. 4.8.6 Menggabungkan elemen menjadi satu kesatuan baru atau membuat produk mengatasi pencemaran lingkungan.	7. Mampu melakukan atau menerapkan prosedur dalam mengatasi pencemaran air, udara, tanah, dan suara. 8. Mampu memisahkan materi pencemaran air, udara, tanah, dan suara menjadi bagian-bagian penyusunnya dan memahami hubungan antara bagian-bagian penyusunnya dan memahami hubungan antara bagian-bagian tersebut dengan keberadaan atau tujuan dari keseluruhan struktur. 9. Mampu memuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar. 10. Mampu menggabungkan elemen menjadi satu kesatuan baru atau membuat produk mengatasi pencemaran air, udara, tanah, dan suara.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa KD dan tujuan pembelajaran sesuai dengan indikator untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa, lebih lanjut materi pokok yang terkandung di dalam KD tersebut, meliputi: pencemaran air, udara, tanah, dan suara.

#### 4.1.2 Hasil Tahap Perancangan (*Design*)

Perancangan buku ajar meliputi penyusunan tes kriteria, pemilihan media, pemilihan format, dan perancangan awal. Hasil perancangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu pendahuluan, isi, dan penutup. Buku ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada <https://bit.ly/BUKU-AJAR-PENCEMARAN-LINGKUNGAN>.

Selanjutnya, penyusunan beberapa instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran yang mendukung perlu disesuaikan dengan karakteristik buku ajar digital interaktif berbasis STEM.

Pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM telah memenuhi kriteria pada tahapan pendefinisian dan perancangan. Langkah selanjutnya, buku ajar digital interaktif berbasis STEM akan masuk pada tahap pengembangan (*develop*) yang didalamnya terdiri atas kegiatan validasi oleh validator ahli, uji kelompok kecil (uji coba I), dan uji coba satu kelas (uji coba II).

#### 4.1.3 Hasil Tahap Pengembangan (*Develop*)

Pada tahap pengembangan dilakukan beberapa aktivitas yang terdiri atas validasi ahli/pakar (*expert appraisal*), validasi pengguna, dan uji coba buku ajar digital.

##### a. Hasil Validasi Ahli dan Pengguna

Validasi ahli bertujuan untuk memperoleh penilaian, kritik, dan saran terhadap penyusunan buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Pelaksanaan kegiatan validasi didalamnya mencakup validasi buku ajar, dan validasi perangkat pembelajaran. Validasi menilai 6 aspek dengan rincian: kelayakan perancangan (12 butir), kelayakan isi (20 butir), kelayakan penyajian (15 butir), kelayakan kegrafikan (12 butir), kelayakan kebahasaan (13 butir), dan kelayakan fungsi dan manfaat (5 butir). Jumlah butir penilaian dari masing-masing aspek sebanyak 77 butir. Kegiatan validasi dilakukan oleh dua orang validator ahli yaitu dosen Magister Pendidikan IPA FKIP Universitas Jember dan pengguna buku ajar/guru.

##### 1) Hasil Validasi Buku ajar digital interaktif berbasis STEM

Kegiatan validasi ini bertujuan untuk mengukur kevalidan buku ajar yang dikembangkan sebelum dilanjutkan pada tahap proses uji coba lapangan. Data validasi oleh validator ahli maupun pengguna dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Validasi Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM

Penilaian	Skor yang Diperoleh	Nilai	Kriteria
Validator 1	366	96,65	Sangat Valid
Validator 2	358	94,19	Sangat Valid
Validator 3	369	96,64	Sangat Valid
<b>Rerata</b>		<b>95,82</b>	<b>Sangat Valid</b>

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari validator 1 sebesar 96,65 dengan kriteria sangat valid, nilai dari validator 2 sebesar 94,19 dengan kriteria sangat valid, nilai dari validator 3 sebesar 96,64 dengan kriteria sangat valid. Dengan demikian, rerata hasil penilaian tiga validator tersebut sebesar 95,82 dengan kriteria sangat valid. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM telah dinyatakan valid dari segi materi, media, dan pengembangan.

## 2) Hasil Validasi Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang akan digunakan juga harus melalui proses validasi untuk mengukur kelayakan sebelum digunakan. Perangkat pembelajaran yang divalidasi meliputi: silabus, RPP, dan soal kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar. Silabus yang dikembangkan disesuaikan dengan buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Adapun RPP yang dikembangkan disesuaikan dengan silabus pembelajaran. Hasil penilaian validasi silabus dan RPP dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Validasi Silabus dan RPP

No	Perangkat Pembelajaran	Validator	Hasil Validasi	Rerata	Kriteria
1	Silabus	Validator 1	96,65	93,33	Sangat Valid
		Validator 2	94,19		
		Validator 3	96,64		
2	RPP	Validator 1	85	92,50	Sangat Valid
		Validator 2	100		
		Validator 3	92,50		

Tabel 4.5 menunjukkan penilaian validasi silabus dan RPP masing-masing sebesar 93,33 dan 92,50 dengan kriteria sangat valid. Perolehan tersebut mengindikasikan bahwa silabus dan RPP telah dapat digunakan untuk tahap lebih lanjut. Hasil data validasi silabus dan RPP secara rinci terdapat dalam Lampiran 3 halaman 59.

Validasi perangkat pembelajaran selanjutnya adalah validasi terhadap soal yang memiliki tujuan untuk mengetahui validitas soal yang dibuat. Hasil penilaian validasi soal dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Validasi Soal Berupa *Pretest-Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar

No.	Indikator Penilaian	Skor (skor maksimum = 5)	Rata-rata Nilai
1.	Materi	14	95,5
2.	Konstruksi	12	91,1
3.	Bahasa	18	96,7
<b>Rerata Nilai Keseluruhan</b>			<b>94,40</b>
<b>Kriteria</b>			<b>Sangat Valid</b>

Tabel 4.6 menunjukkan rerata penilaian hasil validasi soal sebesar 94,4 dengan kriteria sangat valid. Hasil keseluruhan dari validasi perangkat pembelajaran mengindikasikan bahwa perangkat pembelajaran telah layak dan siap diimplementasikan pada tahap uji kelompok kecil, uji satu kelas, dan tahap penyebaran (*disseminate*). Hasil data validasi soal secara rinci terdapat dalam Lampiran 3 halaman 59.

Semua instrumen yang sudah di validasi logis menunjukkan hasil dengan kriteria sangat valid. Pada proses validasi logis buku ajar digital terdapat beberapa revisi atau saran dari validator yang bisa di lihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Revisi Prototipe Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM dan Perangkat Pembelajaran

Instrumen	Saran Validator	Revisi
Buku ajar digital	Secara keseluruhan buku ajar digital sudah bagus dan memadai, namun peta konsep tidak menggambarkan isi dari buku ajar	Merubah peta konsep yang sesuai dengan isi dari buku ajar digital, meliputi; macam-macam pencemaran lingkungan, definisi pencemaran, dampak dan strategi mengatasi pencemaran
	Konsep pada bagian aktivitas STEM bagus, namun tidak dijelaskan detail maksudnya, sehingga menimbulkan ambigu pada pembaca	Melengkapi aktivitas STEM dengan menampilkan tujuan kegiatan, alat dan bahan yang harus disiapkan, membuat perencanaan mega proyek dengan menerapkan konsep STEM, dan petunjuk kerja
	Secara umum buku ajar digital sudah sangat menarik dengan adanya penyajian gambar, video animasi, dan video pembelajaran. Namun, glosarium masih kurang, seharusnya semua istilah yang ada pada buku ajar dijelaskan pada glosarium, sebagai rujukan pembaca	Memasukkan semua istilah ilmiah dan asing pada bagian glosarium, yang awalnya hanya ada 10 istilah menjadi 49.
Layak digunakan dengan sedikit revisi		

<b>Instrumen</b>	<b>Saran Validator</b>	<b>Revisi</b>
Silabus	Tujuan pembelajaran sudah menunjukkan indikator kemampuan berpikir kritis, namun pada bagian tujuan meningkatkan hasil belajar tidak boleh hanya ditulis meningkatkan hasil belajar siswa	Melakukan revisi pada bagian tujuan pembelajaran yang sesuai dengan definisi operasional indikator hasil belajar siswa
Layak digunakan dengan sedikit revisi		
RPP	RPP pertemuan 1 tidak boleh diisi hanya pretest, juga pada pertemuan 7 tidak boleh hanya post test	Melakukan revisi pada RPP, RPP diisi langkah kegiatan pembelajaran, sehingga awalnya ada 7 pertemuan, menjadi 5 pertemuan
Layak digunakan dengan sedikit revisi		
Soal Kemampuan Berpikir Kritis	Soal pada indikator mengidentifikasi permasalahan dengan memfokuskan pertanyaan dengan unsur yang terdapat dalam permasalahan pencemaran lingkungan, sulit diterjemahkan oleh siswa	Melakukan revisi pada soal, sehingga siswa mudah memahaminya
	Soal pada indikator mengidentifikasi hubungan antara konsep IPA dengan terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi lingkungan	Melakukan revisi pada soal, sehingga siswa mudah memahaminya
Layak dengan revisi		
Soal Hasil Belajar	Butir soal nomor 3 dan 4, harus berupa jawaban yang berisi penjelasan, agar sesuai dengan indikator C3	Melakukan revisi dengan menambahkan kata jelaskan pada butir soal sehingga sesuai dengan indikator C3 yaitu melakukan atau menerapkan prosedur dalam mengatasi pencemaran lingkungan
Layak dengan sedikit revisi		

#### b. Hasil Uji Coba Kelompok Kecil (Uji Coba I)

Uji coba kelompok kecil dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi apakah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan dapat dibaca, dikerjakan, dan diselesaikan sesuai perencanaan dan alokasi waktu tersedia. Subjek penelitian dalam uji coba kelompok kecil adalah 9 orang siswa kelas VII B SMP Ma'arif 08 Wuluhan. Rincian dari subjek penelitian adalah 3 siswa dengan kemampuan tinggi, 3 siswa dengan kemampuan sedang, dan 3 siswa dengan kemampuan rendah. Rincian data hasil uji coba kelompok kecil dalam Lampiran 10 halaman 60.

##### 1) Hasil Uji Rumpang

Tes uji rumpang memiliki tujuan untuk mencari tahu pemahaman siswa terhadap materi pencemaran lingkungan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Tes uji rumpang berupa

penghapusan kata secara acak dari uraian materi pencemaran lingkungan. Hasil uji rumpang uji coba kelompok kecil tercantum dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji Rumpang pada Uji Kelompok Kecil

Nilai Uji Rumpang	Kriteria	Frekuensi Siswa
$0 \leq x < 20$	Sangat Sulit	0
$20 \leq x < 40$	Sulit	0
$40 \leq x < 60$	Cukup Mudah	0
$60 \leq x < 80$	Mudah	2
$80 \leq x \leq 100$	Sangat Mudah	7
<b>Jumlah Siswa</b>		<b>9</b>
<b>Rerata Nilai Uji Rumpang</b>		<b>88,89</b>
<b>Kategori</b>		<b>Sangat Mudah</b>

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa uraian materi pencemaran lingkungan dalam buku ajar digital berbasis STEM sangat mudah dipahami siswa dengan perolehan rerata uji rumpang sebesar 88,89 dengan kriteria sangat mudah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa rata-rata siswa dapat menjawab setidaknya 7 dari 10 soal tersedia.

## 2) Hasil Angket Respon Guru

Hasil respon guru juga menjadi indikator kepraktisan buku ajar. Angket respon guru diberikan untuk mencari tahu respon guru setelah membaca dan mempelajari buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Hasil angket tercantum dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Angket Respon Guru pada Tahap Uji Kelompok Kecil

Jumlah Indikator (skor maks setiap indikator=5)	Skor	Nilai	Kriteria
15	64	85,33	Sangat Praktis

Tabel 4.9 menunjukkan nilai angket respon guru SMP Ma'arif 08 memiliki nilai sebesar 85,33 dengan kategori sangat praktis. Perolehan tersebut menunjukkan bahwa guru SMP Ma'arif 08 merespon positif buku ajar digital. Hasil respon guru pada tahap uji kelompok kecil secara lengkap terdapat dalam Lampiran 9 halaman 60.

### 3) Hasil Angket Respon Siswa

Hasil respon siswa juga menjadi indikator kepraktisan buku ajar. Pemberian angket respon siswa bertujuan untuk mencari informasi mengenai tanggapan siswa setelah membaca dan mempelajari buku ajar digital interaktif berbasis STEM.

Tabel 4.10 Hasil Angket Respon Siswa pada Tahap Uji Kelompok Kecil

Jumlah Siswa	Jumlah Indikator Angket (skor maks setiap indikator=5)	Rerata Skor	Rerata Nilai	Kriteria
9	15	4,81	96,15	Sangat Praktis

Tabel 4.10 menunjukkan rerata nilai angket respon siswa secara keseluruhan memiliki nilai sebesar 96,15 kategori sangat praktis. Hasil respon siswa pada tahap uji kelompok kecil secara rinci terdapat dalam Lampiran 9 halaman 60.

#### c. Hasil Uji Uji Coba Satu Kelas

Kegiatan uji coba satu kelas dilakukan setelah merevisi buku ajar digital interaktif berbasis STEM berdasarkan masukan pada saat uji coba kelompok kecil. Siswa kelas VIIA SMP Ma'arif 08 dengan jumlah 36 siswa menjadi subjek penelitian pada tahap uji coba satu kelas. Uji coba satu kelas dilaksanakan sebanyak 5 pertemuan pembelajaran. Pemberian *pretest* dilakukan saat pertemuan pertama dan pemberian *posttest* dilakukan saat pertemuan terakhir. Seluruh proses pembelajaran dalam setiap pertemuan diobservasi oleh obsever untuk mengukur keterlaksanaan pembelajaran. Di samping itu, diberikan pula tes uji rumpang, angket respon guru, dan angket respon siswa.

#### 1) Hasil Uji Rumpang

Hasil uji rumpang pada uji coba satu kelas tercantum dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji Rumpang pada Uji Coba Satu Kelas

Nilai Uji Rumpang	Kriteria	Frekuensi Siswa
$0 \leq x < 20$	Sangat Sulit	0
$20 \leq x < 40$	Sulit	0
$40 \leq x < 60$	Cukup Mudah	0
$60 \leq x < 80$	Mudah	8
$80 \leq x \leq 100$	Sangat Mudah	27
<b>Jumlah Siswa</b>		<b>36</b>
<b>Rerata Nilai Uji Rumpang</b>		<b>88,89</b>
<b>Kriteria</b>		<b>Sangat Mudah</b>

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa uraian materi pencemaran lingkungan dalam buku ajar digital berbasis STEM sangat mudah dipahami siswa dengan perolehan rerata uji rumpang sebesar 88,89 tergolong kriteria sangat mudah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa rata-rata siswa dapat menjawab setidaknya 7 dari 10 soal.

## 2) Hasil Angket Respon Guru

Hasil angket respon guru juga menjadi parameter kepraktisan buku ajar. Tujuan pemberian angket respon guru adalah untuk mencari tahu respon guru setelah membaca dan mempelajari buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Hasil angket tercantum dalam Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Angket Respon Guru pada Tahap Uji Satu Kelas

<b>Jumlah Indikator (skor maks setiap indikator=5)</b>	<b>Skor</b>	<b>Nilai</b>	<b>Kriteria</b>
15	64	85,33	Sangat Praktis

Tabel 4.12 menunjukkan nilai angket respon guru SMP Ma'arif 08 memiliki nilai sebesar 93,33 dengan kategori sangat praktis. Perolehan tersebut menunjukkan bahwa guru SMP Ma'arif 08 merespon positif buku ajar digital interaktif STEM. Hasil respon guru pada tahap uji satu kelas secara lengkap terdapat dalam lampiran 9 halaman 60.

## 3) Hasil Angket Respon Siswa

Hasil respon siswa juga menjadi indikator kepraktisan buku ajar. Angket respon siswa diberikan untuk mencari tahu respon siswa setelah membaca dan mempelajari buku ajar. Hasil respon siswa tercantum dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Angket Respon Siswa pada Tahap Uji Satu Kelas

<b>Jumlah Siswa</b>	<b>Jumlah Indikator Angket (skor maks setiap indikator=5)</b>	<b>Rerata Skor</b>	<b>Rerata Nilai</b>	<b>Kriteria</b>
36	15	4,79	95,81	Sangat Praktis

Tabel 4.13 menunjukkan rerata nilai angket respon siswa secara keseluruhan memiliki nilai sebesar 95,81 dengan kategori sangat praktis. Perolehan tersebut menunjukkan bahwa siswa memberikan respon positif terhadap buku ajar digital

interaktif berbasis STEM. Hasil angket respon siswa uji coba satu kelas secara rinci tercantum dalam lampiran 11 halaman 61.

#### 4) Hasil Belajar Ranah Kognitif

Hasil belajar ranah kognitif didapatkan dari rerata nilai *pretest* dan *posttest* yang dilakukan di kelas VIIA SMP Ma'arif 08. Soal *pretest* dan *posttest* berbentuk soal uraian berjumlah 10 butir yang memuat indikator C1-C6. Hasil *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Belajar Ranah Kognitif pada Uji Coba Satu Kelas

Jumlah Siswa	Rerata Nilai Pretest	Rerata Nilai Posttest	N-Gain	Kategori
36	48,06	92,83	0,86	Tinggi

Tabel 4.14 menunjukkan peningkatan pemahaman hasil belajar siswa dalam proses pembelajaran. Peningkatan ini ditunjukkan dengan rerata N-Gain yang mencapai 0,86 dengan kategori tinggi. Peningkatan tersebut menunjukkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil belajar siswa uji coba satu kelas secara rinci tercantum dalam lampiran 11 halaman 61.

#### 5) Hasil Kemampuan berpikir kritis

Penilaian hasil kemampuan berpikir kritis didapatkan dari rerata nilai *pretest* dan *posttest* berpikir kritis yang dilakukan di kelas VIIA SMP Ma'arif 08. Soal *pretest* dan *posttest* berpikir kritis merupakan soal uraian sejumlah 4 butir soal. Hasil nilai *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Kemampuan Berpikir Kritis pada Uji Coba Satu Kelas

	Rerata Nilai Pretest Berpikir Kritis	Rerata Nilai Posttest Berpikir Kritis
	45,42	89,03
Kategori	Sangat Rendah	Sangat Tinggi

Tabel 4.15 menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam proses pembelajaran yang semula memiliki nilai 45,42 dengan kategori sangat rendah menjadi 89,03 dengan kategori sangat tinggi. Hasil kemampuan berpikir

kritis pada uji coba satu kelas secara rinci tercantum dalam lampiran 11 halaman 61.

Adapun hasil rerata dari perhitungan masing-masing empat indikator kemampuan berpikir kritis pada tahap uji coba satu kelas yang diukur dalam penelitian ini tercantum dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Penilaian indikator kemampuan berpikir kritis pada uji coba satu kelas

Gambar 4.1 menunjukkan terjadinya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa ditinjau dari masing-masing indikator. Pada indikator memberikan penjelasan sederhana, saat pretest diperoleh rerata 58,33 dan saat posttest meningkat menjadi 97,78. Indikator memberikan penjelasan lebih lanjut saat pretest diperoleh rerata 29,44 dan saat posttest meningkat menjadi 88,89. Indikator menyusun strategi dan taktik saat pretest diperoleh rerata 56,67 dan saat posttest meningkat menjadi 79,44. Indikator menyimpulkan saat pretest diperoleh rerata 37,22 dan saat posttest meningkat menjadi 90.

Tabel 4.16 N-Gain Berpikir Kritis Pada Uji Coba Satu Kelas

Jumlah Siswa	Rerata Nilai Pretest	Rerata Nilai Posttest	N-Gain	Kategori
36	45,42	89,03	0,81	Tinggi

Tabel 4.16 menunjukkan adanya peningkatan hasil berpikir kritis siswa dalam proses pembelajaran. Peningkatan ini ditunjukkan dengan rerata N-Gain yang

mencapai 0,81 dengan kategori tinggi. Hal ini menunjukkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM efektif dalam meningkatkan hasil berpikir kritis siswa.

#### 6) Hasil Observasi Keterlaksanaan

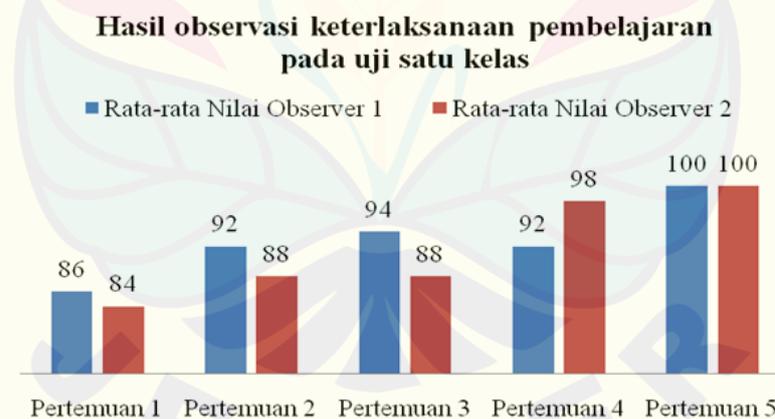
Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran diberikan pada dua orang observer dengan tujuan untuk mengamati keterlaksanaan pembelajaran selama menggunakan buku ajar dan kendala yang dialami selama proses pembelajaran. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran pada Uji Satu Kelas

Pertemuan					Rerata	Kriteria
1	2	3	4	5		
85	90	91	95	100	92,20	Sangat Praktis

Tabel 4.17 menunjukkan rerata keseluruhan observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 92,2 kriteria sangat praktis. Rincian hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran terdapat dalam lampiran 7 halaman 60.

Adapun hasil rerata dari perhitungan masing-masing observer dalam penelitian ini tercantum dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran uji coba satu kelas

Gambar 4.2 menunjukkan perolehan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dari dua orang observer dalam lima kali pertemuan pada uji satu kelas. Melalui grafik tersebut, dapat diketahui bahwa keterlaksanaan pembelajaran selama lima kali pertemuan telah berjalan dengan baik.

#### 4.1.4 Hasil Tahap Penyebaran (Diseminasi)

Diseminasi dilakukan setelah pada uji coba satu kelas telah dinyatakan valid, praktis, dan efektif. Diseminasi memiliki tujuan untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan buku ajar digital interaktif berbasis STEM bilamana diimplementasikan di sekolah lain dengan tingkat kognitif siswa yang berbeda. Diseminasi dilakukan di 2 sekolah yakni di MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam Jenggawah. Diseminasi di MTs Ma'arif Ambulu dilakukan di kelas VII B dengan jumlah siswa 30 dan MTs Darul Hikam Jenggawah di kelas VII A dengan jumlah siswa 21.

##### 1) Hasil Uji Rumpang

Hasil uji rumpang pada tahap diseminasi tercantum dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Uji Rumpang Pada Uji Diseminasi

Nilai Uji Rumpang	Kriteria	Frekuensi Siswa MTs Ma'arif Ambulu	Frekuensi Siswa MTs Darul Hikam
$0 \leq x < 20$	Sangat Sulit	0	0
$20 \leq x < 40$	Sulit	0	0
$40 \leq x < 60$	Cukup Mudah	0	0
$60 \leq x < 80$	Mudah	5	4
$80 \leq x \leq 100$	Sangat Mudah	25	17
<b>Jumlah Siswa</b>		<b>30</b>	<b>21</b>
<b>Rerata Nilai Uji Rumpang</b>		<b>93,67</b>	<b>91,43</b>
<b>Kriteria</b>		<b>Sangat Mudah</b>	<b>Sangat Mudah</b>

Tabel 4.18 menunjukkan rerata uji rumpang dari MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam Jenggawah masing-masing bernilai sebesar 93,67 dan 91,43 dengan kategori sangat mudah.

##### 2) Hasil Angket Respon Guru

Pada uji diseminasi diperoleh data respon guru MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam. Hasil angket tercantum dalam Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Angket Respon Guru pada Tahap Diseminasi

No	Sekolah	Rerata	Nilai	Kategori
1	Guru MTs Ma'arif Ambulu	4,53	90,67	Sangat Praktis
2	Guru MTs Darul Hikam	4,76	88,00	Sangat Praktis
<b>Rerata Nilai Keseluruhan</b>		<b>4,47</b>	<b>89,33</b>	<b>Sangat Praktis</b>

Tabel 4.19 menunjukkan rerata nilai angket respon guru dari MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam Jenggawah masing-masing bernilai 90,67 dan 88,00 dengan kategori sangat praktis. Hasil angket respon guru pada tahap uji disseminasi secara rinci tercantum dalam lampiran 11 halaman 61.

### 3) Hasil Angket Respon Siswa

Hasil angket respon siswa di dua sekolah tercantum dalam Tabel 4.20.

Tabel 4.16 Hasil Angket Respon Siswa pada Tahap Disseminasi

No	Sekolah	Rerata	Nilai	Kategori
1	MTs Ma'arif Ambulu	4,79	95,78	Sangat Praktis
2	MTs Darul Hikam	4,76	95,17	Sangat Praktis
<b>Rerata Nilai Keseluruhan</b>		<b>4,78</b>	<b>95,48</b>	<b>Sangat Praktis</b>

Tabel 4.20 menunjukkan rerata nilai angket respon siswa dari MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam masing-masing bernilai 95,78 dan 95,17 dengan kategori sangat praktis. Hasil ini mengindikasikan bahwa siswa dari kedua sekolah memberikan respon positif terhadap buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Hasil angket respon siswa pada tahap uji disseminasi tercantum dalam lampiran 9 halaman 60.

### 4) Hasil Belajar Ranah Kognitif

Penilaian hasil belajar ranah kognitif diperoleh dari rerata nilai *pretest* dan *posttest*. Hasil nilai *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil belajar ranah kognitif pada tahap disseminasi

No	Sekolah	Jumlah Siswa	Rerata Nilai Pretest	Rerata Nilai Posttest	N-Gain	Kategori
1	MTs Ma'arif Ambulu	30	51,70	91,67	0,85	Tinggi
2	MTs Darul Hikam	21	43,71	90,05	0,82	Tinggi

Tabel 4.21 menunjukkan di kedua sekolah terlihat adanya peningkatan pemahaman hasil belajar siswa dalam proses pembelajaran. Peningkatan di MTs Ma'arif Ambulu ditunjukkan dengan rerata N-Gain yang mencapai 0,85 dan di MTs Darul Hikam mencapai 0,82. Keduanya berada dalam kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM efektif dalam

meningkatkan hasil belajar siswa baik di MTs Ma'arif Ambulu maupun di MTs Darul Hikam Jenggawah. Data lengkap hasil belajar kognitif pada tahap disseminasi terdapat dalam lampiran 12 halaman 61.

#### 5) Hasil Kemampuan berpikir kritis

Penilaian hasil kemampuan berpikir kritis diperoleh dari rerata nilai *pretest* dan *posttest* berpikir kritis. Hasil nilai *pretest* dan *posttest* berpikir kritis dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Kemampuan Berpikir Kritis pada Tahap Disseminasi

No	Sekolah	Rerata Nilai Pretest Berpikir Kritis	Rerata Nilai Posttest Berpikir Kritis
1	MTs Ma'arif Ambulu	42,50	94,50
	<b>Kategori</b>	Rendah	Sangat Tinggi
2	MTs Darul Hikam	41,67	94,29
	<b>Kategori</b>	Rendah	Sangat Tinggi

Tabel 4.22 menunjukkan dikedua sekolah menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dalam proses pembelajaran. Peningkatan di MTs Ma'arif Ambulu ditunjukkan dengan rerata perolehan nilai berpikir kritis yang pada *pretest* memperoleh nilai 42,50 dengan kategori rendah menjadi 94,50 dengan kategori sangat tinggi pada *posttest*. Peningkatan di MTs Darul Hikam ditunjukkan dengan rerata perolehan nilai berpikir kritis yang pada *pretest* memperoleh nilai 41,67 dengan kategori rendah menjadi 94,29 dengan kategori sangat tinggi pada *posttest*. Rincian hasil kemampuan berpikir kritis terdapat dalam lampiran 12 halaman 61.

Tabel 4.23 N-Gain Berpikir Kritis Pada Uji Disseminasi

No	Sekolah	Jumlah Siswa	Rerata Nilai Pretest	Rerata Nilai Posttest	N-Gain	Kategori
1	MTs Ma'arif Ambulu	30	42,50	94,50	0,91	Tinggi
2	MTs Darul Hikam	21	41,67	94,29	0,89	Tinggi

Tabel 4.23 menunjukkan dikedua sekolah terlihat adanya peningkatan pemahaman hasil berpikir kritis siswa dalam proses pembelajaran. Peningkatan ini di MTs Ma'arif Ambulu ditunjukkan dengan rerata N-Gain yang mencapai 0,91 dan di MTs Darul Hikam mencapai 0,89. Keduanya berada dalam kategori tinggi. Hal ini

menunjukkan buku ajar digital interaktif berbasis STEM efektif dalam meningkatkan hasil berpikir kritis siswa baik di MTs Ma'arif Ambulu maupun di MTs Darul Hikam.

#### 6) Hasil Observasi Keterlaksanaan

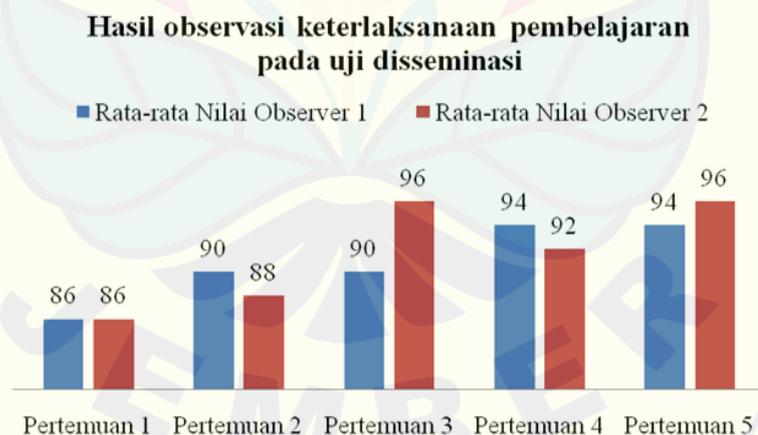
Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran diberikan pada dua orang observer dengan tujuan untuk mengamati keterlaksanaan pembelajaran selama menggunakan buku ajar dan kendala yang dialami selama proses pembelajaran. Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.24 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran pada Uji Disseminasi

Rerata Setiap Pertemuan					Rerata	Kriteria
1	2	3	4	5		
86	89	93	93	95	91,2	Sangat Praktis

Tabel 4.23 menunjukkan rerata observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 91,2 dengan kriteria sangat praktis. Rincian hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran terdapat dalam lampiran 7 halaman 60.

Adapun hasil rerata dari perhitungan masing-masing observer dalam penelitian ini tercantum dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran uji coba satu kelas

Gambar 4.3 menunjukkan perolehan hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran dari dua orang observer dalam lima kali pertemuan pada uji satu kelas. Melalui

grafik tersebut, dapat diketahui bahwa keterlaksanaan pembelajaran selama lima kali pertemuan telah berjalan dengan baik.

## 4.2 Pembahasan

Pada penelitian ini didalamnya akan membahas tentang 4 hal utama yaitu proses dan hasil pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan, deskripsi buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP. Pembahasan yang diuraikan berdasarkan kondisi di lapangan, analisis data yang diperoleh, dan temuan pada penelitian sebelumnya.

### 4.2.1 Proses dan Hasil Pengembangan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan

Buku ajar merupakan elemen yang melekat kuat dalam kegiatan belajar mengajar dalam upaya mencapai tujuan pembelajaran. Guru dan siswa masih menganggap buku ajar sebagai media pembelajaran utama yang mampu memberikan informasi dan meningkatkan proses belajar siswa (Agcihan & Gokce, 2018; Susbandya, *et al.*, 2018). Oleh karena itu, tersedianya buku ajar yang sesuai dengan tingkat kognitif siswa akan mempermudah guru sebagai fasilitator untuk memenuhi tantangan pembelajaran abad 21 (Priyanto, 2012). Buku ajar yang dikembangkan pada penelitian ini adalah buku ajar digital interaktif berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang didalamnya berisi fitur-fitur seperti adanya video, audio, animasi pembelajaran, simulasi praktikum yang membuat belajar menjadi menyenangkan serta dapat diakses kapan saja dan dimana saja.

Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4-D yang terdiri atas 4 tahapan yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*). Tahap pendefinisian (*define*) dilakukan kegiatan studi lapangan berupapemberian angket kebutuhan guru dan siswa serta studi literatur. Hasil dari pemberian angket kebutuhan guru dan siswa dijadikan dasar pada tahapan selanjutnya yaitu perancangan buku ajar beserta instrumen pendukung lainnya. Berdasarkan hasil angket guru menunjukkan bahwa 76,5%

guru (n=17) tidak menggunakan buku ajar STEM dalam materi pencemaran lingkungan, meskipun 52,9% guru (n=17) sudah mengetahui keunggulan pembelajaran pendekatan STEM itu sendiri. Lebih lanjut, hasil angket kebutuhan siswa menunjukkan bahwa 60,5% siswa (n=79) tidak mengetahui pembelajaran pendekatan STEM, sehingga pembelajaran di kelas selama ini lebih banyak kepada teori bukan praktik untuk mengatasi permasalahan yang ada di lingkungan sekitar.

Temuan awal ini sejalan dengan temuan Angraini et al., (2022) terhadap siswa SMPN 03 Bengkulu bahwa saat kegiatan pembelajaran pernah menggunakan buku ajar namun buku ajar yang digunakan masih bersifat kaku dan tidak menarik. Masih di lokasi yang sama, Anggraini et al., (2022) juga menemukan bahwa belum adanya buku ajar berbasis STEM di SMPN 03 Bengkulu karena beberapa alasan seperti: sekolah masih menggunakan LKS, ketidaktersediaan biaya, dan kurangnya waktu jika ingin melakukan pengembangan buku ajar. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Diana dan Turmudi (2021) bahwa 70,4% guru IPA yang menjadi responden penelitian belum pernah menerapkan pembelajaran berbasis STEM.

Tahap kedua dalam penelitian ini adalah perancangan. Pada tahap perancangan (*design*) disusun buku ajar berdasarkan masukan yang didapatkan dari angket kebutuhan guru dan siswa. Adapun rancangan buku ajar terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pendahuluan diantaranya memuat halaman sampul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan buku, KI dan KD, indikator, tujuan pembelajaran, dan peta konsep. Pada bagian isi diantaranya memuat uraian materi pembelajaran pencemaran lingkungan, ayo berpikir kritis dan komponen-komponen yang mampu membuat aktivitas pembelajaran menjadi menyenangkan seperti menonton video pembelajaran dan mega proyek STEM. Pembelajaran yang didalamnya terdapat aktivitas yang menyenangkan dapat mempercepat siswa untuk paham dan menguasai materi yang disampaikan (Fajri et al., 2016). Melalui penelitiannya Berliana et al., juga mengungkapkan bahwa pendayagunaan media dalam komponen pembelajaran sangat penting untuk merealisasikan proses pembelajaran lebih menarik, menyenangkan dan berkualitas, sehingga materi yang disajikan dapat diterima

sepenuhnya oleh siswa dan tersimpan dengan baik dalam ingatannya. Pada bagian penutup memuat daftar pustaka, glosarium, indeks, dan tentang penulis.

Setelah melalui tahapan perancangan, draft buku ajar akan memasuki tahapan pengembangan (*develop*) yang mencakup kegiatan validasi oleh ahli dan pengguna serta uji coba buku ajar (skala terbatas dan uji coba satu kelas). Di samping itu, pada tahap pengembangan juga didapatkan saran dan masukan yang bisa menjadi bahan revisi untuk mendapatkan buku ajar yang valid, praktis, dan efektif. Tahap terakhir yaitu tahap penyebaran (*disseminate*) produk ke 2 SMP lain di Kabupaten Jember untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan buku ajar yang dikembangkan jika diimplementasikan di sekolah lain dengan kondisi yang berbeda.

#### 4.2.2 Proses Kegiatan Pembelajaran Menggunakan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan

Kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan pada uji coba terdiri dari lima pertemuan. Pertemuan pertama membahas materi pencemaran air, pertemuan kedua pencemaran udara, pertemuan ketiga pencemaran tanah, pertemuan keempat pencemaran suara, dan pertemuan kelima mega proyek STEM. Sebelum dan sesudah pembelajaran siswa diberikan *pretest* dan *posttest*, uji rumpang dan angket respon siswa. Dalam prosesnya, siswa sangat antusias sekali dalam belajar, karena diperbolehkan belajar menggunakan HP. Sebelumnya, sekolah tidak memperkenankan siswa membawa HP ke sekolah.

Kegiatan pembelajaran diawali dengan pendahuluan, durasi 15 menit, yang terdiri dari salam, berdoa untuk memulai pembelajaran, memeriksa kehadiran siswa sebagai sikap disiplin, mengaitkan materi pembelajaran yang akan dilakukan dengan pengalaman siswa dengan materi sebelumnya, mengajukan pertanyaan untuk mengingat, menghubungkan dengan materi selanjutnya, menyampaikan motivasi tentang tujuan dan manfaat dengan mempelajari materi pencemaran lingkungan, menjelaskan hal-hal yang akan dipelajari, kompetensi yang akan dicapai, tujuan pembelajaran, serta metode belajar yang akan ditempuh.

Dilanjutkan dengan kegiatan inti dengan durasi 40 menit, yang terdiri dari sembilan kegiatan, meliputi:

1. Kegiatan literasi, pada kegiatan ini siswa diberikan motivasi dan panduan untuk melihat, mengamati, dan membaca. Siswa diberikan link buku ajar digital interaktif berbasis STEM.
2. *Asking questions and defining problems*, yaitu siswa dimotivasi untuk melakukan pengamatan terhadap kondisi lingkungan sekitar kemudian menemukan definisi dari pencemaran lingkungan, dan siswa dimotivasi untuk melakukan pengamatan terhadap fenomena pencemaran yang ada di sekitarnya kemudian menemukan pertanyaan dari fenomena tersebut dan siswa dimotivasi untuk mampu memecahkan masalah pencemaran air.
3. *Developing and using models*, pada tahap ini siswa diberikan simulasi dengan menunjukkan foto kondisi lingkungan akibat pencemaran lingkungan (seperti foto pantai Pancer Puger dan pantai Alas Purwo Banyuwangi) untuk membantu mengembangkan informasi yang sedang diamati.
4. *Planning and carrying out investigations*, dimana siswa diminta untuk merencanakan dan melakukan penyelidikan ilmiah agar memperoleh data tentang pencemaran dan sumbernya.
5. *Analyzing and interpreting data*, siswa menganalisis dan menafsirkan data yang diperoleh untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari pencemaran lingkungan.
6. *Using mathematics and computational thinking*, pada tahap ini siswa diminta untuk menggunakan cara berpikir matematika dan pemikiran komputasi untuk menganalisis data.
7. *Constructing explanations and designing solutions*, siswa diajak untuk mampu membangun penjelasan berkaitan dengan pembelajaran yang sedang diamati, kemudian merancang solusi baru untuk mengatasi permasalahan air dengan melihat video penanggulangan pencemaran.
8. *Engaging in argument from evidence*, siswa diajak untuk berpikir kritis dan terlibat aktif dalam argumentasi dengan memaparkan peristiwa pencemaran lingkungan akibat yang disebabkan oleh faktor determinannya, kemudian mengklarifikasi konsep pembelajaran pencemaran lingkungan dan mencari

solusi terbaiknya yang diperkuat dengan data dan bukti untuk mempertahankan kesimpulan.

9. *Obtaining, evaluating, and communicating information*, pada tahap ini siswa memperoleh informasi dari pembelajaran materi pencemaran lingkungan kemudian mengevaluasi dan mampu mengkomunikasikan hasil dari temuan yang telah dilakukan serta menarik kesimpulan.

Bagian terakhir adalah penutup dengan durasi 25 menit, yang mana kegiatannya meliputi: guru bersama siswa merefleksikan pengalaman belajar yang baru dilakukan, guru dan siswa membuat kesimpulan tentang pencemaran lingkungan, guru menyampaikan rencana pertemuan berikutnya, menutup pembelajaran dengan berdoa' bersama dan salam.

Pada pertemuan kelima, siswa beserta kelompok yang telah dibagi oleh guru membuat mega proyek STEM untuk mengatasi pencemaran air, udara, dan tanah. Guru membagikan LKPD kepada masing-masing kelompok, yang berisi tujuan, alat bahan, dan petunjuk kerja. Kelompok air menentukan dan menggunakan strategi yang tepat untuk menjawab permasalahan pencemaran air akibat timbulan sampah plastik dengan membuat kursi *ecobricks*, kelompok udara menentukan dan menggunakan strategi yang tepat untuk menjawab permasalahan pencemaran udara dengan membuat alat filter udara sederhana, dan kelompok tanah menentukan dan menggunakan strategi yang tepat untuk menjawab permasalahan tanah dengan mengkonversi sampah organik menjadi biogas.

Siswa membawa alat dan bahan yang telah dibagi sebelumnya, kemudian membuat perencanaan mega proyek mengatasi pencemaran lingkungan dengan menerapkan konsep STEM. Siswa mengisi tabel yang berisi analisis *science, technology, engineering, and mathematics*. Berikut adalah contoh hasil analisis siswa dalam mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan.

No	Science	Technology	Engineering	Mathematics
1.	Sampah plastik adalah limbah yg sulit untuk diuraikan dan mikroorganisme butuh jutaan bahkan ribuan tahun untuk bisa terurai	Membuat mega proyek kursi ecobricks dg limbah sampah plastik	Membuat kursi ecobricks yg mudah dg banir seadanya tetapi sangat kuat kokoh, dan rapi	Membuat kursi ecobricks membutuhkan 2l botol plastik 1,5L dan mengisi volume botol hingga penuh dan dibentuk melingkar dan diikat tali seadanya sepanjang 150 cm
2.	Sampah plastik dapat menimbulkan polutan / polusi upaya ini kita dapat mengurangi limbah / polusi tanah, udara, dan air	Membuat kursi ecobricks rapi dan bagus	Pembuatan kursi ecobricks menggunakan spon agar kursi menjadi nyaman	Pembuatan kursi ecobricks membutuhkan 2 triplek berbentuk lingkaran berdiameter 45 cm dan tinggi 75 cm

Gambar 4.4 Analisis STEM Siswa dalam Membuat Mega Proyek STEM

Setelah mengisi tabel analisis STEM, selanjutnya siswa membuat proyek untuk mengatasi pencemaran air, udara dan tanah. Pada pertemuan kelima ini ada kritik dan saran yang diberikan oleh observer pada uji satu kelas, yaitu pada kegiatan mega proyek STEM pengorganisasian siswa sudah sangat bagus, siswa sangat antusias, dan membawa semua alat dan bahan, kelompok air sudah sangat bagus dalam membuat kursi ecobricks, namun kelompok udara dan tanah kurang dalam membuat alat filter udara sederhana dan biogas, pengelolaan waktu pembelajarannya kurang, sehingga produk siswa kurang maksimal. Kritik dan saran dari observer kedua adalah guru kurang memperhatikan time management, sehingga praktek STEM melebihi batas waktu pembelajaran. Kritik dan saran inilah yang kemudian menjadi bahan perbaikan peneliti pada tahap disseminasi.

Ada hal menarik pada kelompok air, dimana dalam membuat kursi ecobrick siswa tidak hanya mengisi botol dengan sampah plastik, tetapi juga ada yang mengisi dengan sisa gergaji kayu, ketika ditanya oleh peneliti, siswa menjelaskan bahwa ayahnya adalah seorang tukang, sehingga banyak sampah siswa gergaji kayu di rumahnya, kondisi inilah yang kemudian dimanfaatkan siswa untuk membuat kursi ecobricks. Ada juga kelompok siswa yang membiarkan botolnya

tanpa isian sampah plastik, dan guru memberikan kebebasan kepada siswa untuk berkreasi sesuai imajinasinya. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Rizal Hafiyana dan Denny Willy (2022) dimana siswa diberikan kebebasan untuk mengeksplor pengetahuannya dengan caranya sendiri, mandiri dalam mencari dan menemukan informasi melalui caranya dengan arahan dan bimbingan dari guru, sehingga siswa lebih leluasa dalam berproses.

Setelah produk jadi, kursi yang diisi limbah gergaji kayu sangat berat, berbeda dengan yang diisi sampah plastik atau tanpa isian. Kursi ecobricks yang diisi sampah plastik lainnya ke dalam botol dapat menampung banyak sampah plastik yang tidak bisa diuraikan oleh alam, sehingga mampu mengurangi pencemaran lingkungan akibat timbulan sampah plastik secara signifikan. Berikut adalah produk yang dihasilkan oleh siswa.



Gambar 4.5 Produk Mega Proyek STEM

#### 4.2.3 Kevalidan Buku ajar digital interaktif berbasis STEM Pada Materi pencemaran lingkungan

Buku ajar sebelum masuk pada tahapan uji coba lapangan harus divalidasi terlebih dahulu. Kegiatan validasi merupakan kegiatan pemeriksaan kualitas dan keakuratan produk yang dikembangkan apakah akan lebih efektif jika dibandingkan produk yang sudah ada (Sugiyono, 2011:302). Validasi buku ajar diperoleh dari validasi logis dan validasi empiris. Validasi logis merupakan kegiatan penilaian terhadap suatu produk yang dikembangkan sebelum dilakukannya uji coba sedangkan validasi empiris merupakan kegiatan penilaian yang dilaksanakan pada saat uji coba berlangsung (Azhar, 2016). Penilaian validator ahli dilakukan oleh dosen Magister Pendidikan IPA FKIP Universitas Jember. Selain itu, validasi dilakukan pula oleh pengguna yaitu guru.

Kegiatan validasi menggunakan instrumen yang telah divalidasi, sehingga validator dapat menilai kelayakan buku ajar sesuai kriteria yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil validasi buku ajar digital interaktif berbasis STEM yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa rerata penilaian validasi buku ajar sebesar 95,82 dengan kriteria sangat valid. Penilaian validitas buku ajar dilakukan oleh 3 orang validator meliputi 6 aspek penilaian yaitu kelayakan perancangan, isi, penyajian, kegrafikan, kebahasaan, dan fungsi manfaat. Penilaian pada aspek perancangan meliputi penilaian pada tahap pendahuluan, perancangan, dan pengembangan. Tujuan dilakukannya validasi pada aspek kelayakan isi yaitu untuk mencari tahu apakah isi materi dari produk yang dikembangkan telah sesuai atau belum dengan KI, KD, indikator yang telah ditetapkan (Lestari, 2013:104).

Indikator yang terdapat pada aspek kelayakan isi meliputi cakupan materi, akurasi materi, kemutakhiran dan kontekstual, serta fungsi konten materi dalam buku ajar. Selanjutnya, penilaian pada aspek penyajian, kelayakan kegrafikaan, dan kelayakan bahasa, bertujuan untuk mengklarifikasi penyajian produk agar tidak begitu verbal, sehingga dapat membantu siswa memahami substansi materi yang rumit dan kompleks (Azhar, 2016). Adapun, terkait dengan penilaian kelayakan bahasa yaitu bahasa yang digunakan harus disesuaikan dengan tingkat kognitif siswa SMP kelas VII serta didalamnya terdapat fitur-fitur yang mampu menarik perhatian siswa untuk memahami materi tersebut. Gaya bahasa dalam buku ajar bertumpu pada ciri ilmiah sesuai dengan sifat isi teks buku ajar tersebut (Sitepu, 2012:119). Dilanjutkan menilai aspek fungsi dan manfaat, diantaranya adalah menilai apakah penggunaan buku ajar digital ini dapat menumbuhkan kepedulian lingkungan.

Penilaian validator tidak hanya pada buku ajar yang dikembangkan melainkan juga pada instrumen atau perangkat pendukung penerapan buku ajar dalam kegiatan pembelajaran. Validasi instrumen yang dilakukan meliputi validasi silabus, validasi RPP, soal *pretest posttest* kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar. Hasil penilaian validasi terhadap silabus, RPP, dan kumpulan soal-soal tes secara berturut-turut sebesar 93,33; 92,50 dan 94,40 dengan kriteria sangat valid. Dengan demikian, secara keseluruhan validasi buku ajar digital interaktif berbasis

STEM beserta perangkat pendukung buku ajar yang dilakukan oleh validator ahli dan pengguna termasuk ke dalam kriteria sangat valid dan dapat dilanjutkan pada tahap uji coba kelompok kecil dan uji coba satu kelas untuk mengetahui kevalidan buku ajar secara empiris. Kevalidan secara empiris akan diuraikan lebih lengkap berdasarkan hasil uji coba yang bertujuan untuk memenuhi kriteria kepraktisan dan keefektifan terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis.

#### 4.2.4 Kepraktisan Buku Ajar Digital Interaktif Berbasis STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan

Kepraktisan buku ajar digital berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan diperoleh dari hasil uji coba kelompok kecil, uji coba satu kelas, dan disseminasi. Buku ajar dapat dikatakan praktis apabila siswa selaku pengguna tidak mengalami kesulitan belajar. Lebih lanjut bilamana belum bernilai praktis, maka perlu diadakan perbaikan terhadap buku ajar agar dapat dinyatakan praktis (Hamdunah, 2015). Empat kegiatan yang dilakukan untuk mengukur kepraktisan terdiri atas uji rumpang atau uji keterbacaan, angket respon guru, angket respon siswa dan observasi keterlaksanaan pembelajaran. Pemberian uji rumpang bertujuan untuk mencari tahu kemampuan siswa dalam memahami materi pembelajaran yang disampaikan dengan bahasa ragam tulis (Sitepu, 2012:120). Uji rumpang dalam uji coba kelompok kecil diberikan kepada 9 orang siswa 9 orang siswa kelas VIIB SMP Ma'arif 08. Perolehan data uji rumpang pada tahap uji coba kelompok kecil dalam Tabel 4.8 menunjukkan rerata sebesar 88,89 dengan kategori sangat mudah. Adapun perolehan data respon guru dan siswa pada tahap uji kelompok kecil berturut-turut dalam Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM berada dalam kategori sangat praktis dengan rerata masing-masing mencapai 85,33 dan 96,15.

Pengukuran kepraktisan dalam uji coba satu kelas melibatkan 36 siswa kelas VIIA SMP Ma'arif 08. Data hasil uji rumpang dalam Tabel 4.11 menunjukan bahwa uraian materi pencemaran lingkungan dalam buku ajar digital berbasis STEM sangat mudah dipahami siswa dengan perolehan rerata uji rumpang sebesar 88,89 dengan kriteria sangat mudah. Angket respon guru dalam Tabel 4.12

menunjukkan adanya respon positif dari guru terkait buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Respon positif ini ditandai dengan perolehan nilai angket sebesar 85,33 dengan kategori sangat praktis. Pada tahap ini guru juga memberikan masukan perihal alokasi waktu yang harus disesuaikan terutama dalam pembuatan proyek STEM. Sementara itu, hasil respon siswa sebagai indikator lain yang digunakan untuk mengetahui kepraktisan buku ajar digital berbasis STEM tercantum dalam Tabel 4.13 menunjukkan rerata nilai angket respon siswa secara keseluruhan memiliki nilai sebesar 95,81 dengan kategori sangat praktis.

Hasil uji rumpang pada tahap disseminasi terhadap 30 orang siswa kelas 7B MTs Ma'arif Ambulu dan 21 orang siswa kelas 7A MTs Darul Hikam dalam Tabel 4.17 menunjukkan rerata uji rumpang masing-masing bernilai sebesar 93,67 dan 91,43 dengan kategori sangat mudah yang menunjukkan bahwa uraian materi pencemaran lingkungan dalam buku ajar digital interaktif berbasis STEM mudah dipahami oleh siswa MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam. Respon positif terhadap buku ajar digital interaktif juga terlihat dari hasil respon guru. Data hasil respon guru pada tahap disseminasi dalam Tabel 4.18 menunjukkan nilai angket respon guru MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam masing-masing bernilai 90,67 dan 88,00 dengan kategori sangat praktis. Respon positif ini juga ditandai dengan komentar dari para guru bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM merupakan produk yang sangat bagus karena pada era digital saat ini pembelajaran dengan metode STEM sangat mudah dipahami. Selain itu, buku ajar digital yang dikembangkan merupakan inovasi terhadap pesatnya perkembangan digital, siswa sangat bersemangat belajar dengan menggunakan buku ajar digital yang dilengkapi video dan gambar menarik, kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa juga meningkat. Adapun data hasil respon siswa pada tahap disseminasi dalam Tabel 4.19 menunjukkan rerata nilai angket respon siswa dari MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam masing-masing bernilai 95,78 dan 95,17 dengan kategori sangat praktis.

Meninjau ketiga tahap uji yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM direspon secara positif oleh guru maupun siswa. Respon positif yang ditunjukkan oleh guru dapat dikarenakan buku ajar

digital interaktif berbasis STEM menambah khasanah pengetahuan bagi para guru, sekaligus memperkaya media pembelajaran yang dapat dimanfaatkan guru dalam kegiatan pembelajaran. Sementara itu, Respon positif yang diberikan oleh siswa menandakan bahwa siswa antusias dalam menggunakan buku ajar digital interaktif berbasis STEM. Antusiasme siswa dapat terjadi karena buku ajar digital interaktif berbasis STEM memang dipenuhi gambar-gambar berwarna terkait materi pencemaran lingkungan di dalamnya.

Kondisi antusiasme siswa ini sejalan dengan pandangan Hilmi (2016) dan Susbandya *et al.*, (2018) bahwa penggunaan gambar dalam buku ajar memiliki kemampuan untuk membantu penyampaian informasi dengan lebih konkrit dibandingkan dengan hanya menggunakan kata-kata. Variasi gambar berwarna juga akan menarik dan meningkatkan perhatian siswa terhadap materi yang diajarkan. Buku ajar yang telah bernilai praktis pada tahap uji coba satu kelas ini kemudian dapat dilanjutkan ke tahap disseminasi. Perolehan tersebut menunjukkan bahwa uraian materi, bahasa, dan fitur-fitur yang terdapat dalam buku ajar digital interaktif berbasis STEM mudah dibaca sekaligus mudah untuk dipahami oleh siswa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM telah termasuk dalam kriteria sangat praktis sehingga dapat dilanjutkan penggunaannya.

#### 4.2.5 Keefektifan Buku ajar digital interaktif berbasis STEM Pada Materi pencemaran lingkungan

Buku ajar secara umum dapat dikatakan efektif ketika tujuan pembelajaran dapat dicapai. Tiga hal pokok yang dapat menjadi acuan untuk melihat keefektifan buku ajar adalah implementasi dalam pembelajaran di kelas, pemanfaatan media pembelajaran saat kelas berlangsung, dan kontinuitas pemanfaatannya dalam diri maupun pembelajaran bagi siswa (Situmorang, 2013). Keefektifan buku ajar digital interaktif dalam penelitian ini ditentukan oleh rerata nilai N-Gain hasil belajar siswa dan rerata kemampuan berpikir kritis yang diukur dalam tahap uji coba satu kelas dan disseminasi. Uji coba satu kelas yang dilakukan di SMP Ma'arif 08 melibatkan 36 siswa kelas VIIA, sedangkan tahap disseminasi dilakukan di dua sekolah yakni MTs Ma'arif Ambulu dan MTs Darul Hikam.

Hasil uji coba satu kelas untuk hasil belajar ranah kognitif tercantum dalam Tabel 4.14. Data dalam Tabel 4.14 menunjukkan adanya peningkatan rerata N-Gain yang mencapai 0,86 dengan kategori tinggi. Sementara itu, hasil penelitian terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam Tabel 4.16 menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis yang pada *pretest* memperoleh nilai 45,42 dengan kategori rendah menjadi 89,03 dengan kategori sangat tinggi pada *posttest*. Adapun hasil disseminasi dalam Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 menunjukkan terjadinya peningkatan hasil belajar ranah kognitif dan kemampuan berpikir kritis siswa. Peningkatan ini di MTs Ma'arif Ambulu ditunjukkan dengan rerata N-Gain yang mencapai 0,85 dan di MTs Darul Hikam mencapai 0,82. Keduanya berada dalam kategori tinggi.

Sementara itu, penilaian hasil kemampuan berpikir kritis dalam Tabel 4.21 menunjukkan peningkatan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di kedua sekolah. Peningkatan di MTs Ma'arif Ambulu ditunjukkan dengan rerata perolehan nilai berpikir kritis pada *pretest* memperoleh nilai 42,50 dengan kategori rendah menjadi 94,50 dengan kategori sangat tinggi pada *posttest*. Peningkatan di MTs Darul Hikam ditunjukkan dengan rerata perolehan nilai berpikir kritis yang pada *pretest* memperoleh nilai 41,67 dengan kategori rendah menjadi 94,29 dengan kategori sangat tinggi pada *posttest*.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa buku ajar digital interaktif berbasis STEM efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis siswa. Riset oleh Azura dan Octarya (2020) mengungkapkan buku ajar berperan sebagai media pilihan untuk meningkatkan pengetahuan siswa dalam bidang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Buku ajar juga bermanfaat untuk melatih ketrampilan dalam memecahkan masalah dan keterampilan ilmiah siswa. Prastetyo & Hariyono (2020) mengungkapkan bahwa buku ajar digital secara efektif dapat mewujudkan tujuan pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotorik siswa, serta meningkatkan kemampuan berpikir logis dan kemampuan berpikir kritis. Hasil penelitian oleh Pangesti et al. (2017) juga menunjukkan bahwa buku ajar berbasis STEM dapat meningkatkan

pemahaman konsep siswa yang terlihat melalui kenaikan nilai tes akhir yang dicapai siswa.

Faktor lain yang mempengaruhi peningkatan pada uji coba kelompok kecil dan uji coba satu kelas dikarenakan buku ajar yang dikembangkan merupakan buku ajar interaktif dengan berbagai fitur yang membuat aktivitas pembelajaran menjadi menyenangkan. Kelebihan ini selaras dengan Perdana et al., (2021) dan Jannah & Atmojo (2022) bahwa buku ajar digital interaktif mendukung terciptanya lingkungan belajar yang memudahkan siswa, berisi konten interaktif, menyenangkan, dan berbasis kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (video pembelajaran, gambar konkret, kuis) yang efektif melatih kemandirian belajar siswa. Penggunaan gambar yang berwarna mampu merangsang proses berpikir siswa dan membantu siswa dalam memahami konsep dengan benar (Stefanikova & Prokop, 2015).

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Buku pengajaran digital interaktif berbasis STEM dalam kategori sangat valid baik secara logis maupun empirik, yang mencakup validasi buku pengajaran, dan validasi perangkat pembelajaran. Kevalidan secara logis didapatkan dari penilaian tiga validator berturut-turut sebesar 95,82, 95,82, dan 92,50. Selanjutnya kevalidan secara empirik didapatkan dari hasil uji coba yang menunjukkan kepraktisan dan keefektifan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa.
2. Buku pengajaran digital interaktif berbasis STEM dalam kategori praktis, berdasarkan rerata nilai uji rumpang, angket respon siswa, angket respon guru, dan observasi keterlaksanaan pembelajaran. Kriteria uji rumpang mudah dengan rerata 88,89, respon guru dan respon siswa positif dengan nilai 93,33 dan 95,81. Kriteria observasi keterlaksanaan sangat praktis dengan rerata 92,2.
3. Buku pengajaran digital interaktif berbasis STEM dalam kategori efektif, karena dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP. Hasil tersebut didapatkan dari hasil N-gain kemampuan berpikir kritis sebesar 0,81 yang dengan kategori tinggi, dan hasil belajar N-gain 0,86 dengan kategori tinggi.

### 5.2 Saran

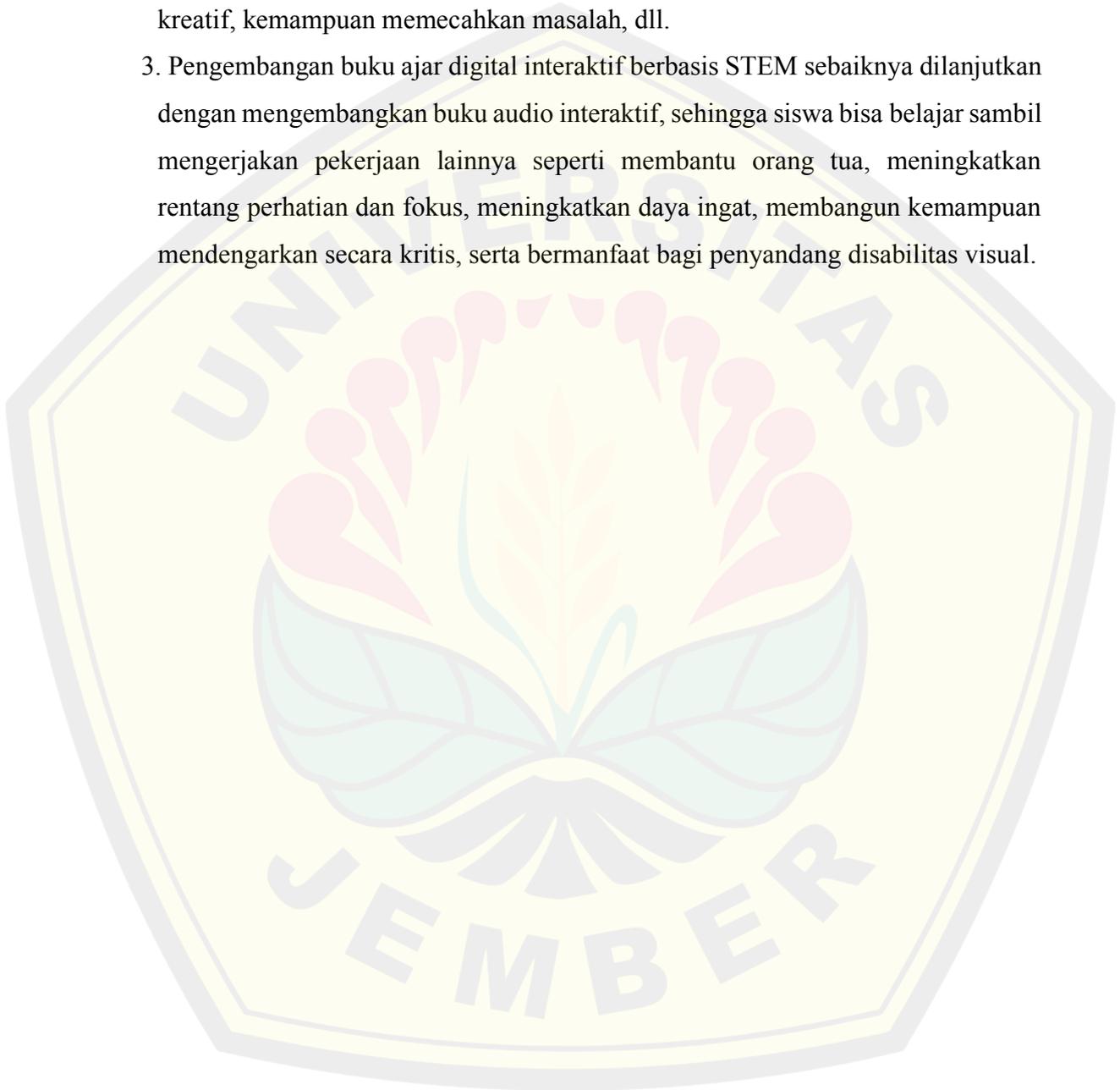
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran dan masukan yang diberikan diantaranya:

1. Buku ajar digital interaktif berbasis STEM sebaiknya dilanjutkan dengan mengembangkan buku ajar pada materi IPA lainnya yang memiliki kriteria “implementasi sikap”, sehingga ada perubahan sikap siswa setelah mendapatkan materi IPA, siswa tidak hanya paham terhadap materi yang diajarkan tetapi juga mampu mengatasi persoalan yang terjadi di lingkungan sekitar dengan melakukan pendekatan STEM. Seperti pada materi konservasi dan transformasi energi,

kepedulian untuk bumi, ekologi, mitigasi bencana, membuat pembangkit listrik sederhana, dll.

2. Pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM sebaiknya dilanjutkan dengan mengembangkan buku ajar lainnya yang mampu meningkatkan kompetensi siswa berdasarkan kecakapan abad 21, seperti kemampuan berpikir kreatif, kemampuan memecahkan masalah, dll.

3. Pengembangan buku ajar digital interaktif berbasis STEM sebaiknya dilanjutkan dengan mengembangkan buku audio interaktif, sehingga siswa bisa belajar sambil mengerjakan pekerjaan lainnya seperti membantu orang tua, meningkatkan rentang perhatian dan fokus, meningkatkan daya ingat, membangun kemampuan mendengarkan secara kritis, serta bermanfaat bagi penyandang disabilitas visual.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, E. A., Madio, S. S., Sumartini, T. S., Mardiani, D., Nurulhaq, C., Sritresna, T., & Nuraeni, R. (2020). Pelatihan Aplikasi Jotform untuk Pembuatan Form Kuesioner dan Presensi. *Jurnal PEKEMAS*, 3(2), 26–32.
- Agcihan, E., dan A. T. Gokce. 2018. Analyzing the Types of Discrimination in Turkish for Foreigners Books. *Universal Journal of Educational Research*. 6(2):257-264.
- Agnezi, L. A., Khair, N., & Yolanda, S. (2019). Analisis Sajian Buku Ajar Fisika SMA Kelas X Semester 1 Terkait Komponen Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM). *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 3(2), 167-175. <https://doi.org/10.24036/jep/vol3-iss2/388>.
- Angraini, F., Walid, A., Ansyah, E., & Ikhsan, A. (2022). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis STEM Untuk Menumbuhkan HOTS di SMP. *Jurnal Muara Pendidikan*, 33-40, Vol.7 No.1.
- Apiati, V., & Hermanto, R. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Memecahkan Masalah Matematik Berdasarkan Gaya Belajar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 167–178. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i1.630>
- Azhar, A. 2016. Pemanfaatan Media Berbasis Lingkungan dan Media Standar Laboratorium Pada Pembelajaran Dasar-dasar Sains di Program Studi Pendidikan Kimia UIN Ar-Raniry. *Lantanida Journal*. 4(2): 141-151.
- Barlian, I., & Fatimah, S. (2021). Efektivitas Penggunaan Bahan Ajar Digital Interaktif Berbasis Blog. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 8(1), 62–72.
- Berliana, A. U., Mailizar, M., Faiza, F., & Leonard, L. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android melalui Model Pembelajaran PAIKEM (Pembelajaran Aktif, Inovatif, Kreatif, dan Menyenangkan) . *Journal of Instructional Development Research*, 57–68, 2(2).
- Buckner, T., & Boyd, B. (2015). STEM leadership: How do I create a STEM culture in my school? <http://www.amazon.com/STEM-Leadership-Create-Culture-School-ebook/dp/B013TCBI38>
- Bustami, Y., Syafruddin, D., & Afriani, R. (2018). The implementation of contextual learning to enhance biology students' critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 451–457. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.11721>

- Damayanti, R., & Afriansyah, E. A. (2018). Perbandingan Kemampuan Representasi Matematis Siswa antara Contextual Teaching and Learning dan Problem Based Learning. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 7(1), 30. <https://doi.org/10.25273/jipm.v7i1.3078>
- D Pratita, DE Amrina, Y Dhajir. (2021) Analisis Kebutuhan Mahasiswa Terhadap Bahan Ajar Sebagai Acuan Untuk Mengembangkan E-Modul Pembelajaran Digital. *Jurnal Profit*, 8 (1), 69-74
- Diana, N., & Turmudi. (2021). Kesiapan Guru dalam Mengembangkan Modul Berbasis STEM untuk Mendukung Pembelajaran di Abad 21. *Edumatica* , 1-8 Volume 11 Nomor 02.
- Fajri, N., A. Yoesoef, dan M. Nur. 2016. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe *Talking Stick* dengan Strategi *Joyful Learning* terhadap Prestasi Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran IPS Kelas VII MTsN Meuraxa Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*. 1(1): 98-109.
- Faqih, A., Nurdiawan, O., & Setiawan, A. (2021). Pengembangan Media pembelajaran Multimedia Interaktif Alat Masak Tradisional Berbasis Etnomatematika. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 301–310. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i2.876>
- Gulen, S., & Yaman, S. (2019). The Effect of Integration of STEM Disciplines into Toulmin's Argumentation Model on Students' Academic Achievement, Reflective Thinking, and Psychomotor Skills\*. *Journal of Turkish Science Education*, 16(2), 216–230. <https://doi.org/10.12973/tused.10276a>
- Hake, R. R. 2002. *Assessment of Student Learning in Introductory Science Courses*. United States: Indiana University.
- Hamdunah. 2015. Praktikalitas Pengembangan Modul Konstruktivisme dan Website Pada Materi Lingkaran dan Bola. *LEMMA*. 2(1): 35-42.
- Hilmi. 2016. Efektivitas Penggunaan Media Gambar dalam Pembelajaran Bahasa Arab. *Lantanida Journal*. 4(2): 128-135.
- Sriwahyuni, E Risdianto, H Johan (2019). Pengembangan bahan ajar elektronik menggunakan flip pdf professional pada materi alat-alat optik di sma. *Jurnal Kumparan Fisika*, 2(3), 145-152
- Jannah, D. R. N., & Atmojo, I. R. W. (2022). Media Digital dalam Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis Abad 21 pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1064–1074. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i1.2124>

- Jolly, A. 2014. Six Characteristics of a Great STEM Lesson. [https://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq\\_jolly\\_stem.html](https://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html). [Diakses pada 11 Juli 2023]
- Kosasih. Pengembangan Bahan Ajar. *Jakarta Timur: PT Bumi Aksara, 2021*
- Kuncoro, I. A., & Hidayati, Y. M. (2021). Learning Videos Increase Students' Cognitive Learning Outcomes on Animal Life Cycle Materials. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 5(2), 299. <https://doi.org/10.23887/jisd.v5i2.34107>
- Lestari, I. 2013. *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Akademia Permata.
- Marta, L. C. (2019). The Integration of digital devices into learning spaces according to the needs of primary and secondary teachers. *TEM Journal*, 8(4), 1351–1358. <https://doi.org/10.18421/TEM84-36>
- Martha, Z. D., Adi, E. P., & Soepriyanto, Y. (2018). E-book berbasis mobile learning. *Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 1(2), 109–114.
- Motamedi, V. (2019). The promises of presentational technology for teaching and learning. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 13(3), 416–419. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v13i3.13175>
- Myets, Ann and Jill Berkowicz. *The STEM Shift A Guide for School Leaders*. Singapore: A Sage Company, 2015
- Nieveen, N. 1999. "Prototype to reach product quality. Dlm. van den Akker, J., Branch, R.M., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (pnyt)". *Design approaches and tools in educational and training*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Nuraini, Nita. 2017. Critical Thinking Profile of Student of Biological Teacher Candidate as Efforts to Prepare 21 st Century Generatio. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*. Vol 1 (2) <http://jurnal.umpalembang.ac.id/indexphp/dikbio>
- Nurdyansyah. *Media Pembelajaran Inovatif*. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2019
- Nursyahidah, F., Saputro, B. A., Albab, I. U., & Aisyah, F. (2020). Pengembangan Learning Trajectory Based Instruction Materi Kerucut Menggunakan Konteks Megono Gunung. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 47–58. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i1.560>

- Pangesti, K. I., Yulianti, D., & Sugianto. (2017). Bahan Ajar Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa SMA. *Unnes Physics Education Journal*, 6(3), 53–58. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1089/ars.2015.6320>.
- Practice, T., & Bloom, R. (2008). A Revision of Bloom ' s Taxonomy : An Overview David R . Krathwohl. *ReVision*, 41(4), 212–218.
- Prasetyono, R. N., & Hariyono, R. C. S. (2020). Development of flipbook using web learning to improve logical thinking ability in logic gate. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(1), 342–348. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110143>
- Priyanto, S. H. 2012. Kriteria Baku Buku Ajar. *Makalah Workshop Penulisan Buku Ajar Dosen Kopertis VI*. Salatiga: UKSW. 31 Mei-1 Juni.
- Purwati, L. M. (2021). Media Pembelajaran Digital Interaktif Berbasis Adobe Flash Pada Masa Pandemi Di Sekolah Dasar. *Autentik : Jurnal Pengembangan Pendidikan Dasar*, 5(2), 152–158. <https://doi.org/10.36379/autentik.v5i2.133>
- R.Moch. Rizal Hafiyah & Denny Willi Junaidy (2022). "Merdeka Belajar" Sebagai Konsep Model Pembelajaran Seni Rupa Jenjang SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan*. 22 (3), 280-301
- Rahmatina, C. A., Jannah, M., & Annisa, F. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Di Sma/Ma. *Jurnal Phi; Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v1i1.6531>
- Rapiadi. *Pengaruh Kemandirian Belajar Siswa dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Pendidikan Agama Budha*. Sumatera Barat: PT Insan Cendekia Mandiri, 2022
- Reigeluth, C. M. 1999. *Instructional Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*. London: Lawren Erlbaum Associates, Puplichers.
- Rengganis, Aysyah dkk. *Penelitian dan Pengembangan*. Jakarta: Yayasan Kita Menulis, 2022
- Rizkasari, E., Huda, M. K., Marini, A., & Sumantri, M. S. (2021). Development of digital animation as a learning media in primary schools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098(3), 032068. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1098/3/032068>

- Roemintoyo, R., & Budiarto, M. K. (2021). Flipbook as Innovation of Digital Learning Media: Preparing Education for Facing and Facilitating 21st Century Learning. *Journal of Education Technology*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.23887/jet.v5i1.32362>
- Rofi'ah, A. T., Hariani, S. A., & Pujiastuti, P. (2021). Pengembangan Buku Nonteks Biologi Sma Kelas X Berbasis Pengetahuan Etnobotani Di Kabupaten Situbondo. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 9(2), 1–9. <https://doi.org/10.23960/jbt.v9i2.22319>
- Ruddamayanti, R. (2019). Pemanfaatan Buku Digital dalam Meningkatkan Minat Baca. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang., 364–370.
- Sadikin, A., & Hakim, N. (2019). Pengembangan Media E-Learning Interaktif Dalam Menyongsong Revolusi Industri 4.0 Pada Materi Ekosistem Untuk Siswa SMA. *Biodik*, 5(2), 131–138. <https://doi.org/10.22437/bio.v5i2.7590>
- Sari, R.T., 2017. Uji Validitas Modul Pembelajaran Biologi Pada Materi Sistem Reproduksi Manusia Melalui Pendekatan Konstruktivisme Untuk Kelas IX SMP, *Scientiae Educatia*. 6 (1): 22–26
- Shatri, Z. G. (2020). Advantages and disadvantages of using information technology in learning process of students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(3), 420–428. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.36>
- Simatupang, Halim dan Dirga Purnama. *Handbook Best Practice Strategi Belajar Mengajar*. Surabaya: CV. Pustaka Media Guru, 2019
- Sitepu, B. P. 2012. *Penulisan Buku Teks Pelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Situmorang, M. 2013. Pengembangan Buku Ajar Kimia SMA Melalui Inovasi Pembelajaran dan Integrasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal FMIPA Kimia. Prosiding*.
- Skinner, A. L. (2010). Critical Thinking and Disability in Higher Education. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 25, 9–16.
- Stefanikova, S., and P. Prokop. 2015. Do We Believe Pictures More or Spoken Words? How Specific Information Affects How Students Learn about Animals. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education*. 11(4): 725-733. doi: 10.12973/Eurasia.2015.1380a.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

- Sulistiyani Puteri Ramadhani, Zulela MS, F. (2021). Analisis Kebutuhan Desain Pengembangan Model IPA Berbasis Project Based Learning Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 1819–1824. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1230>
- Sunami, M. A., & Aslam, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Video Animasi Berbasis Zoom Meeting terhadap Minat dan Hasil Belajar IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 1940–1945. <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/1129>
- Suratno, S., Wahono, B., Chang, C. Y., Retnowati, A., & Yushardi, Y. (2020). Exploring a Direct Relationship between Students' Problem-Solving Abilities and Academic Achievement: A STEM Education at a Coffee Plantation Area. *Journal of Turkish Science Education*, 17(2), 211–224. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.22>
- Suroso, J., Indrawati, Sutarto, S., Mudakir, I., & Chotib, M. (2021). Analysis of high school students' skills in solving science problems in the environment. *AIP Conference Proceedings*, 2330(March). <https://doi.org/10.1063/5.0044038>
- Susbandya, D., J. Prihatin, D. Wahyuni, Sutarto, and Indrawati. 2018. Enhancing Student's Retention of Knowledge by Using Digestive System Textbook Based on Process Image. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 6(6): 939-943.
- Sutarto, Prihatin, J., Hariyadi, S., & Wicaksono, I. (2021). Development of student worksheets based on STEM approach to improve students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 2104(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012009>
- Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 103. <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i2.113>
- Tasya Nabillah, & Abadi, A. P. (2019). Faktor Penyebab Rendahnya Hasil Belajar Siswa. *Sesiomedika*, 659–663.
- Thahir, A., Anwar, C., Saregar, A., Choiriah, L., Susanti, F., & Pricilia, A. (2020). The Effectiveness of STEM Learning: Scientific Attitudes and Students' Conceptual Understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012008>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: a sourcebook. Virginia: The Council for Exceptional Children.

Widodo, C. A., Sukendra, I. K., & Sumandya, I. W. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Digital Matematika SMA Kelas X Berbasis STEM. *WIDYADARI Jurnal Pendidikan*, 22(2), 478–486. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5550400>



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Matrik penelitian



Lampiran 2. Analisis kebutuhan guru dan siswa



Lampiran 3. Hasil validasi instrumen dan perangkat pembelajaran



Lampiran 4. Silabus



Lampiran 5. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)



Lampiran 6. Buku ajar digital interaktif berbasis STEM



Lampiran 7. Instrumen observasi keterlaksanaan pembelajaran



Lampiran 8. Uji rumpang



Lampiran 9. Hasil angket respon penggunaan buku ajar digital



Lampiran 10. Hasil uji coba 1



Lampiran 11. Hasil uji coba II dan disseminate



Lampiran 12. Instrumen penilaian *pretest* dan *posttest*



Lampiran 13. Foto penelitian



Lampiran 14. Surat penelitian

