

**PENGEMBANGAN MODUL BIOLOGI DENGAN
PENDEKATAN STEM TERINTEGRASI *SOCIO- SCIENTIFIC*
ISSUE UNTUK MELATIH KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS PESERTA DIDIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Biologi



JAMALLAILI SAFITRI

NIM. 2008086051

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Jamallaili Safitri

NIM : 2008086051

Jurusan : Biologi

Program Studi : Pendidikan Biologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGEMBANGAN MODUL BIOLOGI DENGAN
PENDEKATAN STEM TERINTEGRASI SOCIO-
SCIENTIFIC ISSUES UNTUK MELATIH
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, Juli 2024

Pembuat Pernyataan



Jamallaili Safitri

NIM: 2008086051



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Semarang
Telp. (024) 76433366, Website: ist.walisongo.ac.id

PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM
Terintegrasi *Socio-Scientific Issue* untuk Melatih Keterampilan
Berpikir Kritis Peserta Didik.

Penulis : Jamallaill Safitri

NIM : 2008086051

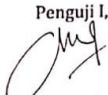
Program Studi : Pendidikan Biologi

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam ilmu Biologi.

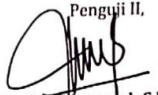
Semarang, Agustus 2024

DEWAN PENGUJI

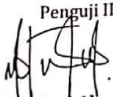
Penguji I,


Chusnul Adib Achmad M.Si.
NIP.198712312019031018

Penguji II,

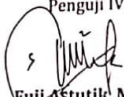

Dr. Hj. Nur Khasanah S.Pd., M.Kes.
NIP.197311132005012001

Penguji III,

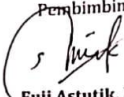

Hafidha Asni Akmalia, M.Sc.
NIP. 198908212019032013



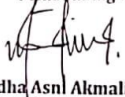
Penguji IV,


Fuji Astutik, M.Pd.
NIP. 199008192019032024

Pembimbing I,


Fuji Astutik, M.Pd.
NIP. 199008192019032024

Pembimbing II,


Hafidha Asni Akmalia, M.Sc.
NIP. 198908212019032013

NOTA DINAS

Semarang, Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio-Scientific Issue* untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik
Nama : **Jamallaili Safitri**
NIM : 2008086051
Jurusan : Pendidikan Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum.wr.wb.

Pembimbing I,



Fuji Astutik, M. Pd.

NIP. 199008192019032024

NOTA DINAS

NOTA DINAS

Semarang, Juni 2024

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio-Scientific Issue* untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Nama : **Jamallaili Safitri**

NIM : 2008086051

Jurusan : Pendidikan Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum.wr.wb.

Pembimbing II,



Hafidha Asni Akmalia, M.Sc.

NIP. 198908212019032013

ABSTRAK

Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio- Scientific Issue* untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik.

Jamallaili Safitri
2008086051

Abad 21 menuntut peserta didik memiliki berbagai kompetensi untuk menghadapi tantangan globalisasi. Selain itu, pada pembelajaran abad 21 diperlukan keterampilan salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis. Hasil asesmen awal menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih perlu dilatih pada indikator membuat kesimpulan, memberikan penjelasan lanjut, memberikan penjelasan sederhana dan membangun keterampilan dasar. Metode pembelajaran yang sesuai akan mempengaruhi kemampuan berpikir dalam proses pembelajaran. Salah satu metode pembelajaran yang sesuai untuk melatih kemampuan berpikir kritis yaitu pendekatan STEM terintegrasi *Socio-scientific Issues*, metode ini dapat dikemas menjadi modul pembelajaran. Jenis penelitian ini yaitu *research and development*, penelitian ini dikembangkan menggunakan model pengembangan ADDIE. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini berdasarkan wawancara, observasi, survei, dan tes. Penelitian dilakukan di MA Fathul Hidayah Maduran Lamongan. Sampel pada penelitian ini yaitu 48 siswa kelas X MIPA dan teknik sampling yang dipakai yaitu *purposive sampling*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan modul yang dikembangkan. Berdasarkan hasil penelitian modul sangat layak digunakan sebagai bahan ajar. Hal ini dapat diketahui dari nilai hasil uji kelayakan oleh ahli materi sebesar 93,75%, ahli keterampilan berpikir kritis sebesar 100%, ahli STEM terintegrasi SSI sebesar 92,9%, ahli bahan ajar sebesar 95%, tanggapan guru biologi sebesar 95,4%, dan hasil respon siswa terhadap modul sebesar 94,2%.

Kata kunci: Modul, STEM, *Socio-Scientific Issues*, Berpikir Kritis

TRANSLITERASI

TRANSLITERASI ARAB LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	t}
ب	B	ظ	z}
ت	T	ع	'
ث	s\	غ	g
ج	J	ف	f
ح	h}	ق	q
خ	kh	ك	k
د	D	ل	l
ذ	z\	م	m
ر	R	ن	n
ز	Z	و	w
س	S	ه	h
ش	sy	ء	'
ص	s}	ي	y
ض	d}		

Bacaan Madd :

a > = a panjang

i > = i panjang

u > = u panjang

Bacaan Diftong :

au = اَوْ

ai = اَيَّ

iy = اِيَّ

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufiq dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul **“Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio- Scientific Issue* untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik”**.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Nizar, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.
2. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.
3. Bapak Dr. Listyono, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.
4. Ibu Fuji Astutik, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Hafidha Asni Akmalia, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan memberikan arahan peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Ibu Erna Wijayanti, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, motivasi, dan semangat baik dalam penulisan skripsi maupun selama proses perkuliahan.
6. Ibu Nisa Rasyida, M.Pd., telah berkenan menjadi validator metodologi dan bahan ajar.
7. Ibu Elina Lestariyanti, M.Pd., telah berkenan menjadi validator soal keterampilan berpikir kritis.
8. Ibu Anif Rizqianti Hariz S.T., M.Si., telah berkenan menjadi validator materi.
9. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang.
10. Bapak Suwarno dan Ibu Jazilatul Khorida, selaku orang tua yang selalu memberikan dorongan berupa do'a, motivasi, dan juga finansial.
11. Adik saya Kenli Wildatul Mufidah yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
12. Bapak Mohammad Abdul Ghofur, S.H.I., dan Ibu Siti Masruroh, S.Si., selaku guru biologi MA Fathul Hidayah Lamongan yang telah membantu selama penelitian serta memberikan dukungan yang luar biasa.
13. Peserta didik Kelas X MIPA MA Fathul Hidayah.

14. Pemilik nama Fatikha Amalia, Raihan Crisandy, Ica dan Hilda Sifalia yang telah kebersamaan, memberikan dorongan dan banyak membantu peneliti.
15. Teman-teman Pendidikan Biologi C angkatan 20, HMJ Biologi, PLP SMA Negeri 6 Semarang, telah memberikan dukungan serta berbagi ilmu selama penyusunan skripsi.
16. Semua pihak yang belum bisa Peneliti tulis satu persatu.

Demikian Penulis menyadari kekurangan dalam skripsi ini sehingga membutuhkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Namun, Penulis tetap berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membaca. Ucapan terima kasih disampaikan atas masukan atau umpan balik yang diberikan.

Semarang, juli 2024

Penulis

Jamallaili Safitri

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
PENGESAHAN NASKAH	ii
NOTA DINAS.....	i
NOTA PEMBIMBING.....	i
ABSTRAK	iii
TRANSLITERASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	13
C. Pembatasan Masalah	13
D. Rumusan Masalah	14
E. Tujuan Pengembangan	14
F. Manfaat Pengembangan	14
G. Asumsi Pengembangan.....	16
H. Spesifikasi Produk.....	17
BAB II LANDASAN PUSTAKA	20
A. Kajian Pustaka.....	20
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	24
C. Kerangka Berpikir	46
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
A. Model Pengembangan	47

B. Prosedur Pengembangan.....	47
C. Desain Uji Coba Produk.....	58
D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	68
E. Teknik Analisis Data.....	72
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	81
A. Hasil Pengembangan Produk.....	81
B. Hasil Uji Coba Produk.....	91
C. Revisi Produk.....	92
D. Kajian Produk Produk.....	95
E. Keterbatasan Penelitian.....	115
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	117
A. Simpulan	118
B. Saran	118
C. Diseminasi Produk.....	118
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN	136

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Kelebihan dan Kekurangan Modul.....	36
2.2	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	38
2.3	Capaian Pembelajaran.....	39
2.4	Analisis Tujuan Pembelajaran.....	40
3.1	Tugas untuk Mencapai Tujuan Pembelajaran.....	44
3.2	Contoh Langkah Menyusun Tugas, Tujuan, Soal Tes.....	45
3.3	Media Pendukung pada Modul yang akan Dikembangkan.....	47
3.4	Langkah-Langkah Analisis Data.....	48
3.5	Kategorisasi Validasi.....	49
4.1	Hasil Validasi Ahli Materi.....	85
4.2	Hasil Validasi Ahli Bahan Ajar.....	86
4.3	Hasil Validasi Ahli Berpikir Kritis.....	87
4.4	Hasil Validasi Ahli STEM Terintegrasi SSI.....	88
4.5	Hasil Tanggapan Praktisi.....	89
4.6	Komentar dan Saran Para Ahli	89
4.8	Hasil Uji Coba Skala Terbatas.....	90
4.9	Hasil Revisi Modul Oleh Ahli Materi.....	93
4.10	Hasil Revisi Modul Oleh Ahli Metodologi.....	94
4.11	Hasil Revisi Modul Oleh Ahli Bahan Ajar.....	95
4.12	Penjabaran Sintaks SSI pada Modul.....	100
	Penjabaran Komponen STEM pada Modul.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Kerangka Berpikir.....	34
3.1	Skema Model ADDIE.....	55
3.2	Bagan Uji Coba Produk.....	56
4.1	Tampilan Cover Modul.....	96
4.2	Tampilan Halaman Pengenalan.....	98
4.3	Peta Konsep & Pertanyaan Pemantik.....	99
4.4	Tampilan Latihan Soal.....	106
4.5	Tampilan Kegiatan Praktikum Modul.....	107
4.6	Soal Memberikan Penjelasan Sederhana	108
4.7	Soal Membangun Kegiatan Dasar	110
4.8	Soal Inferensi pada Modul.....	111
4.9	Soal Membuat Penjelasan Lanjut.....	112
4.10	Soal Menentukan Strategi & Taktik	113
4.11	Tampilan Rangkuman pada Modul.....	114
4.12	Tampilan Daftar Pustaka pada Modul.....	115
4.13	Tampilan Profil Peneliti pada Modul	115

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
1	Hasil Pra Riset Ketrampilan Berpikir Kritis.....	94
2	Analisis Pedoman Dokumentasi Bahan Ajar....	95
3	Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	97
4	Hasil Wawancara.....	98
5	Instrumen Ahli Validasi Bahan Ajar.....	99
6	Instrumen Validasi Ahli Metodologi.....	101
	Instrumen Validasi Ahli Keterampilan Berpikir Kritis.....	102
7	Instrumen Validasi Ahli Materi.....	134
8	Angket Respon Guru (Ahli Praktisi).....	147
9	Angket Respon Peserta Didik.....	175
10	Soal Uji Coba Berpikir Kritis Peserta Didik.....	185
11	Surat Izin Riset	187
12	Surat Keterangan Sudah Melakukan Penelitian.....	172
13	Surat Penunjukan Pembimbing.....	173
14	Surat Permohonan Validator	174
15	Dokumentasi Kegiatan Riset.....	174
16	Data Rekapitulasi Angket Respon Siswa	175

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu keterampilan yang diperlukan pada abad 21 adalah keterampilan berpikir kritis (Cahyadi, 2019). Berpikir kritis merupakan komponen yang penting, karena kehidupan di masa depan akan semakin kompetitif akibat perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang pesat, sehingga berpikir kritis sangat diperlukan untuk dikembangkan dalam proses pembelajaran, baik di dalam kelas maupun di luar kelas (Anisa et al., 2021; Ennis, 2013). Keterampilan berpikir kritis berkaitan dengan keterampilan bersikap dan berperilaku adaptif untuk memecahkan suatu masalah dan berpikir reflektif serta evaluatif dalam menghadapi tuntutan dan tantangan dalam kehidupan sehari-hari (Dominguez & Barajas, 2021). Schaefersman (1991) juga menyatakan bahwa, sangat penting bagi guru untuk merencanakan pembelajaran dalam rangka mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Berpikir kritis adalah cara berpikir reflektif yang masuk akal atau berdasarkan nalar yang difokuskan untuk menentukan apa yang harus diyakini dan dilakukan (Ennis, 1993). Berpikir kritis didefinisikan sebagai sebuah proses berpikir secara mendalam untuk mendapatkan informasi yang

logis dan relevan (Agnafia, 2018; Zakiah & Lestari, 2019). Selain itu, berpikir kritis merupakan suatu proses intelektual dalam pembuatan konsep, mengaplikasikan, mensintesis (Komarudin, 2022; Agustina et al., 2021) menganalisis, dan mengevaluasi (Fadilah et al., 2022; Sukma et al., 2023; Yusmar et al., 2022) berbagai informasi yang didapat dari hasil observasi, pengalaman dan refleksi (Butterworth & Thwaites, 2013).

Keterampilan berpikir kritis setiap orang berbeda-beda, oleh karena itu diperlukan indikator-indikator untuk dapat menilai tingkat berpikir kritis seseorang (Satriani, 2017). Keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1993) dikelompokkan menjadi lima indikator yaitu, 1) memberikan penjelasan sederhana, meliputi memfokuskan pertanyaan, menganalisis pertanyaan, bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan; 2) membangun keterampilan dasar, meliputi mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, mempertimbangkan suatu laporan hasil observasi; 3) menyimpulkan, meliputi mempertimbangkan deduksi, mempertimbangkan induksi, menyusun keputusan dan mempertimbangkan hasilnya; 4) memberikan penjelasan lanjut, meliputi mendefinisikan istilah dan mengidentifikasi asumsi; 5) mengatur strategi dan taktik, meliputi menentukan tindakan.

Berpikir kritis merupakan hal penting untuk dimiliki setiap individu karena keterampilan berpikir kritis membuat seseorang berpikir dan bekerja lebih teliti, mampu memahami informasi dari perspektif yang berbeda dan dapat melakukan analisis mendalam terhadap masalah dan situasi (Afandi et al., 2021; Muslich, 2009). Kemampuan berpikir kritis dalam proses pembelajaran menjadi penting bagi peserta didik, karena dengan berpikir kritis, peserta didik akan menggunakan pikiran mereka secara maksimal dalam memecahkan suatu permasalahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Shafique et al., 2006; Deviananda & Mawardi, 2022; Alsaleh, 2020). Selain itu, berpikir kritis dapat mendorong dan meningkatkan kreativitas peserta didik (Bradley & Lang, 2007).

Peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir kritis tinggi tidak mudah menerima informasi yang belum valid sumbernya karena terbiasa berpikir secara mendalam terlebih dahulu sebelum mengambil keputusan (Abbasi & Izadpanah, 2018). Selain itu, keterampilan berpikir kritis yang tinggi menjadikan peserta didik mampu berpikir secara logis, menjawab permasalahan-permasalahan dengan baik, dan dapat mengambil keputusan dengan rasional tentang apa yang harus dilakukan (Horenstein & Niu, 2011; Nugraha et al., 2017). Sementara itu, peserta didik yang memiliki

keterampilan berpikir kritis rendah akan memiliki keterampilan akademik yang rendah (Azizah et al., 2018), cenderung meniru orang lain dan menerima kesimpulan dengan pasif (Facione, 2015), serta sulit untuk memecahkan masalah sehari-hari (Fajari & Chumdari, 2021). Oleh karena itu, pentingnya mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran agar peserta didik mampu memecahkan masalah secara efektif (Astutik & Wijayanti, 2020).

Pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran tidak terlepas dari dukungan guru. Guru memiliki peranan penting dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran, salah satu caranya dengan memilih model pembelajaran yang tepat (Rusnah & Mulya, 2018). Model pembelajaran yang tepat selalu melibatkan peserta didik aktif dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang mampu merangsang proses berpikirnya (Kartimi & Liliyasi, 2012; Shanti et al., 2017; Utari & Muttaqin, 2021), serta mempertimbangkan dan menganalisis solusi sebelum mencapai kesimpulan (Sahrir, 2022). Selain itu, guru juga mempunyai peran untuk memotivasi peserta didik dalam belajar karena motivasi belajar memiliki hubungan kuat dengan keterampilan berpikir kritis (Adiputra & Mujiyati, 2017; Snyder & Snyder, 2008).

Hasil penelitian awal yang dilakukan pada tanggal 15 April 2023 kepada 50 peserta didik kelas X-MIPA di MAS Fathul Hidayah Lamongan dengan menggunakan tes soal berpikir kritis (Lampiran 1) menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong rendah. Hal ini dibuktikan dengan hasil presentase tiap indikator keterampilan berpikir kritis yaitu, pada indikator membuat inferensi/kesimpulan dan membangun keterampilan dasar termasuk dalam kategori kurang, dengan skor berturut-turut yaitu 34 dan 39. Indikator memberikan penjelasan lebih lanjut dan memberi penjelasan sederhana termasuk dalam kategori cukup, dengan skor berturut-turut yaitu 50 dan 53. Indikator mengatur strategi dan taktik dengan skor 62 termasuk dalam kategori baik.

Data mengenai rendahnya keterampilan berpikir kritis juga didukung berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik Indonesia masih dalam kategori rendah (Benyamin et al., 2021; Hillary et al., 2023; Maslakhatunni'mah et al., 2019; Susilawati et al., 2020; Uminingtyas & Sukarmin, 2019). Hal tersebut diperkuat dengan hasil survei *The Trends in International Mathematics and Science Study*, yang menunjukkan bahwa rata rata skor prestasi sains Indonesia berada di urutan ke 35 dari 49 negara dengan pencapaian skor

433, dan masih di bawah skor rata-rata internasional yaitu 500 (Mullis et al., 2015).

Berdasarkan hasil analisis dokumen (Lampiran 2), bahan ajar dan soal latihan yang digunakan pada pembelajaran mengacu pada buku teks biologi SMA kurikulum 2013. Jika dianalisis lebih lanjut soal-soal didalam buku tersebut hanya pada level kognitif C1 sampai C3. Sejalan dengan penelitian Saputri (2023), pada buku teks biologi SMA kurikulum 2013 masih belum memberdayakan keterampilan berpikir kritis (KBK) dengan maksimal, karna hanya terdapat 33% soal-soal yang memuat indikator berpikir kritis.

Hasil observasi menunjukkan penyebab rendahnya berpikir kritis peserta didik yakni, model pembelajaran yang digunakan di sekolah adalah metode ceramah, diskusi dan presentasi. Namun, pada saat presentasi dan diskusi mereka dominan pasif dalam bertanya maupun menganggapi jawaban. Hal ini sejalan dengan penelitian Wahyudi et al. (2019) yang mengungkapkan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis, karena guru belum memfasilitasi model pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, yang mengakibatkan mereka kurang mampu menuangkan ide maupun pendapat. Selain itu, proses pembelajaran lebih mengarahkan peserta didik untuk pandai dalam menghafal materi dan memberikan jawaban benar tanpa mengevaluasi

ulang jawabannya (Nurhikmayati & Jatisunda, 2019; Leksono et al., 2020; Susilawati et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan diatas, salah satu alasan utama rendahnya keterampilan berpikir kritis adalah kurangnya variasi model pembelajaran karena cenderung menggunakan model pembelajaran langsung. Oleh karena itu, perlu adanya pembelajaran yang menekankan pemberdayaan keterampilan berpikir berpikir kritis peserta didik. Salah satunya adalah dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering and Math* (STEM). Fakta bahwa pembelajaran dengan pendekatan STEM dapat memfasilitasi keterampilan berpikir kritis sejalan dengan penelitian (Davidi *et al.*, 2021; Hidayati *et al.*, 2019; Khoiriyah *et al.*, 2018; Nurwidodo *et al.*, 2022; Ramlawati & Yunus, 2021) yang mengungkapkan bahwa pembelajaran dengan pendekatan STEM mampu memunculkan aktivitas berpikir kritis yang ditandai dengan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, memecahkan masalah, melakukan penyelidikan, dan mengambil keputusan.

Pendekatan STEM mengintegrasikan empat komponen *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* dalam pembelajaran (Torlakson, 2014). Peserta didik terlibat dalam proses eksplorasi konsep-konsep sains, teknologi, teknik melalui tugas proyek dan matematika dengan merumuskan, memecahkan, dan menafsirkan solusi berupa data (Zakiyah &

Ramli, 2023). STEM menerapkan pengetahuan dan keterampilan secara bersamaan untuk menyelesaikan suatu kasus atau permasalahan (Lee *et al.*, 2019; Wahono *et al.*, 2020).

Hasil penelitian Adah *et al.* (2022) dan Agustina *et al.* (2021) menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, karna terdapat proses berpikir melalui diskusi dan mampu melatih kreativitas melalui kegiatan proyek. Pendekatan STEM berorientasi pada pemecahan masalah, sehingga membutuhkan topik permasalahan sebagai umpan dalam pembelajaran. Qamariyah *et al.* (2021) menyatakan, agar peserta didik berpartisipasi dalam diskusi dibutuhkan topik yang mampu menghubungkan materi dengan peristiwa yang terjadi sekitar mereka. Khasanah & Prayitno (2019), Pemikiran kritis timbul sebagai hasil dari perselisihan dalam sudut pandang, ide, dan umpan balik sepanjang proses diskusi. Maka dari itu, salah satu model yang dapat diintegrasikan pada pendekatan STEM adalah model permasalahan sosial-ilmiah atau *Socio-Scientific Issue* (SSI).

STEM dan SSI memiliki hubungan yang erat dan saling melengkapi. SSI melibatkan konten permasalahan sains yang nyata dan kompleks, sedangkan pendekatan STEM merancang solusi dari segi sains, teknologi, teknik dan matematika dalam

menanggapi permasalahan SSI (Siribunnam et al., 2019). Beberapa penelitian secara komprehensif mendiskusikan tentang pembelajaran STEM dan SSI mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik (Adah et al., 2022; Agustina et al., 2021; Sahrir, 2022; Sukma et al., 2023; Zakiyah & Ramli, 2023; Nava & Prasetyo, 2018). Sukma *et al.* (2023) menyatakan pembelajaran dengan model SSI mampu memberikan pengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis, melalui kegiatan debat, bertanya, dan menjawab pertanyaan. Sementara itu, Nava dan Prasetyo (2018) menyatakan pembelajaran dengan pendekatan SSI berbasis STEM berpengaruh secara signifikan terhadap berpikir kritis peserta didik, mereka mampu menganalisis fakta dari permasalahan SSI dan mampu memilih alternatif pemecahan masalah dari pendekatan STEM yang menjadi karakteristik dalam keterampilan berpikir kritis.

SSI merupakan model pembelajaran dengan mengintegrasikan isu-isu sains yang berhubungan di kehidupan masyarakat ke dalam pembelajaran. SSI berpengaruh terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis, seperti kemampuan analisis, evaluasi, dan penalaran (Hayudiyani et al., 2017; Septiningrum et al., 2021). Model pembelajaran SSI dapat diterapkan di berbagai konteks

pembelajaran salah satunya biologi (Yudha & Zuhaida, 2022), karena isu-isu yang muncul dalam bidang biologi seringkali kontemporer dan menuntut solusi yang inovatif (Masing & Aminatun, 2022; Sahertian & Hidayati, 2022).

Sadler (2011), terdapat lima langkah yang dapat dilakukan pada pembelajaran berkonteks SSI yaitu (1) *problem analysis*, (2) *clarification of the science*, (3) *refocus on the socio-scientific*, (4) *role-playing task*, dan (5) *meta-reflective activity*. Model pembelajaran ini akan melatih peserta didik untuk berpikir kritis. Hal ini terlihat pada sintaks *problem analysis* yang menyajikan isu sosio-saintifik. Tahapan tersebut membuat peserta didik berpartisipasi aktif berdiskusi dalam mencari solusi yang tepat dari suatu masalah. Sementara itu, pada sintaks *clarification of the science*, guru membantu peserta didik memahami isu dari sudut pandang sains sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari. Hal ini dapat membantu peserta didik untuk bertukar ide dan menganalisis bersama mengenai masalah yang diberikan oleh guru (Khasanah & Setiawan, 2022). Sintaks *refocus on the socio-scientific*, peserta didik memfokuskan perhatian pada isu yang disajikan, dimana peserta didik dituntut untuk menyusun keputusan dan tindakan. Sintaks *role-playing task* peserta didik berperan dalam diskusi dan peran, direalisasikan berupa debat, presentasi dan unjuk kerja (membuat proyek). Melalui

kegiatan tersebut kemampuan kognitif dan kreatifitas peserta didik akan difasilitasi, sehingga mampu berpikir secara sistematis dalam merumuskan konsep dan argumen (Sutoyo et al., 2023). Sintaks *meta-reflective activity* peserta didik didorong untuk merefleksikan pengalaman secara keseluruhan selama pembelajaran. Refleksi di akhir mampu meningkatkan rasa percaya diri khususnya dalam mengemukakan dan bertukar pendapat saat diskusi serta menanggapi pertanyaan. Subiantoro & Treagust (2021) menyatakan terdapat pengaruh signifikan rasa percaya diri terhadap kemampuan berpikir kritis.

Pembelajaran dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI dapat diterapkan dengan baik di sekolah, dengan membutuhkan aspek-aspek yang mendukung. Penelitian yang dilakukan Stohlmann et al. (2012) mengungkapkan ada empat aspek yang mendukung pembelajaran, salah satunya terkait dengan sarana dan prasarana, misalnya bahan ajar. Bahan ajar dapat mempermudah penyampaian materi bagi guru (Angraini et al., 2022; Al-Azri & Al-Rashdi, 2014). Keterbatasan jam pelajaran yang hanya 3 x 40 menit pada tiap minggunya, menuntut peserta didik untuk belajar mandiri. Selain itu, kurangnya bahan ajar bagi guru dan sumber belajar peserta didik menjadi alasan pentingnya mengembangkan bahan ajar.

Maka dari itu, bahan ajar yang dapat menjadi alternatif adalah modul pembelajaran.

Modul pembelajaran adalah suatu bahan ajar yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran dengan menyajikan informasi, aktivitas, tugas, dan evaluasi secara terstruktur dan terorganisir (Maziyah & Hidayati, 2022). Modul digunakan untuk membantu melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik yaitu dengan mengintegrasikan indikator-indikator berpikir kritis pada modul (Salsabila & Kholiq, 2021; Silaban & Akbar, 2023; Susana et al., 2015). Modul dapat memberi banyak manfaat, diantaranya adalah mudah untuk digunakan dalam menyampaikan materi, memberikan tugas dan melakukan penilaian (Budiastuti, 2021).

Berkaitan dengan bahan ajar, Subiantoro dan Fatkhurohman (2009) mengidentifikasi munculnya keterampilan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran biologi menggunakan media koran dengan isu penipisan lapisan ozon dan membangun tanpa gas rumah kaca. Penelitian Herlanti, *et.al* (2012) mengungkapkan adanya pencapaian level argumentasi tertinggi pada diri mahasiswa dari diskusi isu terkait lingkungan, mengingat lingkup persoalan lingkungan sangat berkaitan dengan kehidupan sehari-hari yang tidak sekadar melibatkan pengetahuan, tetapi

juga memerlukan sikap dan keterampilan untuk menyikapi dan menyelesaikan masalah lingkungan yang ada. Dengan demikian, materi yang sesuai diterapkan pada pendekatan STEM terintegrasi *Socio Scientific issues* adalah ekosistem dan perubahan lingkungan.

Berdasarkan kajian pustaka yang sudah dilakukan, Utami *et al.* (2018), Sugianto *et al.* (2018), Tripripa *et al.* (2020) dan Almuharomah *et al.* (2019), telah mengembangkan modul dengan pendekatan STEM, untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Septiningrum *et al.* (2021), Shoba *et al.* (2022), Pratiwi dan Peniati (2022), Yudha dan Zuhaida (2022), dalam penelitiannya mengungkapkan bahan ajar terintegrasi model *Socio Scientific Issues* (SSI) berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Nava dan Prasetyo (2018), Siribunnam *et. al.* (2018), Dominguez dan Barajas (2021) dalam pnelitiannya mengungkapkan pembelajaran SSI dan STEM jika dikombinasikan akan berpengaruh secara signifikan terhadap ketrampilan berpikir kritis, literasi sains dan beberapa keterampilan lainnya.

Penelitian yang menggabungkan antara STEM dan SSI terbatas pada jenis kuantitatif dan kuasi eksperimen. Belum ditemukan jenis penelitian *Research and Development* (RnD) yang mengkombinasikan STEM dan SSI kedalam bentuk modul atau bahan ajar lainnya. Berdasarkan analisis tersebut, maka

diajukan judul penelitian “pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik”.

B. Identifikasi Masalah

1. Keterampilan berpikir kritis peserta didik MA Fathul Hidayah Lamongan pada indikator membuat kesimpulan, memberikan penjelasan lanjut, memberikan penjelasan sederhana dan membangun keterampilan dasar masih perlu dilatih.
2. Keterbatasan sumber belajar yang ada di MA Fathul Hidayah Lamongan.

C. Pembatasan Penelitian

1. Modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik
2. Modul yang akan dikembangkan mencakup materi ekosistem dan perubahan lingkungan.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana desain modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik?
2. Bagaimana kelayakan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik?

E. Tujuan Pengembangan

1. Mendesain modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue*, untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Menganalisis kelayakan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.

F. Manfaat Pengembangan

1. Manfaat teoritis
 - a. Memperkaya khasanah keilmuan, terlebih pada inovasi dalam bahan ajar Biologi.
 - b. Memberikan kontribusi ilmu pengetahuan berupa tambahan sumber belajar, yaitu pengembangan produk berupa modul Biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Manfaat praktis
 - a. Bagi peserta didik
 - 1) Menjadi salah satu sumber belajar yang mendukung peserta didik dalam belajar mandiri karena dapat diakses dimana saja dan kapan saja.
 - 2) Menjadi salah satu sumber belajar yang dapat memberdayakan keterampilan berpikir kritis peserta

didik karena didalamnya terdapat soal-soal yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis.

b. Bagi guru

- 1) Memberi kemudahan kepada guru dan memperbanyak referensi dalam menyampaikan materi Biologi.
- 2) Membantu guru dalam memberikan *asesmen* kepada peserta didik untuk melatih keterampilan berpikir kritis.
- 3) Membantu guru dalam memberikan bahan ajar yang dapat membantu proses belajar mandiri peserta didik.
- 4) Menambah bahan ajar biologi sehingga bahan ajar yang digunakan lebih bervariasi.

c. Bagi sekolah

Meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dengan penggunaan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.

d. Bagi peneliti

Menambah pengetahuan dan pengalaman langsung tentang pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue*.

G. Asumsi Pengembangan

1. Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* dapat digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Modul yang dikembangkan memuat alur tujuan pembelajaran yang dikembangkan dari capaian pembelajaran sehingga menghasilkan tujuan pembelajaran yang sesuai.
3. Soal-soal yang dikembangkan didalam modul telah memenuhi indikator berpikir kritis.
4. Modul biologi yang dikembangkan dapat digunakan oleh seluruh peserta didik biologi tanpa memandang latar belakang dan tingkat akademik yang berbeda.
5. Modul dapat digunakan secara mandiri.
6. Redaksi kalimat dalam modul yang dikembangkan jelas, tidak menimbulkan penafsiran ganda.
7. Membantu peserta didik menghilangkan rasa jenuh dalam belajar karena dilengkapi dengan gambar dan warna yang bervariasi.

H. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

1. Produk akhir hasil pengembangan adalah berupa modul biologi cetak A4.
2. Didesain menggunakan aplikasi canva.

3. Muatan modul biologi kelas X berisi materi ekosistem yang meliputi menganalisis komponen-komponen ekosistem, interaksi antar komponen ekosistem, menganalisis daur biogeokimia, menganalisis perubahan ekosistem, menelaah produktivitas ekosistem dan pada materi perubahan lingkungan yang mencakup mengidentifikasi pencemaran udara dan tanah menganalisa macam-macam limbah dan upaya mengatasi masalah lingkungan.
4. Bagian awal modul (sampul, kata pengantar, petunjuk penggunaan modul, daftar isi)
5. Bagian isi
 - a. Peta konsep
 - b. Menganalisis permasalahan *sosio scientific issue* dengan mengangkat materi pokok ekosistem dan perubahan lingkungan.
 - c. Menganalisis solusi dari permasalahan permasalahan *sosio scientific issue* kedalam pendekatan STEM (sains, teknologi, Teknik, dan matematika).
6. Bagian akhir
 - a. Asesmen, menganalisis permasalahan yang berhubungan dengan materi ekosistem dan perubahan lingkungan dan mencari solusi jawaban pertanyaan melalui 4 komponen STEM.

- b. Profil peneliti.
- 7. Modul biologi dilengkapi dengan gambar pendukung dan warna untuk memudahkan peserta didik dalam memahami materi.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Modul sebagai bahan ajar

a. Model Pengertian modul

Modul merupakan bahan ajar bagi peserta didik yang disusun sebagai penunjang belajar mandiri (Septiningrum et al., 2021; Prawiradilaga dan Chaeruman, 2018). Modul adalah paket atau program belajar mengajar, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, sampai ke evaluasi terhadap dampak hasil pelaksanaan (Rahardi, 2005). Definisi lain modul adalah suatu paket pengajaran yang berkenaan dengan satu unit terkecil bertahap dari suatu pelajaran tertentu. Adapun maksud bertahap, sebab modul dipelajari secara individual dari satu sub bab ke sub bab lainnya (Belawati, 2003). Jika disimpulkan, modul adalah suatu paket pengajaran yang berisi dari beberapa sub bab yang dipersiapkan untuk proses belajar mandiri.

Fungsi modul adalah mengatasi kelemahan sistem pengajaran yang masih tertinggal, meningkatkan motivasi belajar, meningkatkan kreativitas pendidik dalam mempersiapkan pembelajaran personal, mewujudkan prinsip kemajuan berkelanjutan, mewujudkan pembelajaran yang terfokus (Hayudiyani et al., 2017). Modul tidak serta merta

dibuat dan dikembangkan tanpa memiliki tujuan. Salah satu tujuan yang paling umum disusunnya modul yakni, modul mampu memudahkan guru dalam menyampaikan materi dan peserta didik juga mudah dalam belajar mandiri maupun dengan bimbingan guru (Pane & Dasopang, 2017).

b. Karakteristik modul

Menurut (Depdiknas, 2006) modul memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) *Self instructional*, merupakan karakteristik yang memungkinkan pelajar dapat belajar secara mandiri.
- 2) *Self contained*, merupakan karakteristik modul yang memuat utuh seluruh materi pembelajaran yang dibutuhkan. Sehingga peserta didik dapat belajar tuntas sampai akhir pembelajaran.
- 3) *Stand alone* (berdiri sendiri), merupakan karakteristik modul yang tidak bergantung pada bahan ajar lain.
- 4) Adaptif, modul harus dapat menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga modul tetap up to date.
- 5) *User friendly*, modul harus fleksibel yaitu bersifat mempermudah peserta didik dalam menyerap ilmu pengetahuan, salah satunya adalah dengan memakai bahasa yang mudah dimengerti.

c. Kelebihan dan kelemahan modul

Menurut (Lasmiyati & Harta, 2014) modul memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu diperhatikan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan modul

No	Kelebihan	Kekurangan
1)	Mudah digunakan, di bawa dan di akses tanpa membutuhkan jaringan internet.	Mudah sobek dan rusak, tidak awet.
2)	Modul ditetapkan tujuan pembelajaran yang jelas sehingga kinerja peserta didik belajar terarah dalam mencapai tujuan pembelajaran.	Interaksi antar peserta didik berkurang sehingga perlu jadwal tatap muka atau kegiatan kelompok
3)	Modul yang didesain menarik, mudah untuk dipelajari, dan dapat menjawab kebutuhan tentu akan menimbulkan motivasi peserta didik untuk belajar.	Pendekatan tunggal menyebabkan monoton dan membosankan karena itu perlu permasalahan yang menantang, terbuka dan bervariasi,
4)	Modul bersifat fleksibel karena materi modul dapat dipelajari oleh peserta didik dengan cara dan kecepatan yang berbeda.	Kemandirian yang bebas menyebabkan peserta didik tidak disiplin dan menunda mengerjakan tugas karena itu perlu membangun budaya belajar dan batasan waktu.
5)	Remidi dapat dilakukan karena modul memberikan kesempatan yang cukup bagi peserta didik untuk dapat menemukan sendiri kelemahannya berdasarkan evaluasi yang diberikan	Perencanaan harus matang, memerlukan kerjasama tim, memerlukan dukungan fasilitas, media, sumber dan lainnya,

Sumber: (Harta et al., 2014)

Penerapan modul pada pembelajaran, harus memperhatikan kemajuan jiwa religious peserta didik. Tanpa memperhatikan perkembangan jiwa religious, guru akan kesulitan dalam mencapai kesuksesan belajar. Firman Allah SWT dalam surat An-Nahl ayat 125 yaitu:

أَدْعُ إِلَى سَبِيلِ رَبِّكَ بِالْحُكْمَةِ وَالْمَوْعِظَةِ الْحَسَنَةِ وَجَادِلْهُمْ بِالَّتِي هِيَ أَحْسَنُ إِنَّ رَبَّكَ هُوَ أَعْلَمُ بِمَنْ ضَلَّ عَنْ سَبِيلِهِ وَهُوَ أَعْلَمُ بِالْمُهْتَدِينَ ﴿١٢٥﴾

Artinya: *"Serulah (manusia) ke jalan Tuhanmu dengan hikmah dan pengajaran yang baik serta debatlah mereka dengan cara yang lebih baik. Sesungguhnya Tuhanmu Dialah yang paling tahu siapa yang tersesat dari jalan-Nya dan Dia (pula) yang paling tahu siapa yang mendapat petunjuk"*.

Tafsir Al-Quran Hidayatul Insan mengatakan

- 1) Jalan tuhanmu, lurus di dalamnya mengandung pengetahuan yang berguna dan perbuatan amal yang baik dan sholeh.
- 2) Hikmah; berarti tepat sasaran yakni dengan melaksanakan sesuatu pada tempatnya. Contoh yang termasuk ke dalam hikmah adalah berdakwah dengan ilmu, dengan membuat permissalan, dan kelembutan dan kehalusan.
- 3) Pelajaran yang baik: yakni nasehat yang baik dan kata-kata yang menyentuh. Termasuk menyuruh dan melarang melalui targhib (dorongan) dan tarhib.

- 4) Bawalah mereka dengan cara yang baik; Jika orang yang didakwahi menyangkal maka bantahlah dengan cara yang baik; yaitu cara yang dapat membuat orang tersebut mau mengikuti secara akal maupun dalil. Termasuk dengan menggunakan dalil yang diyakininya karena hal itu dapat mencapai maksud yang diinginkannya, dan janganlah sampai pada perdebatan dan mengarah pada pertengkaran serta cacik-maki yang dapat menghilangkan maksud tujuan, bahkan tujuannya adalah untuk menyadarkan orang tentang kebenaran, bukan untuk mengalahkan atau semisalnya.

Menurut interpretasi yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa keuntungan penggunaan modul dalam pendidikan harus mempertimbangkan fitur positif dari pesan yang disampaikan dan penggunaan bahasa yang sopan. Teknik tersebut digunakan untuk menyampaikan pesan dengan cara yang dapat diterima oleh peserta didik. Guru harus mampu menjelaskan konsep kepada peserta didiknya. bahan ajar yang digunakan tidak perlu mahal, melainkan dapat memanfaatkan media yang sudah tersedia dengan baik dan berfungsi sebagai saluran komunikasi. Peserta didik dapat memastikan bahwa materi pelajaran diterima dan dipahami seefektif mungkin (Wijaya et al., 2021).

2. Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM)

a. Pengertian dan karakteristik pendekatan STEM

Pendekatan adalah suatu proses atau cara guna mencapai suatu tujuan dalam pembelajaran. Sumaya et al. (2021) mengatakan pendekatan pembelajaran adalah sudut pandang pembelajaran. Pendekatan pembelajaran dirumuskan sesuai dengan teori belajar dan prinsip pembelajaran, kemudian mendeskripsikan komponen pendekatan dalam rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP). Pendekatan pembelajaran dibagi menjadi dua jenis yaitu pendekatan yang berorientasi pada peserta didik dan pendekatan yang berorientasi pada guru (Prasadi et al., 2020). Penelitian ini berfokus pada penerapan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

STEM merupakan akronim dari *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Istilah ini pertama kali diluncurkan oleh *National Science Foundation* (NSF) Amerika Serikat (AS) pada tahun 1990-an sebagai tema gerakan reformasi pendidikan untuk menumbuhkan angkatan kerja ahli bidang STEM, serta mengembangkan warga negara yang melek STEM (*STEM literate*), serta meningkatkan daya saing global Amerika Serikat dalam inovasi iptek (Hanover, 2011).

Empat disiplin STEM adalah Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika dan dapat diringkas sebagai berikut.

- 1) Sains memungkinkan kita untuk mengembangkan minat dan pemahaman tentang dunia kehidupan, materi, dan fisik serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, penelitian, penyelidikan kritis, dan eksperimen.
- 2) Teknologi mencakup berbagai bidang yang melibatkan penerapan pengetahuan, keterampilan, dan berpikir komputasi untuk memperluas keterampilan manusia dan membantu memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia.
- 3) *Engineering* adalah keterampilan dan pengetahuan untuk mendesain dan mengkonstruksi peralatan dan proses yang bermanfaat untuk memecahkan masalah dunia nyata.
- 4) Matematika membekali kita dengan keterampilan yang diperlukan untuk menafsirkan dan menganalisis informasi, menyederhanakan dan menyelesaikan masalah, menilai risiko, membuat keputusan berdasarkan informasi dan memahami lebih lanjut dunia di sekitar kita melalui pemodelan masalah abstrak dan konkret (*Department of Education and Skills, 2011*).

Torlakson (2014) percaya bahwa dari keempat ilmu ini merupakan kombinasi harmonis dari masalah yang muncul di dunia nyata kemudian, pembelajaran ini berfokus pada

penyelesaian masalah dalam kehidupan sehari-hari. STEM menciptakan sistem pembelajaran aktif karena keempat aspek tersebut diperlukan pada waktu yang bersamaan untuk menyelesaikan masalah, solusi tersebut juga menunjukkan bahwa peserta didik dapat menyatukan konsep abstrak dari semua aspek (Khairiyah, 2019).

b. Kelebihan dan kekurangan pendekatan STEM

Pendekatan STEM juga memiliki kelebihan, yaitu. 1) Menumbuhkan pemahaman tentang hubungan antara prinsip, konsep, dan keahlian suatu disiplin ilmu tertentu. 2) Membangkitkan rasa ingin tahu peserta didik dan mengaktifkan imajinasi kreatif dan berpikir kritis. 3) Membantu peserta didik untuk memahami dan bereksperimen dengan proses ilmiah. 4) Mendorong kolaborasi pemecahan masalah dan saling ketergantungan dalam kerja kelompok, Membangun pengetahuan aktif dan ingatan melalui pembelajaran mandiri. 6) Mengembangkan hubungan antara berpikir, bertindak dan belajar. 7) Mengembangkan keterampilan peserta didik untuk menerapkan ilmu yang telah dipelajarinya (Becker & Park, 2011).

Adapun kekurangan dalam penerapan model pembelajaran STEM adalah sebagai berikut. 1) Membutuhkan waktu yang lama untuk menyelesaikan masalah. 2) Peserta didik yang lemah dalam eksperimen dan pengumpulan

informasi akan mengalami kesulitan. 3) Ada kemungkinan peserta didik yang kurang aktif dalam kerja kelompok. 4) Jika topik setiap kelompok berbeda, peserta didik mungkin tidak dapat memahami topik secara keseluruhan (Layla et al., 2021).

3. ***Socio Scientific Issue (SSI)***

a. Pengertian model SSI

Socio Scientific Issues (SSI) dapat dicirikan dengan segala sesuatu yang kontroversial, relevan secara sosial, menjadi permasalahan nyata dunia dan dapat dikaji oleh sains (Sadler, 2007). *Socio Scientific Issues (SSI)* merupakan model pembelajaran yang melibatkan penggunaan topik ilmiah dengan menuntut peserta didik untuk terlibat dalam dialog, diskusi, dan debat. Biasanya materi yang dibahas berupa hal yang kontroversial di alam, hal itu dapat menarik minat belajar bagi peserta didik (Zeidler dan Nichols, 2009). SSI bertujuan untuk menstimulasi perkembangan intelektual, moral dan etika serta kesadaran perihal hubungan antara sains dengan kehidupan sosial (Zeidler, 2002).

b. Sintaks SSI

Menurut Sadler (2007), ada lima langkah yang dapat dilakukan pada pembelajaran berkonteks SSI yaitu: 1) *problem analysis* pada langkah ini peserta didik disajikan dengan isu sosiosaintifik yang akan dibahas melalui laporan media atau strategi lain yang relevan untuk mengambil isu tersebut. 2)

clarification of the science Guru membantu peserta didik memahami isu dari sudut pandang sains sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari. 3) *refocus on the socio-scientific* Peserta didik memfokuskan perhatian pada isu dan masalah sosial yang terkait dengan isu tersebut yang dapat menimbulkan kontroversi. 4) *role-playing task* Peserta didik mengambil peran untuk terlibat dalam diskusi SSI. Peran dapat berupa diskusi, unjuk kerja, presentasi ataupun debat mengenai isu yang dibahas. 5) *meta-reflective activity* Peserta didik didorong untuk merefleksikan (mengkonstruksi) pengalaman secara keseluruhan dan dikaitkan dengan isu yang dibahas serta mengaitkannya dengan sains.

c. Kelebihan dan Kekurangan Pembelajaran SSI

Adapun keuntungan yang diperoleh dari menerapkan pembelajaran berbasis SSI diantaranya.

- 1) Membantu peserta didik dalam melatih pemikiran tingkat tinggi, menumbuhkan keterampilan berpikir kritis sehingga penting untuk menyediakan lingkungan dimana peserta didik terlibat dalam diskusi dan refleksi yang mempengaruhi perkembangan kognitif dan moral (Anderson & Krathwohl, 2001; Bloom, 1980).
- 2) Membantu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik untuk, mengambil keputusan terhadap isu yang

terjadi di masyarakat dengan mempertimbangkan nilai-nilai pribadi, etika dan pertimbangan sosial lainnya.

- 3) Membantu mengembangkan keterampilan sosial seperti pengambilan keputusan, negosiasi, komunikasi lisan dan tertulis, kepercayaan diri dan kerja sama dalam tim (Zeidler & Nichols, 2009).

Salah satu kelemahan menggunakan pembelajaran SSI yaitu ada kemungkinan terdapat peserta didik yang tidak aktif selama diskusi (Alma, 2012). Peserta didik yang cenderung kurang aktif dan pasif dalam pembelajaran dapat disebabkan karena rendahnya partisipasi dan antusias peserta didik (Badih et al., 2020). Penerapan pembelajaran dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* (SSI) yang ditambahkan dengan penggunaan modul bertujuan agar materi mudah dipahami dimana modul tersebut berisi artikel isu sains, gambar, dan penjelasan yang menjelaskan hubungan materi ekosistem dan perubahan lingkungan dengan dilengkapi solusi dalam setiap kegiatan pembelajaran dengan penggunaan yang fleksibel (Adah et al., 2022).

4. Keterampilan berpikir kritis

a. Definisi Keterampilan Berpikir Kritis

Beyer (1995) mendefinisikan berpikir kritis merupakan keterampilan membuat penilaian-penilaian yang masuk akal. Dasar pemikiran Bayer adalah pandangan bahwa

segala sesuatu memiliki kualitas dan harus dianalisis dengan pemikiran sungguh-sungguh. Keterampilan berpikir kritis adalah kecenderungan untuk melakukan asesmen terhadap kesimpulan berdasarkan bukti (Eggen & Kauchak, 2012). Menurut Fisher (2008), berpikir kritis adalah interpretasi dan evaluasi yang terampil serta aktif terhadap observasi, komunikasi, informasi maupun argumentasi.

b. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Menurut Ennis (1985), indikator keterampilan berpikir kritis terdiri dari 5 indikator yang disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 indikator keterampilan berpikir kritis

Indikator	Rincian
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Memfokuskan pertanyaan 1) Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk menentukan jawaban Menganalisis argumen 1) Mengidentifikasi kesimpulan 2) Mengidentifikasi alasan yang dikemukakan 3) Mencari persamaan dan perbedaan Bertanya dan menjawab suatu penjelasan atau tantangan 1) Dapatkah kamu mengatakan sesuatu tentang hal tersebut? 2) Apa faktanya?
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	Menyesuaikan dengan sumber 1) Kesesuaian antara beberapa sumber

Indikator	Rincian
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	2) Keterampilan memberikan alasan Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi
	1) Terlibat dalam menyimpulkan 2) Bukti-bukti kuat Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi
	1) Kondisi yang logis 2) Menafsirkan suatu pernyataan Menginduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi
	1) Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan 2) Memberikan kriteria alasan dalam membuat asumsi. Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
	1) Menyesuaikan, menimbang dan memutuskan. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkannya
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	1) Bentuk sinonim dan klasifikasi 2) Menentukan tindakan Mengidentifikasi asumsi
	1) Alasan-alasan yang tidak dikemukakan 2) Memerlukan asumsi Menentukan tindakan
Menyusun strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	1) Mendefinisikan masalah 2) Merumuskan solusi alternatif 3) Meninjau kembali, mendapatkan sejumlah total situasi dan menentukannya.

Indikator	Rincian
	Berinteraksi dengan orang lain
	1) Strategi logika
	2) Retorika logika

c. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keterampilan Berpikir Kritis

Menurut Rubenfeld (2005), faktor-faktor yang mempengaruhi keterampilan berpikir kritis sebagai berikut

1) Model pembelajaran

Penggunaan model pembelajaran yang sesuai merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keterampilan berpikir kritis dan menjadi penentu keberhasilan dalam kegiatan pembelajaran yang dilakukan oleh guru.

2) Menganalisis informasi pada soal

Peserta didik yang belum terbiasa menganalisis informasi pada soal dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritisnya. Hal ini terjadi karena peserta didik tidak mengetahui apakah informasi yang ada dalam soal dapat digunakan dalam penyelesaian masalah atau tidak.

3) Kondisi fisik

Kondisi fisik dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis seseorang. Ketika seseorang sedang sakit dan dihadapkan dengan kondisi yang menuntut untuk berpikir dalam memecahkan masalah, maka tentu hal tersebut akan

mempengaruhi pikiran dan tidak dapat berkonsentrasi dengan baik. Indikator kondisi fisik yaitu 1) badan sehat dan tidak mudah lelah; 2) tidak mudah mengantuk; 3) kesehatan panca indera (mata dan telinga) normal.

4) Motivasi diri

Motivasi merupakan upaya untuk menimbulkan dorongan maupun rangsangan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Indikator motivasi yaitu 1) kemauan yang kuat untuk melakukan sesuatu; 2) gigih dalam menghadapi kesulitan; 3) dapat mempertahankan pendapat.

5) Kecemasan

Kecemasan dapat mempengaruhi kualitas pemikiran seseorang dan menurunkan berpikir kritis seseorang. Indikator kecemasan yaitu 1) secara kognitif, peserta didik sulit konsentrasi; 2) secara motorik, rasa gugup, 3) secara somatik, reaksi fisik karena rasa gugup seperti berkeringat dan gangguan pernafasan; 4) secara afektif, emosi peserta didik tidak stabil dan mudah tersinggung.

6) Kebiasaan dan rutinitas

Rubinfeld (2006) menyatakan bahwa kebiasaan dan rutinitas yang tidak baik dapat menghambat pengkajian ide baru. Indikator kebiasaan yaitu 1) belajar teratur setiap hari; 2) menyiapkan keperluan belajar; 3) hadir di kelas sebelum pelajaran dimulai.

7) Perkembangan intelektual

Perkembangan intelektual berhubungan dengan kecerdasan seseorang untuk menyelesaikan persoalan. Indikator perkembangan intelektual yaitu 1) memiliki rasa ingin tahu; 2) mandiri dalam berpikir; dan 3) keterampilan memecahkan masalah.

Hakikatnya berpikir salah satu rahmat dan karunia dari Allah SWT untuk hamba-Nya. Allah SWT menaikkan derajat atau kedudukan manusia dari semua ciptaan-Nya (Hassoubah, 2007). Banyak ayat Al-Quran secara tegas atau tersirat menyampaikan pesan dan mengajak akal untuk berpikir dan menjadikan berpikir sebagai suatu kewajiban bagi umat muslim (Ash-Shallabi, 2014). Firman Allah mengenai keutamaan berpikir telah dituliskan dalam QS. Ali Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولَى الْأَلْبَابِ ۚ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ ۖ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَٰذَا
بَاطِلًا ۖ سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۚ ١٩١

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (190). (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami,

tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia”; Maha suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” (Departemen Agama RI, 2010).

Istilah *ulul-albab* berasal dari dua kata yaitu *ulu* dan *al-albab*. Ulu merupakan bentuk jamak yang memiliki makna *zawu* (mereka yang mempunyai), sedangkan kata *al-albab* bentuk jamak dari *lubb* artinya saripati sesuatu. Saripati tersebut diibaratkan dengan kacang, misalnya mempunyai kulit yang menutupi isinya. Isi kacang dinamai *lubb*. *Ulul-albab* merupakan orang-orang berakal murni yang tidak diselubungi oleh kulit yakni kabut ide, yang bisa melahirkan kerancuan dalam berpikir (Shihab, 2002).

Menurut Ibnu Katsir Qs. Ali Imran ayat 190- 191 merupakan kelompok ayat penutup yang menguraikan sekelumit dari penciptaan-Nya serta diperintahkan agar umatnya untuk berpikir. Tujuan surat ini membuktikan tentang tauhid, keesaan dan kekuasaan Allah SWT. Salah satu bukti kebenaran bahwa Allah SWT adalah adanya perintah kepada manusia untuk berpikir, karena sesungguhnya dalam penciptaan kejadian benda-benda angkasa terdapat tanda-tanda kemahakuasaan Allah bagi *ulul albab*, yakni orang-orang yang mempunyai akal yang murni atau biasa disebut orang intelek. Makna ayat 190 yaitu pada ketinggian dan keluasan langit dan kerendahan bumi, serta juga tanda-tanda

kekuasaan-Nya yang bisa dijangkau oleh indera manusia baik berupa bintang-bintang, laut, gunung dan lain-lain. Kemudian dengan hal tersebut dibalutlah silih bergantinya, panjang pendeknya malam dan siang. Semua itu adalah ketetapan Allah Swt Maha pengatur lagi penguasa atas segala hal. Sehingga diakhir ayat Allah Swt berfirman *“Terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (Ulul Albab)”*, yaitu mereka yang memiliki akal sempurna lagi bersih yang mengetahui hakikat segala hal secara jelas dan nyata. Makna ayat 191 Allah Swt menyifati tentang Ulul Albab: “yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring”. Maksudnya yaitu mereka tidak putus untuk terus berdzikir dalam semua keadaan, juga memahami apa yang terdapat diantara keduanya (langit dan bumi) dari kandungan hikmah menunjukkan keagungan, kekuasaan, keluasan ilmu, hikmah, pilihan-Nya juga rahmat-Nya (AlSheikh, 2003).

Berdasarkan ayat di atas dapat dipahami bahwasannya umat muslim diharuskan mampu berpikir kritis. Manusia diutus oleh sang pencipta untuk memikirkan alam semesta dengan memperhatikan ciptaan-Nya, karena demikian dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan manusia dan menambah rasa syukur manusia kepada Allah SWT (Ash-Shallabi, 2014). Hikmah yang dapat diambil dalam Qs. Ali Imran: 190-191 berkaitan pada tujuan pendidikan

diantaranya: pertama, menjadikan manusia orang yang berakal (*Ulul-albab*) yang didasari ilmu dan berpegang teguh pada agama (Iman). Bukan sekadar cerdas ratio namun juga cerdas emosi untuk bisa mengaplikasikan ilmunya, bertindak, serta memiliki kecerdasan spiritual dengan memperkokoh islam, iman dan ihsan. Kedua, mengantarkan akal agar terbiasa berpikir ilmiah dan objektif. Segala ciptaan Allah di alam semesta merupakan objek kajian materi untuk berpikir (Maziyah & Hidayati, 2022).

5. Analisis capaian pembelajaran materi ekosistem dan perubahan lingkungan

Materi ekosistem dan perubahan lingkungan merupakan salah satu materi pembelajaran pada mata pelajaran biologi yang dapat memfasilitasi peserta didik supaya dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis melalui sebuah eksperimen. Uraian ringkas materi akan disajikan pada Lampiran 3. Pendekatan yang di tuangkan dalam modul adalah pendekatan STEM yang dapat mempengaruhi keterampilan berpikir kritis peserta didik. Selain itu diperkuat dengan adanya *socio scientific issues* yang mengangkat permasalahan social ilmiah di kehidupan sehari-hari. Sehingga peserta didik akan lebih mudah memahami konsep materi ekosistem dan perubahan ilmiah. Berikut capaian pembelajaran pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Capaian Pembelajaran

Elemen	Capaian Pembelajaran
Penguasaan Konsep	Peserta didik memiliki keterampilan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya, virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.
Keterampilan Proses	1. Mengamati Mampu memilih alat bantu yang tepat untuk melakukan pengukuran dan pengamatan. Memperhatikan detail yang relevan dari objek yang diamati. 2. Mempertanyakan dan memprediksi Mengidentifikasi pertanyaan dan permasalahan yang dapat diselidiki secara ilmiah. Peserta didik menghubungkan pengetahuan yang telah dimiliki dengan pengetahuan baru untuk membuat prediksi. 3. Merencanakan dan melakukan penyelidikan Peserta didik merencanakan penyelidikan ilmiah dan melakukan langkah-langkah operasional berdasarkan referensi yang benar untuk menjawab pertanyaan. Peserta didik melakukan pengukuran atau membandingkan variabel terikat dengan menggunakan alat yang sesuai serta memperhatikan kaidah ilmiah. 4. Memproses, menganalisis data dan informasi Menafsirkan informasi yang didapatkan dengan jujur dan bertanggung jawab. Menganalisis menggunakan alat dan metode yang tepat, menilai relevansi informasi yang ditemukan dengan mencantumkan referensi rujukan, serta menyimpulkan hasil penyelidikan. 5. Mengevaluasi dan refleksi

Elemen	Capaian Pembelajaran
	Mengevaluasi kesimpulan melalui Mengevaluasi kesimpulan melalui perbandingan dengan teori yang ada. Menunjukkan kelebihan dan kekurangan proses penyelidikan dan efeknya pada data. Menunjukkan permasalahan pada metodologi dan mengusulkan saran perbaikan untuk proses penyelidikan selanjutnya.
6.	Mengkomunikasikan hasil Mengkomunikasikan hasil penyelidikan secara utuh termasuk di dalamnya pertimbangan keamanan, lingkungan, dan etika yang ditunjang dengan argumen, bahasa serta konvensi sains yang sesuai konteks penyelidikan. Menunjukkan pola berpikir sistematis sesuai format yang ditentukan

Modul yang dikembangkan memuat alur tujuan pembelajaran yang dikembangkan dari capaian pembelajaran sehingga menghasilkan tujuan pembelajaran yang sesuai. Berikut tujuan pembelajaran yang disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Analisis Tujuan Pembelajaran

Lingkup materi	Materi	Tujuan pembelajaran
Komponen ekosistem dan interaksi antar komponen.	Komponen ekosistem	Peserta didik mampu menguraikan peranan komponen-komponen ekosistem dalam aliran energi dan daur biogeokimia melalui kajian literatur dengan tepat.
	Interaksi antar komponen ekosistem	Peserta didik mampu mengaitkan interaksi antar komponen biotik dan komponen abiotik dalam

Lingkup materi	Materi	Tujuan pembelajaran
Perubahan dan Pelestarian Lingkungan Hidup	Piramida Ekologi dan Produktivitas Ekosistem	ekosistem melalui kegiatan pengamatan dengan tepat. Peserta didik mampu menganalisis tipe piramida ekologi dan produktivitas ekosistem melalui pengamatan gambar dengan tepat.
	Komponen Ekosistemku	Peserta didik mampu membuat 5 komponen ekosistemku melalui media terarium dan sejenisnya secara berkelompok.
	Keseimbangan dan Perubahan Lingkungan Hidup	Peserta didik mampu menganalisis dan mengemukakan gagasan terkait pemecahan masalah perubahan lingkungan melalui kegiatan diskusi dengan efektif.
	Pencemaran lingkungan hidup serta Upaya mengatasi masalah lingkungan	Peserta didik mampu menguraikan jenis-jenis limbah penyebab berbagai pencemaran serta upaya mengatasi masalah lingkungan melalui sumber bacaan yang disajikan dengan tepat.
	Penanganan Limbah	Peserta didik mampu menganalisis penanganan berbagai jenis limbah (cair, gas, padat, dan B3) melalui pengamatan lingkungan sekitar dengan tepat. Peserta didik mampu merancang daur ulang limbah yang dapat bermanfaat bagi kehidupan

Lingkup materi	Materi	Tujuan pembelajaran
	Akumulasi Bahan Pencemar dalam Rantai Makanan serta Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Lingkungan	melalui kegiatan proyek kelompok. Peserta didik mampu menganalisis Akumulasi Bahan Pencemar dalam Rantai Makanan (Biomagnifikasi) serta Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Lingkungan melalui kajian literatur dengan tepat.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

1. Penelitian Nurtamara et al. (2019) yang berjudul *"The importance socio-scientific issues of in biology learning preparing students as a 21st century society"*. Hasil analisis literatur *review* diperoleh dari penelitian-penelitian terkait SSI dalam pembelajaran biologi yang dilakukan pada tahun 2007-2017. Penelitian ini membahas 11 jurnal hasil penelitian SSI secara internasional dan 11 jurnal hasil penelitian SSI yang dilakukan di Indonesia. Hasil menyatakan SSI sangat direkomendasikan untuk diterapkan di Sekolah Menengah, Sekolah Menengah Atas, atau di Perguruan Tinggi, untuk penelitian masa depan guna mendorong keterampilan abad ke-21. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar yang dikembangkan saat ini, sehingga, penelitian yang akan

dikembangkan berupa modul dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Perbedaan pada penelitian yang dikembangkan yakni pada jenis penelitian dan persamaan pada penelitian yang dikembangkan yakni pada variabel x yang digunakan.

2. Penelitian Prasadi *et al.* (2020) yang berjudul “Penerapan Lembar Kerja Peserta didik Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dan Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik”. Lembar kerja peserta didik berbasis STEM dan kearifan lokal dapat diimplementasikan di kegiatan belajar mengajar terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar yang dikembangkan saat ini. Perbedaan penelitian terletak pada produk penelitian yang dikembangkan dan cakupan jenjang Pendidikan SMP yang dijadikan objek penelitian. Sedangkan persamaan penelitian terletak pada variabel x yang digunakan yakni pendekatan STEM.
3. Penelitian Septiningrum *et al.* (2021), yang berjudul “*Development of Biology Teaching Materials of Virus Based on SocioScientific Issues (SSI) to Improve Student's Critical Thinking Ability*” menyatakan bahwa bahwa modul biologi

berbasis SSI dapat membantu menjadi penghubung antara guru dan peserta didik serta dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sehingga dasar tersebut menjadi salah satu rujukan untuk mengembangkan modul biologi berbasis STEM terintegrasi SSI untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Perbedaan dengan penelitian yang dikembangkan terletak pada materi yang dicantumkan pada bahan ajar, sedangkan persamaan penelitian terletak pada variabel x yang digunakan yakni model SSI.

4. Penelitian Yaki (2022) yang berjudul *Fostering Critical Thinking Skills Using Integrated STEM Approach among Secondary School Biology Students*. Penelitian ini mengkaji materi pembelajaran STEM pada pembelajaran genetika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis biologi peserta didik sekolah menengah, dapat disimpulkan bahwa pendekatan STEM terpadu lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal tersebut menjadi rujukan dalam pengembangan bahan ajar yang dikembangkan saat ini, Perbedaan dengan penelitian sebelumnya, terletak pada model penelitian serta variabel bebas yang digunakan.
5. Penelitian Siska *et al.* (2022), yang berjudul “Strategi *Socio Scientific Issues* untuk Meningkatkan Keterampilan

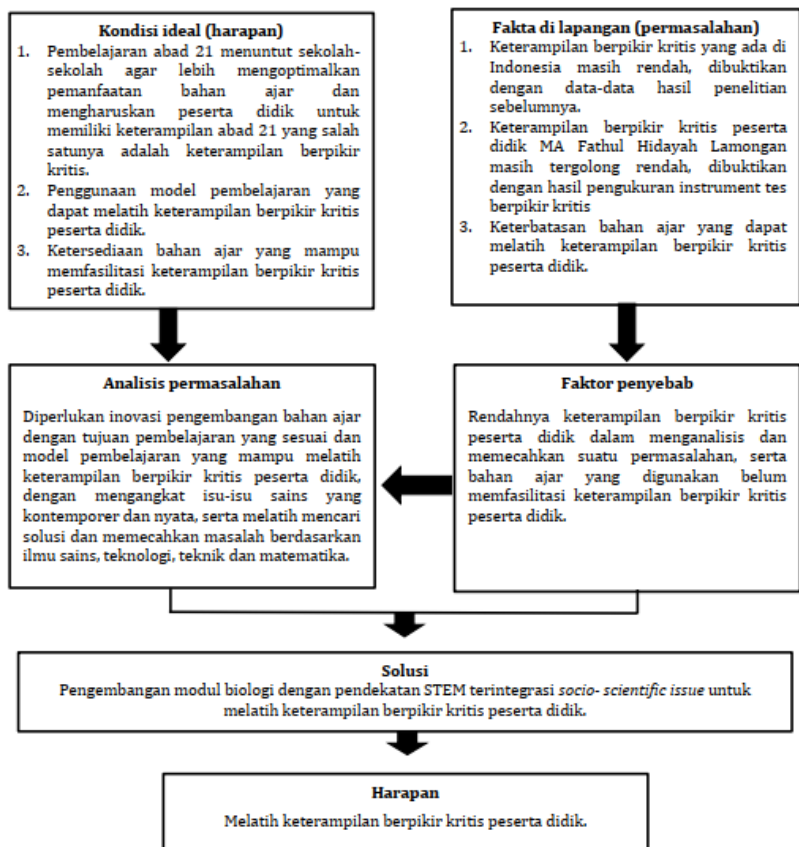
berpikir kritis Peserta didik pada Konsep Sistem Respirasi” menyatakan bahwa pembelajaran yang didasarkan pada permasalahan sosial sains dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan baik. Hal tersebut menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar yang dikembangkan saat ini, karena strategi pembelajaran *Socio Scientific Issues* yang diterapkan pada pembelajaran yang difokuskan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sama. namun penelitian tersebut belum melibatkan modul dan pendekatan STEM dalam pembelajaran, selain itu, keterbatasan pada materi sistem respirasi saja.

6. Penelitian Widiarti et al. (2022) yang berjudul *“Development STEM-Based Biotechnology Learning Tools to Practice Critical Thinking”*. Berdasarkan analisis data dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran biologi dan mampu melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik Hal tersebut menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar yang dikembangkan saat ini, karena pendekatan STEM yang diterapkan pada pembelajaran difokuskan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sama. namun

penelitian tersebut belum melibatkan model SSI dalam pembelajaran.

B. Kerangka Berpikir

Berdasarkan hasil analisis latar belakang dan kajian pustaka, berikut kerangka berpikir yang ditampilkan dalam bentuk bagan, berikut Gambar 2.1.



Gambar 2.1 kerangka berpikir

BAB III

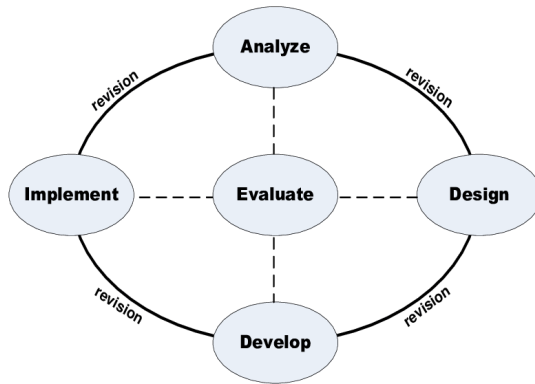
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R & D) yaitu metode penelitian untuk menciptakan produk dan dapat diuji keefektifannya (Sugiyono, 2019). Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang merupakan akronim dari *Analysis, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation* yang dicetuskan oleh Dick and Carry pada tahun 1996. Menurut Branch (2010), ADDIE merupakan model penelitian pengembangan yang cocok digunakan untuk membuat dan mengembangkan produk pembelajaran. Alasan penggunaan model ADDIE dalam penelitian ini yaitu, (1) memiliki tahapan yang saling berkaitan dan prosesnya terstruktur, sehingga pengembangan modul dapat dilakukan secara sistematis, dan (2) memiliki evaluasi di setiap akhir tahapannya, sehingga pengembangan modul dapat dilakukan perbaikan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.

A. Prosedur Pengembangan

Langkah pengembangan produk menggunakan model ADDIE dengan skema pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Skema model ADDIE
(Branch, 2009)

1. *Analysis* (Analisis)

Tahap analisis memiliki tujuan untuk mengidentifikasi probabilitas yang timbul akibat adanya ketidakseimbangan antara situasi nyata dengan situasi ideal (*performance gap*) (Branch, 2009). Tahap ini, dimulai dengan melakukan penyelidikan terhadap kebutuhan dan masalah peserta didik. Dilanjut dengan mengidentifikasi karakteristik peserta didik, kriteria sekolah, dan menganalisis tujuan pembelajaran untuk menentukan kompetensi yang perlu dimiliki peserta didik. Serta kondisi pembelajaran dan tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik.

a. Melakukan Validasi Kesenjangan Kinerja

Analisis kesenjangan dilakukan untuk memperoleh permasalahan yang dialami peserta didik. Hal yang perlu dipersiapkan yakni konsep yang berkaitan dengan masing-

masing fase ADDIE. Validasi dilakukan dengan mengambil data awal terkait kurikulum, tujuan pembelajaran, sistem belajar, karakteristik peserta didik, kondisi, fasilitas sekolah, konsep dan situasi pembelajaran terkini serta hal-hal lain yang dibutuhkan menggunakan lembar observasi langsung dan lembar pedoman wawancara.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang disajikan pada Lampiran 4, terdapat 66% peserta didik mengaku sulit dalam memahami materi biologi. Hal tersebut dikarenakan buku biologi yang digunakan belum banyak variasi seperti warna dan gambar, sehingga membuat peserta didik kurang tertarik dan antusias dalam belajar. Menurut Silaban & Akbar (2023), rendahnya kemampuan berpikir kritis disebabkan oleh siswa yang sulit dalam memahami materi dan cenderung menghafal.

Sebanyak 80% peserta didik menyatakan bahwa dalam kegiatan pembelajaran tidak banyak melakukan observasi dan eksperimen. Nugraha (2008) menyatakan, pemberdayaan keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan melalui kegiatan pengamatan. Peserta didik akan diarahkan untuk berpikir secara sistematis yang meliputi keterampilan untuk mengobservasi, menganalisis, membuat hipotesis, dan menyimpulkan. Sementara itu, 65% peserta didik mengatakan tidak banyak memperoleh informasi di luar konteks materi

pelajaran, seperti isu-isu seputar sains dan pemanfaatan teknologi. Hal tersebut dikarenakan bahan ajar yang mereka gunakan belum memfasilitasi pengetahuan mengenai *Socio-scientific issue* dan STEM.

Pembelajaran biologi yang selama ini diajarkan pada peserta didik hanya melalui buku teks yang isinya lebih dominan teori dari pada praktik. Oleh sebab itu, penting untuk merancang bahan ajar yang dapat merangsang peserta didik agar lebih terlibat dan memahami konsep biologi, dengan mengaitkan isu-isu sains yang berkaitan di kehidupan mereka, serta mencari solusi dengan berbagai sudut pandang STEM (sains, teknologi, teknik, matematika) yang akan mengantarkan mereka mengenal perkembangan sains dan teknologi saat ini. Perkembangan teknologi harus diimbangi dengan kemampuan sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas, dan memiliki keterampilan berpikir kritis sehingga mampu menyelesaikan permasalahan yang ditimbulkan oleh kemajuan IPTEK. Keterampilan berpikir kritis akan mempengaruhi setiap tindakan yang diambil dalam memecahkan masalah, mengembangkan, mengelola, dan memanfaatkan teknologi secara bijaksana.

Analisis karakteristik peserta didik ditinjau dari hasil observasi, banyak peserta didik yang pasif dalam bertanya maupun mengutarakan pendapat pada kegiatan diskusi yang

dilakukan setelah presentasi. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru pada Lampiran 5, peserta didik akan lebih aktif berdiskusi jika disajikan permasalahan sains yang berkaitan pada kehidupan mereka, serta adanya isu sains yang mengundang *pro* dan *kontra*. Guru menyatakan 40% peserta didik memiliki gaya belajar kinestetik. Hasil analisis gaya belajar peserta didik sudah terfasilitasi oleh guru hanya visual melalui membaca buku dan melihat gambar serta auditori melalui kegiatan ceramah, sementara itu, gaya belajar kinestetik melalui kegiatan praktikum dan observasi jarang dilakukan.

Ketersediaan fasilitas sekolah dalam menunjang pembelajaran, hasil observasi menunjukkan bahwa MA Fathul Hidayah Lamongan memiliki keterbatasan fasilitas, seperti belum tersedianya alat proyektor sehingga menghambat pembelajaran yang memerlukan tayangan visual. Berdasarkan hasil observasi di perpustakaan sekolah diketahui tidak banyak terdapat buku bacaan seputar sains khususnya biologi. Peraturan yang tidak memperbolehkan peserta didik membawa gawai dan keterbatasan dalam mengakses laboratorium komputer, menyebabkan peserta didik kekurangan sumber belajar yang dapat diakses selain buku teks. Maka dari itu, modul dikembangkan dengan tujuan menciptakan bahan ajar dan sumber belajar bagi peserta didik.

Analisis tujuan pembelajaran merupakan langkah yang diperlukan untuk menentukan kemampuan atau kompetensi yang perlu dimiliki oleh peserta didik. Langkah yang dilakukan yakni, merumuskan tujuan pembelajaran yang telah ditentukan, dapat dilihat pada Tabel 2.3. Analisis materi atau konsep merupakan bentuk identifikasi terhadap materi agar relevan dengan pengembangan bahan ajar. Analisis dilakukan dengan metode studi pustaka. Tujuan dari analisis konsep materi pembelajaran adalah untuk mengidentifikasi bagian-bagian utama materi yang akan diajarkan dan disusun secara sistematis. Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI menggunakan materi kelas X atau tahap E mengenai ekosistem dan perubahan lingkungan, yang mendukung pembelajaran kontekstual. Peserta didik dapat mengaitkan isu-isu terkait ekosistem dan perubahan lingkungan serta menganalisis solusi dari permasalahan ke dalam 4 sudut pandang yakni sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pembelajaran.

Evaluasi pada tahap analisis yakni dengan melakukan bimbingan kepada dosen pembimbing untuk mengetahui apakah pedoman wawancara dan observasi sudah sesuai kebutuhan. Tahap evaluasi juga dibantu guru biologi MA Fathul Hidayah Lamongan mengenai pemilihan materi yang akan dituangkan dalam modul.

b. Menentukan Tujuan Instruksional

Tahap menentukan tujuan intruksional bertujuan untuk menghasilkan tujuan yang merespons kesenjangan kinerja yang ada disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan keterampilan.

2. Design (perancangan)

Tahap desain dilakukan dengan tujuan untuk merancang bahan ajar dengan menyesuaikan Tujuan Pembelajaran (TP) dan materi serta asesmen yang akan digunakan. Menurut Branch (2009) terdapat 4 prosedur tahap desain sebagai berikut.

a. Melakukan Inventarisasi Tugas

Inventarisasi bertujuan mengidentifikasi tugas-tugas yang perlu dikerjakan peserta didik, yang sesuai dengan pembelajaran. Hal yang perlu dipersiapkan yakni terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tugas untuk Mencapai Tujuan Pembelajaran

Materi	Tujuan pembelajaran	Tugas untuk mencapai tujuan pembelajaran
Ekosistem	1. Peserta didik mampu menguraikan peranan komponen-komponen ekosistem dalam aliran energi dan daur biogeokimia melalui	1) Membaca penjelasan komponen-komponen ekosistem 2) Mengungkapkan pendapat melalui

Materi	Tujuan pembelajaran	Tugas untuk mencapai tujuan pembelajaran
	kajian literatur dengan tepat.	studi kasus permasalahan kerusakan ekosistem di sekitar
		3) Memberikan solusi dari sudut pandang sains
		4) Menjelaskan proses aliran energi dalam ekosistem
2.	Peserta didik mampu mengaitkan interaksi antar komponen biotik dan komponen abiotik dalam ekosistem melalui kegiatan pengamatan dengan tepat	5) Memberikan deskripsi pada proses daur biogeokimia melalui gambar
		6) Mengamati interaksi antar komponen disekitar
3.	Peserta didik mampu menganalisis tipe piramida ekologi dan produktivitas ekosistem melalui pengamatan gambar dengan tepat.	1) Mengamati gambar piramida ekologi
		2) Membaca penjelasan jenis piramida ekologi
		3) Mengamati proses produktivitas ekosistem
		4) Membuat proyek ekosistem buatan

Materi	Tujuan pembelajaran	Tugas untuk mencapai tujuan pembelajaran
	4. Peserta didik mampu membuat 5 komponen ekosistemku melalui media terrarium dan sejenisnya secara berkelompok.	
Perubahan lingkungan	1. Peserta didik mampu menganalisis dan mengemukakan gagasan terkait pemecahan masalah perubahan lingkungan melalui kegiatan diskusi dengan efektif. 2. Peserta didik mampu menguraikan jenis-jenis limbah penyebab berbagai pencemaran serta upaya mengatasi masalah lingkungan melalui sumber bacaan yang disajikan dengan tepat.	1) Membaca apa saja kegiatan yang mempengaruhi perubahan lingkungan 2) Mengungkapkan pendapat melalui permasalahan yang disajikan 3) Bertanya dan memberi pertanyaan saat kegiatan diskusi
	3. Peserta didik mampu menganalisis penanganan berbagai jenis limbah (cair, gas, padat, dan B3) melalui pengamatan lingkungan sekitar dengan tepat.	1) Membaca penjelasan terkait jenis limbah (cair, gas, padat dan B3) 2) Mengidentifikasi lingkungan sekitar yang tercemar

Materi	Tujuan pembelajaran	Tugas untuk mencapai tujuan pembelajaran
	4. Peserta didik mampu merancang daur ulang limbah yang dapat bermanfaat bagi kehidupan melalui kegiatan proyek kelompok.	3) Membuat eco enzim yang berguna sebagai pengurai limbah
	5. Peserta didik mampu menganalisis Akumulasi Bahan Pencemar dalam Rantai Makanan (Biomagnifikasi) serta Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Lingkungan melalui kajian literatur dengan tepat.	1) Membaca penjelasan terkait biomagnifikasi dalam rantai makanan 2) Membaca penjelasan terkait adaptasi dan mitigasi perubahan iklim 3) Mengamati adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di daerah sekitar

b. Menyusun Tujuan Kinerja

Hal ini bertujuan untuk menyusun tujuan yang mencakup kondisi, kinerja, dan kriteria peserta didik, sehingga yang perlu dipersiapkan yakni. Sebagai berikut.

- 1) Tugas pokok untuk setiap tujuan pembelajaran yang telah ditentukan.
- 2) Kemampuan peserta didik yang terlibat dalam lingkungan belajar.
- 3) Tugas-tugas prasyarat yang diperlukan untuk memulai proses pembelajaran.

Selain itu, harus ada kesesuaian yang tinggi antara tujuan pembelajaran dan capaian pembelajaran. Capaian pembelajaran memberikan gambaran umum, sedangkan tujuan pembelajaran memberikan gambaran khusus.

c. Menghasilkan Strategi Pengujian

Hal ini bertujuan, membuat tugas-tugas untuk mengukur pengetahuan dan keterampilan peserta didik. Sehingga yang harus dipersiapkan yakni menyediakan standar pengukuran untuk menentukan keberhasilan. Pengujian adalah bagian penting dari pembelajaran. Pengujian memberikan timbal balik kepada guru dan peserta didik untuk mengetahui kemajuan yang telah dicapai dalam menyelesaikan materi dan tugas.

Tugas peserta didik pada dasarnya adalah menyelesaikan tes atau ujian. Strategi pengujian harus memiliki kesesuaian yang tinggi antara tugas, tujuan, dan item tes. Soal tes harus menggambarkan dengan jelas tugas yang akan dikerjakan, dengan tujuan untuk menemukan jawaban

atas pertanyaan-pertanyaan berikut. 1) Apakah peserta didik mendemonstrasikan kinerja yang diminta? 2) Apakah peserta didik memenuhi kriteria kinerja? 3) Apakah peserta didik melakukan kinerja sesuai kondisi yang ditentukan?

Maka dari itu, pengujian diperlukan untuk mengetahui apakah peserta didik berhasil mencapai tujuan dan objektif seperti yang ditetapkan selama proses ADDIE. Kinerja yang dibutuhkan oleh peserta didik harus sesuai dengan taksonomi Bloom. Contoh langkah penyusunan item dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Contoh Langkah Menyusun Tugas, Tujuan, Soal Tes

Tugas	Tujuan	Soal Tes
Buatlah komponen ekosistemku	Mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik pada beberapa ekosistem.	Buatlah 5 ekosistem buatan menggunakan media terrarium, aquascape dan sejenisnya secara berkelompok. Pilih wadah yang transparan dan sesuai ukuran. Gunakan kerikil kecil, batu sungai, atau pecahan keramik untuk membantu mengalirkan air dan mencegah akumulasi kelebihan air. Tambahkan lapisan media tanam, pilih dan susun tanaman. Analisis komponen biotik dan abiotik apa saja yang terdapat dalam wadah tersebut!

Praktik membuat eco-enzim	Mempercepat proses penguraian bahan organik dalam limbah.	Buatlah eco-enzim dengan cara mencampurkan 1 bagian gula/ molases, 3 bagian sampah organik dan 10 bagian air jernih. Campuran tersebut didiamkan selama 3 bulan di wadah plastik kedap udara. Jika pH sudah dibawah 4,0 berarti eco enzim sudah siap dipanen. Sebelum digunakan, disaring terlebih dahulu. Amati bagaimana cara kerja eco-enzim sehingga mampu menjernihkan air dan menghilangkan bau tidak sedap!
---------------------------	---	---

Evaluasi pada tahap desain dilakukan saat penyusunan instrumen validasi ahli bahan ajar. Angket uji skala kecil peserta didik dievaluasi kembali menjadi lebih banyak soal agar unsur penilaian lebih komprehensif. Instrumen dan angket penilaian dapat dilihat pada Lampiran 6.

3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap ini, mengembangkan dan memvalidasi sumber belajar serta pengembangan materi dan strategi pendukung yang dibutuhkan. Menurut Branch (2009), prosedur umum dalam tahap pengembangan adalah sebagai berikut.

a. Menghasilkan Isi

Tahap ini bertujuan menghasilkan rencana pembelajaran. Hal yang perlu diketahui yakni, 1) setiap tujuan pembelajaran harus memiliki tujuan kinerja yang spesifik dan terukur, 2) strategi pengujian untuk menilai tingkat keberhasilan 3) jenis pertanyaan atau tugas yang dirancang untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan, 4) spesifikasi fungsional diperlukan untuk mendukung lingkungan belajar.

Materi menjadi pusat perhatian dalam upaya untuk mendorong pemahaman peserta didik dalam membangun pengetahuan. Namun, pengenalan materi pelajaran harus direncanakan dan dilakukan dengan cermat sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan peserta didik. Dalam konteks ini, strategi pembelajaran mencakup pendekatan dan model yang digunakan oleh guru untuk membantu peserta didik memahami dan menerapkan konsep-konsep yang diajarkan. Melalui strategi pembelajaran yang tepat, peserta didik memiliki kesempatan untuk berpartisipasi dalam diskusi, kegiatan, dan tugas yang mendorong pemahaman tentang materi. Dengan demikian, strategi pembelajaran menjadi wadah terbuka di mana proses pertukaran informasi dan keterampilan terjadi antara guru dan peserta didik, serta memfasilitasi proses pembelajaran yang efektif dan bermakna.

Produk yang akan dikembangkan yakni berupa modul dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk melatih keterampilan berpikir kritis, berikut konten yang disajikan dalam modul.

- a. Materi *Socio-Scientific Issue* (SSI) menampilkan konten isu-isu terkait ekosistem dan perubahan lingkungan yang kontemporer di masyarakat.
- b. STEM memuat;
 - 1) pengetahuan sains yang menjabarkan konsep-konsep sains terkait ekosistem dan perubahan lingkungan;
 - 2) teknologi melibatkan pemahaman pemanfaatan teknologi;
 - 3) *engineering* pengetahuan untuk mendesain dan membuat sebuah proyek untuk memecahkan masalah.
 - 4) matematika menafsirkan dan menganalisis informasi berupa data.
- c. Soal-soal dalam modul disusun sesuai indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik.

b. Memilah dan Mengembangkan Media Pendukung

Tahap ini bertujuan, memilih dan mengembangkan media yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan, serta melengkapi langkah-langkah proses ADDIE yang masih tersisa. Media yang dikembangkan harus mampu mendukung tujuan dan memfasilitasi pembelajaran secara efektif. Media tidak hanya dianggap sebagai alat

pengantar informasi, tetapi juga sebagai fasilitator pembelajaran yang efektif. Produk yang baik dapat membantu peserta didik dalam memahami dan mengaplikasikan konsep yang dipelajari. Selain itu, produk yang bervariasi dan menarik dapat meningkatkan minat serta keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran.

Memilih atau mengembangkan bahan ajar, kita perlu mempertimbangkan berbagai faktor yang meliputi konteks pembelajaran, harapan dari peserta didik dan guru, kondisi pembelajaran yang diinginkan, sumber daya yang tersedia, budaya tempat belajar, serta kepraktisan penggunaan media tersebut. Selain itu, pentingnya mengakomodasi berbagai gaya belajar dalam lingkungan pembelajaran. Hal tersebut merujuk pada karakteristik psikologis yang mempengaruhi bagaimana seseorang memahami dan berinteraksi. Terdapat beragam jenis gaya belajar. Namun dalam konteks pembelajaran, umumnya tiga jenis yang sering dipertimbangkan adalah: auditori (pendengaran), visual, dan kinestetik.

Media pendukung pembelajaran, dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Media Pendukung pada Modul yang akan Dikembangkan

Gaya Belajar	Media pendukung yang akan dikembangkan
Visual	1) Penyajian informasi teks dalam modul

	2) Penggunaan gambar
	3) Menyajikan informasi dalam bentuk grafis
Auditori	1) Menyampaikan informasi secara verbal, melalui kegiatan ceramah dan diskusi.
Kinestetik	1) Kegiatan observasi
	2) Membuat proyek berkelompok

c. Memberikan Petunjuk/Arahan untuk Peserta Didik

Memberikan informasi kepada peserta didik dalam bentuk petunjuk atau arahan. Tujuan dari memberikan informasi tersebut adalah untuk membimbing peserta didik melalui suatu proses, tugas dengan cara yang jelas dan terstruktur. Hal yang perlu diketahui yakni,

1) semua strategi pembelajaran

Peserta didik diharapkan sudah memahami strategi yang digunakan dalam pembelajaran. Hal ini mencakup pendekatan dan model yang diterapkan untuk mencapai tujuan pembelajaran.

2) Semua media yang diperlukan untuk menunjang kegiatan

Peserta didik diharapkan mengetahui berbagai jenis media yang digunakan untuk mendukung pembelajaran.

Tiga jenis umum informasi panduan, yaitu sebagai berikut.

1) Organisasi: Merujuk pada struktur atau susunan yang teratur dari informasi panduan peserta didik. Hal ini

mencakup pengaturan yang jelas dari bagian-bagian yang akan disampaikan kepada peserta didik.

- a) Halaman judul
 - b) Peta konsep
 - c) Capaian pembelajaran
 - d) Tujuan pembelajaran
 - e) Pendahuluan
 - f) Uraian materi
 - g) Latihan soal
 - h) Rangkuman
- 2) Format: Menunjukkan tata cara atau metode yang digunakan untuk menyajikan informasi dalam panduan peserta didik.
- 3) Kualitas: Merupakan evaluasi terhadap tingkat keunggulan atau kebaikan dari informasi yang disajikan dalam panduan peserta didik.

Ketika fokus pada ketiga aspek ini, pencipta modul dapat memastikan bahwa informasi yang disampaikan dapat disusun secara terstruktur, disajikan dengan format yang mudah dipahami, dan memiliki kualitas yang memadai untuk membantu peserta didik dalam memahami materi atau tugas yang diberikan.

d. Memberikan Petunjuk/Arahan untuk Guru

Tahap ini bertujuan, memberikan informasi yang berguna bagi guru saat memimpin pembelajaran yang direncanakan. Hal yang perlu dipersiapkan yakni strategi pengajaran dan media yang sesuai. Bagian ini berfokus pada unsur-unsur yang memungkinkan guru untuk membimbing peserta didik melalui strategi pembelajaran yang direncanakan. Ada perbedaan utama antara panduan peserta didik dan panduan guru yakni, dokumen panduan guru cenderung tidak berisi banyak informasi dibandingkan dengan dokumen panduan peserta didik. Hal ini karena panduan guru lebih terfokus pada memberikan arahan dalam mengimplementasikan strategi pengajaran. Selain itu, tata letak dan desain yang jelas dan konsistensi dalam penyajian informasi dapat memfasilitasi instruksi dengan lancar. Kejelasan dan konsistensi dalam tata letak dan desain membantu guru dalam mengikuti alur instruksi dengan lebih mudah dan efisien.

Pedoman yang digunakan guru, dapat dijadikan panduan bagi peserta didik. Namun, panduan bagi guru memiliki tujuan yang berbeda. Pedoman bagi peserta didik merujuk pada konteks yang membantu peserta didik dalam belajar dan memahami materi. Panduan ini dirancang untuk membantu mereka memahami konsep, mengembangkan

keterampilan, dan mencapai tujuan pembelajaran. Panduan guru melibatkan arahan tentang bagaimana mengimplementasikan strategi pembelajaran, memfasilitasi diskusi, memberikan umpan balik, dan mengelola kelas secara efektif. Bagian “petunjuk penggunaan modul” digunakan untuk memberikan panduan guru, dalam memahami penerapan pendekatan dan model pembelajaran.

e. Melakukan Revisi Formatif

Tujuan dari kegiatan ini adalah merevisi produk dan proses pembelajaran yang telah diterapkan sebelumnya. Hal yang harus dipersiapkan adalah sumber dan materi yang telah dirancang. Tujuan evaluasi adalah untuk meningkatkan, bukan sekadar membuktikan. Hal ini menekankan bahwa evaluasi harus difokuskan pada upaya meningkatkan kualitas pembelajaran, bukan hanya untuk menunjukkan keberhasilan atau kegagalan.

Penelitian ini mengembangkan produk berupa modul pembelajaran biologi. Desain yang dikembangkan divalidasi oleh validator yang kompeten di bidang bahan ajar, materi, pendekatan STEM terintegrasi SSI dan berpikir kritis. Validasi produk menggunakan instrumen berupa angket dengan skala likert. Penyusunan angket diawali dengan pembuatan kisi-kisi instrumen validasi ahli bahan ajar, ahli STEM dan SSI, ahli

berpikir kritis, ahli materi serta angket respon guru dan peserta didik.

Hasil validasi digunakan sebagai bahan evaluasi kekurangan pada produk awal, sehingga dapat dilakukan revisi dan penyempurnaan produk. Komentar dan saran validator ahli pada lembar validasi digunakan untuk perbaikan terhadap produk. Hasil perbaikan kemudian dikonsultasikan kembali sampai dianggap layak dan dapat dilakukan finalisasi. Evaluasi pada tahap ini dilakukan oleh dosen UIN Walisongo yang ahli dalam bidang tersebut, kritik dan saran ahli menjadi bahan evaluasi untuk memperbaiki kualitas tampilan maupun teknis dalam modul.

4. *Implementation* (pelaksanaan)

Tujuan dari tahap Implementasi adalah untuk mempersiapkan lingkungan belajar yang melibatkan peserta didik. Prosedur umum terkait tahap implementasi adalah mempersiapkan guru dan peserta didik. Tahap Implementasi menunjukkan selesainya kegiatan pengembangan dan akhir evaluasi formatif. Hasil dari tahap ini adalah strategi implementasi berupa rencana pembelajaran.

Evaluasi pada tahap implementasi dilakukan dengan guru memberikan kritik dan merekomendasikan perbaikan melalui angket respon guru terhadap penerapan produk saat proses pembelajaran. Selain guru, peserta didik juga turut

menilai kualitas modul apakah produk tersebut mendorong keterampilan berpikir kritis, sehingga menarik dan perlu digunakan.

5. *Evaluation* (evaluasi)

Tujuan dari tahap Evaluasi adalah untuk menilai kualitas pembelajaran berupa produk dan proses, baik sebelum dan sesudah implementasi. Produk dapat digunakan apabila sudah terkategori valid berdasarkan uji validasi dan layak dari uji kelayakan guru dan peserta didik sebagai pengguna. Perlu dilakukan evaluasi untuk mendapatkan solusi yang tepat, berkaitan dengan saran dan masukan dari pengguna.

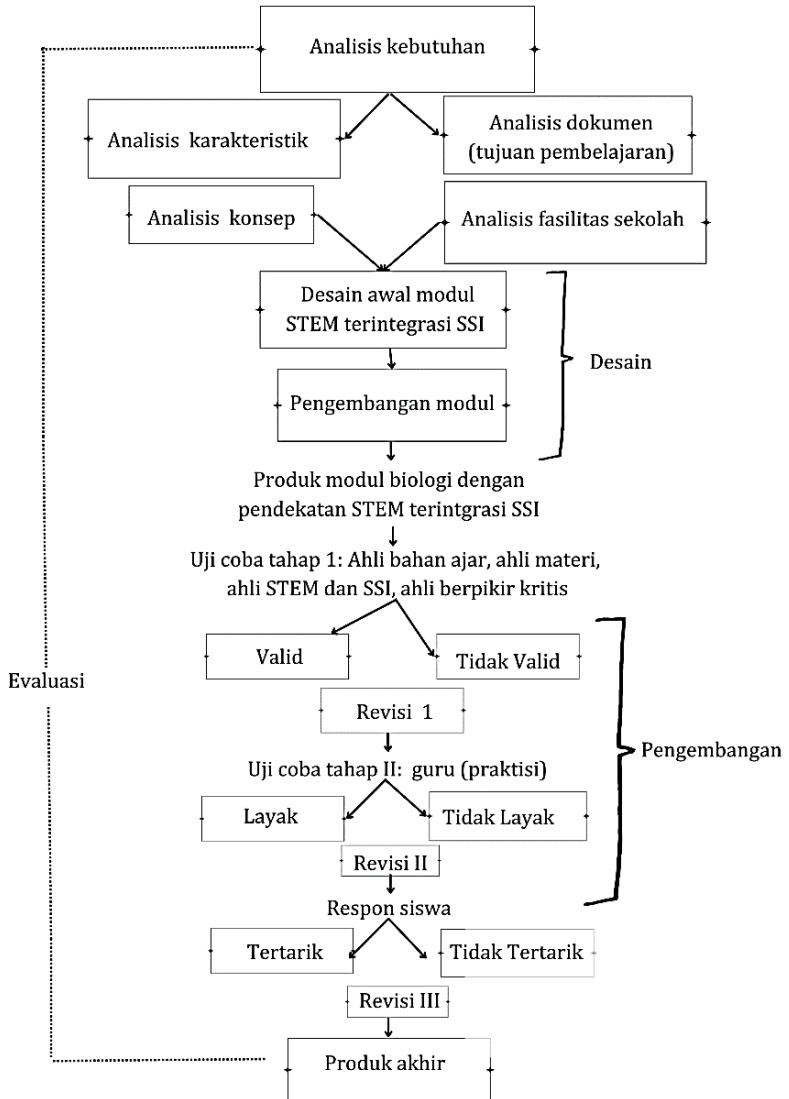
B. Desain Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

Uji coba produk merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan, daya tarik, dan kepraktisan modul yang dikembangkan serta memperoleh masukan dan evaluasi melalui validasi ahli dan guru serta respon peserta didik. Desain uji coba dimulai dengan mengumpulkan data berkaitan dengan kebutuhan peserta didik, terhadap produk yang akan dikembangkan. Uji coba tahap 1 dilakukan dengan cara meminta validasi kepada 4 ahli yaitu materi, bahan ajar, metodologi dan berpikir kritis. Hasil dari tahap ini adalah data kualitatif berupa saran dan masukan

serta kuantitatif berupa hasil kategori persentase. Setelah itu, akan dilanjut ke tahap revisi dan implementasi.

Tahap implementasi yakni uji coba skala kecil yang melibatkan 18 peserta didik dan guru Biologi selaku praktisi. Hasil dari respon guru dan peserta didik yakni layak dan tidak layak, kemudian dilanjut pada tahap revisi. Produk modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk melatih berpikir kritis peserta didik, ditetapkan sebagai produk akhir dan bisa digunakan. Bagan desain uji coba produk dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan Uji Coba Produk

2. Subjek uji coba

Penelitian ini dilakukan di MA Fathul Hidayah Lamongan dengan populasi kelas X MIPA A dan B tahun ajaran 2023/2024 berjumlah 55 peserta didik. Jumlah sampel ditentukan berdasarkan rumus yang dikembangkan oleh Slovin (1960) sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{(1 + N \cdot e^2)}$$

Keterangan:

n : Ukuran sampel

N : Ukuran populasi

e : *Error tolerance* (toleransi *error* atau taraf signifikan = 0,05)

Perhitungan jumlah sampel pada penelitian ini menggunakan toleransi *error* ($e = 0,05$). Hal tersebut sesuai ketentuan Slovin, bahwa nilai $e = 0,05$ digunakan untuk populasi berjumlah kecil. Maka diperoleh perhitungan sampel sebagai berikut.

$$n = \frac{55}{(1 + (55 \cdot 0,05^2))} = 48$$

Sampel peserta didik diambil berdasarkan hasil pra-riset dengan kriteria masing-masing 10 peserta didik memiliki kemampuan tinggi, 18 peserta didik memiliki kemampuan sedang dan 20 peserta didik memiliki kemampuan rendah. Dilakukan terhadap 48 peserta didik, kemudian mereka

diarahkan untuk berkelompok sesuai kategori yang ditentukan. Tujuan dilakukannya uji coba adalah untuk mendapatkan respon kelayakan serta evaluasi terhadap produk yang dikembangkan. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, untuk mendapatkan sampel yang mewakili tujuan penelitian serta memenuhi kriteria dalam memberikan informasi.

C. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

1. Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Observasi dilakukan terhadap peserta didik X MIPA-B MA Fathul Hidayah Lamongan. Adapun tujuan dilakukannya observasi yaitu untuk mendapatkan data atau informasi serta melihat langsung terkait kultur sekolah, pembelajaran, perilaku peserta didik serta model yang digunakan saat pembelajaran (Sugiyono, 2019)

b. Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap guru biologi di MA Fathul Hidayah Lamongan, dengan tujuan untuk mengkonfirmasi atau memastikan kembali informasi yang diperoleh berdasarkan hasil observasi. Pedoman wawancara yang digunakan adalah terstruktur, yaitu wawancara menggunakan pedoman wawancara yang telah dipersiapkan sebelumnya dan tersusun sistematis (Sukardi, 2021).

c. Survei

Survei dilakukan terhadap guru selaku ahli praktisi, peserta didik dan dosen ahli (bahan ajar, materi, berpikir kritis, ahli STEM terintegrasi SSI). Teknik survei bertujuan untuk memperoleh data-data dari fenomena yang berlangsung dan mencari keterangan-keterangan secara faktual dengan mengumpulkan data primer yang diperoleh secara langsung dari sumber lapangan penelitian (Nazir, 2003).

d. Tes

Tes dilakukan terhadap peserta didik untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik sebagai data pra-penelitian. Tes menggunakan soal essay yang dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis.

e. Dokumentasi

Dokumentasi bahan ajar dilakukan terhadap guru dan peserta didik, untuk menganalisis RPP, soal ulangan dan buku teks. Mengidentifikasi memperoleh informasi dari berbagai sumber tertulis ataupun dokumen yang relevan (Sukardi, 2021).

2. Instrumen Pengumpulan Data

a. Lembar wawancara

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar wawancara. Instrumen lembar wawancara dihipunk

berdasarkan pengumpulan data awal observasi yang disajikan pada Lampiran 5 diadaptasi dari Febriana (2022).

b. Lembar angket/ kuesioner

Jenis angket yang digunakan adalah angket tertutup yang telah disediakan alternatif jawaban sesuai dengan kategori tertentu. Angket digunakan untuk menilai validitas dan kelayakan produk oleh ahli materi, ahli bahan ajar, ahli STEM terintegrasi SSI, ahli keterampilan berpikir kritis serta guru biologi (praktisi). Angket yang digunakan berbentuk daftar cocok (*checklist*) sesuai dengan kriteria dan skala nilai tertentu. Angket juga digunakan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap produk pada uji coba skala kecil. Instrumen penilaian ahli validasi bahan ajar diadaptasi dari Jihan (2021) yang disajikan pada Lampiran 6. Instrumen penilaian ahli STEM terintegrasi SSI diadaptasi dari Subiantoro & Treagust, (2021) disajikan pada Lampiran 7. Instrumen penilaian ahli materi diadaptasi dari Febriana (2022) disajikan pada Lampiran 9. Instrumen penilaian guru diadaptasi dari Budiastuti (2021) disajikan pada Lampiran 10. Instrumen penilaian respon peserta didik diadaptasi dari Fadhila (2021) disajikan pada Lampiran 11.

c. Soal

Penelitian ini menggunakan instrumen berbentuk soal uraian sebagai alat pengukuran terhadap keterampilan

berpikir kritis. Soal berjumlah 10 butir yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis. Soal pada penelitian dapat dilihat pada lampiran 12 yang diadaptasi dari Ruf (2021) dan Syam (2023).

d. Analisis dokumen

Hasil analisis dokumen dikemukakan dalam bentuk tabel yang disajikan pada Lampiran 2.

Rangkuman mengenai teknik pengumpulan data dan instrumen yang akan digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Langkah-Langkah Analisis Data

Tujuan pengumpulan data	Subjek	Jenis Data	Teknik pengumpulan data	Instrumen lembar validasi	Teknik analisis data
Mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik sebagai data pra-penelitian.	Peserta didik	Kuantitatif	Tes	Lembar soal	Deskriptif
Mendapatkan data atau informasi serta melihat langsung terkait kultur sekolah, proses belajar mengajar di sekolah, perilaku peserta didik saat pembelajaran	Guru dan peserta didik	Kualitatif	Observasi	Lembar observasi	Deskriptif

Tujuan pengumpulan data	Subjek	Jenis Data	Teknik pengumpulan data	Instrumen lembar validasi	Teknik analisis data
serta model pembelajaran yang digunakan saat pembelajaran					
Mendapatkan informasi yang tepat dan mengkonfirmasi atau memastikan kembali informasi yang didapat.	Guru dan peserta didik	Kualitatif	Wawancara	Lembar wawancara	Deskriptif
Melihat bahan ajar, sumber belajar yang digunakan guru dan peserta didik dan soal yang diberikan guru kepada peserta didik.	Guru dan peserta didik	Kualitatif	Dokumentasi	Lembar analisis dokumentasi	Deskriptif
Memperoleh data-data dari fenomena yang berlangsung dan mencari keterangan-keterangan secara faktual	Guru (ahli praktisi), peserta didik, dosen ahli (bahan ajar, materi, berpikir kritis, ahli STEM terintegrasi SSI)	Kuantitatif dan kuantitatif	Survei	Angket (respon peserta didik) dan lembar validasi	Statistik deskriptif

D. Teknik Analisis Data

1. Analisis Data Kualitatif

Menurut Sugiyono (2019) terdapat tiga tahap utama dalam penelitian kualitatif yaitu, (1) tahapan deskripsi atau tahap pengumpulan data, (2) tahap reduksi data, dan (3) tahap penyajian data.

- a) Pengumpulan data, data yang diperoleh dari peserta didik dan guru melalui angket, wawancara, serta saran dan komentar dari dosen pembimbing dan validator produk.
- b) Reduksi data, dilakukan dengan memilih dan menyeleksi setiap data yang masuk dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, kemudian mengolah dan memfokuskan semua data mentah agar lebih bermakna.
- c) Penyajian data, penyajian data berupa deskriptif yang disajikan rinci dan singkat. Uraian tersebut merupakan gambaran hasil perolehan data secara menyeluruh atau kesimpulan dari saran komentar maupun respon angket. Kevalidan media dideskripsikan dari hasil proses validasi oleh validator.

2. Analisis Data Kuantitatif

Data kuantitatif bentuk perhitungan skor validator, respon guru serta peserta didik. Data dianalisis berdasarkan

rumus untuk memperoleh persentase. Angka tersebut lalu dikualitatifkan dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 3.2. Hasil yang diperoleh dari lembar validasi kemudian dianalisis secara kuantitatif deskriptif dengan skala likert. Persentase hasil validasi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Persentase = \frac{\text{Jumlah skor yg diperoleh}}{\text{Skor maksimal ideal}} \times 100\%$$

Persentase hasil yang didapatkan selanjutnya dipresentasikan ke dalam kategori kevalidan berdasarkan Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kategorisasi Validasi

No	Persentase (%)	Kriteria	Keterangan
1.	81 - 100	Sangat Layak	Sedikit revisi
2.	61 - 80	Layak	Direvisi
3.	41 - 60	Cukup layak	Direvisi
4	21 - 40	Tidak layak	Banyak hal yang direvisi
5	0 - 20	Sangat tidak layak	Diulangi membuat produk

Sumber: (Sugiyono, 2019)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab IV akan disajikan hasil penelitian pada pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik, yang terdiri dari hasil pengembangan produk awal, revisi produk, hasil uji coba produk, kajian produk akhir dan keterbatasan penelitian.

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

Produk yang dihasilkan berupa modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pemilihan format pada penyusunan modul didapatkan berdasarkan beberapa referensi yang relevan. Sistematika format penyusunan modul secara lengkap diantaranya berikut ini.

1. *Cover* modul

Cover modul terdiri dari sampul bagian depan dan sampul bagian belakang. Sampul bagian depan modul terdiri dari judul modul, nama penulis, logo instansi, sasaran modul, dan gambar pendukung materi ekosistem dan perubahan lingkungan. Sampul belakang modul terdiri dari judul serta metode yang digunakan dalam pembelajaran menggunakan modul.

2. Kata Pengantar

Kata pengantar berisikan ungkapan rasa syukur kepada Allah SWT dan rasul-Nya Muhammad SAW, tujuan dan manfaat pengembangan modul, gambaran materi modul, ungkapan terima kasih kepada semua pihak yang turut berperan dalam pembuatan modul, serta kritik dan saran pembaca.

3. Daftar Isi

Daftar isi berupa petunjuk utama tentang isi modul beserta nomor halamannya, begitu juga dengan daftar informasi visual berupa petunjuk pokok daftar gambar beserta nomor halamannya.

4. Halaman Pengenalan

Halaman pengenalan berisi pengenalan akan materi ekosistem dan perubahan ilmiah disertai tujuan pembelajaran.

5. Peta Konsep/ *Mindmap* dan pertanyaan pemantik

Peta konsep dibuat untuk memudahkan siswa memetakan setiap tahap materi yang harus dipahami. Pertanyaan pemantik dibuat untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan kemampuan berpikir kritis dalam diri peserta didik.

6. Konten *Socio- Scientific Issue*

Masalah yang berkaitan dengan isu-isu sosial yang terjadi di masyarakat yang meliputi konsep dan teknologi serta hubungannya dengan sains. Pada materi ekosistem

mengangkat topik pengaruh *trend fast fashion* terhadap ekosistem dan pada materi perubahan lingkungan mengangkat materi *global warming* & sepeda motorku.

7. Komponen STEM (Sains, Teknologi, Teknik, Matematika)

Pendekatan STEM di mana sains (berisi materi terkait ekosistem dan perubahan lingkungan), teknologi (pengetahuan tentang perkembangan teknologi), teknik (berupa kegiatan proyek yang akan dijalankan siswa), Matematika (disajikan berupa data yang akan dianalisis siswa), yang dikaitkan pada materi ekosistem dan perubahan lingkungan.

8. Rangkuman

Bagian ini merupakan ringkasan poin-poin materi keseluruhan pada modul. Rangkuman terdapat diakhir materi untuk memudahkan kembali ingatan siswa terkait konsep-konsep materi.

9. Asesmen

Asesmen berisi soal-soal yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis untuk mengetahui sejauh mana siswa memahami materi sekaligus untuk memberdayakan keterampilan berpikir kritis. Setiap materi berisikan 15 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian.

10. Refleksi

Refleksi pembelajaran adalah tahapan akhir dari proses pembelajaran yang bertujuan untuk mengingat kembali materi yang disampaikan. Karena memiliki peran penting, seorang guru harus memahami tahapan refleksi pembelajaran yang baik dan benar.

11. Daftar Pustaka

Daftar Pustaka memuat sumber referensi yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan modul. Referensi diambil dari sumber yang valid seperti buku, jurnal dan artikel penelitian lainnya. Daftar pustaka berfungsi memudahkan peserta didik dalam mencari rujukan literatur dalam modul.

12. Profil peneliti

Profil peneliti berisi biodata singkat dari pengembang.

Bahan ajar yang telah disusun berdasarkan format diatas, kemudian divalidasi oleh 4 validator 1 ahli materi, 1 ahli bahan ajar, 1 ahli metodologi dan 1 ahli berpikir kritis. Data penilaian berupa skor 1-4 yang kemudian dikonversi ke dalam bentuk persentase. Instrumen penilaian juga diberikan kolom saran dan masukan yang akan digunakan sebagai acuan perbaikan pada modul. Penyajian data validasi terbagi menjadi data kuantitatif dan data kualitatif sebagai berikut.

1. Data Kuantitatif

a. Hasil Validasi Ahli Materi

Data hasil validasi ahli materi berupa skor penilaian terhadap materi yang disajikan pada bahan ajar. Hasil validasi ahli materi tertera pada Tabel 4.1. Berdasarkan data penilaian bahan ajar oleh ahli materi pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa validitas materi ekosistem mendapat nilai total 83,9%, dan materi perubahan lingkungan mendapat nilai total 83,9%, sehingga dikategorikan bahwa bahan ajar sangat layak untuk digunakan.

Tabel 4.1. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	Ekosistem (%)	Perubahan lingkungan (%)
Aspek materi	85,7	85,7
Aspek soal	75	75
Aspek Bahasa	75	75
Aspek keterlaksanaan	100	100
Total keseluruhan	83,9	83,9

b. Hasil Validasi Ahli Bahan Ajar

Bahan ajar berupa modul pembelajaran biologi divalidasi oleh ahli bahan ajar dengan memberikan penilaian pada aspek desain produk dan aspek penggunaan produk. Validasi oleh ahli bahan ajar bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan ajar yang telah dikembangkan. Hasil validasi oleh ahli bahan ajar tertera pada Tabel 4.2. Berdasarkan data

penilaian bahan ajar oleh ahli bahan ajar, dapat diketahui bahwa validitas modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* mendapat total nilai keseluruhan 95%, yang menunjukkan bahwa modul tergolong sangat layak untuk digunakan.

Tabel 4.2 Hasil Validasi Ahli Bahan Ajar

Aspek	Persentase (%)
Desain Produk	87,5
Penggunaan Produk	100
Sistematika Penyajian	100
Tampilan modul	87,5
kebahasaan	100
Total keseluruhan	95

c. Hasil Validasi Ahli Berpikir Kritis

Data hasil validasi ahli berpikir kritis berupa skor penilaian terhadap soal-soal pada bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis. Data hasil validasi ahli berpikir kritis tertera pada Tabel 4.3. Berdasarkan hasil penilaian oleh ahli berpikir kritis pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa validitas soal-soal pada bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis mendapat validitas konstruk sesuai sebanyak 100%, sehingga dikategorikan bahwa soal pada modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* sangat layak untuk digunakan.

Tabel 4.3 Hasil Validasi Ahli Berpikir Kritis

Aspek	Jumlah soal	Validitas konstruk
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	5	Sesuai
Menyusun strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	5	Sesuai
Membuat inferensi	5	Sesuai
<i>Basic Support</i> (membangun keterampilan dasar)	4	Sesuai
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	2	Sesuai

d. Hasil Validasi Ahli STEM terintegrasi SSI

Validasi metodologi adalah penilaian pendekatan STEM terintegrasi SSI pada modul yang disajikan. Uji kelayakan metodologi dilakukan oleh ahli validasi metodologi dengan empat aspek uji yaitu Komponen STEM (sains, teknologi, teknik dan matematika) serta komponen SSI (nyata, relevansi kontemporer, kontroversial, sifat dan proses, kombinasi sains, teknologi dan social, dan dimensi etis).

Berdasarkan data penilaian oleh ahli metodologi, dapat diketahui bahwa validitas modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio- scientific issue* mendapat total nilai keseluruhan 92,9%, yang menunjukkan bahwa modul tergolong sangat layak untuk digunakan. Hasil angket validasi metodologi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Ahli STEM terintegrasi SSI

Aspek	Persentase (%)
Komponen STEM (sains)	87,5
Komponen STEM (teknologi)	87,5
Komponen STEM (teknik)	87,5
Komponen STEM (matematika)	100
Komponen SSI (nyata)	100
Komponen SSI (relevansi kontemporer)	87,5
Komponen SSI (kontroversial)	85
Komponen SSI (sifat dan proses sains)	100
Komponen SSI (kompleks dan terbuka)	87,5
Komponen SSI (Kombinasi Teknologi, Sains, dan Sosial)	100
Komponen SSI (dimensi etis)	100
Total keseluruhan	92,9

e. Hasil Tanggapan Praktisi (Guru Biologi)

Tanggapan guru biologi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian bahan ajar dengan peserta didik kelas X. Guru biologi memberikan penilaian dari segi aspek tampilan, grafik penyajian, penggunaan bahan ajar, kelengkapan materi, kebahasaan, keterampilan berpikir kritis, *Socio scientific issues* (SSI), dan STEM. Hasil tanggapan praktisi tertera pada Tabel 4.5. Berdasarkan hasil tanggapan praktisi terhadap modul biologi memperoleh hasil dengan persentase 95,4% yang menunjukkan bahwa modul biologi tergolong sangat layak untuk digunakan.

Tabel 4.5 Hasil Tanggapan Praktisi

Aspek	Persentase (%)
Tampilan	87,5
Grafik penyajian	80
Penggunaan bahan ajar	100
Kelengkapan materi	87,5
Kebahasaan	100
<i>Socio scientific issues</i> (SSI)	100
STEM (sains, teknologi, teknik, matematika)	100
Keterampilan berpikir kritis	100
Total keseluruhan	95,4

2. Data Kualitatif

a. Komentar dan Saran Para Ahli

Komentar dan saran para ahli dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Komentar dan Saran Para Ahli

Sumber Data	Komentar dan Saran
Ahli materi ekosistem	Ukuran pada keterangan gambar lebih di perbesar, diperbaiki beberapa tulisan yang typo, kesalahan penulisan lambang kimia dan tata cara penulisan nama ilmiah.
Ahli materi perubahan lingkungan	Ukuran pada keterangan gambar lebih di perbesar, diperbaiki beberapa tulisan yang typo, kesalahan penulisan lambang kimia dan tata cara penulisan nama ilmiah.
Ahli bahan ajar	Perbaiki yang typo, warna tulisan gunakan warna yang mudah dilihat, cantumkan sumber gambar, ganti gambar yang buram.
Ahli berpikir kritis	Bisa digunakan untuk penelitian
Ahli pendekatan STEM terintegrasi SSI	Perbaiki yang typo, cantukan sumber gambar, dan soal pilihan ganda yang terdapat pada modul harus berpikir kritis.
Tanggapan praktisi (guru biologi)	Ukuran keterangan gambar sedikit diperbesar dan sesuaikan warna modul.

B. Hasil Uji Coba Produk

Uji lapangan pada penelitian ini menggunakan uji skala terbatas pada 48 siswa MA Fathul Hidayah Lamongan yang mewakili 3 level kemampuan akademik. Pengambilan data pada uji produk dilaksanakan secara *offline* dengan cara

mengisi instrumen yang berisi angket respon siswa terhadap bahan ajar biologi yang dikembangkan. Hasil uji coba skala terbatas dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji Coba Skala Terbatas

Aspek	Persentase per aspek (%)
Penyajian materi	89,9
Kemudahan memahami materi	89,9
Penggunaan Bahasa	88,4
Kejelasan istilah	89,9
Tampilan	90,6
<i>Socio-scientific issues</i>	90,6
STEM (sains, teknologi, teknik dan matematika)	96
Manfaat modul	92
Berpikir kritis	88,4
Total keseluruhan	94,2

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa hasil uji coba skala terbatas yang dilakukan oleh peserta didik dalam menilai modul biologi berbasis mendapatkan nilai rata-rata keseluruhan adalah 94,2% yang tergolong dalam kriteria sangat layak. Persentase pada aspek penyajian materi, kemudahan memahami materi, penggunaan bahasa, kejelasan istilah, tampilan, *socio-scientific issues*, STEM (sains, teknologi, teknik dan matematika), manfaat modul, dan berpikir kritis. Secara berturut-turut mendapat nilai 89,9%, 89,3%, 88,4%, 89,9%, 90,6%, 90,6%, 96%, 92% dan 88,4% yang semuanya

tergolong dalam kriteria sangat layak. Menurut Wahyuni (2015) bahwa bahan ajar yang dikembangkan sesuai dengan indikator berpikir kritis dapat melatih siswa dalam meningkatkan berpikir kritis. Hal ini sesuai dengan penelitian Umam dan Azhar (2021) bahwa pembelajaran dengan menggunakan buku dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa karena fasilitas yang sudah dikembangkan pada bahan ajar, memberikan kualitas pembelajaran yang dapat mendukung berpikir kritis siswa.

C. Revisi Produk

Hasil komentar dan saran oleh para ahli dan praktisi dijadikan sebagai acuan untuk perbaikan dan penyempurnaan terhadap modul biologi yang dikembangkan.

1. Saran dan Masukan Ahli Materi

Hasil saran dan masukan dari ahli materi berupa Ukuran pada keterangan gambar lebih di perbesar, diperbaiki beberapa tulisan yang typo. Hal ini sesuai dengan Daryanto (2013) yang mengungkapkan bahwasanya untuk menciptakan modul yang dapat meningkatkan minat dalam belajar, maka penyusunan modul perlu mempertimbangkan *self instructional*. Dharma (2008) menambahkan agar mencapai karakteristik *self instructional*, maka pada modul perlu memperhatikan beberapa hal, salah satunya adalah menyajikan penjelasan secara detail, sehingga materi yang

dituang di dalam modul yang dikembangkan harus spesifik dan jelas. Hasil perbaikan modul tertera pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.9 Hasil Revisi modul oleh Ahli Materi

No	Saran dan masukan	revisi
1.	Ukuran pada keterangan gambar terlalu kecil C. KONTEN SOCIO SCIENTIFIC ISSUES Pengaruh Tren Fast Fashion Terhadap Ekosistem  Gambar 1.1 Tren Fashion 2019 Sumber: Instagram (2019) Tren mode yang terus bergerak setiap waktunya, membawa produksi tekstil mengalami perkembangan yang sangat pesat beberapa tahun terakhir. Hal ini membuat para konsumen mendapatkan akses cepat dan mudah, sehingga kerap kali memicu peningkatan konsumsi untuk membeli pakaian baru, padahal barang tersebut belum tentu dibutuhkan. Fenomena seperti ini biasa disebut dengan "Fast Fashion", yang membuat produksi pakaian sangat banyak dan berganti setiap musim. Fast fashion menyebabkan para konsumen disuguhkan dengan produk baru terus-menerus, terlebih dengan akses media sosial dan toko daring yang sudah jauh berkembang.	Ukuran pada keterangan gambar sedikit diperbesar dan bold C. KONTEN SOCIO SCIENTIFIC ISSUES Pengaruh Tren Fast Fashion Terhadap Ekosistem  Gambar 1.1 Tren Fashion 2019 Sumber: Instagram 2019 Tren mode yang terus bergerak setiap waktunya, membawa produksi tekstil mengalami perkembangan yang sangat pesat beberapa tahun terakhir. Hal ini membuat para konsumen mendapatkan akses cepat dan mudah, sehingga kerap kali memicu peningkatan konsumsi untuk membeli pakaian baru, padahal barang tersebut belum tentu dibutuhkan. Fenomena seperti ini biasa disebut dengan "Fast Fashion", yang membuat produksi pakaian sangat banyak dan berganti setiap musim. Fast fashion menyebabkan para konsumen disuguhkan dengan produk baru terus-menerus, terlebih dengan akses media sosial dan toko daring yang sudah jauh berkembang.
2.	diperbaiki beberapa tulisan yang <i>typo</i> .	Memperbaiki kesalahan penulisan
3.	Kesalahan penulisan lambang kimia	Memperbaiki kesalahan penulisan lambang kimia
4.	Penulisan miring pada nama ilmiah	Memperbaiki penulisan miring pada nama ilmiah

2. Saran dan Masukan Ahli Berpikir Kritis

Hasil penilaian kualitatif dari ahli keterampilan berpikir kritis berupa komentar bahwa pertanyaan yang disajikan dalam modul sudah baik dan memiliki muatan yang mampu memicu keterampilan berpikir kritis, akan tetapi perlu meningkatkan tingkatan kognitif pada pertanyaan yang ada pada evaluasi. Namun, tidak perlu perbaikan karena modul

sudah memenuhi komponen indikator keterampilan berpikir kritis.

3. Saran dan Masukan Ahli Pendekatan STEM Terintegrasi SSI

Hasil penilaian kualitatif dari ahli metodologi berupa komentar dan saran. Hasil perbaikan modul tertera pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.10 Hasil Revisi Modul oleh Ahli Metodologi

No	Saran dan masukan	revisi
1.	kesalahan penulisan kata	melakukan perbaikan pada kesalahan penulisan kata
2.	mencantumkan sumber beberapa gambar	mencantumkan sumber beberapa gambar yang terlewat.

4. Saran dan Masukan Ahli Bahan Ajar

Hasil komentar dan saran dari ahli bahan ajar berupa saran dan masukan serta perbaikan modul terkait dengan konsistensi penulisan. Sebagaimana ungkapan Daryanto (2013) bahwa untuk menciptakan modul yang dapat berperan sesuai fungsinya untuk menciptakan kegiatan belajar yang efektif, maka perlunya perancangan modul dengan mempertimbangkan elemen seperti sistematika, penyajian, pewarnaan, penggunaan *font*, ukuran *font*, dan konsistensi. Hasil perbaikan modul tertera pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.11 Hasil Revisi Modul oleh Ahli Bahan Ajar

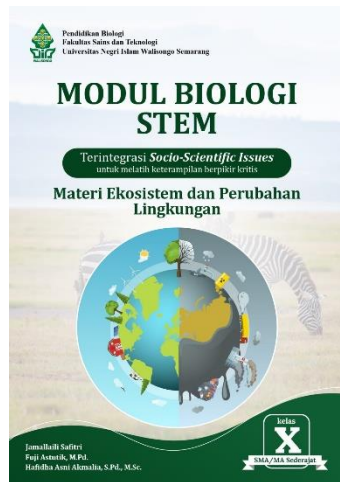
No	Saran dan masukan	revisi
1.	Perbaiki yang <i>typo</i>	Melakukan perbaikan pada kesalahan penulisan kata
2.	Warna tulisan gunakan warna yang mudah dilihat	Memperbaiki warna tulisan agar mudah dilihat
	c. Komunitas adalah seluruh populasi makhluk hidup yang hidup di suatu daerah tertentu. Contoh komunitas adalah populasi ikan, populasi gajah dan populasi harau di sekitarnya membentuk komunitas terumbu karang. 2. Macam-macam ekosistem Macam-macam ekosistem menurut proses terbentuknya yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan. a. Ekosistem alami Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa adanya campur tangan manusia. Ekosistem alami dibedakan menjadi 2, yaitu ekosistem darat dan ekosistem perairan. Contoh ekosistem darat adalah ekosistem hutan. Contoh ekosistem perairan adalah ekosistem dasar, ekosistem rawa dan lain sebagainya. b. Ekosistem buatan Ekosistem buatan adalah ekosistem yang sengaja dibuat oleh manusia. Contoh ekosistem buatan adalah ekosistem kolam, ekosistem akuarium, ekosistem kebun dan lain sebagainya. Ekosistem darat yang mencakup daerah luas disebut bioma. Contohnya adalah bioma hutan hujan tropis, bioma padang rumput, bioma padang pasir dan bioma tundra. Dapat dikatakan juga bahwa bioma terdiri dari ekosistem-ekosistem. Semua ekosistem yang ada di bumi beserta atmosfer yang melingkupinya saling berinteraksi membentuk biosfer atau ekosistem dunia. 3. Komponen-komponen Ekosistem a. Komponen Abiotik	a. Komunitas adalah seluruh populasi makhluk hidup yang hidup di suatu daerah tertentu. Contoh komunitas adalah populasi ikan, populasi gajah dan populasi harau di sekitarnya membentuk komunitas terumbu karang. 1. Macam-macam ekosistem Macam-macam ekosistem menurut proses terbentuknya yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan. a. Ekosistem alami Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa adanya campur tangan manusia. Ekosistem alami dibedakan menjadi 2, yaitu ekosistem darat dan ekosistem perairan. Contoh ekosistem darat adalah ekosistem hutan. Contoh ekosistem perairan adalah ekosistem dasar, ekosistem rawa dan lain sebagainya. b. Ekosistem buatan Ekosistem buatan adalah ekosistem yang sengaja dibuat oleh manusia. Contoh ekosistem buatan adalah ekosistem kolam, ekosistem akuarium, ekosistem kebun dan lain sebagainya. Ekosistem darat yang mencakup daerah luas disebut bioma. Contohnya adalah bioma hutan hujan tropis, bioma padang rumput, bioma padang pasir dan bioma tundra. Dapat dikatakan juga bahwa bioma terdiri dari ekosistem-ekosistem. Semua ekosistem yang ada di bumi beserta atmosfer yang melingkupinya saling berinteraksi membentuk biosfer atau ekosistem dunia. 2. Komponen-komponen Ekosistem
3.	Ganti gambar yang buram.	Memperbaiki gambar yang buram.

D. Kajian Produk Akhir

Produk akhir yang dihasilkan setelah melakukan seluruh tahapan penelitian pengembangan adalah berupa modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Modul ini dikembangkan guna memudahkan siswa dalam memahami materi ekosistem dan perubahan lingkungan. Ciri khas yang membedakan dengan modul lain yang sudah ada dan menjadi titik kebaruan produk adalah konten materi yang berbasis pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue*. Bagian-bagian yang terdapat pada bahan ajar ini adalah sebagai berikut.

1. Cover modul

Cover adalah halaman awal modul. Tampilan pada cover dilengkapi dengan gambar yang representatif dan keterangan sehingga memudahkan pengguna dalam penggunaan bahan ajar. Keterangan pada *cover* juga disusun secara horizontal dengan alasan menu yang disusun secara horizontal lebih mudah dan banyak digunakan (Santos *et al.*, 2011). Tampilan *cover* modul dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Cover Modul

2. Halaman Pengenalan

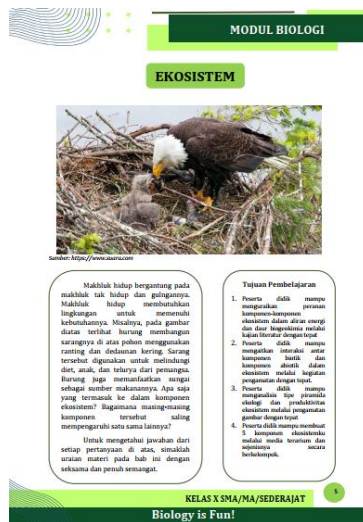
Halaman pengenalan berisi pengenalan akan materi ekosistem dan perubahan lingkungan, kalimat pengantar dan tujuan pembelajaran. Kalimat pengantar bertujuan menjelaskan gambaran atau informasi umum dari materi yang

akan dipelajari dan menarik minat peserta didik untuk membaca (Santos *et al.*, 2011). Kalimat pengantar buku bahan ajar adalah bagian awal dari sebuah buku yang berisi kata-kata atau paragraf yang berisi kalimat pengantar. Fungsinya adalah untuk memperkenalkan buku dan memberikan gambaran singkat mengenai isi buku serta tujuan dari buku tersebut (Iriani & Ramadhan, 2019).

Tujuan pembelajaran adalah pernyataan yang diharapkan dapat dicapai sebagai hasil belajar (Iriani & Ramadhan, 2019). Penentuan tujuan pembelajaran dilakukan dengan menganalisis capaian pembelajaran dan analisis tujuan pembelajaran (Zebua & Suhardini, 2021). Adanya tujuan pembelajaran yang jelas dan operasional akan menjadikan guru maupun siswa memahami apa yang perlu dicapai (Yuniawatika *et al.*, 2021).

Tujuan pembelajaran yang disusun juga telah disesuaikan dengan teknis penyusunan tujuan pembelajaran dengan format ABCD. Tujuan pembelajaran yang baik adalah yang mengandung unsur *Audience*, *Behaviour*, *Condition*, dan *Degree* (ABCD). *Audience* berarti sasaran sebagai pembelajar dalam hal ini adalah siswa. *Behaviour* berarti perilaku spesifik yang diharapkan dilakukan siswa setelah pembelajaran. *Condition* berarti keadaan yang perlu dikerjakan oleh siswa pada saat pembelajaran. *Degree* berarti batas minimal tingkat

keberhasilan yang perlu dipenuhi dalam mencapai perilaku yang diharapkan (Yuniawatika *et al.*, 2021). Tampilan halaman pengenalan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

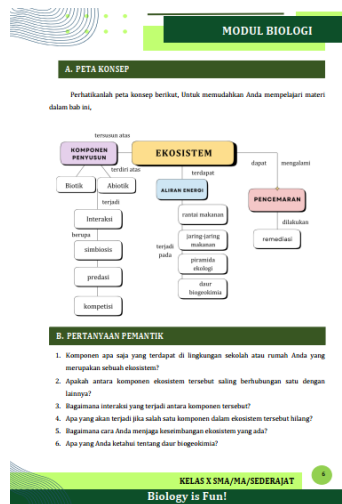


Gambar 4.2 Tampilan Halaman Pengenalan

3. Peta Konsep/ *Mindmap* dan pertanyaan pemantik

Peta konsep digunakan untuk mengetahui konsep-konsep yang telah dimiliki siswa, sehingga dengan bantuan peta konsep dapat menumbuhkan proses belajar yang lebih bermakna (Irvan 2022). Pemantik adalah pertanyaan terbuka dengan menggunakan kata tanya seperti mengapa, siapa, bagaimana, atau apa sajakah. Menggunakan pertanyaan pemantik pada saat proses pembelajaran dapat menstimulus kemampuan kognitif peserta didik, menguji kemampuan

peserta didik, dan mengkomunikasikan ide-ide yang peserta didik ingin utarakan (Pandu *et al.*, 2023). Tampilan peta konsep dan pertanyaan pemantik dapat dilihat pada Gambar 4.3.

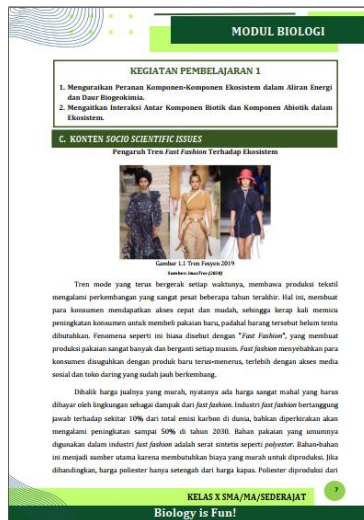


Gambar 4.3 Tampilan Gambar Peta Konsep Dan Pertanyaan Pemantik

4. Konten *Socio- Scientific Issue*

Modul ini disusun berdasarkan lima langkah yang dapat dilakukan pada pembelajaran berkonteks SSI yaitu (1) *problem analysis*, (2) *clarification of the science*, (3) *refocus on the socio-scientific*, (4) *role-playing task*, dan (5) *meta-reflective activity*. Model pembelajaran ini akan melatih peserta didik untuk berpikir kritis.

Sintaks *problem analysis* yang menyajikan isu sosio-saintifik, tahapan tersebut membuat peserta didik berpartisipasi aktif berdiskusi dalam mencari solusi yang tepat dari suatu masalah.



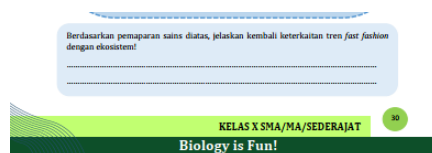
Gambar 4.4 Tampilan Gambar sintaks *problem analysis*

Sintaks *clarification of the science*, guru membantu peserta didik memahami isu dari sudut pandang sains sesuai dengan teori-teori yang telah dipelajari. Hal ini dapat membantu peserta didik untuk bertukar ide dan menganalisis bersama mengenai masalah yang diberikan oleh guru (Khasanah & Setiawan, 2022).



Gambar 4.5 Tampilan Gambar sintaks *clarification of the science*

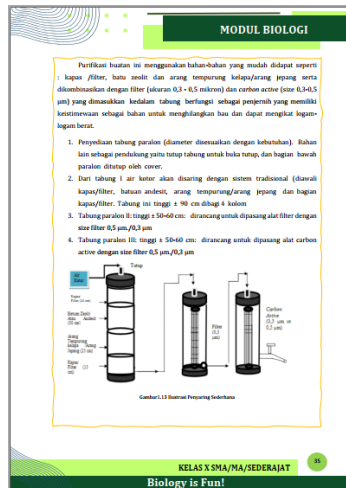
Sintaks *refocus on the socio-scientific*, peserta didik memfokuskan perhatian pada isu yang disajikan, dimana peserta didik dituntut untuk menyusun keputusan dan tindakan



Gambar 4.6 Tampilan Gambar sintaks *refocus on the socio-scientific*

Sintaks *role-playing task* peserta didik berperan dalam diskusi dan peran, direalisasikan berupa debat, presentasi dan unjuk kerja (membuat proyek). Melalui kegiatan tersebut

kemampuan kognitif dan kreatifitas peserta didik akan difasilitasi, sehingga mampu berpikir secara sistematis dalam merumuskan konsep dan argumen (Sutoyo et al., 2023).



Gambar 4.7 Tampilan Gambar sintaks *role-playing task*

Sintaks *meta-reflective activity* peserta didik didorong untuk merefleksikan pengalaman secara keseluruhan selama pembelajaran. Refleksi di akhir mampu meningkatkan rasa percaya diri khususnya dalam mengemukakan dan bertukar pendapat saat diskusi serta menanggapi pertanyaan. Subianto & Treagust (2021) menyatakan terdapat pengaruh signifikan rasa percaya diri terhadap kemampuan berpikir kritis.

MODUL BIOLOGI

C. Refleksi

Coba ingat kembali pengalaman Anda dalam pembelajaran pada bab ini. Kemudian jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

1. Materi manakah yang paling Anda sukai? Jelaskan alasannya!
2. Materi manakah yang Anda rasa paling sulit? Jelaskan alasannya!
3. Berilah tanda centang pada kolom yang sesuai dengan yang Anda alami. Tuliskan juga rencana tindak lanjut yang akan Anda lakukan terkait dengan jawaban Anda. Karena kita berharap remedial jika Anda masih perlu belajar lagi. Jika Anda sudah menguasainya, Anda dapat menyimak pengayaan untuk menambah wawasan.

Pada bab ini	Sudah menguasai	Masih perlu belajar lagi
Saya mampu menjelaskan tingkatan organisme dalam ekosistem menggunakan contoh		
Saya mampu mendeskripsikan komponen ekosistem		
Saya mampu menjelaskan jenis-jenis interaksi antar makhluk hidup dalam suatu ekosistem		
Saya mampu mendeskripsikan hubungan antar makhluk hidup dan lingkungannya dalam suatu tipe biogeotika		
Saya mampu menjelaskan cara sederhana memelihara air guna menambah ketersediaan air bersih		

Apa kontribusi Anda untuk menjaga ekosistem setelah mempelajari materi tersebut?

No	Lakukan	Ta	Tidak
1.	Apakah Anda akan membeli pakaian yang ada trend terbaru		
2.	Apakah Anda akan membeli pakaian berdasarkan harga yang murah dan tidak memperhatikan kualitas		
3.	Apakah Anda akan memberikan bahan yang digunakan dalam pembuatan pakaian yang ada limbah		
4.	Apakah Anda akan menggunakan kanvas masyarakat sekitar Anda tentang permasalahan ekosistem yang disebabkan karena fast fashion		

-31-

KELAS X SMA/MA/SEDERAJAT

Gambar 4.8 Tampilan Gambar sintaks *meta-reflective activity*

5. Komponen STEM (Sains, Teknologi, Teknik, Matematika)

Pendekatan STEM mengintegrasikan empat komponen *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* dalam pembelajaran (Torlakson, 2014). Peserta didik terlibat dalam proses eksplorasi konsep-konsep sains, teknologi, teknik melalui tugas proyek dan matematika dengan merumuskan, memecahkan, dan menafsirkan solusi berupa data (Zakiyah & Ramli, 2023). STEM menerapkan pengetahuan dan keterampilan secara bersamaan untuk menyelesaikan suatu kasus atau permasalahan (Lee *et al.*, 2019; Wahono *et al.*, 2020).

Menurut Prihatiningtyas dan Sholihah (2020) kombinasi unsur teks dan gambar dalam proses pembelajaran

mampu memberikan pengalaman belajar yang realistis, sehingga materi yang disajikan mudah untuk diingat. Beberapa kata penting dalam uraian materi diberi warna yang berbeda agar siswa lebih mudah mengingat kata tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Zufic dan Kalpic (2009) bahwa pengaturan warna dan kombinasi *font* dalam penyajian materi pada *e-learning* harus dipertimbangkan agar dapat membantu dalam proses menghafal siswa. Beberapa kata juga ditulis miring (*italic*) yaitu pada penulisan nama ilmiah hewan dan tumbuhan. Hal tersebut disesuaikan dengan tata cara penulisan nama ilmiah berdasarkan Binomial nomenklatur yaitu nama genus dan spesies di tulis miring atau digaris bawah secara terpisah (Wardhani, 2022). Urutan penyajian materi disusun secara hierarkis yaitu materi disusun secara berjenjang dari materi yang mudah ke materi yang sulit untuk menentukan urutan proses pembelajaran (Sabarudin, 2018). Tampilan gambar akan disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.13 Penjabaran Komponen STEM pada Modul

Sains	Teknologi
MODUL BIOLOGI E. KOMPONEN STEM (SAINS, TEKNOLOGI, TEKNIK, MATEMATIKA) SAINS PERUBAHAN LINGKUNGAN A. Perubahan Lingkungan dan Faktor-Faktor Penyebabnya Kehidupan makhluk hidup tidak dapat dipisahkan dan lingkungan, yaitu segala sesuatu yang berada di luar individu. Sementara itu, lingkungan hidup adalah kawasan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup termasuk di dalamnya manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pada pembelajaran sebelumnya, anda sudah mengetahui bahwa dalam lingkungan kehidupannya makhluk hidup bergantung pada lingkungannya, dengan cara membentuk interaksi baik dengan sesama makhluk hidup maupun dengan lingkungannya. Interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya disebut ekosistem. Lingkungan berarti dimana sebagai tempat terjadinya perubahan, baik berupa kerusakan maupun perubahan lingkungan. Perubahan yang terjadi pada lingkungan dipengaruhi dan akan mempengaruhi kehidupan makhluk hidup yang berada di dalamnya. Disebut atau tidak, perubahan lingkungan yang terjadi dapat dirasakan dampaknya saat ini. Misalnya tanaman musim kemarau dan musim hujan yang tidak selalu sama dari tahun ke tahun, suhu udara menjadi tak sejuk lagi, meningkatnya suhu akibat di penggunaan Puncak Jawa-jawa, Papua, memuncaknya es di kutub, cuaca ekstrem, adanya kerusakan permukaan air laut, dan sebagainya. Bagaimana hal tersebut dapat terjadi? Simaklah uraian di bawah ini untuk mendapatkan jawabannya. Pada dasarnya perubahan lingkungan disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Perubahan lingkungan karena kondisi alam, seperti adanya bencana alam dan perubahan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti perubahan hutan. 1. Faktor Alam Faktor alam atau kondisi alam dapat menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan. Faktor alam tersebut adalah bencana alam, seperti banjir, tanah longsor, gempa bumi, gunung meletus, kebakaran hutan, kekeringan, angin puting beliung, dan sebagainya. Namun, pada beberapa kasus bencana alam, seperti banjir, tanah longsor, dan kebakaran hutan dapat pula disebabkan oleh aktivitas manusia. Bencana alam seperti gempa meletus dapat menyebabkan perubahan pada lingkungan sekitar. Mulai dari perubahan komposisi KELAS X SMA/MA/SEDERAJAT Biology is Fun!	MODUL BIOLOGI TEKNOLOGI Sing Free-Tower "Yin-Yang Chimer Raksasa" dari Hongkang asal China Ada lagi teknologi yang bisa mengorangi polusi udara, namanya Sing Free-Tower. Sing Free-Tower, yang memiliki tinggi 7 meter, menggunakan teknologi sensor pintar yang telah dipatenkan untuk menyedotkan udara bebas asap rokok di tempat umum, mengorangi polusi dan memompaikan ulang untuk bernapas dan meredakan udara berakut. Alat setinggi Tower yang didesain oleh Lisa Hongkang berfungsinya untuk menghisap asap yang ada di sekitarnya dengan teknologi sensor pintar. Sing Free-Tower mampu membersihkan udara lebih dari 30.000 meter per kubik. Selain bisa membersihkan kabut asap, udara yang terhisap ternyata bisa menjadi hiasan permata.  London 3.0 Sing Free Tower 2019 source: creditcanon.com Liquid "Pohon Caka" dari Dr. Ivan and Serbia Berasal dari kualitas udara di Serbia yang semakin memburuk, Serbia memunculkan ide "Pohon Caka" untuk mengorangi polusi udara. Liquid3 menawarkan konsep alternatif penghilang lingkungan polutan yang memunculkan keterbatasan ruang dari polusi berat. Liquid3 menggunakan teknologi mikrodag untuk menghilangkan CO2 secara efisien dan menghisap O2 dan biomassa. Polusi udara merupakan masalah serius yang dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan. Namun, perkembangan teknologi telah membuka solusi kreatif untuk mengurangi polusi udara. Beberapa teknologi seperti Hutan "Pohon Buihan" dari Helsinki, Sing Free-Tower dari China, dan Liquid3 dari Serbia merupakan contoh inovatif yang bertujuan untuk membersihkan udara dari polutan dan memberikan udara bersih kepada masyarakat. Teknologi ini menunjukkan bagaimana teknologi tidak hanya menjadi penyebab pencemaran udara, tetapi juga dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah ini. KELAS X SMA/MA/SEDERAJAT Biology is Fun!

Setelah disajikan materi, pada tiap sub materi terdapat soal Latihan yang terdiri atas soal pemahaman dan keterampilan berpikir kritis. Magdalena *et al.* (2020) mengungkapkan bahwa soal pemahaman bertujuan untuk mengetahui hasil belajar peserta didik dan seberapa menguasainya peserta didik dalam kompetensi yang diterapkan. soal-soal latihan yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis, yang diharapkan dapat digunakan untuk memberdayakan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sejalan dengan penelitian Rosida *et al.* (2017) bahwa pembiasaan yang termuat pada bahan ajar yaitu soal-soal yang

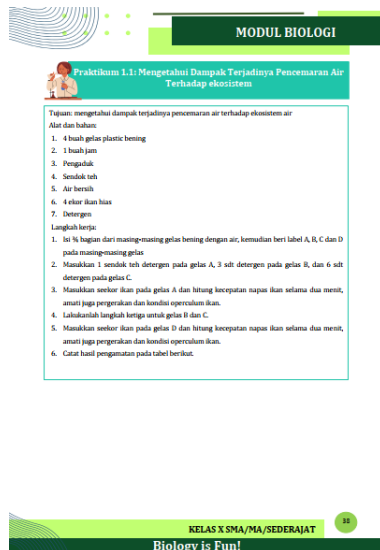
bermuatan indikator berpikir kritis dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, yang akan disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan Latihan Soal

Selain Latihan soal terdapat pula kegiatan praktikum dalam modul. Siswa dapat melakukan percobaan menganalisis, mengevaluasi bahkan mencipta. Praktikum merupakan kegiatan ilmiah untuk menunjang dalam pembelajaran biologi. Praktikum adalah cara penyajian pelajaran dengan menggunakan percobaan (Wayan, 2020). Pada proses kegiatan praktikum ini peserta didik dapat menguasai proses sains melalui penyelidikan, kemudian hasilnya dikomunikasikan sehingga peserta didik memperoleh pengetahuan yang lebih bermakna, karena sesuatu yang dikerjakan sendiri akan lebih

mudah diingat (Putra, 2017). Tampilan kegiatan praktikum pada modul disajikan pada Gambar 4.5.



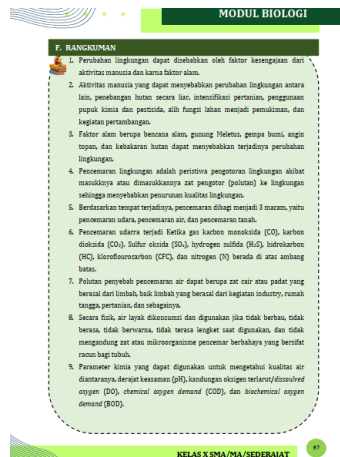
Gambar 4.5 Tampilan Kegiatan Praktikum pada Modul

6. Rangkuman

Menurut Ismail (2020) Salah satu strategi yang dapat membantu peserta didik mencapai hasil yang optimal dalam pembelajaran adalah pemberian rangkuman. Pemberian rangkuman dari materi yang disajikan akan membantu anak didik memahami pokok-pokok isi pembelajaran, berupa konsep, prosedur, atau prinsip. Pemberian rangkuman sangat penting dalam mengingat ide-ide pokok dari materi yang disajikan, sehingga mencegah timbulnya kelupaan dan

mengurangi kesulitan-kesulitan yang dialami anak didik dalam mengingat seluruh isi teks.

Hal yang sama ditemukan oleh Spurlin, Dansereau, dan Brooks (1980) menyimpulkan bahwa belajar dengan rangkuman lebih efektif dari pada tanpa rangkuman. Sedangkan Degeng (1988), penelitian dalam rangka penulisan disertasi menyimpulkan bahwa pemberian rangkuman memiliki pengaruh yang efektif pada perolehan belajar dan dapat meningkatkan potensi belajar, dalam mempermudah peserta didik belajar. Tampilan rangkuman pada modul disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampilan Rangkuman pada Modul

7. Asesmen

Asesmen berisi 15 soal yang terdiri dari 10 soal pemahaman berupa pilihan ganda dan 5 soal berpikir kritis

berupa uraian. Asesmen berpikir kritis berisi soal uraian karena untuk menjawab soal jenis ini membutuhkan kemampuan pengetahuan yang integratif dalam mengorganisasi jawaban, sedangkan pada tes pilihan ganda tidak didapatkan hal seperti pada tes uraian karena siswa hanya memilih opsi yang telah disiapkan (Susongko, 2010).

Karakteristik soal memberikan penjelasan sederhana adalah yaitu mengidentifikasi permasalahan dengan memfokuskan pertanyaan dan unsur yang terdapat dalam masalah (Fithriyah, 2016). Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis (1985) bahwa indikator memberikan penjelasan sederhana meliputi memfokuskan pertanyaan, menganalisis argumen, bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan. Memberikan penjelasan sederhana merupakan salah satu bagian penting yang perlu dilatihkan kepada siswa agar dapat memiliki keterampilan berpikir kritis (Agnafia, 2019). Contoh soal memberikan penjelasan sederhana dapat dilihat pada Gambar 4.6

Memberikan penjelasan sederhana materi ekosistem

1. Sumber Pencemaran Udara

Metana (CH_4)

Sumber alami, Lautan: Mengeluarkan metana dari dasar laut dan aktivitas mikroba tertentu.

Karbon Dioksida (CO_2)

Sumber alami, Pelepasan Laut: Lautan melepaskan CO_2 berdasarkan suhu dan proses biologis.

Bagaimana polusi udara, khususnya pelepasan metana dan karbon dioksida mempengaruhi ekosistem laut? Jelaskan!

Memberikan penjelasan sederhana materi perubahan lingkungan

2. SO₂ merupakan salah satu gas yang menyebabkan hujan asam. Hujan asam dapat memengaruhi pohon dan tanah di sekitarnya dengan berbagai cara. Gambar di bawah ini menunjukkan di mana efek ini dapat terjadi.



bagaimana hal-hal berikut mempengaruhi pohon dan jelaskan bagaimana hal ini dapat menyebabkan kematiannya.

- a. Kerusakan daun
- b. Kerusakan akar halus
- c. Kematian mikroorganisme tanah

Gambar 4.6 Soal Memberikan Penjelasan Sederhana pada Modul

Karakteristik soal membangun keterampilan dasar (*basic support*) yaitu mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, mengobservasi, dan mempertimbangkan hasil observasi (Fithriyah, 2016). Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis (1985) bahwa indikator membangun keterampilan dasar adalah kemampuan untuk mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, mengobservasi, dan mempertimbangkan hasil observasi. Mempertimbangkan hasil adalah keterampilan yang penting untuk dimiliki siswa karena keterampilan ini dapat membantu siswa menyelesaikan permasalahan dan pengambilan keputusan yang tepat (Nuraini, 2017). Contoh soal

membangun keterampilan dasar pada bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 4.7.

5. Sekelompok peserta didik mengamati suatu ekosistem danau. Pada pengamatan tersebut ditemukan berbagai jenis organisme, seperti siput, udang, ikan gabus, melati air, dan burung bangau. Berdasarkan pengamatan tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.
 - a. Bagaimana jaring-jaring makanan yang terjadi pada ekosistem tersebut?
 - b. Jika terjadi invasi burung cangak ke dalam ekosistem tersebut, bagaimana jaring-jaring makanan yang terbentuk? Apa peran burung cangak pada ekosistem tersebut?
 - c. Apakah invasi burung cangak memengaruhi keseimbangan ekosistem tersebut? Jelaskan jawabanmu!

Gambar 4.7 Soal Membangun Keterampilan Dasar pada Modul

Karakteristik soal Membuat simpulan (*inference*) yaitu menarik kesimpulan terhadap masalah yang ditemui dengan pengetahuan awal yang dimiliki (Susilowati, Sajidan & Ramli, 2017). Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis (1985) bahwa indikator inferensi adalah kemampuan penggabungan unsur-unsur yang diperlukan untuk memperoleh suatu kesimpulan yang memiliki alasan dan masuk akal. Penarikan kesimpulan dilakukan untuk menafsirkan apa yang telah terjadi atau apa yang telah diamati (Agnafia, 2019). Contoh soal inferensi pada bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 4.8.

5. Seorang peneliti melakukan percobaan untuk mengetahui efektivitas tumbuhan eceng gondok dalam mengolah limbah cair yang berasal dari rumah pemotongan hewan. Perlakuan yang diberikan, yaitu air limbah dialirkan ke dalam kolam yang permukaannya ditutupi eceng gondok sebanyak 30%, 60%, dan 90%. Parameter yang diukur meliputi BOD, COD, dan pH air limbah. Percobaan tersebut dilakukan selama 28 hari. Data hasil percobaan ditunjukkan seperti dalam tabel berikut

Parameter	Hari Ke-% Penutupan Eceng Gondok									
	0		14		28		35		42	
BOD (mg/l)	158,77	158,77	158,77	130,40	110,33	107,76	83,89	82,67	79,08	79,08
COD (mg/l)	300,00	300,00	300,00	190,78	186,90	175,80	172,40	167,30	154,00	154,00
pH	8,90	8,90	8,90	8,65	8,35	8,10	7,08	7,05	7,04	7,04

Berdasarkan data tersebut, apa kesimpulan yang dapat diambil? Jelaskan!

Gambar 4.8 Soal Inferensi pada Modul

Karakteristik soal membuat penjelasan lebih lanjut (*advances clarification*) yaitu mengidentifikasi hubungan antara konsep-konsep dalam masalah dengan memberikan penjelasan yang tepat (Fithriyah, Sa'dijah & Sisworo, 2016). Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis (1985) bahwa indikator membuat penjelasan lebih lanjut meliputi mengidentifikasi istilah dan mempertimbangkan definisi, mengidentifikasi asumsi. Siswa yang memiliki keterampilan berpikir kritis dapat melakukan identifikasi terhadap pemikarannya serta membandingkan dengan data, fakta, pendapat, serta pemikiran orang lain (Agnafia, 2019). Contoh soal membuat penjelasan lebih lanjut pada bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 4.9.

3. Seorang petani menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan pada lahan pertaniannya. Apa saja kemungkinan dampak jangka panjang dari penggunaan pupuk dan pestisida tersebut pada kualitas air, tanah dan kesehatan manusia di sekitar lahan tersebut?

Gambar 4.9 Soal Membuat Penjelasan Lebih Lanjut pada Modul

Karakteristik soal menentukan strategi dan taktik (*strategi and tactics*) untuk menyelesaikan masalah yaitu memutuskan tindakan yang tepat untuk menyelesaikan masalah, serta lengkap dan benar dalam melakukan perhitungan (Fithriyah, Sa'dijah & Sisworo, 2016). Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis yang dirumuskan oleh Ennis (1985) bahwa indikator menentukan strategi dan taktik yakni menentukan suatu tindakan dan berinteraksi dengan orang lain. Menentukan strategi dan taktik dapat membantu peserta didik untuk berpikir kritis karna kemampuan untuk mengatur cara berpikir, sehingga akan mengkaji ulang hasil pemikirannya dan mengkoreksinya untuk dapat mengambil keputusan yang lebih baik (Hunaepi *et al.*, 2020). Contoh soal Menentukan strategi dan taktik pada bahan ajar dapat dilihat pada Gambar 4.10.

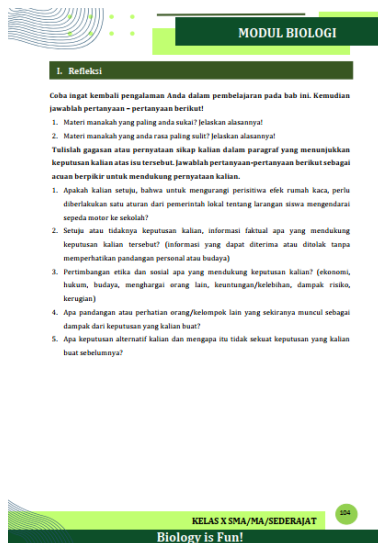
Apakah kalian setuju, bahwa untuk mengurangi peristiwa efek rumah kaca, perlu diberlakukan satu aturan dari pemerintah lokal tentang larangan siswa mengendarai sepeda motor ke sekolah? Buatlah rencana aksi untuk mengajak teman sebaya ikut mengurangi efek rumah kaca

Gambar 4.10 Soal Menentukan Strategi dan Taktik pada Modul

8. Refleksi

Refleksi diri dapat membantu siswa untuk memonitor dan mengevaluasi dirinya dalam proses pembelajaran, sehingga seringkali siswa yang berprestasi adalah mereka yang mampu meregulasi dirinya sendiri dengan baik (Hunaepi

et al., 2020). Salah satu perbaikan dalam pembelajaran yang dilakukan oleh seorang guru adalah melakukan refleksi pada setiap pertemuan yang dilakukannya (Jatmiko & putra, 2017). Tampilan rangkuman pada modul dapat dilihat pada Gambar 4.11.

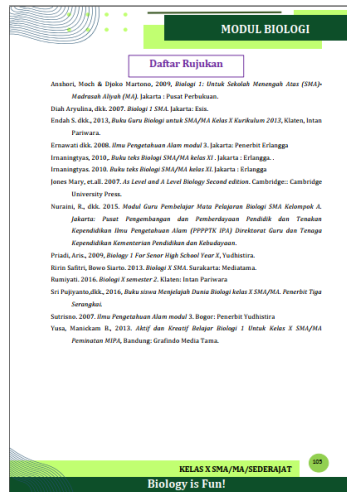


Gambar 4.11 Tampilan Rangkuman pada Modul

9. Daftar Pustaka

Daftar pustaka merupakan salah satu elemen penting dalam penyusunan sebuah karya ilmiah, karena berkaitan dengan tingkat orisinalitas suatu tulisan yang harus mencantumkan sumber dari berbagai kutipan hingga pemikiran. Daftar Pustaka dimaksud adalah suatu daftar yang berisi semua sumber bacaan yang digunakan sebagai bahan acuan dalam penulisan karya tulis ilmiah (Djunaidi & MSLS,

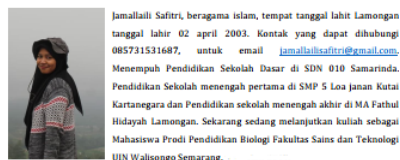
2017). Tampilan daftar pustaka pada modul dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tampilan Daftar Pustaka pada Modul

10. Profil peneliti

Profil peneliti berisi biodata singkat dari pengembang. Tampilan profil peneliti pada modul dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tampilan profil peneliti pada Modul

E. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian ini adalah materi pada bahan ajar tidak meliputi semua materi biologi, hanya pada materi

ekosistem dan perubahan lingkungan. Penelitian ini juga hanya sampai pada tahap uji kelayakan tidak sampai pada tahap uji efektivitas dikarenakan keterbatasan waktu penelitian.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Modul yang dikembangkan berisi halaman pengenalan yang memuat tujuan pembelajaran dan kalimat pengantar, peta konsep, pertanyaan pemantik, konten *socio-scientific issues*, komponen STEM yang terdiri dari Sains yang memuat materi pembelajaran, latihan soal pada tiap sub indikator yang memuat soal pemahaman dan soal berpikir kritis, kegiatan praktikum, Teknologi, Teknik, Matematika, asesmen yang meliputi indikator-indikator berpikir kritis, refleksi, daftar pustaka dan profil pengembang. Modul berisi indikator berpikir kritis sehingga dapat digunakan untuk membantu melatih keterampilan berpikir kritis.
2. Uji kelayakan bahan modul biologi oleh ahli materi ekosistem, ahli materi perubahan lingkungan, ahli media, ahli STEM terintegrasi SSI, dan ahli berpikir kritis dengan hasil penilaian secara berturut-turut sebesar 83,9% (sangat layak), 83,9% (sangat layak), 95% (sangat layak), 92,9% (sangat layak), 100% (sangat layak). Selanjutnya, dilakukan pengambilan angket respon oleh praktisi

(guru biologi) mendapat hasil sebesar 95,4% dengan kategori sangat layak dan angket respon siswa sebesar 94,2% dengan kategori sangat layak.

B. Saran Pemanfaatan

Produk Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan ini, maka disarankan hal-hal sebagai berikut.

1. Modul biologi yang telah dikembangkan untuk selanjutnya dapat diuji efektivitas penggunaannya.
2. Modul biologi dapat dikembangkan dalam bentuk materi yang lain, baik pada materi biologi maupun materi pada mata pelajaran yang lain.

C. Diseminasi dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Produk pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI ini dapat digunakan sebagai bahan ajar pada kelas X, akan tetapi dalam penyebarannya haruslah memperhatikan karakteristik dan kebutuhan siswa, agar lebih maksimal dalam penggunaannya. Adapun saran pengembangan produk lebih lanjut adalah sebagai berikut.

1. Modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI yang dikembangkan masih belum sempurna, sehingga

bisa menjadi bahan untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

2. Penelitian sejenis perlu dilakukan yaitu penelitian pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk materi biologi lainnya agar peserta didik dapat lebih mudah belajar biologi ataupun mata pelajaran lain.
3. Pengembangan bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan indikator-indikator berpikir kritis juga perlu dilakukan pada materi-materi yang lain agar dapat digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, A., & Izadpanah, S. (2018). The Relationship Between Critical Thinking, its Subscales and Academic Achievement of English Language Course: The Predictability of Educational Success Based on Critical Thinking. *Academy Journal of Educational Sciences*, 2(2), 91–105. <https://doi.org/10.31805/acjes.445545>
- Adah, S. ', Yuniasti, A., Wulandari, R., Fikriyah, A., & Muharrami, L. K. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Materi Pemanasan Global Dengan Soal Berbasis Pendekatan Socioscientific Issues (SSI). In *Jurnal Natural Science Educational Research* (Vol. 4, Issue 3).
- Adiputra, S., & Mujiyati, M. (2017). Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa di Indonesia: Kajian Meta-Analisis. *Konselor*, 6(4), 150. <https://doi.org/10.24036/02017648171-0-00>
- Afandi, A., Wahyuni, E. S., Kristiana, T., & Putra, D. A. (2021). Profile of Critical Thinking Skills of Students in High School on Climate Change and Waste Recycling Materials. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 5(2), 96. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v5i2.50826>
- Agnafia, D. N. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dalam Pembelajaran Biologi. *Florea*, 5(1), 1–8.
- Agustina, A., Rahayu, Y. S., & Yuliani, Y. (2021). The Effectiveness of SW (Student Worksheets) Based on STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) to Train Students' Creative Thinking Skills. *SEJ (Science Education Journal)*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.21070/sej.v5i1.1346>
- Alcaraz-Dominguez, S., & Barajas, M. (2021). Conceiving socioscientific issues in stem lessons from science

- education research and practice. *Education Sciences*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/educsci11050238>
- Alma, Buchari. (2012). *Guru Profesional*.
- Alsaleh, N. J. (2020). Teaching Critical Thinking Skills: Literature Review. In *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* (Vol. 19, Issue 1).
- AlSheikh, A. bin M. bin A. bin I. (2003). *Tafsir Ibnu Katsir* (1st ed.). Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Anagün, Ş. S., & Özden, M. (2010). Teacher candidate's perceptions regarding socio-scientific issues and their competencies in using socio-scientific issues in science and technology instruction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 981–985. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.271>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Asessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. *Addison Wesley Longman*.
- Angraini, F., Walid, A., Ansyah, E., Ikhsan, A., & Fatmawati Soekarno. (2022). Pengembangan Modul Pembelajaran Ipa Berbasis STEM Untuk Menumbuhkan Hots Di SMP. *Jurnal Muara Pendidikan*, 7(1).
- Astutik, F., & Wijayanti, E. (2020). Meta-Analysis: The Effect of Learning Methods on Students' Critical Thinking Skills in Biological Materials. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 3(3). <https://e-journal.my.id/jsgp/article/view/425>
- Azizah, M., Sulianto, J., Cintang, N., Pendidikan Guru, J., & Dasar, S. (2018). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar Pada Pembelajaran Matematika Kurikulum 2013. In *Jurnal Penelitian Pendidikan* (Vol. 35).

- Badiah, L. I., Jauhari, M. N., & Sambira, S. (2020). Peningkatan Keterampilan Guru Paud Dalam Menyusun Program Pembelajaran Individual Anak Berkebutuhan Khusus Di PAUD Permata Bunda. *SPEED Journal: Journal of Special Education*, 3(2), 95–100. <https://doi.org/10.31537/speed.v3i2.287>
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12.
- Belawati, T. (2003). *Pengembangan bahan ajar*. Pusat penerbitan UT.
- Benyamin, Qohar, A., & Sulandra, I. M. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas X Dalam Memecahkan Masalah SPLTV. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 05(02), 909–922.
- Beyer, B. K. (1995). *Critical Thinking*. IN: Phi Delta Kappa Educational Foundation.
- Bloom, B. S. (1980). *All Our Children Learning*. McGraw-Hill. ISBN-10: 0070061203. ISBN-13: 978-0070061200.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2007). *Motivation and emotion*. In J.T. Cacioppo, L. G. Tassinari, and G. Berntson (Eds.). Cambridge University Press.
- Branch, R. M. (2010). Instructional design: The ADDIE approach. In *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Budiastuti, R. (2021). *Pengembangan E-Modul Materi Struktur Dan Fungsi Jaringan Hewan Untuk Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sma Kelas Xi Melalui*

Model Discovery Based Unity Of Sciences (DBUS).
Universitas Islam Negeri Walisongo.

Butterworth, J., & Thwaites, G. (2013). *Thinking Skills* (second edition). cambridge university press.

Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>

Cahyati Sahrir, D. (2022b). E-modules with Android Appy Pie Based on Socio-Scientific Issues to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Education Technology*, 6(2), 372–379. <https://doi.org/10.23887/jet.v>

Dalaila, I., Widiyaningrum, P., & Saptono, S. (2022). Developing E-Module Based on Socio-Scientific Issues to Improve Students Scientific Literacy. *Journal of Innovative Science Education*, 11(3), 285–294. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>

Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1), 11–22.

Departemen Agama RI. (2010). *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Darus Sunnah.

Depdiknas. (2006). *Kurikulum tingkat satuan pendidikan*. Depdiknas.

Deviananda, A. M., & Mawardi. (2022). Efektivitas Media Pembelajaran Daring Menggunakan Google Meet dan Zoom Ditinjau Dari Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 5(2), 271–279. <https://doi.org/10.23887/jippg.v5i2.49925>

- Eggen, P., & Kauchak, D. (2012). *Strategi dan Model Pembelajaran*. PT. Indeks.
- Ennis, R. H. (1985). *Goals For A Critical Thinking I Curriculum. Developing Minds A Resource Book For Teaching Thinking*. Virginia: ASCD.
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*.
- Fadilah, M., Ananda, S., Asri, N. A., Fitri, R., Alberida, H., & Ilhami, A. (2022). Development of Socioscientific Case-Based Worksheet in Biology Topics for IX Grade Junior High School to Improve Communication-Collaboration Performance. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 654–668. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i3.25162>
- Fajari, S. L. E. W., & Chumdari. (2021). Critical Thinking Skills And Their Impacts On Elementary School Students. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 18(2), 161–187. <https://doi.org/10.32890/mjli2021.18.2.6>
- Fauzy, A. (2019). *Metode Sampling*. Universitas Terbuka.
- Febriana, I. D. (2022). *Pengembangan Bahan Ajar Biologi Berbasis Google Site Untuk Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kemandirian Belajar Siswa Kelas X Semester 2*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Hanover, R. (2011). *K-12 STEM Education Overview*. Hanover Research.
- Harta, I., Yani Tromol Pos, J. A., & Kartasura, P. (2014). *Pengembangan Modul Pembelajaran untuk Meningkatkan*

- Pemahaman Konsep dan Minat SMP. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 161–174.
<http://journal.uny.ac.id/index.php/pythagoras>
- Hassoubah, I. Z. (2007). *Mengasah Pikiran Kreatif dan Kritis Disertai Ilustrasi dan Latihan*. . Nuansa.
- Hayudiyani, M., Arif, M., & Risnasari, M. (2017). Identifikasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X Tkj Ditinjau Dari Kemampuan Awal Dan Jenis Kelamin Siswa Di SMKN 1 Kamal. *Jurnal Ilmiah Edutic*, 04(1).
- Hidayati, N., Irmawati, F., & Prayitno, T. A. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Biologi Melalui Multimedia STEM Education. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 4(2), 84–92.
<https://doi.org/10.31932/jpbio.v4i2.536>
- Hillary, G., Djulia, E., & Hasibuan, R. H. (2023). Analysis Critical Thinking Ability and Environmental Care Attitude of Junior High School Students on Global Warming Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 2383–2390.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.2603>
- Horenstein, L. S. B., & Niu, L. (2011). Teaching Critical Thinking Skills In Higher Education: A Review Of The Literature. *Journal of College Teaching & Learning-February*, 8(2).
- Isnaini, A. N., & Rahayu, T. (2023). Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis Socio Scientific Issues (SSI) Terhadap Literasi Kesehatan Siswa. *Jurnal Edukasi Biologi*, 9(2), 112–127. <https://doi.org/10.21831/edubio.v9i2.19233>
- Kartimi, & Liliarsari. (2012). Pengembangan Alat Ukur Berpikir Kritis Pada Konsep Termokimia Untuk Siswa SMA Peringkat Atas dan Menengah. In *JPII* (Vol. 1, Issue 1).
<http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpii>

- Khairiyah, N. (2019). *Pendekatan Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM)*. Guepedia.
- Khasanah, S. U., & Setiawan, B. (2022). Penerapan Pendekatan Socio-Scientific Issues Berbantuan E-LKPD Pada Materi Zat Aditif Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *PENSA E-JURNAL : Pendidikan Sains*, 10(2). www.liveworksheet.com
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2), 53. <https://doi.org/10.12928/jrpkpf.v5i2.9977>
- Komarudin. (2022). STEM-Based E-Module In Improving Students' Mathematical Creative Thinking Ability: A Needs Analysis For Indonesian Students. *Jurnal Cartesian*, 2(1).
- Kristiana, T., afandi, & Sri Wahyuni, E. (2022). *Konstruksi Perangkat Pembelajaran Menggunakan Model Guided Inquiry Disertai Socioscientific Issues (Ssi) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis*.
- Lasmiyati, & Harta, I. (2014). Pengembangan Modul Pembelajaran untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Minat SMP. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 161–174. <http://journal.uny.ac.id/index.php/pythagoras>
- Layla, M., Fatayah, & Yuliana, I. F. (2021). Keterlaksanaan Model Pembelajaran Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM). *Journal of Chemical Education*, 10(3), 261–267.
- Lee, M. H., Chai, C. S., & Hong, H. Y. (2019). STEM Education in Asia Pacific: Challenges and Development. In *Asia-Pacific*

- Education Researcher* (Vol. 28, Issue 1). Springer.
<https://doi.org/10.1007/s40299-018-0424-z>
- Leksono, Suroso Mukti, Syachruraji, A., Marianingsih, & Pipit. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar Biologi Konservasi Berbasis Etnopedagogi*.
- Macalalag, A. Z., Minken, Z., & Varma, C. (2023). The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS) The Eurasia Proceedings of Educational SSI: Teachers Make STEM Concepts Relevant to Their Students. & *Social Sciences*, 31. www.isres.org
- Mark Sanders. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*.
- Masing, F. A., & Aminatun, T. (2022). Developing an SSI-Based Learning Model of Android Module to Improve Critical Thingking Skills of Students. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(3), 673–685.
<https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3226>
- Maslakhatunni'mah, D., Safitri, L. B., & Agnafia, D. N. (2019). Analisis Kemampuan Berfikir Kritis Pada Mata Pelajaran IPA Siswa Kelas Vii SMP. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 179.
- Maziyah, K. N., & Hidayati, F. H. (2022). Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan STEM untuk Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Trigonometri. *Jurnal Tadris Matematika*, 5(2), 241–256.
<https://doi.org/10.21274/jtm.2022.5.2.241-256>
- Mukminati, N. S., Hala, Y., & Firdaus. (2023). Analisis Penerapan Pendekatan Berbasis Socio-Scientific Issues (Ssi) Dalam Pembelajaran Materi Biologi Analysis Of The Approach Based On Socio-Scientific Issues (Ssi) In

- Learning Biological Materials. *Inovasi Sains Dan Pembelajarannya: Tantangan Dan Peluang*.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2015). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*.
- Muslich, M. (2009). *KTSP (kurikulum tingkat satuan pendidikan) Dasar Pengembangan dan Pemahaman* (cetakan ke 5). Sinar Grafika.
- Nava, T. H. N. S., & Prasetyo, Z. K. (2018). Pengaruh Pendekatan Socio-Scientific Issues Berbasis STEM Terhadap Literasi Sains Siswa The Effect Of STEM Based Socio-Scientific Issues Approach On Scientific Literacy Of Students. *E-Journal Pendidikan IPA*, 7(5).
- Nazir, M. (2003). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia.
- Nugraha, A. J., Suyitno, H., & Susilaningsih, E. (2017). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Ditinjau dari Keterampilan Proses Sains dan Motivasi Belajar melalui Model PBL. *Journal of Primary Education*, 6(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpe>
- Nurhikmayati, I., & Jatisunda, M. G. (2019). Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1). <http://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/mosharafa>
- Nurtamara, L., Sajidan, S., & Suranto, S. (2019). The importance socio-scientific issues of in biology learning preparing students as a 21st century society. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022070>
- Nurwidodo, N., Romdaniyah, S. W., Sudarmanto, S., & Husamah, H. (2022). Pembinaan guru dalam melaksanakan

- Pembelajaran STEM dengan Kemampuan Berfikir Kreatif dan Keterampilan Kolaboratif pada Siswa SMP. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v4i1.601>
- Pane, A., & Dasopang, M. D. (2017). Belajar Dan Pembelajaran. *Jurnal Kajian Ilmu-Ilmu Keislaman*, 03(2).
- Prasadi, A. H., Wiyanto, W., & Suharini, E. (2020). The Implementation of Student Worksheet Based on STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) and Local Wisdom to Improve of Critical Thinking Ability of Fourth Grade Students. *Journal of Primary Education*, 9(3), 227–237. <https://doi.org/10.15294/jpe.v9i3.37712>
- Rahardi, K. (2005). *Pragmat Kesantunan Imperatif Bahasa Imperatif Bahasa Indonesia*. Erlangga.
- Ramlawati, & Yunus, S. R. (2021). Desain Pembelajaran Inovatif Berbasis Pendekatan STEM. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA II*.
- Riyanto, R. F., Imam Ma'arif Syah, & Ujang Buchori Muslim. (2021). *Model STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics) Dalam Pendidikan*. Widina Bhakti Persada Bandung. www.penerbitwidina.com
- Rizky Anisa, A., Aprila Ipungkarti, A., & Kayla Nur Saffanah, dan. (2021). Pengaruh Kurangnya Literasi serta Kemampuan dalam Berpikir Kritis yang Masih Rendah dalam Pendidikan di Indonesia. In *Conference Series Journal* (Vol. 01).
- Rostikawati, D. A., & Permanasari, A. (2016). Rekonstruksi bahan ajar dengan konteks socio-scientific issues pada materi zat aditif makanan untuk meningkatkan literasi sains siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 156. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8814>

- Rubenfeld. (2005). *Berpikir kritis untuk perawat*. EGC.
- Rusnah, & Mulya, O. T. (2018). Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pendekatan Saintifik Di Sekolah Dasar. *Jurnal Gentala Pendidikan Dasar*, 3(2). [Http://Online-Journal.Unja.Ac.Id/Index.Php/Gentala](http://Online-Journal.Unja.Ac.Id/Index.Php/Gentala)
- Sadler, D. R. (2007). Perils in the meticulous specification of goals and assessment criteria. *Principles, Policy and Practice*, 14(3), 387–392.
- Sahertian, D. P., & Hidayati, S. N. (2022). Analisis Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa Berbantuan Artikel Socio-Scientific Issue Pada Materi Energi Alternatif. *PENSA E-JURNAL : Pendidikan Sains*, 10(1), 1–7.
- Salsabila, S., & Kholiq, Abd. (2021). Development of Physics Edutainment Website to Improve Students' Critical Thinking Skills During the Covid-19 Pandemic. *Radiasi : Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 14(1), 11–22. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v14i1.1034>
- Saputri, H. S. (2023). *Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Materi Virus Pada Buku Teks Biologi Sma*. Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Satriani, A. (2017). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dalam Pembelajaran Kimia Dengan Mengintegrasikan Pendekatan Stem Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah. *STEM Untuk Pembelajaran SAINS Abad 21*.
- Schafersman, S. D. (1991). *An Introduction To Critical Thinking*. <http://www.freeinquiry.com/critical-thinking.html>
- Septiningrum, D., Khasanah, N., Khoiri. (2021). Development of Biology Teaching Materials of Virus Based on Socio-

- Scientific Issues (SSI) to Improve Student's Critical Thinking Ability. *JURNAL PHENOMENON*, 11(1), 87–104.
- Shafique, M. T., Faisal, K., Bagais, A., Krishna, M. R. K., Shafique, R. M., Faisal, K., & Bagais, A. (2006). *Infusing Critical Thinking Skill Compare and Contrast into Content of Data Structures Course. Infusing Critical Thinking Skill Compare and Contrast into Content of Data Structures Course*. <https://www.researchgate.net/publication/220843777>
- Shanti, W. N., Sholihah, D. A., & Martyanti, A. (2017). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis melalui Problem posing. *LITERASI*, VIII(1), 49. <http://jurnal.upi.edu/file/8-Fachrurazi.pdf>,
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an* (11th ed., Vol. 15). Lentera Hati.
- Shoba, T. M., Hardianti, R. D., & Pamelasari, S. D. (2021). Penerapan Pendekatan Socio-Scientific Issue (SSI) Berbantuan Modul Elektronik Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Kecemerlangan Pendidikan IPA Untuk Konservasi Sumber Aya Alam*.
- Silaban, A., & Akbar, M. (2023). *Improvement of Critical Thinking Ability Using E-learning* (pp. 481–487). https://doi.org/10.2991/978-2-38476-056-5_50
- Siribunnam, S., Bednarova, R., & Nuangchalerm, P. (2019a). The effect of SSI overlap STEM Education on Secondary Students' Socio-scientific decision making. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012006>
- Slovin, M. J. (1960). *Sampling*, Simon and Schuster.

- Snyder, L. G., & Snyder, M. J. (2008). Teaching Critical Thinking and Problem Solving Skills. *The Delta Pi Epsilon Journal*, 1(2).
- Stohlmann, M., Moore, J. T., & Roehrig, H. G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Subiantoro, A. W., & Treagust, D. F. (2021). Development and validation of an instrument for assessing high-school students' perceptions of socio-scientific issues-based learning in biology. *Learning Environments Research*, 24(2), 223–237. <https://doi.org/10.1007/s10984-020-09332-z>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabet.
- Sukardi. (2021). *Metodologi Peneletian Pendidikan (Kompetesi dan Praktiknya, Edisi Revisi)*.
- Sukma, I. M., Marianti, A., & Ellianawati. (2023a). Development of an E-Book Based on STEM-Integrated Creative Problem Solving on Environmental Change Material to Improve Students' Critical Thinking and Creative Thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6111–6121. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4356>
- Sumaya, A., Israwaty, I., & Ilmi, N. (2021). Application of STEM Approach to Improve Learning Outcomes of Elementary School Students in Pinrang District. *PINSI JOURNAL OF EDUCATION*, 1(2).
- Susana, Y., Sarwanto, & Karyanto, P. (2015). Pengembangan Modul Ipa Terpadu Berbasis Berpikir Kritis Dengan Tema Ventilator Pada Siswa SMP/MTS Kelas VIII. *JURNAL*

- INKUIRI*, 4(2), 109–115.
<http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/sains>
- Susilawati, E., Agustinasari, A., Samsudin, A., & Siahaan, P. (2020b). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 11–16. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>
- Torlakson, T. (2014). *Innovate: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. State Superintendent of Public Instruction.
- Uminingtyas, M. putri K., & Sukarmin, S. (2019). The Profile of 21 st Century Learning: Enhancing critical thinking and problem solving skills at Senior High School. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 253.
- Utari, M. A., & Muttaqin, A. (2021). Penerapan Pembelajaran Kooperatif Tipe Make A Match Dengan Kegiatan Membaca Kritis Terhadap Peningkatan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Interaksi Makhluk Hidup Dengan Lingkungan. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*, 10(1). <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v10i1.44189>
- Wahono, B., Chang, C. Y., & Khuyen. (2021). Teaching socio-scientific issues through integrated STEM education: an effective practical averment from Indonesian science lessons. *International Journal of Science Education*, 43(16), 2663–2683.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1983226>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 7, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>

- Wahyudi, M., Suwanto, & Santoso, B. (2019). Kajian analisis keterampilan berpikir kritis siswa sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 4(2), 141. <https://doi.org/10.17509/jpm.v4i2.18008>
- Widiarti, A., Ibrahim, M., & Yuliani, Y. (2022). Development STEM-Based Biotechnology Learning Tools to Practice Critical Thinking. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, 3(4), 489–499. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v3i4.232>
- Wijaya, H., Haryanti, D., Indrawan, I., Mahdeyeni, & Marzuki. (2021). *Efektivitas Proses Pembelajaran Di Masa Pandemi*. Insan Cendikia Mandiri. <https://www.researchgate.net/publication/366823135>
- Yaki, A. A. (2022). Fostering Critical Thinking Skills Using Integrated STEM Approach among Secondary School Biology Students. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 06. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/12481>
- Yudha, P. A., & Zuhaida, A. (2022). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan Melalui Model Pembelajaran Socio-Scientific Issues Di Kelas VII MTS Roudlotul Furqon Tahun Pelajaran 2021/2022. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*.
- Yusmar, F., Nisa, A. K., Wahyuni, S., Wahyuni, D., & Fadilah, R. E. (2022). Development of sets-based science e-module to improve critical thinking skills of grade viii students on additive and addictive substances material. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, 7(02), 7–20. <https://doi.org/10.33503/ebio.v7i02.2004>
- Zakiah, L., & Lestari, I. (2019). Berpikir Kritis dalam Konteks Pembelajaran. *Erzatama Karya Abadi*. <https://www.researchgate.net/publication/335320458>

- Zakiyah, N., & Ramli, Y. (2023). Pengaruh Pembelajaran PBL Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa The Effect of STEM-integrated PBL Learning on Students' Critical Thinking Skills. *10*(2), 269–277. <https://doi.org/10.33059/jj.v10i2.8479>
- Zeidler, D. L. (2011). *The Role Of Moral Reasoning On Socioscientific Issues And Discourse In Science Education*. Kluwer Academic Publishers.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(2), 49–58. <https://doi.org/10.1007/bf03173684>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, *89*(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Nilai Uji Coba Siswa

N O	NA MA	NOMOR BUTIR SOAL										NIL AI	SKOR MAKSIMAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	R1	0	0	2	3	2	2	2	3	2	1	17	30
2	R2	1	1	2	1	0	2	1	0	1	2	11	30
3	R3	1	1	2	3	2	2	1	1	1	2	14	30
4	R4	2	1	3	2	2	1	0	2	0	1	12	30
5	R5	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	21	30
6	R6	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	15	30
7	R7	3	2	2	3	2	2	2	3	1	2	22	30
8	R8	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	15	30
9	R9	1	1	3	2	1	2	1	1	1	1	13	30
10	R10	1	1	0	2	3	0	2	1	1	1	12	30
11	R11	0	1	3	1	1	3	1	1	0	1	12	30
12	R12	1	1	3	2	0	1	1	1	1	1	10	30
13	R13	1	1	3	3	1	1	3	1	3	1	16	30
14	R14	3	2	1	1	0	1	1	3	3	1	16	30
15	R15	1	0	3	1	2	1	1	0	1	1	9	30
16	R16	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	12	30
17	R17	0	1	3	3	1	1	1	0	0	1	7	30
18	R18	1	1	3	1	0	3	1	1	3	2	16	30
19	R19	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	13	30
20	R20	1	1	1	2	3	1	2	2	1	1	15	30
21	R21	1	1	1	3	0	1	1	1	1	2	10	30

$\frac{2}{2}$	R22	1	2	2	1	3	1	2	2	1	1	15	30
$\frac{2}{3}$	R23	1	3	3	2	2	1	1	1	1	2	15	30
$\frac{2}{4}$	R24	1	3	3	1	1	1	0	1	1	3	13	30
$\frac{2}{5}$	R25	2	3	2	2	1	2	2	3	2	2	21	30
$\frac{2}{6}$	R26	3	1	2	3	1	2	2	3	3	1	22	30
$\frac{2}{7}$	R27	3	1	0	3	2	0	1	3	3	1	15	30
$\frac{2}{8}$	R28	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	10	30
$\frac{2}{9}$	R29	2	1	1	3	1	1	0	2	2	1	11	30
$\frac{3}{0}$	R30	1	1	3	2	2	1	2	1	1	2	14	30
$\frac{3}{1}$	R31	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	24	30
$\frac{3}{2}$	R32	2	2	1	1	3	1	1	2	2	1	16	30
$\frac{3}{3}$	R33	2	1	1	3	3	1	1	2	2	2	16	30
$\frac{3}{4}$	R34	2	2	1	1	2	1	0	2	2	1	14	30
$\frac{3}{5}$	R35	1	1	3	1	2	2	1	1	1	2	14	30
$\frac{3}{6}$	R36	1	2	2	2	3	2	2	3	3	1	22	30
$\frac{3}{7}$	R37	1	2	3	3	0	2	2	1	1	2	15	30
$\frac{3}{8}$	R38	2	3	2	1	3	2	3	2	2	1	21	30
$\frac{3}{9}$	R39	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	25	30
$\frac{4}{0}$	R40	2	0	2	3	2	2	1	2	2	1	15	30
$\frac{4}{1}$	R41	1	1	3	2	0	1	2	1	1	2	12	30
$\frac{4}{2}$	R42	1	1	1	3	0	1	1	1	1	1	11	30
$\frac{4}{3}$	R43	1	1	3	2	3	1	2	1	1	1	14	30
$\frac{4}{4}$	R44	2	3	3	2	2	2	2	2	3	1	21	30
$\frac{4}{5}$	R45	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	15	30

4 6	R46	1	3	3	1	2	1	1	1	1	2	14	30
4 7	R47	1	2	1	3	1	1	3	1	1	1	15	30
4 8	R48	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	16	30
4 9	R49	1	2	3	2	2	2	2	1	1	1	16	30
5 0	R50	3	3	2	3	2	2	2	1	3	2	23	30
SKOR TOTAL		7 1	7 4	7 4	8 0	8 0	7 4	7 1	7 4	7 7	7 2	747	

Persentase hasil dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yg diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

Hasil tes keterampilan berpikir kritis secara keseluruhan.

No	Indikator	Skor	Kategori
1.	Memberi penjelasan sederhana	34,33	Rendah
2.	Membangun keterampilan dasar	62,33	Tinggi
3.	Membuat inferensi/kesimpulan	50,33	Sedang
4.	Memberikan penjelasan lanjut	53,66	Sedang
5.	Mengatur strategi dan taktik	39,33	Rendah

Lampiran 2. Analisis Pedoman Dokumentasi Bahan Ajar Guru

Analisis dokumen guru biologi

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Buku Teks	Ada
2.	LKS	-
3.	Petunjuk praktikum	-
4.	PPT	-
5.	RPP	-
6.	Nilai siswa terakhir	-

Bahan ajar yang digunakan: buku teks

Kriteria bahan ajar yang digunakan	Kriteria			Keterangan
	1 (kurang)	2 (cukup)	3 (bagus)	
Relevansi dengan indikator dan tujuan pembelajaran			V	Materi sudah sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran
Kemenarikan bahan ajar	V			Warna kurang variatif dan sedikit gambar
Kelengkapan		V		Terdapat Latihan soal berupa pilgan dan uraian
Kesesuaian soal dengan indikator keterampilan berpikir kritis	V			Setelah dianalisis pada bab virus hanya 30% soal didalam buku teks yang

				memuat indikator berpikir kritis
--	--	--	--	--

Lampiran 3. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Peserta Didik

No	Pertanyaan	Jawaban	Persentase
1.	Apakah kalian menyukai pembelajaran biologi	Ya Tidak	66,7 % 33,3%
2.	Apakah anda memiliki buku atau pegangan lain selain buku paket untuk belajar biologi	Ya Tidak	0% 100%
3.	Apakah anda mengalami kesulitan mempelajari atau menghafal materi dari buku teks	Ya Tidak	66% 34%
4.	Apakah ibu guru anda menggunakan bahan ajar khusus untuk mengajarkan materi	Ya Tidak	22,2% 77,8%
5.	Soal-soal yang diberikan dapat mengembangkan kemampuan berpikir kalian	Ya Tidak	88,9% 11,1%
6.	Pernah memberikan tugas berupa proyek	Ya Tidak	10% 90%
7.	Pernah memberikan kegiatan pembelajaran berupa observasi	Ya Tidak	20% 80%
8.	Pernah melakukan kegiatan praktikum	Ya Tidak	0% 100%
9.	Saat pembelajaran topik materi yang diangkat relevan dengan kehidupan kalian sehari-hari	Ya Tidak	55,6% 44,4%
10.	Banyak mempelajari materi lebih luar seperti pemanfaatan teknologi dalam kehidupan sehari-hari yang dihubungkan pada topik pembelajaran	Ya Tidak	35% 65%
11.	Guru memberikan motivasi sebelum kegiatan pembelajaran	Ya Tidak	30% 70%

Lampiran 4. Hasil Wawancara Guru dan Siswa

Nama sekolah : MA Fathul Hidayah Lamongan

Nama guru : Siti Masruroh, S.Si.

Mata pelajaran : biologi

No	Responden	Pertanyaan	Jawaban
1.	Guru	Berapa lama ibu mengajar disini?	2 tahun
2.		Bagaimana kurikulum yang diterapkan di MA Fathul Hidayah Lamongan?	Untuk kelas X menggunakan kurikulum 13, dan untuk tahun depan sudah merdeka.
3.		Bagaimana karakteristik peserta didik untuk kelas X?	Sangat heterogen, akibat dari program zonasi serta kultur yang masih dibawa dari SMP yang berbeda-beda. Ada yang sangat aktif ada yang pendiam.
4.		Metode dan model pembelajaran apa yang ibu gunakan?	Ceramah dan diskusi kelompok
5.		Apa kendala yang ditemui saat pembelajaran?	Kendalanya adalah keterbatasan pada waktu. Keterbatasan fasilitas dan perangkat pembelajaran.
6.		Apakah ibu sudah menerapkan pendekatan STEM atau model pembelajaran socio scientific issues?	Belum pernah, tapi sesekali pernah mengaitkan isu-isu sains di masyarakat pada pembelajaran
7.		Bahan ajar yang digunakan?	Buku teks kurikulum 13
8.		Pernah melakukan pengukuran	Belum

		tentang keterampilan abad 21?	
9.		Bagaimana keterampilan berpikir peserta didik kelas X MIPA?	Ada yang pintar, ada yang kurang, ada yang biasa saja, sangat beranekaragam. Tapi yang mendominasi siswa yang biasa saja kebawah.
10.		Apakah ibu sering menerapkan soal-soal berpikir kritis ke anak-anak?	Untuk soal yang saya gunakan biasanya mengambil dari buku teks yang digunakan. Untuk soal-soal kritis sesekali ada di soal ulangan, tetapi jawaban mereka jarang tepat karna pertanyaannya butuh proses analisis.
11.		Jika pembelajaran, apakah sudah sering diterapkan?	Jarang, biasanya diskusi membahas materi saja
12.		Apakah ada kendala dalam pembelajaran yang ibu terapkan?	Pas presentasi, lek pas diminta bertanya dengan sukarela mboten enten sing bersedia, biasanya saya siasati dengan menunjuk secara acak biar ada yang bertanya, atau dengan cara lain ada kelompok yang harus menanggapi kelompok yang sedang presentasi.
1.	Siswa	Apakah ibu guru memberikan motivasi selama proses pembelajaran?	R1: jarang, biasanya langsung masuk materi R2: tidak, beliau menyampaikan materi langsung R3: jarang

			R4: langsung masuk materi
2.		Bagaimana cara ibu guru memberikan stimulus kepada siswa agar dapat melakukan proses berpikir kritis?	R1: dijelaskan dikasih soal R2: dijelaskan ibunya R3: melalui soal- soal R4: diskusi dan presentasi
3.		Kendala atau kesulitan apa yang Anda alami selama proses pengerjaan soal berpikir kritis dan pemecahan masalah ini?	R1: kita tidak boleh bawa hp jadi nyari info lebihnya gimana R2: tidak boleh bawa hp, perpustakaan juga isinya buku paket biologi aja R3: kurang referensi lain R4: ga boleh bawa hp bingung mencari info lanjutnya

Lampiran 5. Instrumen Penilaian Ahli Bahan Ajar

Instrumen Penilaian Ahli Bahan Ajar

Judul Penelitian : Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik
 Peneliti : Jamallaili Safitri
 Ahli bahan ajar : Nisa Rasyida, M.Pd.
 Instansi : UIN Walisongo Semarang

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian 1,2,3 atau 4 pada tiap butir kriteria penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI dengan ketentuan penilaian sebagai berikut.
 1 = sangat kurang baik
 2 = kurang baik
 3 = baik
 4 = sangat baik
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah 1 atau 2 berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan pada bagian saran/ komentar.

B. Tabel penilaian

No		Aspek yang dinilai	Nomor butir penilaian			
			1	2	3	4
Desain produk						
1.		Kesesuaian desain modul dalam mempresentasikan materi didalamnya				
2.		Pemilihan jenis dan ukuran huruf mudah dibaca, tidak <i>typo</i> , jelas, dan tepat				✓
3.		Warna yang digunakan menarik				✓
4.		Menampilkan pusat pandang (<i>centerpoint</i>) yang baik			✓	
5.		Kesesuaian gambar yang digunakan				✓
6.		Kualitas gambar yang digunakan			✓	
Penggunaan produk						
7.		Kemampuan modul sebagai bahan ajar				✓
8.		Modul dapat digunakan dalam jangka panjang				✓
9.		Modul sesuai dengan kondisi dan kebutuhan peserta didik				✓
10.		Kemudahan dalam penggunaan modul				✓
Aspek sistematika penyajian						
11.		Sistematika penyajian modul yang konsisten				✓
12.		Sistematika penyajian modul (uji kompetensi, soal, kata kunci, dll) dapat membantu memudahkan peserta didik dalam belajar				✓
Aspek tampilan modul						
13.		Desain dan gambar sampul memberikan kesan positif				✓
14.		Pemilihan teks dan tulisan mudah dibaca			✓	
15.		Penampilan unsur tata letak pada sampul muka, belakang dan punggung secara harmonis memiliki irama dan kesatuan (<i>unity</i>) serta konsisten			✓	
16.		Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi cover yang digunakan dapat menggambarkan isi materi dan mengungkapkan karakter objek				✓

No	Aspek yang dinilai	Nomor butir penilaian			
		1	2	3	4
17	Cover yang digunakan dapat menggambarkan isi materi dan mengungkapkan karakter objek				✓
Aspek kebahasaan					
18.	Penggunaan kalimat berdasarkan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, sesuai dengan ejaan yang disempurnakan				✓
19.	Kalimat yang disajikan komunikatif dan interaktif				✓
20.	Pemilihan kata dan kalimat menggunakan bahasa santun				✓
21.	Pemilihan kata dan kalimat disesuaikan dengan kemampuan bahasa peserta didik pada tingkat SMA				✓

Instrumen diadopsi dari Jihan, Muhammad. 2021. *Pengembangan Media Mobile Learning Berbasis Android dalam Pembelajaran Biologi pada Materi Struktur dan Fungsi Sel Kelas XI SMA*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo., dengan modifikasi peneliti

C. Komentar/ saran:

- Perbaiki yg tgl
- Warna tulisan gender, warna yg mudah dilihat
- Cantumkan sumber gambar
- Ganti gambar yg buram.

D. Indikator Penilaian

Penilaian menggunakan skala likert untuk menganalisis hasil penelitian validator, perhitungannya menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

P: nilai kelayakan angket tiap aspek

A: jumlah skor yang didapat

B: jumlah skor maksimal

No	Persentase penilaian	Kriteria
1.	81% - 100%	Sangat Layak
2.	61% - 80%	Layak
3.	41% - 60%	Cukup layak
4	21% - 40%	Tidak layak
5	0% - 20%	Sangat tidak layak

Sumber: (Sugiyono, 2019)

E. Kesimpulan

Lingkari nomor sesuai dengan kesimpulan

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
- ☒ 2. Layak untuk digunakan dengan revisi
3. Tidak layak untuk digunakan

Semarang, 2024
Ahi bahan ajar



Nisa Rasyida, M.Pd.
NIP. 198803122019032011

Lampiran 6. Instrumen Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio-Scientific Issues*

Instrumen Pendekatan STEM Terintegrasi *Socio-Scientific Issues*

Judul Penelitian : Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
 Peneliti : Jamallaili Safitri
 Nama Validator : Nisa Rasyida, M.Pd.
 NIP : 198803122019032011
 Instansi : UIN Walisongo Semarang

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian 1,2,3 atau 4 pada tiap butir kriteria penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk melatih keterampilan berpikir kritis dengan ketentuan penilaian sebagai berikut.
 1 = sangat kurang baik
 2 = kurang baik
 3 = baik
 4 = sangat baik
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah 1 atau 2 berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan pada bagian saran/ komentar.

B. Tabel penelitian

kekurangan pada bagian sarany komentar

B. Tabel penelitian		Nomor butir penilaian			
No	Aspek yang dinilai	1	2	3	4
Komponen STEM (sanis)					
1.	Modul memuat stimulasi tentang alam sekitar				✓
2.	Modul dapat merangsang peserta didik untuk bertanya				✓
3.	Modul dapat mengajak peserta didik untuk menjelaskan sebuah peristiwa				✓
4.	Modul dapat mengajak peserta didik mengambil keputusan				✓
Komponen STEM (teknologi)					
5.	Modul memberikan informasi tentang perkembangan teknologi				✓
6.	Modul memberikan informasi tentang penggunaan teknologi dalam kehidupan sehari-hari.			✓	
Komponen STEM (Teknik)					
7.	Modul memberikan tugas proyek				✓
8.	Modul memberikan solusi untuk permasalahan terkait materi yang akan dipelajari.				✓
Komponen STEM (matematika)					
9.	Modul memuat materi yang mengharuskan peserta didik untuk menganalisis				✓
10.	Modul menuntun peserta didik untuk menginterpretasikan data dengan benar				✓
11.	Modul memuat materi berpikir kritis berupa data				✓
Komponen SSI (nyata)					
12.	Masalah yang diambil adalah nyata, bukan buatan				✓

No	Aspek yang dinilai	Nomor butir penilaian			
		1	2	3	4
13.	Masalah dalam modul bersifat otentik (yang saat ini sedang dibicarakan dalam masyarakat).				✓
Komponen SSI (relevansi kontemporer)					
14.	Masalah dalam modul adalah modern dan masih ada hingga saat ini.				✓
15.	Masalah dalam modul berkaitan dengan kejadian di lingkungan sekitar.				✓
Komponen SSI (kontroversial)					
16.	Masalah dalam modul dalam bentuk masalah yang dapat memicu konflik.			✓	
17.	Topik yang diambil menimbulkan berbagai sudut pandang atau opini.			✓	
Komponen SSI (sifat dan proses sains)					
18.	Menyajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains.				✓
19.	Menggunakan landasan berpikir kritis				✓
Komponen SSI (kompleks dan terbuka)					
20.	Masalah yang disajikan dalam modul saling berhubungan dan saling bergantung antar bidang ilmu, kompleks, dan terbuka jawabannya.				✓
21.	Masalah yang ada di dalam modul berkaitan dengan materi pembelajaran.				✓
Komponen SSI (Kombinasi Teknologi, Sains, dan Sosial)					
22.	Masalah yang disajikan merupakan perpaduan antara ilmu pengetahuan, teknologi, dan masalah sosial.				✓
Komponen SSI (dimensi etis)					
23.	Melibatkan nilai-nilai dan pertimbangan etis.				✓
24.	Masalah yang disajikan menimbulkan masalah mengenai penilaian perilaku baik dan buruk.				✓

(Instrumen ini dimodifikasi dari: Subiantoro, A. W., & Treagust, D. F. (2021). *Development and validation of an instrument for assessing high-school students' perceptions of socio-scientific issues-based learning in biology*. *Learning Environments Research*, 24(2), 223-237).

C. Kritik dan Saran

- Diperbaiki kesalahan penulisan (typo) pada modul.
- Gambar ditambahkan sumber
- Soal PG apakah harus berpikir kritis?

D. Rumus dan Tabel Kriteria Penilaian

$$\text{Persentase} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor tertinggi}} \times 100\%$$

No.	Persentase Penilaian (%)	Kategori	Keterangan
1.	81%-100%	Sangat Layak	Tidak Perlu Revisi
2.	61%-80%	Layak	Sedikit Revisi
3.	41%-60%	Cukup Layak	Direvisi Secukupnya
4.	21%-40%	Tidak Layak	Banyak Hal yang Perlu Direvisi
5.	0%-20%	Sangat Tidak Layak	Diulangi Membuat Produk

(Sumber: Sugiyono, 2019)

E. Kesimpulan

Lingkari nomor sesuai dengan kesimpulan

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi
3. Tidak layak untuk digunakan

Semarang,

Validator Ahli STEM terintegrasi SSI,



Nisa Rasyida, M.Pd.

NIP. 198803122019032011

Lampiran 7. Instrumen Validasi Penilaian Ahli Berpikir Kritis

Instrumen Validasi Penilaian Ahli Berpikir Kritis

A. Lembar Validasi

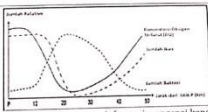
Judul Penelitian : Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.
 Peneliti : Jasmalilati Saifur
 Ahli validator : Elina Lestariyanti M.Pd.
 NIP : 199106192019032022
 Instansi : UIN Walisongo Semarang

B. Petunjuk Pengisian

Lembar validasi ini dimaksudkan untuk menganalisis pendapat Bapak/Ibu selaku validasi ahli terhadap kelayakan produk pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik, dengan cara sebagai berikut.

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian pada jawaban yang dianggap paling sesuai.
- Komentar dan saran mohon dituliskan pada kolom catatan yang telah disediakan

C. Instrumen Penskoran ditinjau dari Aspek Soal-Soal Berpikir Kritis

Materi Ekosistem				Validitas Konstruk
No	Indikator	Deskripsi	Soal	
1.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk menganalisis jawaban argumen	 Grafik tersebut memuat informasi mengenai konsentrasi oksigen terlarut, jumlah ikan, dan jumlah bakteri pada sungai sepanjang 50 km yang diukur pada titik P (hilir). Berdasarkan informasi pada grafik tersebut, berilah tanda centang pada kolom besar atau salah untuk setiap pernyataan berikut.	Ya ☒ Tidak ☐

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruk	Ya	Tidak																		
			<table><tr><th>No. Pernyataan</th><th>Benar</th><th>Salah</th></tr><tr><td>1. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan aliran terlarut, memunculkan jumlah ikan, dan memunculkan jumlah bakteri.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan konsentrasi oksigen terlarut, memunculkan jumlah ikan dan memunculkan jumlah bakteri.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3. Konsentrasi oksigen terlarut tidak mempengaruhi jumlah ikan dan bakteri.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>4. Ikan hidup pada jarak 20 km dari titik P rendah.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>5. Sungai mengalami pencemaran pada jarak 30 km dari titik P.</td><td></td><td></td></tr></table>	No. Pernyataan	Benar	Salah	1. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan aliran terlarut, memunculkan jumlah ikan, dan memunculkan jumlah bakteri.			2. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan konsentrasi oksigen terlarut, memunculkan jumlah ikan dan memunculkan jumlah bakteri.			3. Konsentrasi oksigen terlarut tidak mempengaruhi jumlah ikan dan bakteri.			4. Ikan hidup pada jarak 20 km dari titik P rendah.			5. Sungai mengalami pencemaran pada jarak 30 km dari titik P.				☒	☐
No. Pernyataan	Benar	Salah																						
1. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan aliran terlarut, memunculkan jumlah ikan, dan memunculkan jumlah bakteri.																								
2. Pada pagi pertama sungai akan memunculkan konsentrasi oksigen terlarut, memunculkan jumlah ikan dan memunculkan jumlah bakteri.																								
3. Konsentrasi oksigen terlarut tidak mempengaruhi jumlah ikan dan bakteri.																								
4. Ikan hidup pada jarak 20 km dari titik P rendah.																								
5. Sungai mengalami pencemaran pada jarak 30 km dari titik P.																								
2.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Menganalisis argument	Untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian, petani memberikan pupuk NPK sebanyak mungkin. Namun, penggunaan pupuk NPK yang berlebihan dapat menyebabkan keseimbangan lingkungan menjadi terganggu. Benarkah pernyataan tersebut? Jelaskan alasannya!		☒	☐																		
3.	Membangun keterampilan dasar	Keterampilan memberikan alasan	Rantai makanan adalah suatu peristiwa makan dan dimakan antara makhluk hidup dengan urutan-urutan tertentu. Rantai makanan merupakan proses makan dan dimakan yang sederhana. Dalam kehidupan nyata, peristiwa rantai makanan tidak pernah terjadi. Bagaimana pendapat anda mengenai pernyataan tersebut?		☒	☐																		
4.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Mengamati dan mempertimbangkan hasil observasi	Ekosistem tersusun atas komponen biotik dan abiotik, satu ekosistem dan ekosistem lainnya disusun oleh komponen biotik dan abiotik yang berbeda-beda, sehingga setiap ekosistem mempunyai ciri khas. Amatilah suatu ekosistem yang ada di lingkungan sekitar anda, kemudian jelaskan ciri khas ekosistem tersebut berdasarkan komponen biotik dan abiotik yang menyusunnya!		☒	☐																		
5.	Membangun keterampilan dasar	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	Seorang siswa melakukan pengamatan komponen biotik pada suatu ekosistem danau. Hasil pengamatan yang ia peroleh ditunjukkan pada tabel dibawah ini. <table><tr><th>Komponen ekosistem</th><th>Jenis makhluk hidup</th><th>Jumlah</th></tr><tr><td>Produsen</td><td>Rupa dan Tumbuhan</td><td>121</td></tr><tr><td>Konsumen 1</td><td>Ikan dan udang</td><td>51</td></tr><tr><td>Konsumen 2</td><td>Bebek dan bangau</td><td>25</td></tr><tr><td>Konsumen 3</td><td>Uang dan lain</td><td>20</td></tr></table> Berdasarkan data hasil pengamatan tersebut, apa yang akan terjadi jika populasi ikan dan udang menurun drastis akibat banyak diambil oleh penduduk sekitar untuk dijadikan bahan makanan sebagai sumber protein hewani? Analisislah dampak yang akan terjadi kepada manusia beserta alasannya!	Komponen ekosistem	Jenis makhluk hidup	Jumlah	Produsen	Rupa dan Tumbuhan	121	Konsumen 1	Ikan dan udang	51	Konsumen 2	Bebek dan bangau	25	Konsumen 3	Uang dan lain	20		☒	☐			
Komponen ekosistem	Jenis makhluk hidup	Jumlah																						
Produsen	Rupa dan Tumbuhan	121																						
Konsumen 1	Ikan dan udang	51																						
Konsumen 2	Bebek dan bangau	25																						
Konsumen 3	Uang dan lain	20																						

Komponen ekosistem	Jumlah Individu	Jumlah
Produsen	Alga dan Teratai	112
Konsumen I	Ikan dan udang	51
Konsumen II	Bekicot dan banggai	25
Konsumen III	Elang dan ular	20

Berdasarkan data hasil pengamatan tersebut, apa yang akan terjadi jika populasi ikan dan udang menurun drastis akibat banyak diambil oleh penduduk sekitar untuk dijadikan bahan makanan sebagai sumber protein hewani? Analisislah dampak yang akan terjadi kepada manusia beserta alasannya!

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruksi	
				Ya	Tidak
	Membangun keterampilan dasar	Mengobservasi dan menganalisis hasil observasi	Sekelompok peserta didik mengamati suatu ekosistem danau. Pada pengamatan tersebut ditemukan berbagai jenis organisme, seperti siput, udang, ikan galus, melati air, dan burung bangau. Berdasarkan pengamatan tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut. a. Bagaimana jaring-jaring makanan yang terjadi pada ekosistem tersebut? b. Jika terjadi invasi burung cangkak ke dalam ekosistem tersebut, bagaimana jaring-jaring makanan yang terbentuk? Apa peran burung cangkak pada ekosistem tersebut? c. Apakah invasi burung cangkak memengaruhi keseimbangan ekosistem tersebut? Jelaskan jawabanmu!	✓	
6.	Mengatur strategi taklik	Berinteraksi dengan orang lain	Lingkungan merupakan tempat tinggal makhluk hidup dan komponen abiotik yang mendukung kehidupan. Semua makhluk hidup akan nyaman berada di lingkungan yang bebas dari polutan sehingga harus diupayakan untuk mencegah terjadinya pencemaran di lingkungan yang kita tempati. Permasalahannya, bagaimana jika pencemaran tersebut sudah terjadi? Buatlah rencana aksi untuk mengurangi pencemaran tersebut dengan melibatkan berbagai unsur di dalam masyarakat sehingga menjadi lingkungan yang bebas polusi!	✓	
7.	Mengatur strategi taklik	Berinteraksi dengan orang lain	Buatlah rencana aksi menjaga setiap komponen ekosistem yang terdapat dalam jaring-jaring makanan berada dalam keadaan seimbang atau tidak mengalami kepunahan!	✓	
8.	Mengatur strategi taklik	Merumuskan alternatif solusi	1. Bacalah wacana di bawah ini dengan teliti. Laut memberikan banyak manfaat bagi manusia. Kenyataan ini jelas menunjukkan paradoks bagi warga negara Indonesia. Perlu diketahui bahwa kerusakan ekosistem laut saat ini berada di zona merah. Hal ini tentu sangat membahayakan ekosistem laut. Penambangan pasir adalah salah satu kegiatan yang sedang marak terjadi akhir-akhir ini. Kegiatan ini sering terjadi di wilayah Banten hingga Riau. Itu hasil penambangan pasir laut ini dikaharakan dibawa ke Singapura untuk memperluas wilayah teritori. Saat ini terjadi kegiatan penambangan pasir pantai yang memberikan setidaknya dua dampak bagi masyarakat dan lingkungan. a. Pertama, merusaknya perikonomian masyarakat karena hasil penambangan pasir pantai digunakan sebagai bahan bangunan. b. Kedua, merusaknya kondisi lingkungan karena terjadinya abrasi. Berdasarkan informasi di atas, menurut kalian dampak manakah yang relevan (berkaitan) dan tidak relevan dengan kasus penambangan pasir yang terjadi di laut?	✓	

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruksi	
				Ya	Tidak
8.	Menyimpulkan	Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan	(1) Menanam pohon pada taman kota. (2) Meningkatkan pemakaian kendaraan bermotor. (3) Membakar sampah rumah tangga setiap sore hari. (4) Melakukan pengomposan dari limbah rumah tangga. (5) Membuang sampah di sembarang tempat. (6) Melakukan tebang pilih. (7) Menggunakan biopestisida dalam kegiatan pertanian dan perkebunan. (8) Mengganti knalpot motor dengan knalpot racing. Berdasarkan pernyataan-pernyataan tersebut, manakah yang termasuk dampak negatif dan dampak positif terhadap lingkungan? Analisis dan beri penjelasan pada jawaban Anda.	✓	
9.	Menyimpulkan	Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan	Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian khusus, karena merupakan penyebab utama pencemaran. Uraikan pendapat anda tentang pengelolaan sampah yang benar agar tidak merusak lingkungan....	✓	
10.	Memberikan penjelasan lanjut.	Mengidentifikasi asumsi dan penjelasan yang dikemukakan	Seorang petani menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan pada lahan pertaniannya. Apa saja kemungkinan dampak jangka panjang dari penggunaan pupuk dan pestisida tersebut pada kualitas tanah, air, dan kesehatan manusia di sekitar lahan tersebut?	✓	
11.	Memberikan penjelasan lanjut.	Mengidentifikasi asumsi dan penjelasan yang dikemukakan	Jika fotosintesis adalah penyerap karbon dioksida alami, bagaimana menanam lebih banyak pohon dapat membantu menurunkan tingkat karbon dioksida di atmosfer.....	✓	

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruktif Ya Tidak
2.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk menentukan jawaban	Poluti udara menghasilkan partikel hitam kecil yang dapat diangkut ke seluruh dunia dan menetap di daerah yang tertutupi salju dan es. Berdasarkan efek albedo, bagaimana polusi udara ini berkontribusi terhadap pemanasan suhu global, mencari tahu lapisan es di kutub, dan permukaan air laut?	✓
3.	Membangun keterampilan dasar	Menganalisis dampak hasil observasi	Sisa pembuangan limbah cair rumah tangga seperti deterjen, oli bekas dan bekas cat dapat meresap ke dalam tanah. Pencemaran tersebut akan merusak kandungan organisme di dalam tanah, baik yang terlarut maupun tidak, sehingga dapat menjadi racun pada permukaan tanah. Analisislah dampak apa saja yang ditimbulkan dari fenomena tersebut beserta solusinya!	✓
4.	Membangun keterampilan dasar	Memahami dan mempertimbangkan hasil asumsi	Populasi seringkali menjadi kambing hitam dalam persoalan yang timbul di lingkungan hidup. Meningkatnya populasi (khususnya manusia) dianggap menjadi penyebab lingkungan hidup semakin terdegradasi. Namun apakah asumsi tersebut sepenuhnya benar? Jelaskan tanggapa dengan meningkatnya populasi manusia juga akan meningkatkan pencemaran lingkungan?	✓
5.	Mengatur strategi taktik dan	Merumuskan solusi	PT Millennium Laundry memiliki empat cerobong yang dapat menyemburkan polusi udara yang dipicu dari penggunaan bahan bakar batu bara. Pembakaran ini menghasilkan bahan pencemar antara lain seperti gas CO ₂ , CO, dan SO ₂ . Bahan-bahan tersebut dikeluarkan dari cerobong asap ke udara tanpa mempertimbangkan akibatnya. Berdasarkan fenomena tersebut, analisis dampak yang disebabkan dari bahan pencemar batu bara terhadap makhluk hidup di lingkungan sekitar, beserta solusinya!	✓
6.	Mengatur strategi taktik dan	Berinteraksi dengan orang lain	Apakah kalian setuju, bahwa untuk mengurangi peristiwa efek rumah kaca, perlu diberlakukan satu aturan dari pemerintah lokal tentang larangan siswa mengendarai sepeda motor ke sekolah? Buatlah rencana aksi untuk mengajuk temen sebaya ikut mengurangi efek rumah kaca	✓
7.	Menyimpulkan	Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan	Seorang peneliti melakukan percobaan untuk mengetahui efektivitas tumbuhan eceng gondok dalam mengolah limbah cair yang berasal dari rumah pemotongan hewan. Perlakuan yang diberikan, yaitu air limbah dialirkan ke dalam kolam yang permukaannya ditutupi eceng gondok sebanyak 30%, 60%, dan 90%. Parameter yang diukur meliputi BOD, COD, dan pH air limbah. Percobaan tersebut dilakukan selama 28 hari. Data hasil percobaan ditunjukkan seperti dalam tabel berikut	✓

Hasil Kerja Pemulaan Eceng Gondok									
Parameter	0	14	28	35	42	49	56	63	70
BOD (mg/l)	156.77	156.77	156.77	156.77	156.77	156.77	156.77	156.77	156.77
COD (mg/l)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
pH	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90

Berdasarkan data tersebut, apa kesimpulan yang dapat diambil? Jelaskan!

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruktif Ya Tidak
			hanten hingga risu? solusi apa yang sebaiknya dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut?	✓
9.	Menyimpulkan	Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan	Halaman rumah Dita cukup luas sehingga bisa ditanami berbagai jenis pohon buah-buahan, salah satunya mangga. Ibu Dita membawa tanaman anggrek bulan, kemudian menempelkan tanaman anggrek tersebut pada batang pohon mangga. Mengapa Ibu Dita melakukan hal tersebut? Jelaskan interaksi yang terjadi antara pohon mangga dan tanaman anggrek bulan!	✓
10.	Menyimpulkan	Memberikan penjelasan mengenai suatu kesimpulan	Salah satu aplikasi bioremediasi adalah bioremediasi logam berat. Bioremediasi logam berat dilakukan untuk menghilangkan limbah yang mengandung logam berat, seperti merkuri, timbal, arsen, dan kadmium. Prosesnya melibatkan mikroorganisme yang mampu mengubah senyawa logam berat menjadi senyawa yang tidak berbahaya bagi lingkungan, jika dikaitkan dengan kemajuan bioteknologi saat ini, apakah memungkinkan jika mikroorganisme yang berperan pada proses bioremediasi logam berat ini dikembangkan melalui proses rekayasa genetika? Jelaskan alasan jawaban Anda!	✓
11.	Memberikan penjelasan lanjut	Mengidentifikasi asumsi dan penjelasan yang dikembangkan	Bioremediasi memanfaatkan mikroorganisme untuk memulihkan kondisi lingkungan yang sudah tercemar. Pada dasarnya beberapa kondisi pada tanah dan air yang tercemar telah mengandung mikroorganisme yang berperan sebagai pengurai. Menurut Anda, mengapa sudah ada mikroorganisme yang memiliki peran untuk mengurangi pencemaran, tetapi masih terjadi pencemaran tanah dan air pada lingkungan tersebut? Jelaskan!	✓

Materi Perubahan Lingkungan

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Validitas Konstruktif Ya Tidak
1.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk menentukan jawaban	Petani menggunakan pupuk dengan harapan agar tanaman menjadi subur. Namun, penggunaan pupuk yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan. Mengapa penggunaan pupuk oleh petani dapat menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan?	✓

D. Kritik dan Saran

bahan organik

Pada bagian materi penelitian

E. Kesimpulan

Lingkari nomor sesuai dengan kesimpulan

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi
3. Tidak layak untuk digunakan

Semarang,
Validator Ahli Pengajar kritis.
Elva Widyah
NIP. 1991061920110032022

Lampiran 8. Instrumen Penilaian Validasi Ahli Materi

Instrumen Lembar Uji Validasi Materi

Judul Penelitian : Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik

Peneliti : Jamallaili Safitri

Ahli materi : Anif Rizqianti Hariz S.T., M.Si.

NIP : 199101222023212033

Instansi :

Materi : Ekosistem dan perubahan lingkungan

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian 1,2,3 atau 4 pada tiap butir kriteria peilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk melatih keterampilan berpikir kritis dengan ketentuan penilaian sebagai berikut.
1 = sangat kurang baik
2 = kurang baik
3 = baik
4 = sangat baik
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah 1 atau 2 berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan pada bagian saran/ komentar.

B. Tabel penelitian

No	Aspek materi yang diamati	Nomor butir penilaian			
		1	2	3	4
Aspek materi					
1.	Tujuan pembelajaran dirumuskan dengan jelas				✓
2.	Materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓
3.	Materi yang disajikan dalam modul lengkap			✓	
4.	Materi yang disajikan didalam bahan ajar dikemas secara menarik			✓	
5.	Materi yang disampaikan mudah dipahami			✓	
6.	Gambar pendukung sesuai dengan materi yang disajikan dan jelas			✓	
7.	Konsep materi biologi sesuai dengan konsep yang dikemukakan oleh para ahli				✓
Aspek soal					
8.	Soal dirumuskan dengan jelas				✓
9.	Soal sesuai dengan teori dan konsep				✓
10.	Tingkatan soal sudah menggunakan soal berbasis berpikir kritis				✓
Aspek Bahasa					
11.	Bahasa yang digunakan komunikatif sehingga mudah dipahami oleh peserta didik				✓
12.	Istilah yang digunakan tepat dan sesuai				✓
13.	Kalimat yang digunakan sudah sesuai dengan tata Bahasa Indonesia				✓
Aspek keterlaksanaan					

No	Aspek materi yang diamati	Nomor butir penilaian			
		1	2	3	4
14.	Topik permasalahan yang disajikan relevan dengan materi				✓
16.	Permasalahan yang dibawakan menarik keaktifan peserta didik, sehingga dapat mendukung kegiatan diskusi				✓
17.	Soal latihan yang disajikan dapat mendukung kegiatan praktik peserta didik				✓
18.	Modul dapat membantu melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik karena pada butir soal mengandung indikator keterampilan berpikir kritis				✓

Instrument diadaptasi dari: Irda Dwi Febriana. 2022. *Pengembangan Bahan Ajar Biologi Berbasis Google Site Untuk Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kemandirian Belajar Peserta didik Kelas X Semester 2*. Semarang: Universitas Islam Negeri Walisongo. dimodifikasi oleh peneliti.

C. Komentar/ saran:

Perbaiki sesuai catatan

D. Indikator Penilaian

Penilaian menggunakan skala likert untuk menganalisis hasil penelitian validator, perhitungannya menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

P: nilai kelayakan angket tiap aspek

A: jumlah skor yang didapat

B: jumlah skor maksimal

No	Persentase penilaian	Kriteria
1.	81% - 100%	Sangat Layak
2.	61% - 80%	Layak
3.	41% - 60%	Cukup layak
4	21% - 40%	Tidak layak
5	0% - 20%	Sangat tidak layak

Sumber: (Sugiyono, 2019)

E. Kesimpulan

Lingkari nomor sesuai dengan kesimpulan

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi
3. Tidak layak untuk digunakan

Semarang, 2024

Ahi materi



NIP

Lampiran 9. Instrumen Penilaian Angket Respon Guru

Instrumen Penilaian Angket Respon Guru

Judul Penelitian : Pengembangan modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi *socio-scientific issue* untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik
 Peneliti : Jamallah Safitri
 Guru biologi :
 NIP :
 Instansi :

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian 1,2,3 atau 4 pada tiap butir kriteria peilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul biologi dengan pendekatan STEM terintegrasi SSI untuk melatih keterampilan berpikir kritis dengan ketentuan penilaian sebagai berikut.
 1 = sangat kurang baik
 2 = kurang baik
 3 = baik
 4 = sangat baik
- Apabila penilaian Bapak/Ibu adalah 1 atau 2 berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan pada bagian saran/ komentar.

B. Tabel penelitian

B. Tabel penelitian		Aspek yang diamati		Nomor butir penilaian			
No				1	2	3	4
Tampilan							
1.	Desain dan gambar pada tampilan utama dapat memberikan kesan positif					✓	✓
2.	Pemilihan teks dan tulisan mudah dibaca					✓	✓
3.	Pemilihan warna yang tepat					✓	✓
Grafik penyajian							
4.	Penyajian materi disajikan secara rutut					✓	✓
5.	Penyajian gambar menarik dan proporsional					✓	✓
6.	Pemilihan warna tulisan dan warna background yang tepat					✓	✓
Penggunaan bahan ajar							
7.	Bahan ajar dapat digunakan dengan mudah dalam pembelajaran					✓	✓
8.	Bahan ajar memudahkan peserta didik dalam mengukur penguasa materi yang dipelajari					✓	✓
9.	Bahan ajar dapat memudahkan peserta didik dalam menyimpulkan konsep biologi dalam materi biologi kelas X					✓	✓
Kelengkapan materi							
10.	Bahan ajar berisi materi yang dengan capaian pembelajaran					✓	✓
11.	Bahan ajar berisi penjabaran materi yang relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik					✓	✓
Kebahasaan							
12.	Bahan ajar menggunakan Bahasa yang sederhana dan mudah dipahami					✓	✓
13.	Pemilihan kata dan kalimat sesuai dengan kemampuan Bahasa pada peserta didik tingkat SMA					✓	✓

Socio scientific issues (SSI)				
14.	Diawali dengan permasalahan atau isu-isu sains yang terjadi di masyarakat			✓
15.	Terdapat fakta-fakta yang disajikan terkait materi ekosistem dan perubahan lingkungan			✓
STEM (sains, teknologi, teknik, matematika)				
16.	Pada pemahaman sains peserta didik dapat mengetahui proses alam dari topik permasalahan yang disajikan		✓	
17.	Pada bagian teknologi peserta didik mampu menganalisis bagaimana teknologi mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa, dan dunia.			✓
18.	Pada bagian proses rekayasa/desain terdapat pembelajaran berbasis proyek.			✓
19.	Pada bagian matematika peserta didik mampu menafsirkan dan membaca data.			✓
Keterampilan berpikir kritis				
20.	Topik permasalahan yang disajikan dalam modul dapat mendorong peserta didik menganalisis dan memecahkan masalah.			✓
21.	Topik permasalahan yang diangkat dalam modul melatih peserta didik merumuskan pertanyaan-pertanyaan terkait dengan konsep materi			✓
22.	Pada bagian pemahaman sains melatih saya mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak		✓	
23.	Pada bagian desain melatih peserta didik untuk mengatur strategi dan menentukan tindakan melalui proyek yang dikerjakan.		✓	
24.	Latihan soal dalam modul melatih peserta didik untuk mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi		✓	
25.	Latihan soal dalam modul melatih peserta didik untuk mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi			✓
26.	Latihan soal dalam modul melatih peserta didik menarik kesimpulan berdasarkan fakta		✓	

(Sumber: Adaptasi Fadhila, 2021)

C. Komentar/saran:

ukuran ketrajanan jumlah defekesor
warna diberikan dan warna pokoknya.

D. Indikator Penilaian

Penilaian menggunakan skala likert untuk menganalisis hasil penelitian validator, perhitungannya menggunakan rumus berikut.

$$P = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

P: nilai kelayakan angket tiap aspek

A: jumlah skor yang didapat

B: jumlah skor maksimal

Persentase penilaian (%)	Kategori
--------------------------	----------

81-100	Sangat layak
61-80	Layak
41-60	Cukup layak
20-40	Kurang layak
0-20	Sangat kurang layak

(sumber: Sugiyono, 2019)

E. Kesimpulan

Lingkari nomor sesuai dengan kesimpulan

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak untuk digunakan dengan revisi
3. Tidak layak untuk digunakan

Semarang,
Maha Guru

NIP.
Rahmatulhasanah S. Si.

Lampiran 10. Sampel Instrumen Penilaian Angket Respon Peserta didik

Instrumen Penilaian Angket Respon Peserta didik

Nama peserta didik : Odey Nur Hafid U.

Kelas : X - A

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda centang pada satu pilihan kolom kategori penilaian 1,2,3 atau 4 pada tiap butir kriteria penilaian dengan ketentuan penilaian sebagai berikut.

- = sangat kurang baik
- = kurang baik
- = baik
- = sangat baik

- berilah saran untuk hal-hal yang menjadi penyebab kekurangan pada bagian saran/komentar.

B. Tabel penelitian

B. Tabel penelitian		Nomor butir penilaian			
No	Aspek yang diamati	1	2	3	4
Penyajian materi					
1.	Penyajian materi dalam modul berurutan dan sistematis.				✓
2.	Materi dan soal latihan dalam modul dapat dipahami.				✓
Kemudahan memahami materi					
3.	Modul ini mempermudah saya dalam memahami materi ekosistem dan perubahan lingkungan.				✓
Penggunaan Bahasa					
4.	Penulisan materi dan pemilihan kata serta gaya bahasa mudah dipahami.				✓
Kejelasan istilah					
5.	Glosarium yang terdapat dalam modul memudahkan saya untuk memahami istilah yang sulit pada materi.				✓
Tampilan					
6.	Tampilan media dan desain modul secara keseluruhan menarik				✓
7.	Gambar yang disajikan dalam modul jelas dan menarik				✓
8.	Gambar yang disajikan dalam modul membuat saya lebih mudah dalam memahami materi				✓
9.	Komposisi warna, teks dan gambar serasi, sehingga saya merasa nyaman dan senang belajar menggunakan modul ini.				✓
Socioscientific Issues					
10.	Diawali dengan permasalahan atau isu-isu sains yang terjadi di masyarakat				✓
11.	Terdapat fakta-fakta yang disajikan terkait materi ekosistem dan perubahan lingkungan				✓
STEM (sains, teknologi, teknik dan matematika)					
12.	Pada pemahaman sains saya dapat mengetahui proses alam dari topik permasalahan yang disajikan.				✓
13.	Pada bagian teknologi saya mampu menganalisis bagaimana teknologi mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa, dan dunia.				✓
14.	Pada bagian proses rekayasa/desain terdapat pembelajaran berbasis proyek				✓
15.	Pada bagian matematika saya mampu menafsirkan dan membaca data.				✓

No	Aspek yang diamati	Nomor butir penilaian			
		1	2	3	4
Manfaat modul					
16.	Modul ini memudahkan saya untuk belajar secara mandiri.				✓
17.	Modul ini memudahkan saya untuk mengevaluasi tingkat pengetahuan yang sudah saya capai.			✓	
18.	Modul ini membuat rasa ingin tahu saya semakin bertambah.			✓	
19.	Modul ini membuat saya tertarik untuk mempelajari materi biologi				✓
Berpikir kritis					
20.	Topik permasalahan yang diangkat dalam modul melatih saya dalam menganalisis dan memecahkan masalah				✓
21.	Topik permasalahan yang diangkat dalam modul melatih saya merumuskan pertanyaan pertanyaan terkait dengan konsep materi			✓	
22.	Pada bagian pemahaman sains melatih saya mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak				✓
23.	Pada bagian desain melatih saya untuk mengatur strategi dan menentukan tindakan melalui proyek yang dikerjakan.				✓
24.	Latihan soal dalam modul melatih saya untuk mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi			✓	
25.	Latihan soal dalam modul melatih saya untuk mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi				✓
26.	Latihan soal dalam modul melatih saya menarik kesimpulan berdasarkan fakta				✓

(Sumber: Adaptasi Fadhlila, 2021)

Alternatif jawaban berdasarkan skala likert

Kategori	Skor	Pilihan ganda
Sangat baik	4	A
Baik	3	B
Kurang	2	C
Sangat kurang	1	D

Sumber: Sugiyono, 2019)

C. Komentar dan saran

Komentar	Saran
Saya tertarik dengan modul ini, modul ini memudahkan saya untuk belajar mandiri.	menambahkan gambar - gambar agar lebih menarik.

Lampiran 11. Soal Pra Riset Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
1.	Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Merumuskan masalah	Bacalah berita di bawah ini! Nationalgeographic.co.id - Hutan dan keanekaragaman hayati merupakan bagian dari komponen yang secara ekologis berperan sebagai penentu keseimbangan ekosistem yang penting bagi kehidupan. Namun, seiring dengan semakin modernnya dunia keseimbangan tersebut terusik. Kesadaran akan pentingnya melestarikan hutan dan keanekaragaman hayati di dalamnya semakin luntur. Tergerus oleh keinginan-keinginan manusia untuk menguasai, membangun, meraih banyak hal di dunia. Indonesia sendiri telah kehilangan sejumlah luasan hutannya dan juga hewan liar yang penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Salah satunya harimau. Indonesia sejatinya adalah rumah bagi tiga sub spesies harimau yaitu harimau bali, harimau jawa, dan harimau sumatera. Namun kini spesies yang tersisa hanya harimau sumatera saja. Statusnya pun terancam punah dengan populasi berkisar antara 400-600 ekor saja. Kelangkaan harimau akan menjadi masalah besar bagi keseimbangan ekosistem. Ini karena mereka menduduki posisi tertinggi sebagai penjaga rantai makanan. Tanggal: 17 Juni 2020 (https://nationalgeographic.grid.id/read/132200445) Berdasarkan berita di atas, buatlah 3 rumusan masalah dalam bentuk pertanyaan yang berkaitan dengan perubahan iklim!	Apa saja yang menjadi penyebab penurunan populasi harimau? Bagaimana peran pemerintah dalam mencegah kepunahan harimau? Bagaimana peran harimau dalam menyeimbangkan ekosistem?
2.	Memberikan penjelasan sederhana	Menganalisis argument	Di zaman sekarang ini, banyak kita temui perumahan atau industri-industri yang dibangun di atas lahan yang terdapat banyak tumbuhan atau yang sering kita sebut pembukaan lahan. Pembukaan lahan dapat mengakibatkan penurunan populasi	Benar, 1) pembukaan lahan dapat berakibat pada degradasi suatu lahan baik sifat fisik

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
	(<i>elementary clarification</i>)		tumbuhan karena tumbuhan dilahan tersebut dibabad habis dan lahan pun diratakan. Secara tidak langsung hal tersebut dapat berakibat buruk terhadap keanekaragaman hayati. Berdasarkan pemaparan tersebut, apakah benar bahwa pembukaan lahan dapat merusak keanekaragaman hayati? Berikan 2 alasanmu!	maupun sifat kimianya sehingga fungsi suatu lahan tersebut berkurang atau hilang dan merusak ekosistem. 2) pembukaan lahan dapat mengganggu keseimbangan rantai makanan didalamnya karena salah satu indikatornya (misal produsen) tidak ada sehingga mengganggu keberlangsungan hidup organisme didalamnya. (serta jawaban lain yang dianggap rasional)
3.	Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan kebenaran sumber	Bacalah berita di bawah ini! Cibinong, Humas BRIN. Baru-baru ini, Peneliti Badan Riset dan Inovasi (BRIN) dari Pusat Penelitian Biologi berhasil menambah data kehati dengan penemuan spesies baru <i>Microhyla sriwijaya</i> -katak kecil bermulut sempit dari Pulau Belitung dan Lampung. Amir Hamidy, Peneliti Herpetologi Pusat Penelitian Biologi yang juga salah satu penulis dari publikasi ini menjelaskan nama sriwijaya dipilih untuk diabadikan sebagai nama jenis, mengacu pada nama kerajaan pemersatu pertama yang	Penemuan tersebut tentu dapat dipercaya karena 1) dipublikasi oleh LIPI yaitu lembaga pemerintah non departemen yang bergerak dibidang ilmu pengetahuan

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
			mendominasi sebagian besar Kepulauan Melayu. "Ini berbasis di Sumatra dan mempengaruhi Asia Tenggara antara abad ke-7 dan ke-11," ungkap Amir. Bersama dengan beberapa penulis lainnya, yaitu Rury Eprilurahmani, Sonali Garg, Vestidhia Y. Atmaja, Farits Alhadi, Misbahul Munir, Rosichon Ubaidillah, Tuty Arisuryanti, S.D. Biju, dan Ericn. Smith, Amir menuturkan ciri khas dari spesies baru ini, katak jantan dewasa ukurannya kecil dengan panjang moncong hanya berkisar 12,3 hingga 15,8 mm. Penemuan spesies baru dari genus <i>Microhyla</i> ini telah dipublikasikan pada jurnal <i>Zootaxa</i> pada tanggal 2 September 2021. "Katak ini masih merupakan anggota dari <i>M. achatina</i> dan saudara dari <i>M. orientalis</i> . Namun berdasarkan analisis morfologis, molekuler, dan akustik terdapat perbedaan dan kami mengidentifikasi katak ini sebagai spesies baru," tutur Amir. Tanggal: 13 September 2021 (http://lipi.go.id/berita/22504) Berdasarkan informasi di atas, menurutmu apakah penemuan tersebut dapat dipercaya? Kemukakan 2 alasanmu!	dan juga spesies baru tersebut ditemukan dan 2) diidentifikasi oleh Peneliti Badan Riset dan Inovasi (BRIN) dari pusat penelitian Biologi
4.	Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan hasil observasi	Sekelompok peserta didik mengamati suatu ekosistem danau. Pada pengamatan tersebut ditemukan berbagai jenis organisme, seperti siput, udang, ikan gabus, melati air, dan burung bangau. Berdasarkan pengamatan tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut. - Bagaimana jaring-jaring makanan yang terjadi pada ekosistem tersebut? - Jika terjadi invasi burung cangkak ke dalam ekosistem tersebut, bagaimana jaring-jaring makanan yang terbentuk? Apa peran burung cangkak pada ekosistem tersebut?	a. Berdasarkan organisme yang diamati, jaring-jaring makanan pada ekosistem danau tersebut dapat digambarkan sebagai berikut: Melati air → Siput → Udang → Ikan gabus → Burung bangau

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
			c. Apakah invasi burung cangak memengaruhi keseimbangan ekosistem tersebut? Jelaskan jawabanmu!	Melati air berperan sebagai produsen, sedangkan siput, udang, ikan gabus, dan burung bangau adalah konsumen pada tingkat trofik yang berbeda. b. Jika terjadi invasi burung cangak ke dalam ekosistem tersebut, jaring-jaring makanan akan berubah karena burung cangak akan menjadi konsumen baru. Jaring-jaring makanan yang terbentuk akan menjadi sebagai berikut: Melati air → Siput → Udang → Ikan gabus → Burung cangak → Burung bangau Peran burung cangak pada ekosistem tersebut adalah sebagai konsumen

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
				baru pada tingkat trofik yang lebih tinggi. c. Invasi burung cagak dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem tersebut karena dapat mengubah dinamika populasi organisme di dalamnya. Burung cagak dapat memakan organisme lain yang menjadi sumber makanan bagi konsumen lainnya, seperti ikan gabus, sehingga dapat mengurangi populasi ikan gabus. Hal ini dapat mempengaruhi populasi konsumen lainnya, seperti burung bangau yang bergantung pada ikan gabus sebagai sumber makanannya. Oleh karena itu,

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
				invasi burung cangak dapat mengganggu keseimbangan ekosistem yang telah terbentuk sebelumnya.
5.	Mengatur strategi dan taktik	Merumuskan solusi.	Bacalah berita di bawah ini! Populasi badak jawa di kawasan Taman Nasional Ujung Kulon (TNUK) Kabupaten Pandeglang, Banten, terancam punah. Berdasarkan hasil monitoring Balai Taman Nasional Ujung Kulon dalam satu tahun terakhir ini menunjukkan populasi hewan langka itu jumlahnya semakin berkurang. Dari 60 ekor tahun 2013, pada 2014 hanya tinggal 57 ekor, empat di antaranya mati. Kepala Balai TNUK Banten Mochamad Haryono mengatakan, monitoring yang dilakukan TNUK dengan menggunakan seratus video kamera jebak yang dimulai sejak Januari hingga Desember 2014, total populasi badak Jawa diperkirakan tinggal 57 ekor yang terdiri dari 31 jantan dan 26 betina. "Hasilnya perbedaan jumlah individu jantan dengan jumlah individu betina badak Jawa di Taman Nasional Ujung Kulon adalah 1 berbanding 0,84. Ini menunjukkan bahwa populasi badak Jawa masih mengalami perkembangbiakan secara alami walaupun sangat lambat," katanya. Menurut Haryono, informasi mengenai demografi badak jawa merupakan parameter yang sangat penting dalam upaya melestarikan satwa langka tersebut. Menurut anda apakah solusi yang harus dilakukan dalam mengatasi permasalahan tersebut? Sebutkan tiga solusi!	Melakukan upaya konservasi badak dan menetapkan lahan lebih dulu untuk menjadi habitat badak, kemudian baru melakukan identifikasi morfologi dan genetik badak karena keragaman genetik badak di Kalimantan cenderung sama, sehingga kita mungkin bisa melakukan pembuahan secara in vitro. 2) Upaya konservasi badak lebih kepada proteksi, pemantauan, dan pencegahan wabah

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
				penyakit. 3) Upaya lain ynag telah dilakukan adalah pengendalian tanaman langkap dan melakan uji analisis genetic DNA badak untuk membuka habitat kedua, sebagai salah satu solusi yang menjamin keragaman genetic badak dan mencegah terjadinya perburuan satwa serta tindakan liar
6.	Mengatur strategi dan taktik	Berinteraksii dengan orang lain	Perburuan dan penebangan liar masih marak terjadi di Indonesia, mengakibatkan ancaman kepunahan bagi flora dan fauna Indonesia. Buatlah tulisan ajakan untuk menjaga flora dan fauna di Indonesia!	Keberagaman flora dan fauna Indonesia merupakan suatu asset kekayaan yang sangat unik dan harus dilestarikan oleh kita semua. Ayo jaga dan lindungi flora dan fauna Indonesia dari perburuan dan penebangan liar!
7.	Menyimpulka n	Mempertimbangka n hasil	Ranu, Bimo, dan Sinta berdiskusi mengenai dua vaksin yang berbeda jenis. Vaksin A merupakan <i>inactivated vaccine</i> (vaksin yang	Kedua pendapat Ranu dan Bimo

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
			tidak aktif), sedangkan vaksin B merupakan <i>live attenuated vaccine</i> (vaksin yang hidup dan dilemahkan). Ranu berpendapat bahwa vaksin A lebih mudah memicu respons sistem kekebalan tubuh dibandingkan vaksin B. Bimo menyanggah pendapat Ranu. Menurut dia, vaksin B lebih mudah memicu respons sistem kekebalan tubuh dibandingkan vaksin A. Sementara itu, Sinta menyanggah pendapat Ranu dan Bimo. Menurut Sinta, kemampuan kedua vaksin tersebut dalam memicu respons sistem kekebalan tubuh sama. Pendapat siapakah yang tepat? Jelaskan alasannya!	mungkin memiliki dasar yang sah tergantung pada konteks spesifiknya. Respons sistem kekebalan tubuh terhadap vaksin dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tipe vaksin, karakteristik individu, dan jenis patogen yang ditargetkan. Keberhasilan vaksinasi dan respons sistem kekebalan tubuh dapat bervariasi antarindividu. Oleh karena itu, untuk menyimpulkan pendapat yang tepat, perlu mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan menyadari bahwa respons kekebalan

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban																																																										
				dapat bersifat individual. (serta jawaban lain yang dianggap rasional)																																																										
8.	Menyimpulkan	Menyusun kesimpulan	Seorang peneliti melakukan percobaan untuk mengetahui efektivitas tumbuhan eceng gondok dalam mengolah limbah cair yang berasal dari rumah pemotongan hewan. Perlakuan yang diberikan, yaitu air limbah dialirkan ke dalam kolam yang permukaannya ditutupi eceng gondok sebanyak 30%, 60%, dan 90%. Parameter yang diukur meliputi BOD, COD, dan pH air limbah. Percobaan tersebut dilakukan selama 28 hari. Data hasil percobaan ditunjukkan seperti dalam tabel berikut <table><tr><th rowspan="3">Parameter</th><th colspan="9">Hari Ke-% Penutupan Eceng Gondok</th></tr><tr><th colspan="3">0</th><th colspan="3">14</th><th colspan="3">28</th></tr><tr><th>30%</th><th>60%</th><th>90%</th><th>30%</th><th>60%</th><th>90%</th><th>30%</th><th>60%</th><th>90%</th></tr><tr><td>BOD (mg/l)</td><td>158,77</td><td>158,77</td><td>158,77</td><td>130,40</td><td>110,33</td><td>107,76</td><td>83,89</td><td>82,67</td><td>79,0</td></tr><tr><td>COD (mg/l)</td><td>300,00</td><td>300,00</td><td>300,00</td><td>190,78</td><td>186,90</td><td>175,80</td><td>172,40</td><td>167,30</td><td>154,4</td></tr><tr><td>pH</td><td>8,90</td><td>8,90</td><td>8,90</td><td>8,65</td><td>8,35</td><td>8,10</td><td>7,08</td><td>7,05</td><td>7,0</td></tr></table> Berdasarkan data tersebut, apa kesimpulan yang dapat diambil? Jelaskan!	Parameter	Hari Ke-% Penutupan Eceng Gondok									0			14			28			30%	60%	90%	30%	60%	90%	30%	60%	90%	BOD (mg/l)	158,77	158,77	158,77	130,40	110,33	107,76	83,89	82,67	79,0	COD (mg/l)	300,00	300,00	300,00	190,78	186,90	175,80	172,40	167,30	154,4	pH	8,90	8,90	8,90	8,65	8,35	8,10	7,08	7,05	7,0	kesimpulannya eceng gondok menyebabkan difusi gas oksigen ke air terganggu, meningkatkan aktivitas mikroba dalam membusukkan eceng gondok yang telah mati sehingga BOD turun, kadar CO2 meningkat yang tak diiringi dengan pemasukan oksigen air menyebabkan karbon dioksida terdisosiasi di air menjadi asam karbonat dan ion hidrogen sehingga pH air akan turun
Parameter	Hari Ke-% Penutupan Eceng Gondok																																																													
	0				14			28																																																						
	30%	60%	90%	30%	60%	90%	30%	60%	90%																																																					
BOD (mg/l)	158,77	158,77	158,77	130,40	110,33	107,76	83,89	82,67	79,0																																																					
COD (mg/l)	300,00	300,00	300,00	190,78	186,90	175,80	172,40	167,30	154,4																																																					
pH	8,90	8,90	8,90	8,65	8,35	8,10	7,08	7,05	7,0																																																					
9.	Memberikan penjelasan lanjut,	Mempertimbangkan definisi	Keanekaragaman hayati terbagi menjadi tiga tingkatan, yaitu keanekaragaman tingkat gen, keanekaragaman tingkat jenis, keanekaragaman tingkat ekosistem. Berikut merupakan definisi dari Keanekaragaman tingkat jenis: a. Keanekaragaman jenis ialah	Definisi yang paling tepat ialah b. Keanekaragaman jenis ialah variasi																																																										

No	Indikator	Deskripsi	Soal	Jawaban
			banyaknya variasi genetic dalam satu spesies baik antar populasi-populasi yang terpisah secara geografis maupun diantara individu-individu dalam satu populasi b. Keanekaragaman jenis ialah variasi spesies pada satu genus yang perbedaannya dapat dengan mudah diamati. c. Keanekaragaman jenis ialah keanekaragaman tempat berbagai jenis makhluk hidup melangsungkan kehidupannya dan berinteraksi dengan faktor abiotik dan faktor biotik lainnya. Berdasarkan beberapa definisi diatas, manakah definisi yang paling tepat? Jelaskan (2 penjelasan)!	spesies (jenis) dalam satu genus (marga) yang dapat dengan mudah dibedakan seperti pohon kelapa dan palem yang merupakan spesies yang berbeda tetapi memiliki morfologi, anatomi dan fisiologi yang hampir sama. (serta jawaban lain yang dianggap rasional)
10 .	Memberikan penjelasan lanjut	Mempertimbangkan definisi	Persebaran tumbuhan terbagi menjadi bermacam-macam vegetasi salah satunya vegetasi gurun. Berikut merupakan definisi gurun: a. Gurun merupakan suatu wilayah yang sangat panas dan kering dan mempunyai curah hujan dan kelembaban yang tinggi dengan pola persebaran yang tidak merata b. Gurun merupakan suatu wilayah yang memiliki vegetasi rumput dan lumut kerak dan mempunyai curah hujan dan kelembaban yang rendah. c. Gurun merupakan suatu wilayah yang sangat panas dan kering dengan jumlah pohon yang sangat sedikit, hanya tumbuhan xerofit. Berdasarkan beberapa definisi diatas, manakah definisi yang paling tepat? Jelaskan (2 penjelasan)!	Definisi yang paling tepat ialah definisi c. Gurun merupakan suatu wilayah yang sangat panas dan kering dengan curah hujan dan kelembaban yang rendah sehingga vegetasi tumbuhan gurun didominasi oleh tumbuhan xerofit atau tumbuhan yang tahan terhadap kekeringan

Lampiran 12 Surat Izin Riset



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185

E-mail: fst@walisongo.ac.id, Web : <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.3466/Un.10.8/K/SP.01.08/06/2024 04 Juni 2024
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset

Kepada Yth.
Kepala Sekolah MA Fathul hidayah
di Lamongan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dibertahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Jamallaili Saiftri
NIM : 2008086051
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Biologi
Judul Penelitian : Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM
Terintegrasi Socio-Scientific Issues untuk Melatih Keterampilan
Berpikir Kritis Peserta Didik.

Dosen Pembimbing : 1. Fuji Astutik, M.Pd
2. Hafidha Asni Akmalia, M.Sc

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut Meminta ijin melaksanakan Riset di Sekolah yang Bapak/Ibu pimpin ,yang akan dilaksanakan tanggal 8 Juni 2024.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n. Dekan
Bag. TU

Kharis, SH, M.H
NIP. 19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.
1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 13 Surat Keterangan Sudah Melakukan Penelitian



YAYASAN PONDOK PESANTREN FATHUL HIDAYAH
MADRASAH ALIYAH FATHUL HIDAYAH
STATUS TERAKREDITASI A
 NSM : 131235240070 NIS : 310290 NPSN : 60730170
PANGEAN MADURAN LAMONGAN

Alamat : Jl. Jember Raya/ RT 09/06 51 Di. Pangean Maduran Lamongan 62261 Jawa Timur 08233737679 Website: www.fathulhidayah.ac.id

SURAT KETERANGAN TELAH MELAKUKAN PENELITIAN
 Nomor : MAFH-045/055/ G-4/ VI/2024

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Moh. Zainul Abidin, M.Pd.
Jabatan	: Kepala Madrasah
Unit Kerja	: MA Fathul Hidayah
Alamat	: Pangean Maduran Lamongan

Dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa berikut:

Nama	: Jamallaili Safitri
NIM	: 2008086051
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Jurusan	: Pendidikan Biologi
Universitas	: Universitas Islam Negri Walisongo Semarang
Judul Penelitian	: Pengembangan Modul Biologi dengan Pendekatan STEM Terintegrasi <i>Socio-Scientific</i> Issues untuk Melatih Keterampilan Berfikir Kritis Peserta Didik.

Telah Selsai melaksanakan penelitian di Madrasah Aliyah Fathul Hidayah Pangean Maduran Lamongan, yang mana di laksanakan pada tanggal 15 Juni 2024.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Kepala Madrasah



Moh. Zainul Abidin, M.Pd.

Lampiran 14 Surat Penunjukan Dosen Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jalan Prof. Dr. H. Hamka Kampus III Ngaliyan Semarang 50185
Telepon (024) 76433366, Website: fsi.walisongo.ac.id

Nomor : B-8803/Un.10.S/I.S/PP.00.9/12/2023 05 Desember 2023
Lamp. : -
Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Yth.
Bapak/Ibu Dosen
Di UIN Walisongo Semarang

Assalamu 'alaikum Wt. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di Jurusan Pendidikan Biologi, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Jamallaili Safini
NIM : 2008086051
Judul : Pengembangan Modul Ajar Biologi Dengan Pendekatan STEM Berbasis
Socio- Scientific Issue Untuk Melatih Critical Thinking Skill Siswa
dan menunjuk Bapak/Ibu:

1. Fuji Astutik, M.Pd. sebagai pembimbing metode
2. Hafidha Asmi Akmalia, M.Sc. sebagai pembimbing materi

Demikian pemberitahuan ini kami sampaikan, atas perkenan dan kerjasamanya Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

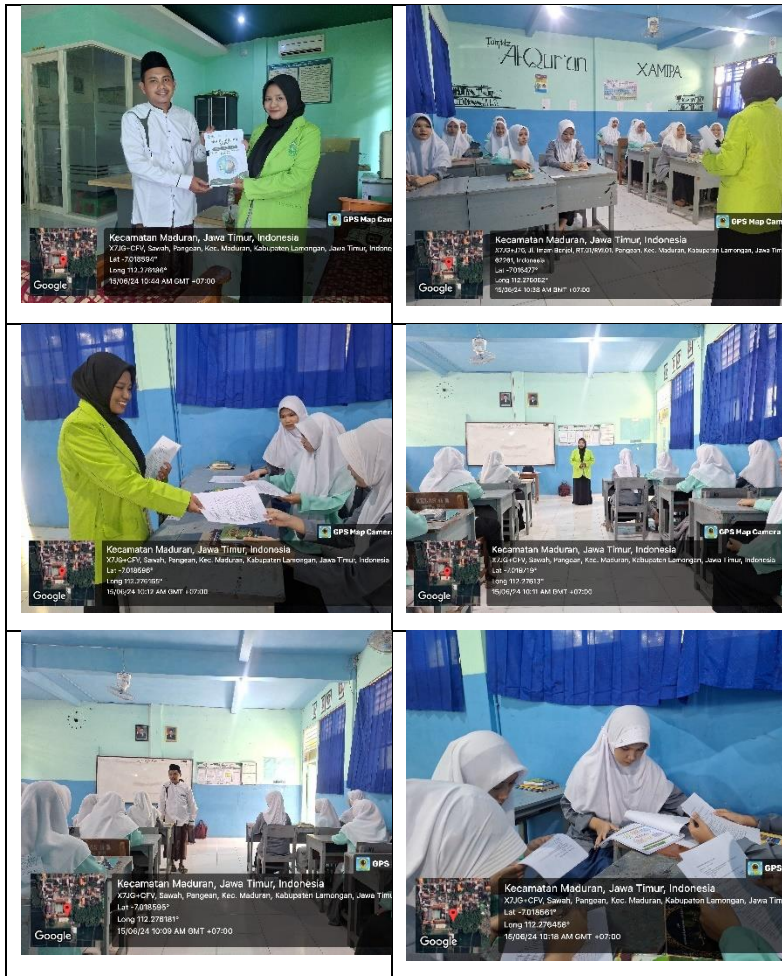
Wassalamu 'alaikum Wt. Wb.

Dr. Lisyono, M.Pd.
NIP. 19691016200811008
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi

Tembusan:

1. Dekan FST UIN Walisongo sebagai laporan
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip jurusan

Lampiran 16 Dokumentasi Kegiatan Riset



Lampiran 17. Data Rekapitulasi Angket Respon Siswa

N o	Na ma	A		B	C	D	E				F		G				H				I							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	R1	4	4 4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3	
2	R2	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	
3	R3	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	
4	R4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	4	
5	R5	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	
6	R6	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	
7	R7	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
8	R8	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	
9	R9	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	
10	R10	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	
11	R11	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	
12	R12	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	
13	R13	4	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	

1 4	R14	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4	
1 5	R15	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3
1 6	R16	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4
1 7	R17	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4
1 8	R18	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4
1 9	R19	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3
2 0	R20	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	2	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4
2 1	R21	4	3	3	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4
2 2	R22	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3
2 3	R23	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4
2 4	R24	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4
2 5	R25	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	4
2 6	R26	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3
2 7	R27	4	3	2	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4

28	R28	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
29	R29	4	4	2	4	4	4	3	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4
30	R30	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4
31	R31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3
32	R32	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4
33	R33	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4
34	R34	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3
35	R35	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4
36	R36	4	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
37	R37	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3
38	R38	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4
39	R39	4	4	2	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
40	R40	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
41	R41	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3

4 2	R42	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3
4 3	R43	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4
4 4	R44	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3
4 5	R45	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4
4 6	R46	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3
4 7	R47	4	3	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4
4 8	R48	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	3
Jumlah		1 7 5	2 0 6	1 5 6	1 7 7	1 7 3	1 7 3	1 7 5	1 7 1	1 7 7	1 6 3	1 7 2	1 7 0	1 6 6	1 6 7	1 6 0	1 7 1	1 6 5	1 6 2	1 6 9	1 6 6	1 6 5	1 6 2	1 6 9	1 6 4	1 6 6	1 7 5
Rerata perbutir		3 . 9 6 6	4 . 6 5 3 6	3 . . 0 3 1	4 . 0 9 2 2	3 . 9 8 2 2	3 . 9 8 6 7	3 . 8 7 1 1	4 . 0 9 7 1	3 . 8 9 9	3 . 3 5 8	3 . 3 8 5	3 . 3 7 8	3 . 3 2 7	3 . 3 4 4	3 . 3 6 7	3 . 3 6 4	3 . 3 7 7	3 . 3 8 3	3 . 3 7 6	3 . 3 4 7	3 . 3 6 4	3 . 3 7 8	3 . 3 1 6	3 . 3 7 8	3 . 3 9 6	
% per- indikator		8 0	8 1	8 5	9 0	9 2	8 8	9 0	8 6	9 2	8 8	8 8	9 0	9 4	9 6	9 0	8 8	8 5	8 0	8 0	7 8	8 8	8 6	8 1	8 8	8 8	8 5
%per- aspek		89,9		8 9 , 9	8 8 , 9	90,6			90,6		96			92			88,4										
Kategori		SL		S L	S L	S L	SL			SL		SL			SL			SL									

% aspek keseluruhan	94,2%
Kategori	Sangat Layak

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Jamallaili Safitri
2. TTL : Lamongan, 02 April 2003
3. Alamat : Ds. Pesanggarahan, Kec. Laren, Kab.
Lamongan
4. No. HP : 085731531687
5. Email :
jamallaili_safitri_2008086051@walisongo.ac.id

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. SDN 010 Samarinda
 - b. SMPN 5 Loa Janan Kutai Kartanegara
 - c. MA Fathul Hidayah Maduran Lamongan
 - d. UIN Walisongo Semarang