

BAB III

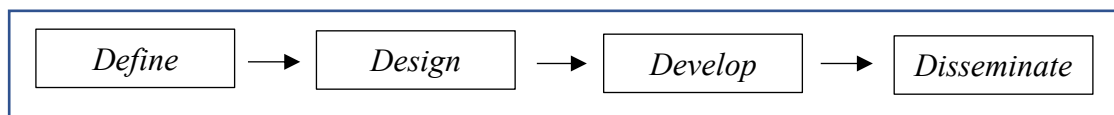
METODE PENELITIAN

3.1 Metode & Desain

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D), karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan atau mengembangkan suatu produk. Brog & Gall (1989) menunjukkan bahwa R&D dapat digunakan untuk menciptakan produk baru yang berguna dalam dunia pendidikan. Sehingga setelah mempertimbangkan kebutuhan dan situasi pendidikan maka pada penelitian ini yang mengembangkan modul fisika berbasis STEM metode R&D dirasa paling cocok untuk digunakan.

Model pengembangan yang digunakan diadaptasi dari model pengembangan Thiagarajan yaitu model 4D (1974). Model ini dipilih karena memiliki tahapan-tahapan yang tidak begitu rumit, sehingga mudah untuk digunakan. Model pengembangan Thiagarajan (4D) terdiri dari empat tahapan, yaitu : 1) *define*; 2) *design*; 3) *develop*; dan 4) *disseminate*.

Skema mengenai metode *Research and Development* (R&D) dengan model 4D Thiagarajan (1974) disajikan pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Skema Research and Development (R&D) dengan model 4D

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian adalah siswa kelas XI IPA di salah satu SMA di Sukabumi. Pengambilan sampel penelitian ini dilakukan dengan teknik *simple random sampling*. Sampel pada penelitian ini yaitu satu kelas yang terdiri dari 33 siswa kelas XI IPA yang menggunakan modul berbasis STEM dalam pembelajaran fisika.

3.3 Instrumen

Pengambilan data pada penelitian ini perlu adanya instrumen penelitian untuk mendukung tercapainya tujuan penelitian. Berikut penjelasan instrumen penelitian adalah sebagai berikut :

3.3.1 Instrumen Validasi Modul

Pada penelitian ini, lembar validasi modul berupa lembar *checklist* yang digunakan untuk uji kelayakan dari modul fisika berbasis STEM yang dikembangkan. Draft modul yang telah dibuat kemudian diuji oleh validator ahli (dua dosen ahli dan satu guru fisika) dengan menggunakan lembar validasi yang sudah dirancang sebelumnya dengan menganalisis beberapa aspek pada modul, yaitu : (1) Kesesuaian materi dengan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*); (2) Kelayakan bahan ajar yang meliputi (a) *self-instructional*, (b) *self-contained*, (c) *stand alone*, (d) *adaptive*, dan (e) *user friendly*. Instrumen validasi kesesuaian materi dengan aspek STEM terdapat pada lampiran A.2. sementara itu, instrumen uji kelayakan bahan ajar terdapat pada lampiran A.3

3.3.2 Instrumen Uji Keterbacaan Modul

Uji keterbacaan modul siswa diberikan untuk mengetahui sejauh mana siswa memahami isi modul yang dikembangkan dengan mudah. Pada tes ini siswa diminta untuk menentukan beberapa hal terkait isi modul yang dibaca diantaranya: (1) Menentukan ide pokok atau pikiran utama dari setiap halaman modul; (2) melingkari kata-kata pada modul yang belum dikenali atau tidak dimengerti artinya; (3) menggaris bawahi kalimat-kalimat pada modul yang sulit dipahami. Uji keterbacaan modul ini dilakukan oleh siswa sebelum modul disebarluaskan. Instrumen uji keterbacaan modul terdapat pada lampiran A.4.

3.3.3 Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen untuk mengukur keterampilan berpikir kritis yang digunakan adalah tes dalam bentuk soal uraian dengan pertanyaan mengacu pada indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (2011). Instrumen tes terdiri dari lima soal uraian dan penilaiannya mengacu pada rubrik. Rubrik penilaian juga mengacu pada lima indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (2011) yaitu (1) *elementary clarification* (2) *basic support* (3) *inference* (4) *advanced clarification* (5) *supposition and integration*. Tes ini diberikan sebelum dan sesudah penerapan modul berbasis STEM yang dikembangkan. Soal dan rubrik untuk penilaian tes keterampilan berpikir kritis terdapat pada lampiran B.3

3.3.4 Tes Keterampilan Literasi teknologi, dan rekayasa (TEL)

Tes kemampuan *Literasi teknologi, dan rekayasa* (TEL) digunakan untuk memperoleh data sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran. Bentuk tes berupa pilihan ganda sebanyak sepuluh soal dengan berbagai jenis teknologi berbeda-beda. Penyusunan soal berdasarkan kompetensi dan indikator NAEP (2014). Dalam penelitian ini TEL yang akan diukur mencakup area praktik 1) memahami prinsip-prinsip teknologi, dan 2) mengembangkan solusi untuk mencapai tujuan serta mencakup tiga area konten yang saling berhubungan yaitu: 1) *technology and society*; 2) *design and system*; dan 3) *information and communication technology*. Soal dan rubrik untuk penilaian tes literasi teknologi dan rekayasa terdapat pada lampiran B.4.

3.4 Prosedur

3.4.1 Tahap *Define* (Pendefinisian)

Tahap pertama dalam model 4D menurut Thiagarajan (1974) adalah mendefinisikan kebutuhan untuk pengembangan produk yaitu dengan

menganalisis dan mengumpulkan informasi yang dibutuhkan. Oleh karena itu pada tahapan ini dilakukan studi literatur.

3.4.2 Tahap Design (Perancangan)

Tahap perancangan dibagi lagi menjadi empat tahapan, yaitu :

3.4.2.1 Construction Criterion-Reference Test

Tes kriteria disusun berdasarkan pada hasil tujuan pembelajaran dan analisis siswa. Kemudian disusun kisi-kisi tes hasil belajar. Tes ini menjadi alat evaluasi setelah implementasi produk yang sedang dikembangkan. Pada penelitian ini disusun tes untuk mengukur keterampilan berpikir kritis serta literasi teknologi, dan rekayasa (TEL)

3.4.2.2 Media Selection

Pemilihan media dilakukan untuk mengidentifikasi media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi. Pemilihan media didasarkan pada hasil analisis konsep, analisis tugas, karakteristik siswa sebagai pengguna, serta rencana distribusi dengan menggunakan berbagai variasi media.

3.4.2.3 Format Selection

Tahap ini bertujuan pengembangan perangkat pembelajaran untuk merumuskan desain media pembelajaran, pemilihan strategi, pendekatan, metode pengembangan, dan sumber belajar.

3.4.2.4 Initial Design

Desain awal merupakan desain keseluruhan dari perangkat pembelajaran yang sedang dikembangkan. Desain keseluruhan harus dilakukan sebelum dilakukan uji coba.

3.4.3 Tahap Develop (Pengembangan)

3.4.3.1 Expert Appraisal

Pada tahap ini dilakukan penilaian oleh para ahli untuk mendapatkan saran perbaikan perangkat pembelajaran yang

dikembangkan. Kemudian dilakukan revisi sesuai dengan saran yang diberikan. Penilaian ahli diharapkan dapat menjadikan perangkat pembelajaran lebih tepat, dan efektif.

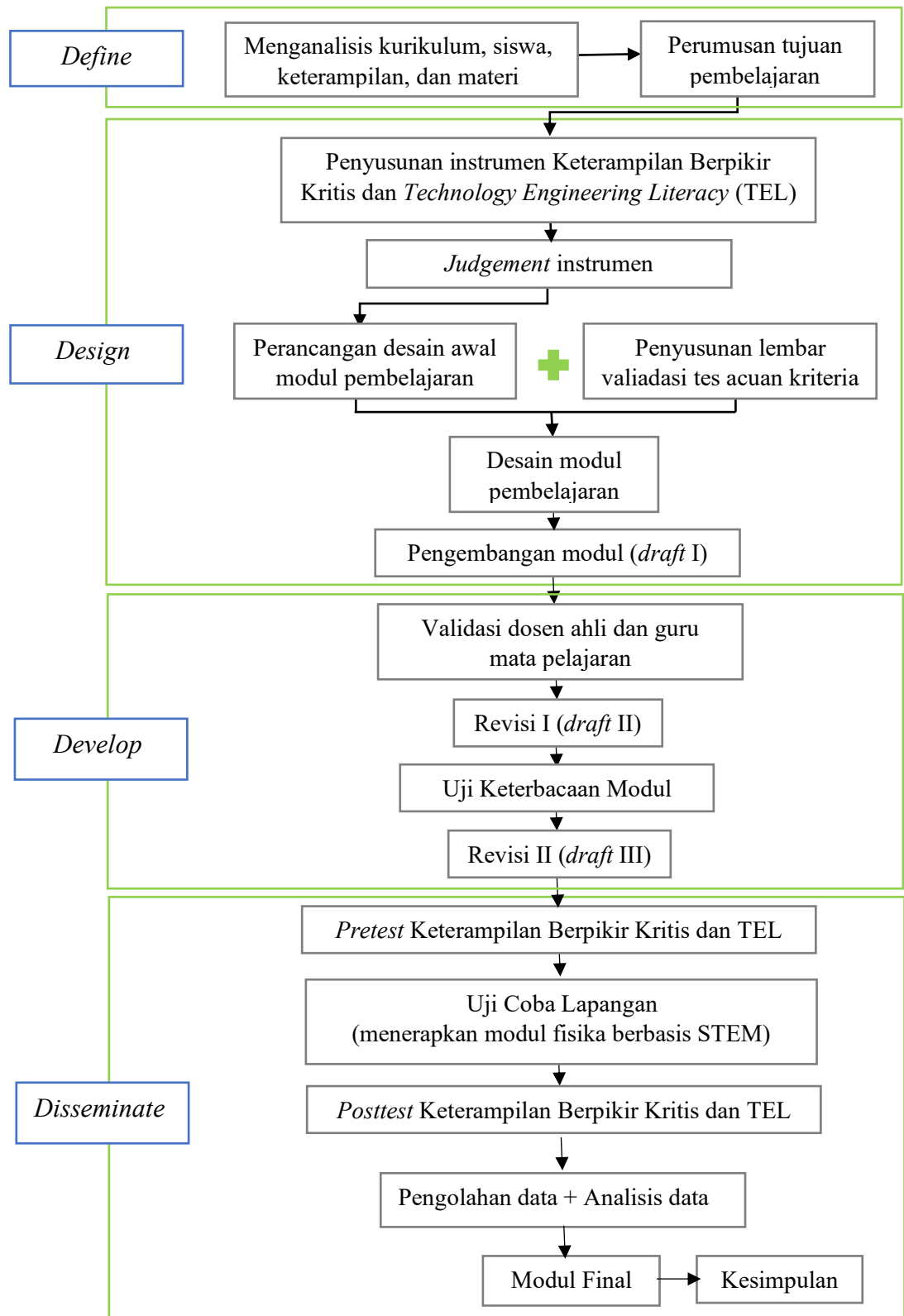
3.4.3.2 *Development Testing (Trial Development)*

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan masukan langsung berupa tanggapan maupun komentar dari siswa. Sehingga pada tahap ini dilakukan uji keterbacaan modul pada siswa.

3.4.4 Tahap Disseminate (Penyebaran)

Tahap terakhir dalam pengembangan perangkat pembelajaran model 4D adalah tahap penyebaran. Pada tahap ini modul yang dikembangkan diimplementasikan langsung pada pembelajaran di kelas. Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran pencapaian tujuan yang bertujuan untuk menentukan keefektifan produk yang dikembangkan. Kemudian setelah diimplementasikan, peneliti perlu mengamati hasil pencapaian tujuan, solusi yang belum tercapai harus dijelaskan agar tidak terulang kembali setelah produk disebarluaskan.

Berikut Gambar 3.2 menunjukan tahapan prosedur penelitian secara rinci.



Gambar 3.2 Prosedur Penelitian

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Data Validasi Modul

Teknik analisis dari hasil validasi ahli terhadap modul fisika berbasis STEM adalah dengan menggunakan teknik validasi Aiken :

$$V = \frac{\sum s}{|n(c - 1)|} \quad (3.1)$$

dengan, $s = r - l_0$

keterangan :

V = nilai validasi Aiken

r = angka yang diberikan validator

l_0 = angka penilaian validitas terendah

c = angka penilaian validitas tertinggi

n = jumlah panelis

Dari hasil yang diperoleh, data yang semula berupa kuantitatif diubah menjadi kualitatif deskriptif. Kualitas kelayakan modul dapat ditentukan dengan kriteria kelayakan hasil validasi yang ditunjukkan Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kriteria Kelayakan hasil Validasi Ahli

Hasil Validasi	Kriteria
0,00 – 0,11	Tidak layak digunakan
0,12 – 0,20	Layak digunakan dengan pertimbangan tertentu
0,21 – 0,35	Layak digunakan
0,36 – 1,00	Sangat layak digunakan

(Djarmiko, 2018 : 91)

3.5.2 Analisis Uji Keterbacaan Modul

Data yang diperoleh dari hasil uji keterbacaan modul diolah dengan menggunakan skala Gutman. Skala Gutman selain dapat dibuat dalam bentuk pilihan ganda, juga dapat dibuat dalam bentuk checklist, dimana jawaban dapat dibuat skor tertinggi satu dan terendah nol. Instrumen ini jika siswa paham maka akan diberi poin 1, sedangkan siswa yang tidak

paham diberi poin 0 yang kemudian akan dianalisis dengan menggunakan nilai presentase, sebagai berikut :

$$uji\ keterbacaan = \frac{skor\ yang\ diperoleh\ siswa}{skor\ maksimal} \times 100\% \quad (3.2)$$

Setelah diperoleh hasilnya, kemudian menginterpretasikan keterbacaan terhadap modul dengan menggunakan klasifikasi berdasarkan kriteria menurut Ali (dalam Nuryani, S., 2021) sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria Interpretasi Keterbacaan Modul

Presentase (%)	Kriteria
$77,77 < x \leq 100$	Tinggi
$55,54 < x \leq 77,77$	Sedang
$33,31 < x \leq 55,54$	Redah
$x < 33,31$	Sangat rendah

(Nuryani, S., 2021)

3.5.3 Analisis Validitas Instrumen

Validitas Instrumen keterampilan berpikir kritis dan kemampuan *Literasi teknologi, dan rekayasa* (TEL) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Arikunto, 2010).

$$r_{xy} = \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N(\sum X^2) - (\sum X)^2\}\{N(\sum Y^2) - (\sum Y)^2\}}} \quad (3.3)$$

r_{xy} = nilai validitas yang didapatkan

X = skor tiap butir soal

Y = skor total tiap butir soal

N = jumlah siswa

Kategori nilai validitas yang didapatkan dapat dilihat dari Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Kategori nilai validitas

Nilai r_{xy}	Kategori
0,81 – 1,00	Sangat tinggi
0,61 – 0,80	Tinggi

Nilai r_{xy}	Kategori
0,41 – 0,60	Cukup
0,21 – 0,40	Rendah
0,00 – 0,20	Sangat rendah

(Arikunto, 2008)

3.5.4 Analisis Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas instrumen keterampilan berpikir kritis dan kemampuan *Literasi teknologi, dan rekayasa* (TEL) dihitung menggunakan persamaan Alpha berikut (Arikunto, 2010).

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \quad (3.4)$$

dengan,

r_{11} = koefisien reliabilitas yang sudah disesuaikan

n = banyaknya butir soal

σ_i^2 = varians skor soal ke – i

Tabel 3.4 berikut menunjukan kategori nilai reliabilitas.

Tabel 3.4 Kategori Nilai Reliabilitas

Nilai r_{11}	Kategori
0,80 – 1,00	Sangat tinggi
0,60 – 0,79	Tinggi
0,40 – 0,59	Cukup
0,20 – 0,39	Rendah
0,00 – 0,19	Sangat rendah

(Arikunto, 2008)

3.5.5 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Instrumen tes keterampilan berpikir kritis dan literasi teknologi dan rekayasa (TEL) disusun agar dapat mengevaluasi implementasi modul yang akan dikembangkan. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis dirancang dalam bentuk uraian sebanyak lima soal, sedangkan untuk TEL dirancang dalam bentuk pilihan ganda sebanyak sepuluh soal.

1. Hasil Validasi Ahli untuk Instrumen TEL

Pada Tabel 3.5 ditunjukkan hasil validasi ahli (*judgement*) untuk instrumen TEL.

Tabel 3.5 Rangkuman Hasil Validasi Ahli (Judgement)
Instrumen Literasi Teknologi, dan Rekayasa

No Soal	Praktik TEL	Indikator TEL	Validator			Kesimpulan
			1	2	3	
1	Mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Memilih dan menggunakan alat yang tepat untuk mencapai sebuah tujuan	Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai setelah revisi
2	Memahami prinsip-prinsip teknologi	Menganalisis keuntungan dan kerugian teknologi	Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai dengan revisi
3		Menganalisis kebutuhan	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai dengan revisi
4			Diterima dengan revisi	Diterima dengan revisi	Diterima	Dipakai dengan revisi
5	Mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Membandingkan keuntungan dan kerugian dari solusi yang diusulkan	Diterima dengan revisi	Diterima dengan revisi	Diterima	Dipakai setelah revisi
6	Memahami prinsip-prinsip teknologi	Mengidentifikasi sistem atau proses	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai
7			Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai
8			Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai setelah revisi

EKA DIAH DAMAYANTI, 2025

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SERTA LITERASI TEKNOLOGI DAN REKAYASA (TEL)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No Soal	Praktik TEL	Indikator TEL	Validator			Kesimpulan
			1	2	3	
9		Memprediksi konsekuensi dari teknologi	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai
10		Memilih pilihan alat untuk tujuan tertentu	Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai setelah revisi

Berdasarkan Tabel 3.5, dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga soal yang bisa langsung dipakai tanpa revisi yaitu soal No 6,7, dan 9. Sementara itu terdapat tujuh soal yang perlu direvisi terlebih dahulu sebelum bisa digunakan, yaitu soal No. 1, 2, 3, 4, 5, 8, dan 10.

2. Hasil Uji Coba Instrumen TEL

Setelah instrumen TEL selesai melewati tahap validasi ahli, instrumen diuji coba untuk mengukur kelayakan instrumen apakah telah memenuhi syarat pengambilan data atau belum. Instrumen dapat dikatakan layak apabila telah dilakukan analisis validitas dan reliabilitas. Tabel 3.6 menunjukkan rangkuman hasil analisis kelayakan butir soal instrumen.

Tabel 3.6 Rangkuman Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas Instrumen Literasi Teknologi, dan Rekayasa

No Soal	Praktik TEL	Indikator TEL	Validitas	
			r_{xy}	Kategori
1	Mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Memilih dan menggunakan alat yang tepat untuk mencapai sebuah tujuan	0,43	Cukup
2	Memahami prinsip-prinsip teknologi	Menganalisis keuntungan dan kerugian teknologi	0,59	Cukup
3		Menganalisis kebutuhan	0,50	Cukup
4			0,53	Cukup

No Soal	Praktik TEL	Indikator TEL	Validitas	
			r_{xy}	Kategori
5	Mengembangkan solusi dan mencapai tujuan	Membandingkan keuntungan dan kerugian dari solusi yang diusulkan	0,44	Cukup
6	Memahami prinsip-prinsip teknologi	Mengidentifikasi sistem atau proses	0,43	Cukup
7			0,65	Tinggi
8			0,42	Cukup
9		Memprediksi konsekuensi dari teknologi	0,45	Cukup
10		Membenarkan pilihan alat untuk tujuan tertentu	0,53	Cukup
Reliabilitas instrumen : $r_{11} = 0,61$				Tinggi

Berdasarkan hasil analisis validitas pada Tabel 3.6 dapat dilihat bahwa terdapat 9 soal yang berada pada kategori cukup, yaitu soal No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, dan 10. Sementara itu hanya terdapat 1 soal yang berada pada kategori tinggi yaitu soal No. 7. Sedangkan hasil reliabilitas instrumen TEL yaitu 0,61 sehingga berada pada kategori Tinggi. Sementara itu, hasil uji validitas dan reliabilitas soal tes literasi teknologi dan rekayasa (TEL) yang lebih rinci terdapat pada lampiran B.2. Sebagai kesimpulan dari hasil uji validitas dan reliabilitas tersebut, instrumen TEL yang dirancang telah layak digunakan.

3. Hasil Validasi Ahli Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis yang sebelumnya sudah dirancang, selanjutnya melalui tahap validasi ahli. Berikut ini Tabel 3.7 yang menyajikan rangkuman dari hasil validasi ahli (judgement) untuk instrumen keterampilan berpikir kritis :

Tabel 3.7 Rangkuman Hasil Validasi Ahli (Judgement)
Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

No Soal	Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator	Validator			Kesimpulan
			1	2	3	
1	Membuat klarifikasi lebih lanjut	Mengidentifikasi asumsi	Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai setelah revisi
2	Membangun keterampilan	a. Mengobservasi b. Mempertimbangkan hasil observasi	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai
3	Menarik kesimpulan	Membuat keputusan	Diterima dengan revisi	Diterima	Diterima	Dipakai setelah revisi
4	Membangun keterampilan dasar	Menjawab pertanyaan tentang suatu klarifikasi	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai
5	Membangun strategi dan taktik	Memutuskan suatu tindakan	Diterima	Diterima	Diterima	Dipakai

Berdasarkan data pada Tabel 3.7, dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga soal yang bisa langsung dipakai tanpa perlu dilakukan revisi yaitu soal No. 2, 4, dan 5. Sedangkan terdapat dua soal yang perlu direvisi sebelum dapat digunakan yaitu soal No. 1 dan 3. Dengan demikian, kedua soal tersebut direvisi terlebih dahulu sebelum instrumen masuk ke tahap uji coba.

4. Hasil Uji Coba Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

Setelah instrumen Keterampilan Berpikir Kritis selesai melewati tahap validasi ahli, instrumen diuji coba untuk mengukur kelayakan instrumen apakah telah memenuhi syarat pengambilan data atau belum. Instrumen dapat dikatakan layak apabila telah dilakukan

analisis validitas dan reliabilitas. Tabel 3.8 berikut menunjukkan rangkuman hasil analisis kelayakan butir soal instrumen :

Tabel 3.8 Rangkuman Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

No Soal	Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Validitas	
			r_{xy}	Kategori
1	Membuat klarifikasi lebih lanjut	Mengidentifikasi asumsi	0,53	Cukup
2a	Membangun keterampilan	Mengobservasi	0,70	Tinggi
2b		Mempertimbangkan hasil observasi	0,93	Sangat Tinggi
3	Menarik kesimpulan	Membuat keputusan	0,72	Tinggi
4	Membangun keterampilan dasar	Menjawab pertanyaan tentang suatu klarifikasi	0,77	Tinggi
5	Membangun strategi dan taktik	Memutuskan suatu tindakan	0,80	Tinggi
Reliabilitas instrumen : $r_{11} = 0,70$				Tinggi

Berdasarkan hasil analisis validitas yang ditunjukkan pada Tabel 3.8, terdapat satu soal yang berada pada kategori cukup yaitu soal No.1. Sedangkan terdapat 4 soal yang berada pada kategori tinggi yaitu soal No 2a, 3, 4 dan 5. Sementara itu soal No 2b berada pada kategori sangat tinggi. Hasil reliabilitas untuk instrumen keterampilan berpikir kritis adalah 0,77 yang dapat diinterpretasikan pada kategori tinggi. Sementara itu, untuk hasil uji validitas dan reliabilitas keterampilan berpikir kritis secara lebih rinci terdapat pada tabel B.1. Sehingga sebagai kesimpulan, hasil analisis validitas dan reliabilitas instrumen keterampilan berpikir kritis telah valid dan layak untuk digunakan.

3.5.6 Analisis Peningkatan

Peningkatan rata-rata kelompok pada setiap indikator keterampilan berpikir kritis dan kemampuan literasi teknologi, dan rekayasa (TEL) pada praktik : 1) memahami prinsip-prinsip teknologi dan 2) mengembangkan solusi untuk mencapai tujuan, dihitung berdasarkan rata-rata skor gain dinormalisasi :

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{post} \rangle - \langle S_{pre} \rangle}{\langle S_{maks} \rangle - \langle S_{pre} \rangle} \quad (3.5)$$

Keterangan :

$\langle g \rangle$: skor rata-rata gain yang dinormalisasi

$\langle S_{post} \rangle$: rata-rata skor *post-test*

$\langle S_{pre} \rangle$: rata-rata skor *pre-test*

$\langle S_{maks} \rangle$: rata-rata skor maksimum

Interpretasi skor rata-rata N-Gain terdapat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Interpretasi skor rata-rata gain yang dinormalisasi

Batasan	Kategori
$\langle g \rangle \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > \langle g \rangle \geq 0,3$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

(Hake, 1988)

3.6 Tahap Pengembangan Modul Fisika Berbasis STEM

3.6.1 Define (Pendefinisian)

Tahapan pertama dalam pengembangan modul adalah studi literatur. Studi literatur ini dilakukan dengan cara mencari informasi mengenai kebutuhan siswa agar dapat bersaing di abad 21. Selain itu, dilakukan juga analisis kurikulum, keterampilan, dan materi untuk memenuhi kebutuhan siswa tersebut. Sumber yang digunakan sebagai studi literatur sebagian besar berasal dari dokumen, artikel, maupun jurnal. Selain itu dilakukan juga wawancara untuk memperoleh data mengenai keadaan di lapangan. Dari hasil wawancara, diperoleh data bahwa sebagian besar

sekolah di Kota Sukabumi telah menerapkan Kurikulum merdeka. Hal ini berdasarkan keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Riset dan Teknologi (Mendikbudristek) Republik Indonesia No. 262 Tahun 2022 mengenai “Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran”. Keputusan ini menetapkan bahwa satuan pendidikan perlu mengembangkan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan siswa. Pengembangan kurikulum mengacu pada Kurikulum 2013, Kurikulum 2013 yang disederhanakan, dan Kurikulum Merdeka.

Pada Kurikulum Merdeka ditekankan pada penguatan karakter “Profil Pelajar Pancasila” untuk memenuhi tuntutan abad 21. Karakter Profil Pelajar Pancasila tersebut yaitu : (1) beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia; (2) berkebinekaan global; (3) bergotong royong; (4) mandiri; (5) bernalar kritis; dan (6) kreatif. Dengan demikian, dalam keputusan No. 262 dijelaskan bahwa perangkat ajar merupakan berbagai bahan ajar yang digunakan oleh pendidik dalam upaya mencapai profil pelajar Pancasila dan Capaian Pembelajaran. Perangkat ajar tersebut meliputi buku teks pelajaran, modul ajar, modul proyek penguatan profil pelajar Pancasila, video pembelajaran, serta bentuk lainnya.

Dijelaskan dalam keputusan tersebut bahwa buku teks merupakan buku pelajaran yang digunakan dalam pembelajaran berdasarkan kurikulum yang diterapkan. Bentuk buku teks dapat berupa cetak maupun digital serta dapat disajikan dalam bentuk modular dengan isi yang fleksibel dan kontekstual. Implementasi buku teks terbatas pada satuan pendidikan yang melaksanakan Kurikulum Merdeka dalam rangka pemulihan pembelajaran.

Berbeda dengan modul ajar yang merupakan dokumen yang berisi tujuan, langkah, dan media pembelajaran, serta asesmen yang dibutuhkan dalam satu topik berdasarkan alur tujuan pembelajaran. Sedangkan modul proyek penguatan profil pelajar Pancasila (P5) merupakan dokumen yang berisi tujuan, langkah, media pembelajaran, dan asesmen yang

dibutuhkan untuk melaksanakan suatu proyek penguatan profil pelajar Pancasila. Pendidik memiliki kebebasan untuk membuat sendiri, memilih dan memodifikasi baik modul ajar maupun modul P5 yang tersedia sesuai dengan konteks, karakteristik, serta kebutuhan siswa.

Berdasarkan hasil analisis dokumen mengenai kebijakan Kurikulum Merdeka, kemudian dilakukan wawancara untuk mengetahui karakteristik siswa di salah satu sekolah di Sukabumi yang menjadi tempat dilakukannya penelitian. Dari hasil wawancara diperoleh informasi bahwa saat pembelajaran, guru jarang menampilkan video pembelajaran, ataupun mengaitkan konsep fisika dengan fenomena sehari-hari. Hal ini menyebabkan siswa menganggap materi fisika hanya sekedar teori saja, dan belum bisa mengaitkan materi fisika dengan fenomena maupun kegunaanya dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan perangkat ajar juga diketahui mempengaruhi karakteristik siswa pada pembelajaran fisika. Dari hasil wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa perangkat pembelajaran yang digunakan adalah modul ajar.

Kemudian isi modul ajar tersebut dianalisis, dan ditemukan bahwa isinya sebagian besar hanya teori saja, dan jarang sekali mencantumkan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu kegiatan percobaan hanya terdapat pada beberapa materi saja. Hal ini membuat kegiatan belajar menjadi kurang menarik, sehingga siswa menjadi cepat bosan dan kurang semangat dalam mengikuti kegiatan belajar. Sehingga rasa ingin tahu dan minat siswa menjadi rendah pada pembelajaran fisika.

Dari karakteristik siswa tersebut, maka perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan rasa ingin tahu, minat, motivasi, dan keaktifan siswa agar siswa bisa memahami mata pelajaran fisika serta mampu menerapkan maupun menyelesaikan masalah terkait materi fisika. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggunakan perangkat pembelajaran yang sesuai dan menarik bagi siswa. Sehingga siswa dapat berperan aktif dalam pembelajaran fisika sesuai dengan kurikulum Merdeka.

Sebelum merancang perangkat pembelajaran yang dapat meningkatkan keaktifan siswa, perlu diketahui terlebih dahulu mengenai Capaian Pembelajaran (CP) dari silabus fisika SMA untuk kurikulum Merdeka. Berdasarkan hasil observasi dan beberapa pertimbangan dari peneliti maka materi yang dipilih untuk pengembangan perangkat pembelajaran adalah Gelombang bunyi, dimana materi tersebut berada pada fase F. Oleh karena itu, berdasarkan silabus untuk kurikulum merdeka, CP untuk keterampilan yang akan dijelaskan secara rinci dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Capaian Pembelajaran pada Materi Gelombang Bunyi

Capaian Pembelajaran	
Pemahaman Konsep	Keterampilan Proses
Siswa mampu menerapkan konsep gejala gelombang bunyi dalam menyelesaikan masalah	1. Mengamati 2. Mempertanyakan dan memprediksi 3. Merencanakan dan melakukan penyelidikan 4. Memproses, menganalisis data, dan informasi 5. Mencipta 6. Mengevaluasi dan refleksi 7. Mengkomunikasikan hasil

Berdasarkan Tabel 3.10 mengenai Capaian Pembelajaran, diharapkan siswa terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran baik dalam bertanya, menyampaikan pendapat, menjawab pertanyaan, mengobservasi, melakukan penyelidikan, menganalisis informasi, serta menerapkan konsep dan prinsip pada materi gelombang untuk mencipta yang kemudian dievaluasi dan dikomunikasikan. Oleh karena itu, dalam perangkat pembelajaran yang dikembangkan disisipkan beberapa kegiatan maupun pertanyaan yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis sehingga siswa mampu menyelesaikan masalah mengenai

gelombang bunyi. Selain itu dilatihkan juga Literasi Teknologi dan Rekayasa, sehingga siswa dapat menerapkan prinsip-prinsip teknologi terkait materi gelombang untuk mencipta suatu produk yang menjadi solusi dari masalah yang disajikan.

Untuk mendukung pengembangan karakter “Profil Pelajar Pancasila”, dilakukan proyek pada pembelajaran. Oleh karena itu dipilih Capaian Pembelajaran pada fase F untuk materi gelombang bunyi. Pada materi tersebut siswa diminta dapat menerapkan konsep gelombang bunyi untuk menyelesaikan masalah, sehingga dibutuhkan bahan ajar yang dapat mendukung pelaksanaan proyek.

Sesuai dengan Capaian Pembelajaran yang terdapat pada tabel, maka perlu disusun urutan materi mengenai gelombang bunyi yang nantinya akan disajikan dalam perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Sebab dalam kompetensi pengetahuan diharapkan siswa dapat menyelesaikan masalah dengan menerapkan konsep gelombang bunyi, maka dalam perangkat pembelajaran yang sedang dikembangkan dimuat beberapa alat-alat dalam kehidupan sehari-hari yang menerapkan konsep gelombang bunyi. Berdasarkan hasil analisis materi, maka urutan materi dan konsep gelombang bunyi yang akan disajikan dalam perangkat pembelajaran adalah :

1. Syarat terdengarnya bunyi
2. Batas pendengaran manusia
3. Cepat rambat bunyi
4. Sifat-sifat gelombang dengan contoh penerapannya
5. Sumber bunyi
 - a. Dawai
 - b. Pipa organa terbuka
 - c. Pipa organa tertutup
6. Efek doppler
7. Energi gelombang
8. Intensitas dan Taraf Intensitas

Tujuan pembelajaran disusun sesuai dengan Capaian Pembelajaran yang ditunjukkan pada Tabel 3.10. Selain itu tujuan pembelajaran juga disusun berdasarkan susunan konsep gelombang bunyi yang sebelumnya telah disusun serta keterampilan yang akan dilatihkan. Oleh karena itu tujuan pembelajaran yang dirancang untuk pengembangan perangkat pembelajaran fisika adalah sebagai berikut :

1. Siswa mampu membuat klarifikasi dasar mengenai karakteristik gelombang bunyi melalui kegiatan analisis fenomena dalam kehidupan sehari-hari dengan benar
2. Siswa mampu membangun keterampilan dasar mengenai syarat terdengarnya bunyi melalui kegiatan observasi dengan terampil
3. Siswa mampu membangun klarifikasi dasar mengenai klasifikasi bunyi melalui kegiatan analisis fenomena dalam kehidupan sehari-hari dengan benar
4. Siswa mampu menarik kesimpulan mengenai cepat rambat gelombang bunyi dalam berbagai medium melalui kegiatan analisis data yang disajikan dengan benar
5. Siswa mampu menarik kesimpulan mengenai frekuensi pada dawai dan pipa organa melalui kegiatan observasi dengan terampil
6. Siswa mampu membuat klarifikasi dasar mengenai efek doppler melalui kegiatan analisis fenomena dalam kehidupan sehari-hari dengan benar
7. Siswa membangun strategi dan taktik mengenai taraf intensitas bunyi melalui kegiatan analisis masalah dalam kehidupan sehari-hari dengan terampil
8. Siswa mampu mendesain dan merancang suling berdasarkan konsep pipa organa secara terampil
9. Siswa mampu mendesain dan merancang prototipe bioskop berdasarkan konsep gelombang bunyi

3.6.2 Design (Perancangan)

1) Construction Criterion-Reference Test

EKA DIAH DAMAYANTI, 2025

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SERTA LITERASI TEKNOLOGI DAN REKAYASA (TEL)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada tahap *define* telah ditentukan bahwa keterampilan yang akan dilatihkan dalam perancangan perangkat pembelajaran adalah keterampilan berpikir kritis, literasi teknologi, dan rekayasa (TEL). Sehingga pada tahap ini disusun kisi-kisi untuk instrumen tes keterampilan berpikir kritis dan TEL berdasarkan analisis siswa dan tujuan pembelajaran yang sebelumnya telah dirancang. Hal ini dilakukan agar dapat mengevaluasi implementasi perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis dirancang dalam bentuk uraian sebanyak lima soal, sedangkan untuk TEL dirancang dalam bentuk pilihan ganda sebanyak sepuluh soal.

2) *Media selection*

Berdasarkan hasil analisis kurikulum, karakteristik siswa, tugas, dan konsep yang dilakukan pada tahap *define*, peneliti akhirnya memilih untuk mengembangkan media pembelajaran yaitu modul. Modul dipilih karena sesuai dengan keputusan Mendikbudristek mengenai kurikulum merdeka yaitu perangkat pembelajaran yang diusulkan untuk digunakan adalah modul ajar maupun modul proyek penguatan profil pelajar Pancasila. Oleh karena itu, modul yang dikembangkan tidak hanya berisi materi mengenai gelombang bunyi saja, tetapi terdapat juga proyek terkait materi gelombang bunyi.

Proyek yang terdapat pada modul sesuai dengan tema proyek profil pelajar Pancasila yaitu “Berekayasa dan Berteknologi untuk membangun NKRI”. Oleh karena itu, selain menguatkan keenam profil pelajar Pancasila, pada modul yang dikembangkan juga dilatihkan literasi teknologi dan rekayasa. Tidak hanya dilatihkan melalui proyek, literasi teknologi dan rekayasa ini dilatihkan melalui pertanyaan-pertanyaan terkait teknologi yang menggunakan gelombang bunyi.

Pada modul juga terdapat media pembelajaran lain yang dapat mendukung proses pembelajaran yaitu video dan audio. Penggunaan video dan audio adalah untuk mempermudah siswa dalam memahami

materi gelombang bunyi. Video dan audio ini tersaji dalam modul dalam bentuk kode QR. Jadi siswa perlu memindai kode QR pada modul terlebih dahulu.

3) *Format Selection*

Konsep fisika yang dipilih dalam pengembangan modul adalah gelombang bunyi. Pada materi tersebut siswa diminta dapat menerapkan konsep gelombang bunyi untuk menyelesaikan masalah, sehingga dibutuhkan bahan ajar yang dapat mendukung pelaksanaan proyek. Salah satu pendekatan yang mendukung pelaksanaan proyek adalah pendekatan STEM. Oleh karena itu, pada modul yang dikembangkan diintegrasikan pendekatan STEM sehingga menjadi modul berbasis STEM. Selain itu diketahui juga menurut Bybee (Retnowati dkk., 2020) modul berbasis STEM bertujuan untuk membuat siswa mengetahui hubungan antara pengetahuan yang dimiliki dengan penerapannya dalam kehidupan nyata yang bisa diketahui dengan membaca, mencatat, meneliti, serta melakukan penelitian ilmiah.

4) *Initial Design*

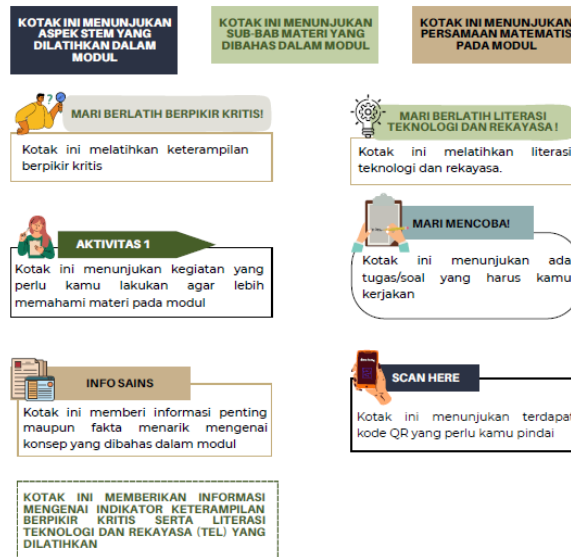
Pada tahap ini, dalam merancangan modul yang dikembangkan dibuat sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan pada tahap *define*. selain itu juga perlu mengikuti tahapan pembelajaran STEM yang telah ditentukan pada tahap *format section*. Secara umum modul yang dikembangkan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu : 1) bagian pembuka; 2) bagian isi; dan 3) bagian penutup.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Modul ini terdiri dari beberapa sub bagian materi yang terintegrasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics).

1. Modul ini harus dipelajari secara berurutan, karena materi yang disajikan lebih dahulu merupakan prasyarat untuk mempelajari materi berikutnya.
2. Bacalah dan pahami dengan teliti uraian materi yang disajikan pada masing-masing kegiatan pembelajaran. Kerjakanlah latihan mandiri yang terdapat pada tiap sub-bab materi!
3. Kerjakan soal mandiri dan uji kompetensi yang ada pada modul ini!
4. Jika mempunyai kesulitan yang tidak dapat dipecahkan, catatlah kemudian tanyakan kepada pendidik atau bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi pada modul ini.

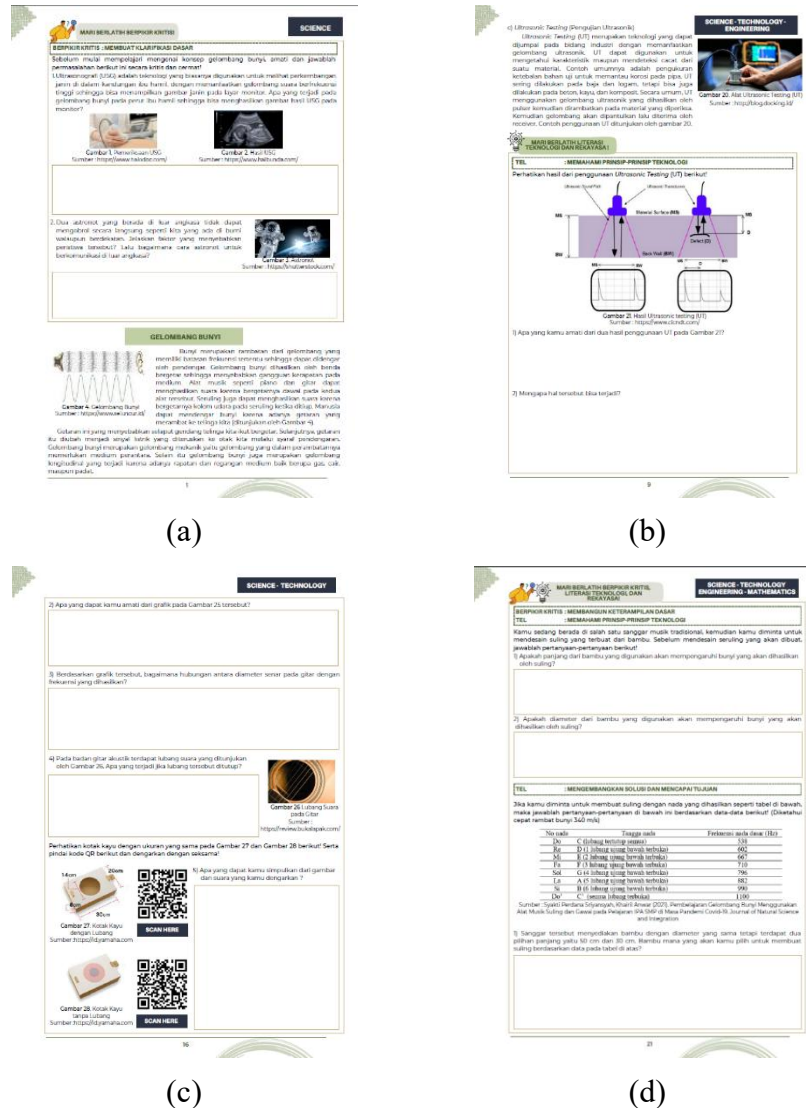
Perlu diingat arti warna dari setiap kotak. Karena dalam setiap kotak tersebut akan ada hal penting yang harus kamu perhatikan dan lakukan. Selamat membaca!



iv

Gambar 3.3 Bagian Petunjuk Penggunaan pada Modul Fisika Berbasis STEM

Bagian pembuka dari modul fisika berbasis STEM terdiri dari cover, daftar isi, capaian pembelajaran, dan petunjuk penggunaan modul. Gambar 3.3 merupakan cuplikan dari bagian pembuka modul yaitu petunjuk penggunaan modul fisika berbasis STEM. Pada halaman petunjuk penggunaan modul, terdapat berbagai kotak dengan fungsi yang berbeda-beda. Hal ini bertujuan untuk memudahkan siswa dalam menggunakan dan memahami isi modul. Selain itu hal ini juga diharapkan dapat membuat modul menjadi lebih menarik. Gambar 3.4 berikut menunjukkan bagian isi pada modul.



Gambar 3.4 Bagian Isi pada Modul Fisika Berbasis STEM

(a) Pertanyaan yang Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis, (b) Pertanyaan yang Melatihkan TEL, (c) Kode QR pada Modul, (d) Proyek yang Terdapat pada Modul

Gambar 3.4 (a) menunjukkan sebelum masuk ke penjelasan dari suatu materi terdapat pertanyaan-pertanyaan yang dapat melatihkan keterampilan berpikir kritis. Pertanyaan berpikir kritis pada modul biasanya mengenai fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan materi gelombang bunyi. Selain untuk melatihkan keterampilan berpikir kritis, pertanyaan ini juga untuk memancing keingintahuan siswa dan memulai diskusi sebelum membahas mengenai suatu materi.

EKA DIAH DAMAYANTI, 2025

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SERTA LITERASI TEKNOLOGI DAN REKAYASA (TEL)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pertanyaan ini juga dapat membantu siswa untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang materi pembelajaran atau topik yang sedang dibahas.

Modul berbasis STEM yang dikembangkan menampilkan beberapa teknologi yang memanfaatkan konsep gelombang bunyi. Sehingga untuk melatih kemampuan TEL siswa, setiap penjelasan dari contoh teknologi diikuti dengan pertanyaan yang dapat melatih TEL. Pertanyaan-pertanyaan dalam modul ini bertujuan untuk melatih dua kemampuan TEL yaitu : 1) memahami prinsip-prinsip teknologi dan 2) mengembangkan solusi dan mencapai tujuan. Gambar 3.4 (b) menunjukkan contoh pertanyaan yang dapat membantu siswa untuk meningkatkan kemampuan TEL.

Kode QR digunakan dalam modul agar modul menjadi lebih menarik dan interaktif. Pemindaian kode QR akan menampilkan video maupun audio yang dapat membantu siswa memahami suatu materi. Pada Gambar 3.4 (c), kode QR menunjukkan perbedaan suara yang dihasilkan oleh kotak kayu dengan senar yang berlubang dan yang tidak berlubang. Hal ini berfungsi sebagai isyarat bagi siswa untuk memahami tujuan dari lubang suara pada gitar. Kegiatan ini dapat meningkatkan kemampuan TEL siswa dalam memahami prinsip-prinsip teknologi.

Modul berbasis STEM mengikuti *science and engineering practices*, dengan memprioritaskan kegiatan praktik dan eksplorasi masalah sebagai inti dari keterlibatan siswa. Pendekatan ini mengarah pada proses pembelajaran yang aktif dan bermakna. Sebuah proyek yang menggabungkan delapan tahap *science and engineering practices* dari NGSS telah dibuat. Gambar 3.4 (d) menampilkan contoh proyek yang disertakan dalam modul.

Proyek tersebut didasarkan pada masalah sehari-hari. Kemampuan TEL siswa dalam mengembangkan solusi dan mencapai tujuan dipraktikkan dengan proyek ini. Karena dalam proyek yang diberikan, siswa diminta untuk menyelesaikan masalah yang telah

disajikan. Proyek ini bertujuan untuk menantang siswa untuk menerapkan pengetahuan mereka tentang teknologi dan prinsip-prinsipnya dalam memecahkan masalah. Mereka akan diminta untuk membuat solusi dan desain yang menggabungkan empat aspek STEM yaitu *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Hal ini akan mendorong mereka untuk berpikir kritis dan secara praktis menggunakan keterampilan mereka. Seperti pada tahapan pembelajaran menurut NGSS, setelah merancang solusi, siswa diminta untuk membuat prototipe dari desain yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian mereka juga perlu menguji prototipe yang mereka buat, apakah prototipe tersebut dapat dikatakan berhasil sebagai solusi dari masalah yang disajikan atau tidak. Selain itu, mengevaluasi hasil uji coba tersebut dan kemudian mengkomunikasikan hasil evaluasi tersebut.

Pada bagian penutup berisi rangkuman materi gelombang bunyi, asesmen untuk menilai pengetahuan siswa terkait gelombang bunyi, asesmen untuk menilai TEL, asesmen untuk keterampilan berpikir kritis, dan daftar pustaka. Penilaian dalam modul ini dibuat sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diuraikan di bagian pendahuluan. Asesmen untuk pengetahuan terdiri dari lima soal pilihan ganda, asesmen untuk TEL terdiri dari lima soal pilihan ganda, dan asesmen untuk keterampilan berpikir kritis terdiri dari tiga soal esai. Gambar 3.5 berikut menunjukkan bagian penutup.

RANGKUMAN MATERI

ASESMEN

5. Gelombang bunyi merupakan medium yang gelombang yang dalam perambatannya memerlukan medium perantara. Salah satu gelombang bunyi yang dapat mengalami pemampatan dan regangan medium pada bagian-bagian dari medium padat.
6. Densitas pada permukaan bunyi pada medium padat, yaitu:
 - a. $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$
 - b. $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
 - c. $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$
 - d. $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$
7. Salah satu gelombang bunyi:
 - a. Merupakan gelombang bunyi
 - b. Merupakan gelombang bunyi
 - c. Merupakan gelombang bunyi
 - d. Merupakan gelombang bunyi
8. Cepat rambat bunyi pada medium padat:
 - a. Cepat rambat bunyi pada medium padat
 - b. Cepat rambat bunyi pada medium padat
 - c. Cepat rambat bunyi pada medium padat
 - d. Cepat rambat bunyi pada medium padat

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Gambar 3.5 Bagian Penutup pada Modul Fisika Berbasis STEM

(a) Rangkuman Materi, (b) Asesmen Pengetahuan, (c)

Asesmen TEL, (d) Asesmen Keterampilan Berpikir Kritis, (e)

Daftar Pustaka

EKA DIAH DAMAYANTI, 2025

PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SERTA LITERASI TEKNOLOGI DAN REKAYASA (TEL)

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.6.3 Develop (Pengembangan)

Setelah modul yang dikembangkan selesai dirancang (draft I) maka langkah selanjutnya adalah dilakukan tahap validasi yang dilakukan oleh validator ahli dan juga uji keterbacaan modul kepada siswa.

1) *Expert Appraisal*

Proses validasi dilakukan untuk menilai kelayakan rancangan modul yang sedang dikembangkan. Jadi modul yang dikembangkan dapat sesuai dengan kebutuhan siswa yang sebelumnya diperoleh pada tahapan *define*. Validator akan memberikan saran dan kritikan terhadap modul yang sedang dikembangkan. Validasi dilakukan sampai validator ahli menyatakan bahwa pengembangan modul telah layak digunakan.

Proses validasi dilakukan oleh dua dosen berpengalaman dan terampil di bidangnya serta satu guru yang berpengalaman. Validasi dilaksanakan dengan menyerahkan draft modul beserta lembar validasi kepada validator ahli. Lembar validasi akan menganalisis beberapa aspek pada modul, yaitu : (1) Kesesuaian materi dengan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*); (2) Kelayakan modul. Validator akan memberikan skor terhadap beberapa aspek pada lembar validasi tersebut. Setelah validasi ahli selesai, selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan teknik validasi Aiken.

Berdasarkan hasil validasi dengan menggunakan teknik validasi Aiken, diperoleh hasil pada tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3.11 Hasil Analisis Validasi Modul oleh Validator Ahli

No	Karakteristik modul	Validasi	Kategori
1	Kesesuaian materi dengan Aspek STEM	0,95	Sangat layak digunakan
2	Kelayakan modul	0,96	Sangat layak digunakan
Validasi		0,955	Sangat layak digunakan

Berdasarkan hasil validasi ahli pada Tabel 3.11 oleh tiga validator ahli menunjukkan jika modul ini memenuhi kriteria kelayakan bahan ajar yang baik. Hasil validasi kesesuaian materi dengan aspek STEM mendapatkan nilai validasi 0,96 dengan kriteria sangat layak digunakan. Sedangkan, hasil validasi kelayakan bahan ajar memiliki rata-rata validasi sebesar 0,95 dengan kriteria sangat layak. Sebagai kesimpulan, modul yang sedang dikembangkan sangat layak untuk digunakan menurut ahli.

2) *Development Testing*

Uji keterbacaan modul dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 20 siswa dengan menggunakan modul dalam bentuk cetak. Hal ini dilakukan, dengan meminta siswa untuk menentukan beberapa hal isi modul dibaca, diantaranya : (1) Menentukan ide pokok atau pikiran utama dari setiap halaman modul; (2) melingkari kata-kata pada modul yang belum dikenali atau tidak dimengerti artinya; (3) menggaris bawahi kalimat-kalimat pada modul yang sulit dipahami.

Pada proses uji keterbacaan, siswa diminta untuk membaca teks yang terdapat pada setiap halaman. Setelah membaca satu halaman, maka siswa akan memberi tanggapan mengenai teks yang sebelumnya dibaca berupa “paham atau tidak paham”. Selain itu siswa juga diminta untuk menuliskan ide pokok pada halaman tersebut. Tabel 3.12 berikut merupakan hasil uji keterbacaan modul berdasarkan penjelasan tersebut.

Tabel 3.12 Presentase Hasil Uji Keterbacaan Modul

Siswa	Presentase (%)
1	98,3
2	95,0
3	91,7
4	98,3
5	95,0

Siswa	Presentase (%)
6	98,3
7	98,3
8	98,3
9	98,3
10	96,7
11	98,3
12	98,3
13	96,7
14	95,0
15	98,3
16	98,3
17	96,7
18	98,3
19	98,3
20	95,0
Rata-rata	97,1

Berdasarkan hasil uji keterbacaan modul yang dikembangkan, diperoleh hasil 97,1% siswa merespon paham. Oleh karena itu, rata-rata uji keterbacaan ini termasuk ke dalam kategori tinggi, dan dapat disimpulkan bahwa isi modul sudah baik dan dapat disebarluaskan.

Pada saat uji keterbacaan, siswa juga diminta untuk menggaris bawahi kalimat yang sulit dipahami. Hal ini dilakukan agar kalimat yang terdapat pada modul menjadi mudah dipahami oleh siswa. Dari uji keterpacaan, ditemukan 1 kalimat yang dianggap sulit oleh siswa. Kesulitan memahami kalimat ini disebabkan oleh pengulangan kalimat dan bahasa yang digunakan pada kalimat sebelumnya. Hasil perbaikan kalimat pada modul yang dianggap sulit oleh siswa disajikan dalam Tabel 3.13.

Tabel 3.13 Perbaikan Kalimat pada Modul yang Dianggap Sulit Oleh Siswa

Kalimat yang Dianggap Sulit	Hasil Perbaikan Kalimat
Selain itu dalam rahim ibu hamil juga terdapat medium padat dan cair, sehingga dihasilkan gambar hasil USG berwarna hitam dan putih.	Oleh sebab itu, karena melalui dua medium yang berbeda maka gambar hasil USG berwarna hitam dan putih.

Selain itu, pada uji keterbacaan siswa juga diminta untuk menuliskan kata-kata yang sulit dipahami dari modul yang disajikan. Kemudian hasil perbaikan menjadi bahan masukan untuk draft III modul yang dikembangkan. Kata-kata yang tidak dikenali siswa beserta perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut.

Tabel 3.14 Perbaikan Kata-kata yang Tidak Dikenali

Kata yang tidak dikenali	Hasil perbaikan
Koheren	Kata tidak diganti melainkan ditambahkan penjelasan dari koheren yaitu : memiliki amplitudo dan frekuensi yang sama.

3.6.4 Disseminate (Penyebaran)

Tahap *disseminate* adalah tahap akhir, dimana modul yang sudah direvisi pada tahapan pengembangan kemudian diimplementasikan pada pembelajaran. Modul fisika berbasis STEM yang dikembangkan diimplementasikan pada satu kelas dengan sampel 33 siswa. Pengembangan modul berbasis STEM ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi teknologi dan rekayasa (TEL) siswa. Dengan demikian, setelah implementasi dilakukan pengukuran ketercapaian tujuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah tujuan tercapai. Apabila tujuan belum tercapai maka

perlu dijelaskan penyebab yang mungkin serta solusi yang dapat dijadikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya sehingga tidak terulang kesalahan yang sama setelah modul disebarluaskan. Hasil dari tahapan ini akan ditunjukkan secara merinci pada Bab IV Temuan Penelitian.