

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA  
TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MELATIH  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA  
MATERI GELOMBANG BUNYI  
DAN CAHAYA**

**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Pendidikan Fisika

**Oleh :**

**ELFA SARI HANDAYANI**

**NPM. 1711090015**

**Jurusan : Pendidikan Fisika**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**

**RADEN INTAN LAMPUNG**

**1443 H/2022 M**

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA  
TERINTEGRASI *STEM* UNTUK MELATIH  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA  
MATERI GELOMBANG BUNYI  
DAN CAHAYA**

**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) dalam Ilmu Pendidikan Fisika

Oleh :

**ELFA SARI HANDAYANI**

**NPM. 1711090015**

**Jurusan : Pendidikan Fisika**

**Pembimbing I : Dr. Yuberti, M.Pd**

**Pembimbing II : Antomi Saregar, M.Pd., M.Si**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1443 H/2022 M**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Penegasan Judul

Dalam penelitian ini diperlukan penjelasan mengenai judul penelitian, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam memahami judul dari penelitian antara penulis dan pembaca, maka penulis terlebih dahulu menjelaskan maksud dan tujuan judul dari judul skripsi ini adalah **“Pengembangan E-Modul Fisika Terintegrasi STEM Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya”**. Penulis akan menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan judul tersebut :

#### 1. Definisi E-Modul

E-Modul adalah media belajar mandiri yang dikemas dalam bentuk digital yang memiliki tujuan untuk mewujudkan kompetensi pembelajaran yang ingin dicapai, serta dapat menjadikan peserta didik lebih interaktif dengan menggunakan aplikasi tersebut.<sup>1</sup> Dalam penelitian ini e-modul yang dikembangkan yaitu e-modul fisika.

#### 2. Pendekatan STEM

STEM merupakan sebuah singkatan dari pendekatan dalam pembelajaran interdisiplin antara *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Pendekatan STEM adalah disiplin ilmu pada tingkatan sekolah dimana pendidik mengajarkan sains, teknologi, teknik, dan matematika menjadi pendekatan terpadu dan masing-masing tidak terbagi melainkan ditangani dalam kesatuan yang kompleks.<sup>2</sup> Pembelajaran akan lebih efisien dengan menerapkan pendekatan STEM. Melalui

---

<sup>1</sup> Putry Widyaningrum and Finicia Dwijayanti, “Pengembangan E-Modul Dengan Flipbook Maker KD 3.6 Menganalisis Perilaku Konsumen Alam Bisnis Ritel Kelas XI BDP Di Smk Negeri 2 Tuban,” *Tata Niaga (JPTN)* 9, no. 1 (2021): 1048–54.

<sup>2</sup> Edwardo Subago, Mustaji, and Andi Mariono, “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Pjbl Dengan Pendekatan Stem Untuk,” *Jurnal Teknologi Pendidikan* 6, no. X (2021): 34–41, <https://doi.org/10.32832/educate.v6i1.3989>.

pendekatan STEM diharapkan dapat membentuk sumber daya manusia yang mampu bernalar juga berpikir kritis, logis, sistematis, dan kreatif serta mampu meningkatkan komunikatif, kolaboratif sehingga dapat menghadapi tantangan persaingan global dan meningkatkan perekonomian negara kelak.<sup>3</sup>

### 3. Kemampuan berpikir kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang bukan melekat sejak lahir pada diri manusia, namun keterampilan berpikir kritis harus dilatihkan melalui proses pembelajaran.<sup>4</sup> Keterampilan berpikir kritis menjadi sangat penting karena berfungsi efektif dalam semua aspek kehidupan sehingga harus ditanamkan sejak dini baik di rumah, sekolah maupun lingkungan masyarakat.<sup>5</sup> Keterampilan berpikir kritis dibutuhkan oleh siswa ketika menghadapi tantangan siswa harus membuat keputusan, mengevaluasi dan mempertimbangkan dengan baik menggunakan informasi yang diterima dan menentukan tindakan dari ide atau gagasan.<sup>6</sup>

### 4. Gelombang bunyi dan cahaya

Gelombang bunyi dan cahaya termasuk dalam materi yang ada di dalam pelajaran fisika. Pada umumnya gelombang adalah getaran atau energi yang merambat, gelombang terbagi kedalam dua jenis gelombang, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang bunyi termasuk

---

<sup>3</sup> Suardi, "Implementasi Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Dalam Berpikir Kritis , Kreatif Dan Bekerjasama Peserta Didik Kelas Viii Smp," *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, no. 02 (2020): 135–44.

<sup>4</sup> Fadlina et al., "Penerapan Model Discovery Learning Berbasis STEM Pada Materi Sistem Gerak Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis," *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)* 9, no. 1 (2021): 99–107, <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i1.18591>.

<sup>5</sup> Choirul Anam, "Deskripsi Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Terhadap Implementasi Kurikulum 2013 Pada Pembelajaran Tematik," *Proceeding International Conference on Islamic Education* 5 (2020): 35–39.

<sup>6</sup> Mohamad Syarif, "Pembelajaran Dengan Pendekatan Problem Solving Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif Matematika Siswa SMA," *Jurnal Mutiara Pedagogik* 1, no. 2 (2017): 92–101, <http://www.journal.unpas.ac.id/index.php/pjme/article/view/2723>.

gelombang longitudinal<sup>7</sup>, sedangkan gelombang cahaya termasuk gelombang transversal.<sup>8</sup>

## B. Latar Belakang Masalah

Pendidikan yang semakin berkembang di era globalisasi paling berpengaruh pada proses pembentukan generasi bangsa untuk menghadapi permasalahan seiring perkembangan zaman tersebut.<sup>9</sup> Keberhasilan pendidikan dapat terlihat dari peningkatan kualitas sumber daya manusia yaitu kreatif, produktif, dan inovatif yang merupakan peranan penting dari pendidikan.<sup>10</sup>

Perkembangan zaman didukung oleh Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, dukungan tersebut sangat mempengaruhi dunia pendidikan. Pencapaian kualitas pendidikan dan peningkatan sumber daya manusia dapat diperoleh melalui penguasaan terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi.<sup>11</sup> Pendidikan harus mampu melakukan terobosan-terobosan terbaru dalam upaya memajukan pendidikan. Pada pengembangan teknologi informasi diperlukan dalam proses kegiatan pembelajaran.<sup>12</sup> Teknologi memberikan manfaat bagi penggunaanya baik pengetahuan, menstansfer informasi, dan pengalaman kepada orang lain. Hal itu menunjukkan bahwa tenaga pendidik dapat memanfaatkan teknologi, dengan begitu akan membantu dalam mencapai tujuan pembelajaran terhadap peserta didik.<sup>13</sup>

---

<sup>7</sup> Hugh D Young, Sears, and Zemansky, *Fisika Universitas*, 10th ed. (Jakarta, 2003). h. 58.

<sup>8</sup> Kamajaya and Glanto, *Fisika Untuk Kelas XII Semester I Sekolah Menengah Atas*, 1st ed. (Bandung: Grafindo Media Pratama, 2008). h. 4.

<sup>9</sup> Emi Rofiah, Nonoh Siti Aminah, and Widha Sunarno, "Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis High Order Thinking Skill (HOTS) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII SMP/MTs," *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA* 7, no. 2 (2018): 285–96, <https://doi.org/10.20961/inkui.v7i2.22992>.

<sup>10</sup> Afifah Yuliani, Adhim, and Budi Jatmiko, "Penerapan Model Pembelajaran Guided Discovery Dengan Kegiatan Laboratorium Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X SMA Pada Materi Suhu Dan Kalor" 04, no. 03 (2015): 77–82.

<sup>11</sup> Irwandani et al., "Modul Digital Interaktif Berbasis Articulate Studio'13: Pengembangan Pada Materi Gerak Melingkar Kelas X," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 2 (2017): 221–231, <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v6i2.1862>.

<sup>12</sup> Yuberti, "Peran Teknologi Pendidikan Dalam Perspektif Islam" xxx, no. xxxx (2015): 6.

<sup>13</sup> P Rante, Sudarto, and N Ihsan, "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Fisika Berbasis Audio-Video Eksperimen Listrik Dinamis Di SMP,"

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) terhadap kegiatan pembelajaran menggerakkan perkembangan pada sumber belajar dan media pembelajaran.<sup>14</sup> Akhir-akhir ini hadirnya inovasi terbaru mengenai bahan ajar berbasis Teknologi Informasi, maka pada pembelajaran fisika pun ikut serta dalam melakukan perkembangan tersebut. Hal ini dikarenakan proses pembelajaran fisika akan menjadi lebih efektif dengan bantuan teknologi, serta mampu meningkatkan pemahaman bagi peserta didik.<sup>15</sup> Peserta didik saat ini telah sangat terpengaruh pada kemajuan teknologi, oleh karena itu teknologi dibutuhkan dalam proses belajar mengajar sebagai penunjang pembelajaran oleh pendidik dan peserta didik.<sup>16</sup>

Pembaruan proses pembelajaran sangat diperlukan, salah satunya dengan menyesuaikan bahan ajar yang digunakan untuk materi yang akan disampaikan. Pada proses pembelajaran, komponen utamanya yaitu ketersediaan bahan ajar yang akan digunakan peserta didik. Bahan ajar saat ini bentuknya monoton dan langsung memaparkan materi pelajaran sehingga menyebabkan peserta didik merasa jenuh dan tidak adanya respon timbal balik selama proses pembelajaran. Bahan ajar sebaiknya memiliki bentuk, isi materi, dan cara penyampaian pelajaran yang menarik, sehingga peserta didik dapat termotivasi dalam proses pembelajaran terhadap bahan ajar tersebut.<sup>17</sup>

Salah satu bentuk bahan ajar yang menarik digunakan peserta didik yaitu modul. Modul saat ini tergolong dalam dua kategori

*Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 2, no. 2 (2013): 203–8, <https://doi.org/10.15294/jpii.v2i2.2724>.

<sup>14</sup> Neng Nenden Mulyaningsih and Dandan Luhur Saraswati, “Penerapan Media Pembelajaran Digital Book Dengan Kvisoft Flipbook Maker,” *Jurnal Pendidikan Fisika (JPF)* 5, no. 1 (2017): 25–32, <https://ojs.fkip.ummetro.ac.id/index.php/fisika/article/view/741>.

<sup>15</sup> Fauzi Bakri, Betty Zelda Siahaan, and A Handjoko Permana, “Rancangan Website Pembelajaran Terintegrasi Dengan Modul Digital Fisika Menggunakan 3D PageFlip Professional,” *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika* 2, no. 2 (2016): 113, <https://doi.org/10.21009/1.02215>.

<sup>16</sup> Sandy Syahrowardi TS and A Handjoko Permana, “Desain Handout Multimedia Menggunakan 3D Pageflip Professional Untuk Media Pembelajaran Pada Sistem Android,” *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika* 2, no. 1 (2016): 89–96, <https://doi.org/10.21009/1.02113>.

<sup>17</sup> Fhina Haryanti and Bagus Ardi Saputro, “Pengembangan Modul Matematika Berbasis Discovery Learning Berbantuan Flipbook Maker Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Segitiga,” *KALAMATIKA Jurnal Pendidikan Matematika* 1, no. 2 (2016): 147, <https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol1no2.2016pp147-161>.

yaitu modul yang bersifat cetak dan modul digital. Modul yang bersifat digital memiliki kemampuan untuk memaparkan beberapa materi melalui media pembelajaran yang bersifat interaktif.<sup>18</sup> Modul digital merupakan perpaduan antara bahan ajar teknologi cetak dan teknologi komputer.<sup>19</sup> Menurut penelitian sebelumnya bahwa beberapa tenaga pendidik modern belum mampu menerapkan teknologi kedalam proses pembelajaran. Sedangkan tenaga pendidik akan selalu membutuhkan fasilitas dari teknologi dalam memudahkan proses pembelajaran, hal tersebut sudah sepatasnya didapatkan karena seorang pendidik menjadi tenaga proses pembelajaran yang profesional.<sup>20</sup>

Proses pembelajaran yang baik tentu menerapkan model pembelajaran yang berkualitas. Salah satu upaya menghasilkan kualitas pembelajaran dalam pendidikan pada kurikulum 2013 yaitu menggunakan pendekatan STEM. Pendekatan STEM yang mencakup ilmu sains, teknologi, mesin, dan matematika akan tetap menjadi bidang kebutuhan kritis dalam dunia pendidikan.<sup>21</sup> Keterkaitan antara sains, teknologi maupun ilmu lain tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran. Sains membutuhkan matematika sebagai alat pengolahan data, teknologi serta teknik sebagai bagian dari pengaplikasian sains.<sup>22</sup> Melalui pendekatan STEM peserta didik diharapkan memiliki keterampilan belajar dan berinovasi yang meliputi berpikir kritis, inovatif, kreatif, berkomunikasi serta mampu berkolaborasi.<sup>23</sup>

---

<sup>18</sup> Latifah and Others., op.cit, h. 222

<sup>19</sup> Kiar Vansa Febrianti, Fauzi Bakri, and Hadi Nasbey, "Pengembangan Modul Digital Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Pokok Bahasan Kinematika Gerak Lurus," *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 2, no. 2 (2017): 18, <https://doi.org/10.17509/wapfi.v2i2.8273>.

<sup>20</sup> Nelya A Gluzman et al., "Forming the Basics of Future Mathematics Teachers' Professionalism by Means of Multimedia Technologies," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 14, no. 5 (2018): 1621–33, <https://doi.org/10.29333/ejmste/85034>.

<sup>21</sup> Amanda L Glaze Crampes, "Leveraging Communities of Practice as Professional Learning Communities in Science, Technology, Engineering, Math (STEM) Education," *Education Sciences* 10, no. 8 (2020): 1–8, <https://doi.org/10.3390/educsci10080190>.

<sup>22</sup> Jaka Afriana, Anna Permanasari, and Any Fitriani, "Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender," *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2, no. 2 (2016): 202–12, <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>.

<sup>23</sup> Taza Nur Utami, Agus Jatmiko, and Suherman, "Pengembangan Modul Matematika Dengan Pendekatan Science, Technology, Engineering, And

Keterampilan penting yang harus dikuasai oleh peserta didik pada abad 21 salah satunya yaitu berpikir kritis.<sup>24</sup> Berpikir kritis termasuk dalam strategi kognitif dengan serangkaian metode yang digunakan untuk pemecahan masalah serta mempertimbangkan secara efektif.<sup>25</sup> Pemikir kritis yang handal memiliki kemampuan untuk menemukan masalah serta merumuskan pertanyaan secara tepat dan jelas, mengemukakan informasi yang relevan dengan pemikiran abstrak serta menafsirkan secara efektif, menghasilkan kesimpulan logis dan mengujinya dengan standar kriteria tertentu, pemikiran yang alternatif sesuai kebutuhan dengan mengasumsikan serta mengimplikasikan secara praktis, mengkomunikasikan secara efektif dengan orang lain untuk menemukan solusi masalah.<sup>26</sup>

Berdasarkan hasil pra penelitian dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berupa instrumen kuesioner secara online melalui bantuan google formulir kepada pendidik di tiga sekolah jenjang SMA/MA di lampung barat Liwa menunjukkan bahwa pendidik memiliki permasalahan dalam proses pembelajaran fisika terutama pada kemampuan berpikir kritis peserta didik.<sup>27</sup>

Pendidik di sekolah SMA Negeri 2 Liwa menggunakan bahan ajar berupa cetak dan digital, bahan ajar berupa modul dibuat oleh pendidik digunakan dalam pembelajaran fisika. Modul yang digunakan belum dapat melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya karena materi tersebut sulit dipahami oleh peserta didik, pendidik kesulitan untuk menyampaikan materi tersebut.

Pendidik MAN 1 Lampung Barat menggunakan modul hasil buatan pendidik sendiri namun belum dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Sedangkan Pendidik di SMA Negeri 1 Liwa menggunakan bahan ajar berupa cetak dan digital, modul

Mathematics (STEM) Pada Materi Segiempat,” *Desimal: Jurnal Matematika* 1, no. 2 (2018): 165–72, <https://doi.org/10.24042/djm.v1i2.2388>.

<sup>24</sup> Saiful Prayogi, Leny Yuanita, and Wasis, “Critical Inquiry Based Learning: A Model of Learning to Promote Critical Thinking Among Prospective Teachers of Physic,” *Journal of Turkish Science Education* 15, no. 1 (2018): 43–56, <https://doi.org/10.12973/tused.10220a>.

<sup>25</sup> Irwan, Maridi, and Sri Dwiastuti, “Developing Guided Inquiry-Based Ecosystem Module to Improve Students’ Critical Thinking Skills,” *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* 5, no. 1 (2019): 51–60, <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i1.7287>.

<sup>26</sup> I Wayan Widana et al., “Penilaian Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Menuju Kritis Berpikir Tentang Pelajaran Matematika” 2, no. 1 (2018): 24–32.

<sup>27</sup> Pendidik, *Angket Kuesioner SMAN 2 Liwa, SMAN 1 Liwa, MAN 1 Liwa*, Tanggal 3 – 10 Februari 2021



yang digunakan bukan karangan pendidik, bahan ajar tersebut belum dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik, pendidik pun kesulitan dalam menyampaikan materi.

Dari ketiga sekolah tersebut, diketahui bahwa peserta didik sebanyak 60,9% berpendapat mengenai fisika sebagai mata pelajaran yang sulit dipahami, 81,5% tertarik dengan pelajaran fisika, 63% pembelajaran fisika dilakukan secara mandiri, 78% peserta didik berpendapat mengenai materi gelombang bunyi dan cahaya adalah materi yang sulit dipahami, 66,3% peserta didik menggunakan bahan belajar digital pada materi gelombang bunyi dan cahaya, 56,5% peserta didik belum pernah menggunakan modul digital dalam mempelajari gelombang bunyi dan cahaya, 89,1% peserta didik tertarik menggunakan modul digital untuk mempelajari gelombang bunyi dan cahaya.

Daya kreasi yang terbatas pada keterampilan pendidik dalam menyajikan materi gelombang bunyi dan cahaya dapat menjadi faktor kurangnya peserta didik memahami materi tersebut. Bahan ajar yang tersedia berupa modul berisi materi dan soal latihan saja, belum dilengkapi dengan jenjang soal yang mampu melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Sarana dan prasarana yang tersedia disekolah juga sudah memadai peserta didik dalam memahami materi seperti Laboratorium komputer, LCD, Proyektor, dan alat penunjang yang lainnya.<sup>28</sup>

Penerapan teknologi dan informasi dalam proses pembelajaran di abad ini adalah modul digital karena desain modul ini menampilkan inovasi yang menarik sehingga peserta didik dapat memahami materi. Modul digital dapat menarik perhatian peserta didik karena desain sangat menarik, selain itu penyajian materi lebih ringkas sehingga mudah dipahami dengan dilengkapi konten lain berupa audio, video, gambar yang membantu interpretasi pembaca.<sup>29</sup>

Keefektifan dan keefesienan pembelajaran dapat didukung dengan inovasi multimedia. Tentang hal itu *software* yang digunakan untuk mengembangkan modul digital pada penelitian ini adalah *Flip Pdf Professional*. Software flip pdf professional memiliki banyak kelebihan, yaitu mudah untuk dioperasikan bagi pemula yang belum mengetahui program HTML. Flip PDF

---

<sup>28</sup> Pendidik.,*loc.cit.*

<sup>29</sup> Nuri Fina Mawaddah, "Pengembangan Media Modul Digital Pada Kompetensi Dasar Menerapkan Komunikasi Bisnis Kelas X BDP SMK Negeri 1 Jombang," *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)* 07, no. 03 (2019): 533–38.

Professional kaya akan fitur yang memiliki fungsi edit halaman yang dapat menyisipkan gambar, MP4, Video dari youtube, audio video, hyperlink, flash, kuis dan lain sebagainya<sup>30</sup> sehingga modul menjadi interaktif, unik, fleksibel terhadap waktu dan lokasi pemakaian serta mendukung peserta didik dalam melatih kemampuan berpikir kritis.

Modul digital juga perlu dikembangkan dengan suatu pendekatan agar lebih sistematis. Pendekatan STEM berpotensi mendukung peserta didik dalam menyelesaikan masalah, keterampilan berpikir kritis, berkomunikasi, serta kolaborasi.<sup>31</sup> Karakteristik utama dalam integrasi pendekatan STEM yang diimplementasikan pada kurikulum 2013 yaitu keterpaduan antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam suatu pemecahan masalah di kehidupan nyata.<sup>32</sup>

Fisika merupakan salah satu cabang dari Ilmu Pengetahuan Alam yang berkaitan erat dengan gejala dan sifat dari alam semesta. Konsep fisika yang dipelajari peserta didik cenderung bersifat abstrak dan konkret. Materi gelombang bunyi dan cahaya merupakan konsep fisika yang sering dijumpai dalam fenomena alam dan telah tertulis dalam Al-Qur'an mengenai bunyi dan cahaya pada QS. Al-Luqman Ayat 19 tentang bunyi, sedangkan pada QS. Nuh Ayat 16 tentang cahaya:

وَأَقْصِدْ فِي مَشْيِكَ وَأَعْصِضْ مِنْ صَوْتِكَ إِنَّ أَنْكَرَ الْأَصْوَاتِ لَصَوْتُ الْحَمِيرِ ۙ ١٩

Artinya: *Dan sederhanalah kamu dalam berjalan dan lunakkanlah suaramu. Sesungguhnya seburuk-buruk suara ialah suara keledai (QS. Al-Luqman: 19).*

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا

١٦

---

<sup>30</sup> Rara Seruni et al., "Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Biokimia Pada Materi Metabolisme Lipid Menggunakan Flip Pdf Professional," *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)* 4, no. 1 (2019): 48–56, <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4672>.

<sup>31</sup> Yetti Supriyati, A Handjoko Permana, and Novia Dwi Safira Aziz, "Bahan Ajar Elektronik Berbasis STEM Untuk Blended Learning Pada Materi Fluida Sma," *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* IX (2020): 105–14, <https://doi.org/10.21009/03.snf2020.02.pf.16>.

<sup>32</sup> Indri Sari Utami et al., "The Local Wisdom-Based STEM Worksheet to Enhance the Conceptual Understanding of Pre-Service Physics Teacher," *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika* 6, no. 1 (2020): 97–104, <https://doi.org/10.21009/1.06111>.

Artinya: *Dan di sana Dia menciptakan bulan yang bercahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita (yang cemerlang)? (QS. Nuh:16).*

Beberapa diantara konsep fisika yang dipelajari pada jenjang SMA, sebesar 78% peserta didik menganggap bahwa materi gelombang bunyi dan cahaya merupakan satu dari seluruh materi yang dianggap sulit untuk dipahami.<sup>33</sup>

Pemaparan dari hasil pra penelitian dapat diketahui bahwa bahan ajar digital yang tersedia belum dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini menunjukkan bahwa perlu pengembangan bahan ajar digital yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis. Bahan ajar yang dikembangkan juga perlu menggunakan pendekatan STEM sebagai pendukung untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan penjelasan diatas menjadi pijakan peneliti untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan E-Modul Fisika Terintegrasi Pendekatan *STEM* Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Galombang Bunyi dan Cahaya”.

### **C. Identifikasi dan Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

1. Modul pendidik belum dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik
2. Peserta didik membutuhkan bahan ajar yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis
3. Kurangnya ketertarikan peserta didik terhadap pembelajaran fisika.
4. Peserta didik merasa kesulitan pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

Berdasarkan identifikasi permasalahan, peneliti membatasi penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Peneliti membatasi penelitian ini pada pengembangan e-modul terintegrasi *stem* untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya.
2. Materi yang disajikan hanya pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

---

<sup>33</sup> Hasil Penyebaran Angket Kuesioner Peserta Didik Kelas XI IPA, 2021

3. Pengembangan e-modul dalam penelitian ini untuk peserta didik kelas XI SMA/MA.
4. Pengembangan e-modul menggunakan konsep pengembangan 4-D hanya sampai pada tahap ke-3.

#### **D. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana proses pengembangan e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya?
2. Bagaimana pendapat para ahli terhadap kelayakan e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya?
3. Bagaimana respon pendidik dan peserta didik terhadap e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya?

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengembangkan e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya
2. Mengetahui pendapat para ahli terhadap kelayakan e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya
3. Mengetahui respon pendidik dan peserta didik terhadap e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya

#### **F. Manfaat Penelitian**

##### **1. Manfaat Teoritis**

Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi strategi pada pengajaran yang diberikan untuk menimbulkan pemahaman dari peserta didik, sehingga mampu membentuk kemampuan yang dimiliki peserta didik.

##### **2. Manfaat Praktis**

###### **a. Bagi Peneliti**

Memberikan pengetahuan tentang mengembangkan e-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

### **b. Bagi Pendidik**

Memberikan media pembelajaran yang inovatif dan menarik untuk memecahkan suatu masalah dan diharapkan mampu melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

### **c. Bagi Peserta Didik**

Menjadikan proses belajar menjadi lebih bervariasi sehingga dapat melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

## **G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan**

Pada penelitian ini penulis memperoleh referensi dari penelitian *Research and Development (R&D)* yang dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu dan relevan dengan variabel yang diteliti, sebagai berikut.

1. Fanni Zulaiha dan Dewi Kusuma, “Pengembangan Modul Berbasis STEM Untuk Siswa SMP”. Hasil penelitian ini mengatakan bahwa pengembangan modul valid dan layak berdasarkan hasil validasi expert judgment dengan nilai validasi konten sebesar 0,93 dengan kategori sangat tinggi, nilai validasi Bahasa 1,00 dengan kategori sangat tinggi, dan berdasarkan uji keterbacaan dan kepraktisan kepada siswa diperoleh nilai 87% dengan kategori sangat kuat untuk keterbacaan, dan nilai 80% dengan kategori kuat untuk uji kepraktisan. Dalam hal ini, modul berbasis STEM dapat memotivasi siswa dalam mempelajari materi IPA.<sup>34</sup>
2. Dini Melani Putri Chania, Rosane Medriati, dan Afrizal Mayub “Pengembangan Bahan Ajar Fisika Melalui Pendekatan STEM Berorientasi HOTS Pada Materi Usaha dan Energi”. Hasil penelitian ini menunjukkan kelayakan bahan ajar fisika melalui

---

<sup>34</sup> Fanni Zulaiha and Dewi Kusuma, “Pengembangan Modul Berbasis STEM Untuk Siswa SMP,” *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi* 6, no. 2 (2020): 246–55, <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i2.2182>.

pendekatan STEM berorientasi HOTS pada aspek penilaian materi, aspek penilaian HOTS dan penilaian pendekatan STEM, aspek penilaian Bahasa dan aspek penilaian media yang dilakukan oleh 2 orang judgement ahli didapatkan presentase rata-rata yaitu 83, 25% dalam kategori sangat layak.<sup>35</sup>

3. Rahma Diani, Yuli Yanti, Niken Sri Hartati, Dwi Fujiani, Ida Faridatul Hasanah, Alamsyah “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Literasi Islam Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)”. Penelitian ini menyatakan berhasil mengembangkan modul elektronik fisika berbasis literasi islam dengan skor validasi ahli materi 88%, validasi media 89%, dan validasi agama 90%. Pengembangan modul elektronik masuk dalam kategori sangat menarik dan layak digunakan karena mendapatkan tanggapan dari guru dengan persentase 87%. Uji coba kelompok memperoleh persentase 85%, dan uji coba lapangan memperoleh persentase 86%.<sup>36</sup>
4. R.A.N Salsabila Tri Adinda, dalam skripsi dengan judul “Pengembangan E-Modul Pemantulan Dan Pembiasan Pada Bidang Lengkung Berbasis STEM Untuk Mahasiswa Calon Guru Fisika”. Penelitian ini memperoleh validasi dari tiga aspek yaitu aspek isi, desain, dan bahasa memiliki rata-rata nilai sebesar 4,9 dengan kriteria sangat valid. Kepraktisan modul elektronik memperoleh rata-rata 88,2% pada tahap *one-to-one evaluation*, dan 91,8% pada tahap *small group* dengan kriteria sangat praktis.<sup>37</sup>
5. Novita Sari, dalam skripsi dengan judul “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis STEM (*Science, Technology,*

---

<sup>35</sup> Dini Melani Putri Chania, Rosane Medriati, and Afrizal Mayub, “Pengembangan Bahan Ajar Fisika Melalui Pendekatan Stem Berorientasi Hots Pada Materi Usaha Dan Energi,” *Jurnal Kumparan Fisika* 3, no. 2 (2020): 109–20, <https://doi.org/10.33369/jkf.3.2.109-120>.

<sup>36</sup> Rahma Diani et al., “Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021): 1–12, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012098>.

<sup>37</sup> R A N Salsabila Tri Adinda, “Pengembangan E-Modul Pemantulan Dan Pembiasan Pada Bidang Lengkung Berbasis STEM Untuk Mahasiswa Calon Guru Fisika,” *Universitas Sriwijaya*, 2021, <https://repository.unsri.ac.id/41028/>.

*Engineering, Mathematics*) Dengan Strategi Inkuiri Terbimbing Pada Materi Usaha Dan Energi Kelas X SMA/MA”. Hasil validasi pada penelitian ini dinyatakan sangat valid dengan presentase sebesar 84,5%, kepraktisan modul elektronik dari pendidik memperoleh presentase 90% dan kepraktisan modul elektronik dari peserta didik memperoleh presentase 81% menunjukkan kategori sangat praktis dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.<sup>38</sup>

6. Pynka Marsha Nikita, Albertus Djoko Leksmono, dan Alex Harijanto “Pengembangan E-Modul Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI” hasil penelitian ini memperoleh nilai rata-rata validitas 4,11. N-Gain diperoleh 0,81 dengan kategori tinggi, persentase tanggapan siswa rata-rata 91,81% sangat positif.<sup>39</sup>

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti diatas terbukti bahwa pendekatan STEM sangat efektif dan efisien digunakan dalam pembelajaran, namun dalam E-modul yang dikembangkan para peneliti terdahulu belum terdapat fitur kuis interaktif. Sehingga pada penelitian ini, peneliti mengembangkan E-modul fisika terintegrasi STEM untuk melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan cahaya yang memiliki banyak fitur didalamnya akan bermanfaat dalam proses pembelajaran fisika bagi peserta didik.

## H. Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terbagi kedalam lima bab, meliputi pendahuluan, landasan teori, metode penelitian, hasil dan pembahasan penelitian, dan penutup. Berikut penjelasan dari masing-masing bab tersebut:

### 1. BAB I PENDAHULUAN

---

<sup>38</sup> Novita Sari, “Pengembangan Modul Elektronik Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Dengan Strategi Inkuiri Terbimbing Pada Materi Usaha Dan Energi Kelas X SMA/MA,” *Journal of Chemical Information and Modeling* 43, no. 1 (2020): 7728.

<sup>39</sup> Pynka Marsha Nikita, Albertus Djoko Leksmono, and Alex Harijanto, “Pengembangan E-Modul Materi Fluida Dinamis Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI,” *Jurnal Pembelajaran Fisika* 7, no. 2 (2018): 175–80.

Pada bab ini mencakup penjelasan mengenai penegasan judul, latar belakang, rumusan, tujuan, manfaat, kajian penelitian terdahulu, dan sistematika penulisan.

## 2. BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan deskripsi teoritik dan teori-teori pengembangan produk.

## 3. BAB III METODE PENELITIAN

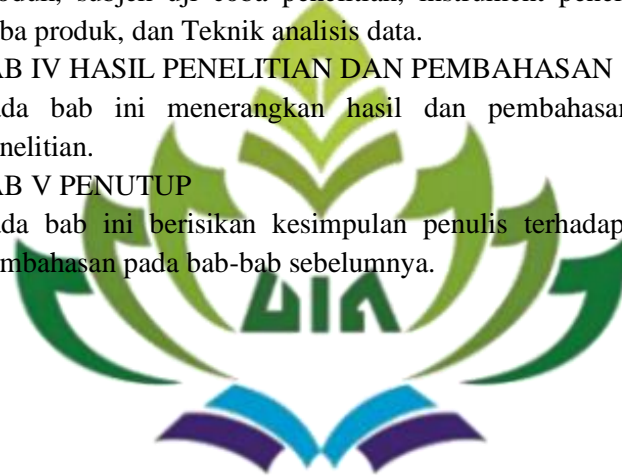
Pada bab ini menunjukkan keterangan tempat dan waktu penelitian, desain penelitian, prosedur penelitian, spesifikasi produk, subjek uji coba penelitian, instrument penelitian, uji coba produk, dan Teknik analisis data.

## 4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menerangkan hasil dan pembahasan dalam penelitian.

## 5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan penulis terhadap seluruh pembahasan pada bab-bab sebelumnya.





## BAB II LANDASAN TEORI

### A. Deskripsi Teoritik

Pemahaman yang dilakukan dengan caranya sendiri oleh peserta didik, tanpa harus diberi tahu oleh pendidik maka pendidik harus pandai dalam mengatur strategi pada pengajaran yang diberikan untuk menimbulkan pemahaman dari peserta didik. Sehingga belajar mampu membentuk kemampuan yang dimiliki peserta didik.<sup>40</sup>

Dalam Al-Qur'an secara tersirat berupa potensi yang dimiliki manusia, seperti yang tercantum dalam Al-Qur'an. QS. As-Sajdah Ayat 9 berikut:

ثُمَّ سَوَّاهُ وَنَفَخَ فِيهِ مِن رُّوحِنَا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ٩

*Artinya: Kemudian Dia menyempurnakan dan meniupkan ke dalam nya roh (ciptaan)-Nya dan Dia menjadikan bagi kamu pendengaran, penglihatan dan hati (tetapi) kamu sedikit sekali bersyukur.*

Pada hakikatnya belajar adalah memfungsikan berbagai macam alat indera manusia, melatih, dan menggunakannya sesuai fungsinya masing-masing. Perubahan yang terjadi pada diri seseorang karena dapat memanfaatkan sebaik mungkin fungsi indera dalam berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Proses belajar dapat terjadi jika terdapat informasi serta dirancang atau dimanfaatkan untuk belajar, baik berupa orang, pesan, bahan, alat, dsb. Jadi sumber belajar yaitu segala sesuatu yang mengandung informasi dan dimanfaatkan oleh seseorang untuk memperoleh perubahan pada dirinya dengan memberdayakan alat indera yang dimiliki secara maksimal.

### 1. Modul

---

<sup>40</sup> Teni Nurrita, "Development of Circle Learning Media to Improve Student Learning Outcomes," *Journal Conferense Series* 1321, no. 2 (2019): 171–87, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022099>.

### a. Pengertian Modul

Bahan ajar yang memiliki aspek seperti halnya bahasa, struktur desain dan pola yang diatur sedemikian rupa dapat membuat siswa merasa lebih mudah dalam belajar. Modul adalah salah satu bahan ajar berbentuk cetak yang dirancang untuk dipelajari secara mandiri oleh peserta didik.<sup>41</sup> Modul adalah bahan belajar yang disusun secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu serta dikemas kedalam satuan pembelajaran terkecil dan memungkinkan dapat dipelajari secara mandiri<sup>42</sup>

### b. Tujuan dan Manfaat

Sistem pembelajaran menggunakan modul dianggap lebih efektif karena pembelajaran modul dapat mendorong siswa untuk belajar secara mandiri tanpa bantuan seorang guru. Suatu proses pembelajaran modul berfokus pada kreativitas dan keaktifan siswa. Adapun tujuan pembelajaran modul yaitu sebagai berikut<sup>43</sup>:

1. Memperjelas dan mempermudah penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat verbal.
2. Mengatasi keterbatasan waktu, ruang, dan daya indera, baik siswa maupun guru.
3. Dapat digunakan secara tepat dan bervariasi, seperti meningkatkan motivasi dan gairah belajar.
4. Siswa dapat mengembangkan kemampuan dalam berinteraksi langsung dengan lingkungan dan sumber belajar lainnya yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri sesuai kemampuannya.
5. Siswa dapat mengukur dan mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

---

<sup>41</sup> Desi Ariana, Risya Pramana Situmorang, and Agna Sulis Krave, "Pengembangan Modul Berbasis Discovery Learning Pada Materi Jaringan Tumbuhan Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Kelas Xi Ipa SMA," *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 11, no. 1 (2020): 34–46, <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v11i1.31381>.

<sup>42</sup> Selly Kurnia Rizki, Anak Agung Oka, and Triana Asih, "Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Nilai-Nilai Karakter Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas XI SMA Negeri 5 Metro," *Bioedukasi*, 2020, 33–42.

<sup>43</sup> Yusfita Yusuf et al., *Call For Book Tema 3 Media Pembelajaran (SBY Jawa Timur: CV Jakad Media Publishing, 2020)*.

### c. Karakteristik Modul

Modul pembelajaran merupakan salah satu bahan ajar yang digunakan peserta didik agar dapat belajar secara mandiri. Terdapat karakteristik pembelajaran yaitu sebagai berikut<sup>44</sup>:

1. *Self Instructional*, yaitu peserta didik dapat belajar secara mandiri.
2. *Self Contained* merupakan modul dengan kesatuan seluruh materi pembelajaran yang utuh sehingga peserta didik dapat belajar sampai tuntas.
3. *Stand Alone* merupakan modul yang dikembangkan tidak bergantung terhadap bahan ajar lain.
4. *Adaptif*, artinya modul dapat menyesuaikan pada perkembangan ilmu dan teknologi.
5. *User Friendly*, artinya modul dapat mudah dipahami oleh peserta didik.

### d. Unsur-unsur Modul

Vembriarto menjelaskan bahwa terdapat unsur-unsur modul yaitu sebagai berikut<sup>45</sup> :

1. Rumusan tujuan, tujuan dirumuskan untuk mendeskripsikan prestasi dan tingkah laku peserta didik setelah menyelesaikan tugasnya.
2. Petunjuk peserta didik atau guru, sebagai gambaran yang menunjukkan proses kegiatan pengajaran bagi pendidik.
3. Lembar kegiatan belajar peserta didik.
4. Lembar kerja atau tugas peserta didik.
5. Kunci jawaban lembar kerja peserta didik.
6. Lembar evaluasi, yang menunjukkan pencapaian peserta didik sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan.
7. Kunci dari lembar evaluasi, butir-butir tes dijabarkan dari rumusan tujuan.

### e. Struktur Penulisan Modul

---

<sup>44</sup> Yulia Rizki Ramadhani et al., *Metode Dan Teknik Pembelajaran Inovatif*, ed. Tonni Limbong (Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020).

<sup>45</sup> Ramadhani, *Ibid*, h. 7

Penstrukturan modul bertujuan untuk memudahkan peserta didik mempelajari materi. Modul dibuat untuk mengajarkan materi secara spesifik agar peserta didik mencapai kompetensi tertentu. Struktur penulisan modul dibagi menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut<sup>46</sup>:

## 1) Bagian Pembuka

### a) Judul

Judul modul dibuat menarik yang merupakan gambaran mengenai materi yang akan disajikan.

### b) Daftar isi

Daftar isi berisikan topik-topik yang akan dibahas dalam modul, sehingga peserta didik mengetahui topik apa saja yang terdapat dalam modul secara keseluruhan.

### c) Peta informasi

Peta informasi disajikan dengan mengaitkan antar topik dalam modul.

### d) Daftar tujuan kompetensi

Daftar tujuan kompetensi dapat menjadi tolak ukur yang diperoleh peserta didik dalam segi pengetahuan, sikap, serta keterampilan peserta didik setelah proses belajar.

### e) Tes awal

Pemberian pre-tes kepada peserta didik agar dapat mengetahui pengetahuan awal peserta didik sebagai tolak ukur prasyarat mempelajari modul.

## 2) Bagian Inti

### a) Pendahuluan

Suatu pendahuluan pada modul berfungsi untuk memberikan gambaran umum mengenai isi dari materi pada modul, meyakinkan peserta didik bahwa materi yang terdapat dalam modul bermanfaat bagi peserta didik itu sendiri, mempermudah besar harapan peserta didik dalam memahami materi, menghubungkan materi

---

<sup>46</sup> Surya Dharma, *Penulisan Modul*, vol. 98 (Jakarta: Departemen Pendidikan nasional, 2008).

- sebelum dan sesudah dipelajari, memberikan petunjuk bagaimana mempelajari materi yang akan dipelajari.
- b) Hubungan dengan materi atau pelajaran yang lain  
Penyajian materi pada modul sebaiknya disusun secara lengkap, yang berarti modul mencakup seluruh materi yang akan dipelajari dalam modul. Tetapi, apabila tujuan kompetensi menuntut peserta didik agar memperluas wawasan berdasarkan materi lain, maka peserta didik membutuhkan bimbingan materi apa, dimana, dan bagaimana cara mendapatkannya.
  - c) Uraian materi  
Uraian materi berisi penjelasan secara lengkap mengenai materi pembelajaran yang terdapat dalam modul.
  - d) Penugasan
- 3) Bagian penutup
- a) *Glossary*  
*Glossary* berisikan definisi-definisi konsep dalam materi dengan tujuan untuk mengingatkan kembali konsep yang telah dipelajari.
  - b) Tes akhir  
Tes akhir berupa latihan -latihan yang dikerjakan oleh peserta didik setelah mempelajari modul.
  - c) *Indeks*  
*Indeks* memuat istilah-istilah penting dalam modul serta halaman dimana istilah tersebut ditemukan.

#### **f. Format Penulisan Modul**

Modul ditulis pada kertas yang dipakai berwarna dasar putih dengan ukuran 21,5 x 16,5 cm (kertas folio F4 dibagi dua) atau boleh juga berukuran A4 (29,5 x 21 cm). Batas margin sesuai dengan ukuran kertas. Margin untuk kertas berukuran 21,5 x 16,5 cm, margin atas, kiri, kanan, bawah masing-masing 2 cm, 2,5 cm, 2 cm, 2 cm dan untuk kertas A4 margin atas, kiri, kanan, bawah masing-masing 2,5 cm, 3 cm, 2 cm, 2,5 cm. Halaman buku ditulis satu kolom.

Ukuran huruf untuk kertas berukuran 21,5 x 16,5 cm gunakanlah huruf berukuran 10 atau 11 dengan spasi antar baris 1 atau 1,5, untuk kertas A4 gunakanlah huruf berukuran 11 atau 12 dengan spasi antara baris 1,5. Khusus untuk judul bab gunakan ukuran huruf 15 atau 16 dan subbab gunakan ukuran huruf 13 atau 14.

Jenis huruf dapat digunakan times new roman, calibri, ariel, atau jenis huruf lain yang tidak menyulitkan pembacaannya, dan lazim digunakan dalam penulisan buku teks.<sup>47</sup>

### **g. Langkah-langkah Penyusunan Modul**

Langkah-langkah penyusunan kerangka modul sebagai berikut:<sup>48</sup>

1. Menetapkan atau merumuskan tujuan instruksional umum menjadi tujuan instruksional khusus.
2. Menyusun butir-butir soal evaluasi guna mengukur pencapaian tujuan khusus.
3. Mengidentifikasi pokok-pokok materi pelajaran yang sesuai dengan tujuan khusus.
4. Menyusun pokok-pokok materi dalam urutan yang logis.
5. Menyusun langkah-langkah kegiatan belajar siswa.
6. Memeriksa langkah-langkah kegiatan belajar untuk mencapai semua tujuan.
7. Mengidentifikasi alat-alat yang diperlukan dalam kegiatan belajar dengan modul tersebut.

---

<sup>47</sup> Elly Wahyudin, *Bahan Ajar, Buku Ajar, Modul, Dan Panduan Praktik, Pendidikan* (Makassar: UNHAS, 2015).

<sup>48</sup> Imron Rosidi and Zainul Arief, *Panduan Praktis Menulis Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) Menjadi Guru Profesional Dan Berkualitas* (Yogyakarta: PT Kanisius, 2020).

### **h. Kelebihan dan Kekurangan Modul**

Modul pembelajaran memiliki kelebihan dan kekurangan baik dalam penyajian dan penggunaannya sebagai bahan ajar peserta didik. Adapun beberapa kelebihan dari modul<sup>49</sup>:

1. Modul dapat memberikan umpan balik secara langsung.
2. Kinerja peserta didik menjadi terarah dan memenuhi pencapaian pembelajaran.
3. Menumbuhkan motivasi peserta didik untuk belajar secara mandiri tanpa bantuan pendidik.
4. Modul bersifat fleksibel, artinya dapat digunakan secara bervariasi sesuai dengan kebutuhan.
5. Menjalinkan kerjasama antar peserta didik dalam belajar.
6. Memberikan kesempatan pada peserta didik untuk menemukan sendiri kelemahannya.

Disisi lain, Suparman menjelaskan bahwa dalam pembelajaran individual modul memiliki kekurangan yaitu sebagai berikut<sup>50</sup>:

1. Terdapat kedisiplinan yang tidak merata pada peserta didik.
2. Membutuhkan biaya tinggi dalam mengembangkan modul.
3. Membutuhkan keteguhan pendidik untuk memantau proses pembelajaran, memberikan motivasi, dan membimbing peserta didik secara personal.

## **2. E-Modul**

Media pembelajaran berbasis teknologi dapat berbentuk bahan ajar yang tersusun secara sistematis disajikan dalam format elektronik yaitu e-modul.<sup>51</sup> E-modul merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis

---

<sup>49</sup> Sari Yustiana and Rida Fironika Kusumadewi, "Pegembangan Bahan Ajar Modul Berbasis CTL Sebagai Bagian Dari Pengembangan SSP," *Jurnal Kontekstual* 1, no. 02 (2020): 1–6.

<sup>50</sup> Ramadhani et al., *op.cit*, h.12.

<sup>51</sup> Happy Komike Sari et al., "Pengembangan E-Modul Menggunakan Flip Pdf Professional Pada Materi Suhu Dan Kalor," *Journal Conferense Series* 53, no. 9 (2019): 1–10, <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.<sup>52</sup> *E-Modul* merupakan dokumen atau artikel dalam format elektronik yang mempunyai banyak manfaat untuk media belajar. E-modul adalah modul dalam bentuk digital, yang terdiri dari teks, gambar, atau keduanya yang berisi materi elektronika digital disertai dengan simulasi yang dapat dan layak digunakan dalam pembelajaran.<sup>53</sup> E-modul mempunyai karakteristik berupa ukuran file yang relatif kecil sehingga dapat disimpan dalam flashdisk, mudah untuk dibawa, bisa digunakan secara off-line, dapat dipelajari kapan dan dimana saja asalkan ada komputer/laptop<sup>54</sup>

Berdasarkan pemaparan tentang definisi modul dan e-modul, tidak terlihat adanya perbedaan prinsip pengembangan antara modul konvensional atau cetak dengan e-modul. Perbedaan terlihat pada format penyajian secara fisik. Pada umumnya e-modul mengadaptasi komponen-komponen yang terdapat pada modul cetak.

---

<sup>52</sup> Adhin Setyo Winarko, Widha Sunarno, and Mohammad Masykuri, "Pengembangan Modul Elektronik Berbasis POEI (Prediksi, Observasi, Eksperimen, Interpretasi) Pada Materi Sistem Indera Kelas XI SMA Negeri Ponorogo," *Bioedukasi* 6, no. 2 (2013): 58–75, <https://jurnal.uns.ac.id/bioedukasi/article/view/2652>.

<sup>53</sup> Nita Sunarya Herawati and Ali Muhtadi, "Pengembangan Modul Elektronik (E-Modul) Interaktif Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI SMA," *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* 5, no. 2 (2018): 180–91, <https://doi.org/10.21831/jitp.v5i2.15424>.

<sup>54</sup> I Gede Agus Saka Prasetya, I Made Agus Wirawan, and I Gede Partha Sindu, "Pengembangan E-Modul Pada Mata Pelajaran Pemodelan Perangkat Lunak Kelas Xi Dengan Model Problem Based Learning Di Smk Negeri 2 Tabanan," *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 14, no. 1 (2017): 96–105, <https://doi.org/10.23887/jptk.v14i1.9885>.



**Tabel 2.1** Perbandingan E-Modul dan Modul Cetak<sup>55</sup>

E-Modul	Modul Cetak
Format elektronik (dapat berupa file .doc, .exe, .swf, dll)	Format berbentuk cetak (kertas)
Ditampilkan menggunakan perangkat elektronik dan software khusus (laptop, PC, HP, Internet)	Tampilannya berupa kumpulan kertas yang tercetak
Lebih praktis untuk dibawa	Berbentuk fisik, untuk membawanya dibutuhkan ruang untuk meletakkan
Biaya produksi lebih murah	Biaya produksi lebih mahal
Tahan lama dan tidak lapuk dimakan waktu	Daya tahan kertas terbatas oleh waktu
Menggunakan sumber daya tenaga listrik	Tidak perlu sumber daya khusus untuk menggunakannya
Dapat dilengkapi dengan audio atau video dalam penyajiannya	Tidak dapat dilengkapi dengan audio atau video dalam penyajiannya.

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

#### a. Konsep Pendekatan STEM

Istilah STEM awal sekali bermula pada tahun 1990-an. Pada saat itu, kantor NSF (*National Science Foundation*) Amerika Serikat, menggunakan istilah SMET sebagai singkatan untuk *Science, Mathematics, Engineering, & Technology*.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Kadek Aris Priyanthi, Ketut Agustini, and Gede Saindra Santyadiputra, "Pengembangan E-Modul Berbantuan Simulasi Berorientasi Pemecahan Masalah Pada Mata Pelajaran Komunikasi Data (Studi Kasus: Siswa Kelas XI TKJ SMK Negeri 3 Singaraja)," *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)* 6, no. 1 (2017): 40, <https://doi.org/10.23887/karmapati.v6i1.9267>.

<sup>56</sup> Muhammad Syukri, Lilia Halim, and T Subahan Mohd Meerah, "Pendidikan STEM Dalam Entrepreneurial Science Thinking 'ESciT': Satu

Pembelajaran STEM adalah salah satu pembelajaran dan strategi yang dipandang sebagai suatu pendekatan yang dapat membuat perubahan yang signifikan pada abad ke 21.<sup>57</sup> Melalui pembelajaran STEM, peserta didik memiliki literasi sains dan teknologi yang nampak dari membaca, menulis, mengamati, serta melakukan sains sehingga dapat dijadikan bekal untuk hidup bermasyarakat dan memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari yang terkait dengan bidang ilmu STEM.<sup>58</sup> Pembelajaran STEM diharapkan dapat membuat peserta didik mengembangkan daya kritis dalam mengaplikasikan berbagai ilmu serta mampu memecahkan masalah.

STEM sebagai pendekatan untuk mengajarkan pada dua atau lebih peserta didik dengan praktik sehingga dapat meningkatkan minat belajar peserta didik. Sanders menjelaskan bahwa STEM merupakan suatu pendekatan yang mengeksplorasi dua atau lebih subjek STEM serta satu atau lebih mata pelajaran yang ada di sekolah.<sup>59</sup>

Adapun definisi dari keempat komponen STEM yaitu sebagai berikut<sup>60</sup>:

1. Sains merupakan ilmu tentang alam dan segala isinya, diperoleh melalui kajian ilmiah seperti mengobservasi, memprediksi, melakukan eksperimen dan membuat kesimpulan.
2. Teknologi merupakan pemanfaatan sains untuk menciptakan suatu alat atau mesin yang diciptakan manusia untuk membuat hidup berkualitas.

---

Perkongsiang Pengalaman Dari UKM Untuk Aceh,” *Aceh Development International Conference* (2013): 105–12.

<sup>57</sup> Nida’ul Khairiyah, *Pendekatan Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)* (Tuban Jawa Timur: Spasi Media, 2019).

<sup>58</sup> Afriana, Permanasari, and Fitriani, “Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender,” *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2, no. 2 (2016): 202-212.

<sup>59</sup> Janner Simarmata et al., *Pembelajaran STEM Berbasis HOTS Dan Penerapannya*, ed. Tonni Limbong (Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020).

<sup>60</sup> Fitri Nuraeni, *Aktivitas Desain Rekayasa Untuk Pembelajaran Berbasis STEM Di Sekolah Dasar*, ed. Hafiziani Eka Putri (Sumedang: UPI Sumedang Press, 2020).

3. Engineering merupakan pengetahuan dan keterampilan untuk mengaplikasikan konsep sains dan matematika guna menghasilkan suatu teknologi sebagai solusi dari suatu permasalahan. Proses desain rekayasa merupakan jantung dari engineering yang mencakup kegiatan merancang, membuat dan menguji.
4. Matematika merupakan ilmu tentang besaran, angka dan ruang serta pola dan hubungan diantara ketiganya. Matematika juga disebut sebagai bahasa dari sains, engineering dan teknologi.

#### **b. Kelebihan dan Kekurangan STEM**

Setiap model pembelajaran tentu memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penerapan dan pencapaian tujuan yang diharapkan, berikut kelebihan dari model pembelajaran STEM:<sup>61</sup>

1. Menciptakan kesempatan pada peserta didik untuk menghubungkan antara pengetahuan dan keterampilan sehingga menjadi familiar bagi setiap peserta didik
2. Pendekatan interdisipliner dan diterapkan berdasarkan konteks dunia nyata dan pembelajaran berbasis masalah
3. Pembelajaran STEM meliputi proses berpikir kritis, analisis, dan kolaborasi.

Adapun kekurangan dalam penerapan model pembelajaran STEM yaitu sebagai berikut :

1. Memungkinkan peserta didik tidak tertarik terhadap salah satu bidang STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)
2. Peserta didik gagal memahami integrase yang terjadi secara alami antara pembelajaran STEM di dunia nyata sehingga menghambat pertumbuhan akademik peserta didik
3. Pendidik harus memahami benar integrasi bidang STEM dengan benar.

---

<sup>61</sup> Halim Simatupang and Dirga Purnama, *Handbook Best Practice Strategi Belajar Mengajar* (Surabaya: CV Pustaka Media Guru, 2019).

### c. Karakteristik STEM

Karakteristik pembelajaran STEM yaitu sebagai berikut :

1. Integrasi sains, teknologi, engineering, dan matematika dalam satu pengalaman belajar
2. Kontekstual dengan kehidupan nyata (*real world application*)
3. Pembelajaran berbasis proyek
4. Menyiapkan peserta didik untuk menjadi SDM yang mampu integratif
5. Mengembangkan soft skill dan keterampilan teknis.

### d. Langkah-langkah STEM

Pada pembelajaran STEM terdapat proses pikir, desain, buat, dan uji. Dimana setelah peserta didik selesai membuat proyek, proyek tersebut akan diuji apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Jika tidak, maka akan dilakukan pendesainan ulang. Proses ini dilakukan karena pembelajaran STEM lebih menekankan pada tahap engineering atau rekayasa, namun tetap beririsan dengan proses ilmiah (*scientific process*). Tahap rekayasa yang dimaksud adalah merancang suatu objek, proses, ataupun sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan atau keinginan manusia<sup>62</sup>.

#### 1. Langkah Pengamatan (*Observe*)

Peserta didik diminta untuk melakukan pengamatan terhadap berbagai fenomena yang terdapat pada lingkungan kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan konsep sains yang diajarkan.

#### 2. Langkah Ide Baru (*New Idea*)

Peserta didik mengamati dan memperoleh informasi mengenai fenomena yang berhubungan dengan topik sains yang dibahas, selanjutnya peserta didik melaksanakan ide baru. Peserta didik mencari informasi dan produk yang berhubungan dengan materi selanjutnya dari ide atau produk

---

<sup>62</sup> Anggita Septiani, "Penerapan Asesmen Kinerja Dalam Pendekatan STEM (Sains Teknologi Engineering Matematika)," *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi* 1, no. 1 (2014): 654–59.

yang sudah ada, ide, peserta didik diminta mencari dan memikirkan satu ide baru yang berbeda.

### 3. Langkah Inovasi (*Innovation*)

Peserta didik diminta untuk menguraikan hal-hal apa saja yang harus dilakukan agar ide yang telah dihasilkan pada langkah ide baru sebelumnya dapat diaplikasikan.

### 4. Langkah Kreasi (*Creativity*)

Langkah ini merupakan pelaksanaan semua pandangan hasil diskusi mengenai ide suatu produk baru yang ingin diaplikasikan.

### 5. Langkah Nilai (*Society*)

Peserta didik harus mengetahui nilai yang dimiliki oleh ide produk yang dihasilkan bagi kehidupan sosial secara nyata<sup>63</sup>.

## 4. Kemampuan Berpikir Kritis

### a. Pengertian Berpikir Kritis

Dalam proses pembelajaran, pengembangan potensi-potensi peserta didik harus dilakukan secara menyeluruh, setiap peserta didik menunjukkan kemampuan atau bakat yang dimiliki. Kemampuan berpikir adalah proses keterampilan yang dapat membimbing peserta didik, artinya dengan terciptanya keadaan belajar yang kondusif mampu mendorong peserta didik untuk meningkatkan kemampuan berpikir.<sup>64</sup> Berpikir kritis merupakan suatu kemampuan yang melibatkan penalaran logis, menafsirkan, menganalisis, dan mengevaluasi informasi untuk memungkinkan seseorang membuat keputusan yang valid dalam menyelesaikan beberapa masalah.<sup>65</sup>

Kemampuan berpikir kritis didefinisikan sebagai salah satu proses kognitif yang digunakan sebagai panduan dalam proses

<sup>63</sup> Ichsanul Ferdiansyah, "Perbedaan Hasil Belajar Peserta Didik Menggunakan Pendekatan STSt, SETS, Dan STEM Pada Pembelajaran Konsep Virus," *Skripsi*, 2015.

<sup>64</sup> Winarno, Widha Sunarno, and Sarwanto, "Pengembangan Modul IPA Terpadu Berbasis High Order Thinking Skill (HOTS) Pada Tema Energi," *Jurnal Inkuiri* 4, no. 1 (2015): 82–91, <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/sains>.

<sup>65</sup> Nita Rahayu and Fitri Alyani, "Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Adversity Quotient," *Prima: Jurnal Pendidikan Matematika* 4, no. 2 (2020): 121, <https://doi.org/10.31000/prima.v4i2.2668>.

berpikir, dengan menyusun kerangka berpikir dengan cara membagi-bagi ke dalam kegiatan nyata, satu contoh kemampuan berpikir kritis adalah menarik kesimpulan (inferring), yang didefinisikan sebagai kemampuan untuk menghubungkan berbagai petunjuk (clue) dan fakta atau informasi dengan pengetahuan yang telah dimiliki untuk membuat suatu prediksi hasil akhir yang terumuskan.<sup>66</sup> Informasi yang didapat dikelola dengan cara meningkatkan kualitas pemikiran secara kritis.<sup>67</sup>

Dalam arti etimologis kritik adalah kegiatan analisa dan evaluasi terhadap sesuatu dengan tujuan meningkatkan pemahaman, memperluas apresiasi, atau membantu memperbaiki pekerjaan. Pada pengertian ini istilah “berpikir kritis” umumnya digunakan untuk menunjukkan tingkat keahlian kognitif dan intelektual yang dibutuhkan untuk berbagai kegiatan, yaitu mengidentifikasi, menganalisa, mengevaluasi, menemukan, mengatasi, dan mengambil kesimpulan.<sup>68</sup> Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan suatu kemampuan yang dimiliki seseorang dalam proses berpikir untuk mengevaluasi, menemukan bukti, berasumsi, dan logika yang mendasari gagasan orang lain. Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis sangat penting dalam proses pembelajaran karena peserta didik memiliki kesempatan belajar melalui penemuan.<sup>69</sup>

Berpikir kritis (*critical thinking*) merupakan klasifikasi dari *Higher-Order Thinking Skill* (HOTS) bukan sekedar menghapalkan fakta maupun konsep, namun lebih kepada mengharuskan peserta didik untuk melakukan sesuatu terhadap

---

<sup>66</sup> Lilis Lismaya, *Berpikir Kritis Dan PBL (Problem Based Learning)* (Surabaya: Media Sahabat Cendekia, 2019).

<sup>67</sup> Hendra Nelva Saputra and Salim, “Application of Teaching Materials Based Critical Thinking Skills,” *Jurnal Pedagogik* 07, no. 01 (2020): 22–46.

<sup>68</sup> Kasdin Sihotang, *Berpikir Kritis Kecakapan Hidup Di Era Digital* (Yogyakarta: PT Kanisius, 2019).

<sup>69</sup> Agus Ramdani et al., “Kemampuan Berpikir Kritis Dan Penguasaan Konsep Dasar IPA Peserta Didik,” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 6, no. 1 (2020): 119, <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.388>.

fakta-fakta maupun konsep tersebut.<sup>70</sup> Keterampilan berpikir kritis merupakan integrasi dari beberapa keterampilan, seperti pengamatan, analisis, penalaran, penilaian, pengambilan keputusan, dan persuasi. Semakin baik keterampilan peserta didik maka semakin baik juga peserta didik dalam memecahkan permasalahan yang ada secara kompleks dengan hasil yang memuaskan.<sup>71</sup>

Berdasarkan penjelasan diatas maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa berpikir kritis yaitu proses kemampuan berdasarkan penalaran untuk memecahkan masalah secara mandiri melalui gagasan orang lain pada pencapaian tujuan penemuan sebuah pengetahuan.

## **b. Komponen Berpikir Kritis**

Brookfield mendefinisikan lima aspek dan empat komponen berpikir kritis. Menurutnya, berpikir kritis terdiri dari aspek-aspek, yaitu berpikir kritis adalah aktivitas yang produktif dan positif, berpikir kritis adalah proses bukan hasil, perwujudan berpikir kritis sangat beragam tergantung dari konteksnya, berpikir kritis dapat berupa kejadian yang positif maupun negatif, dan berpikir kritis dapat bersifat emosional dan rasional. Sedangkan komponen berpikir kritis, yaitu:

- 1) Identifikasi dan menarik asumsi adalah pusat berpikir kritis,
- 2) Menarik pentingnya konteks adalah penting dalam berpikir kritis,
- 3) Pemikir kritis mencoba mengimajinasikan dan menggali alternatif, dan
- 4) Mengimajinasikan dan menggali alternatif akan membawa pada skeptisisme reflektif

---

<sup>70</sup> Asep Nurjaman, *Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Melalui Implementasi Desain Pembelajaran "Assure"*, 1st ed. (Indramayu: Penerbit Adab, 2021).

<sup>71</sup> Jamaluddin et al., "Pengembangan Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran IPA Di SMP," *Jurnal Pijar MIPA* 15, no. 1 (2020): 13–19, <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i1.1296>.

### c. Karakteristik Berpikir Kritis

Berpikir kritis mencakup seluruh proses mendapatkan, membandingkan, menganalisa, mengevaluasi, internalisasi dan bertindak melampaui ilmu pengetahuan dan nilai-nilai. Berpikir kritis bukan sekedar berpikir logis sebab berpikir kritis harus memiliki keyakinan dalam nilai-nilai, dasar pemikiran dan percaya sebelum didapatkan alasan yang logis dari padanya.

Karakteristik yang berhubungan dengan berpikir kritis, dijelaskan Beyer secara lengkap dalam buku *Critical Thinking*, yaitu:<sup>72</sup>

- 1) Watak (*Dispositions*) seseorang yang mempunyai keterampilan berpikir kritis mempunyai sikap skeptis, sangat terbuka, menghargai sebuah kejujuran, respek terhadap berbagai data dan pendapat, respek terhadap kejelasan dan ketelitian, mencari pandangan-pandangan lain yang berbeda, dan akan berubah sikap ketika terdapat sebuah pendapat yang dianggapnya baik.
- 2) Kriteria (*Criteria*) dalam berpikir kritis harus mempunyai sebuah kriteria atau patokan. Untuk sampai ke arah sana maka harus menemukan sesuatu untuk diputuskan atau dipercayai. Meskipun sebuah argumen dapat disusun dari beberapa sumber pelajaran, namun akan mempunyai kriteria yang berbeda. Apabila kita akan menerapkan standarisasi maka haruslah berdasarkan kepada relevansi, keakuratan fakta-fakta, berlandaskan sumber yang kredibel, teliti, tidak bias, bebas dari logika yang keliru, logika yang konsisten, dan pertimbangan yang matang.
- 3) Argumen (*Argument*), argumen adalah pernyataan atau proposisi yang dilandasi oleh data-data. Keterampilan berpikir kritis akan meliputi kegiatan pengenalan, penilaian, dan menyusun argumen.
- 4) Pertimbangan atau pemikiran (*Reasoning*) yaitu kemampuan untuk merangkum kesimpulan dari satu atau beberapa

---

<sup>72</sup> Hendra Surya, *Strategi Jitu Mencapai Kesuksesan Belajar*, 1st ed. (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2011).



premis. Prosesnya akan meliputi kegiatan menguji hubungan antara beberapa pernyataan atau data.

- 5) Sudut pandang (*Point of view*), sudut pandang adalah cara memandang atau menafsirkan dunia ini, yang akan menentukan konstruksi makna. Seseorang yang berpikir dengan kritis akan memandang sebuah fenomena dari berbagai sudut pandang yang berbeda.
- 6) Prosedur penerapan kriteria (*Procedures for applying criteria*), prosedur penerapan berpikir kritis sangat kompleks dan prosedural. Prosedur tersebut akan meliputi merumuskan permasalahan, menentukan keputusan yang akan diambil, dan mengidentifikasi perkiraan-perkiraan.

#### **d. Indikator Berpikir Kritis**

Menurut Carole Wade terdapat delapan indikator berpikir kritis, yaitu:<sup>73</sup>

- 1) Kegiatan merumuskan pertanyaan.
- 2) Membatasi permasalahan.
- 3) Menguji data-data.
- 4) Menganalisis berbagai pendapat dan bias.
- 5) Menghindari pertimbangan yang sangat emosional.
- 6) Menghindari penyederhanaan berlebihan.
- 7) Mempertimbangkan berbagai interpretasi.
- 8) Mentoleransi ambiguitas.

Teori berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berpikir kritis yang dikemukakan oleh Ennis melalui enam unsur berpikir kritis yang diakronimkan menjadi FRISCO (*Focus, Reason, Inference, Situation, Clarity, dan Overview*). Pemilihan teori ini dikarenakan aspek berpikir kritis Ennis lengkap dan memuat semua unsur yang harus ada pada kemampuan berpikir kritis. Berikut keenam aspek dan indikator berpikir kritis berdasarkan teori Ennis serta penjabaran FRISCO

---

<sup>73</sup> Ibid.

berdasarkan indikator berpikir kritis dalam penelitian ini disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.2** Aspek dan Indikator Berpikir Kritis<sup>74</sup>

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis
F ( <i>Focus</i> )	Memahami permasalahan pada soal yang diberikan
R ( <i>Reason</i> )	Memberikan alasan berdasarkan fakta/bukti yang relevan pada setiap langkah dalam membuat keputusan maupun kesimpulan
I ( <i>Inference</i> )	Membuat kesimpulan yang tepat
	Memilih <i>reason</i> (R) yang tepat untuk mendukung kesimpulan yang dibuat
S ( <i>Situation</i> )	Menggunakan semua informasi yang sesuai dengan permasalahan
C ( <i>Clarity</i> )	Menggunakan penjelasan yang lebih lanjut tentang apa yang dimaksudkan dalam kesimpulan yang dibuat
	Dapat menjelaskan istilah dalam soal
	Memberikan contoh kasus yang mirip dengan soal tersebut
O ( <i>Overview</i> )	Memeriksa atau mengecek kembali secara menyeluruh mulai dari awal sampai akhir (yang dihasilkan FRISC)

Anderson dan Krathwohl merevisi level kognitif dalam taksonomi bloom yang terbagi kedalam dua kelompok, yaitu kemampuan berpikir tingkat rendah (*Lower Order Thinking Skill*/LOTS) dan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skill*/HOTS). LOTS terdapat pada level mengingat (C1), memahami (C2), dan mengaplikasikan (C3),

---

<sup>74</sup> Dafid Slamet Setiana, Nuryadi, and Rusgianto Heri Santosa, "Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Aspek Overview," *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)* 6, no. 1 (2020): 1, <https://doi.org/10.30998/jkpm.v6i1.6483>.

sedangkan HOTS terdapat pada level menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6).<sup>75</sup>

Menurut Bloom kemampuan berpikir kritis terdiri dari lima proses, yaitu pengetahuan, pemahaman, penerapan, analisis, dan evaluasi. Semua proses tersebut penting untuk mengetahui bahwa seseorang sudah melakukan berpikir kritis atau belum. Untuk tercapainya proses berpikir kritis tahap demi tahap tersebut seharusnya dilalui dari pengetahuan sampai dengan evaluasi, sehingga proses berpikir kritis tersebut sejalan dengan HOTS.<sup>76</sup> Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan level kognitif taksonomi bloom C4-C6.

## 5. Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya

### a. Pengertian Gelombang Bunyi

Gelombang adalah getaran yang merambat melalui medium karena memiliki energi. Gelombang berdasarkan medium perambatannya dibagi menjadi dua, yaitu:<sup>77</sup>

#### 1) Gelombang mekanik

Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium untuk merambat. Contoh: gelombang bunyi, gelombang air laut, dan gelombang tali.

#### 2) Gelombang elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak membutuhkan medium untuk merambat. Gelombang elektromagnetik memiliki dua arah getar yang saling orthogonal, yaitu medan magnet dan medan listrik. Contoh : cahaya tampak, gelombang radio, dan sinar X.

Berdasarkan arah rambat dan arah getarnya gelombang dibagi menjadi dua, yaitu:<sup>78</sup>

#### 1) Gelombang transversal

<sup>75</sup> Rizki Firda Amalia and Siti Wahyuni, "Analisis Konten High Order Thinking Skills (Hots) Soal Fisika Sbmptn Tahun 2018," *UPEJ Unnes Physics Education Journal* 9, no. 1 (2020): 89–95, <https://doi.org/10.15294/upej.v9i1.38285>.

<sup>76</sup> Yeni Rostikawati and Yesi Maylani Kartiwi, "Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal-Soal High Order Thinking Skill (HOTS)," *Diglosia* 5, no. 1 (2021): 59–68.

<sup>77</sup> Supardianingsih et al., *Detik-Detik Ujian Nasional Fisika Untuk SMA/MA* (Klaten: PT Intan Pariwara, 2015).

<sup>78</sup> Ibid.

Gelombang transversal memiliki arah getar tegak lurus dengan arah rambatnya. Contohnya yaitu : cahaya tampak, gelombang air laut, dan gelombang tali.

2) Gelombang longitudinal

Gelombang longitudinal memiliki arah getar sejajar dengan arah rambatnya. Contohnya yaitu : gelombang bunyi dan *slinki* yang ditekan sejajar badannya.

Gelombang berdasarkan amplitudonya dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Gelombang berjalan. Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudonya selalu tetap.
- 2) Gelombang stasioner. Gelombang stasioner adalah gelombang yang amplitudonya selalu berubah-ubah.

### **b. Sifat-Sifat Gelombang Bunyi**

Bunyi sebagai gelombang mempunyai sifat-sifat yang sama dengan sifat-sifat dari gelombang. Sifat-sifat bunyi yaitu:

1) Dapat dipantulkan (*refleksi*)

Bunyi dapat dipantulkan terjadi apabila bunyi mengenai permukaan benda yang keras, seperti permukaan dinding batu, semen, besi, kaca, dan seng. Contohnya: suara kita yang terdengar lebih keras di dalam gua akibat dari pemantulan bunyi yang mengenai dinding gua.

2) Dapat dibiaskan (*refraksi*)

Refraksi adalah pembelokan arah lintasan gelombang setelah melewati bidang batas antara dua medium yang berbeda. Contohnya: pada malam hari bunyi petir terdengar lebih keras dari pada siang hari karena pembiasan gelombang bunyi.

3) Dapat dipadukan (*interferensi*)

Interferensi adalah sampainya dua buah sumber bunyi yang koheren ke telinga kita. Contohnya: dua pengeras suara yang dihubungkan pada sebuah generator sinyal (alat pembangkit frekuensi audio) dapat berfungsi sebagai dua sumber yang koheren.

4) Dapat dilenturkan (*difraksi*)

Difraksi adalah peristiwa pelenturan gelombang bunyi ketika melewati suatu celah sempit. Contohnya: kita dapat mendengar suara orang diruangan berbeda dan tertutup, karena bunyi melewati celah-celah sempit yang bisa dilewati bunyi.

### c. Syarat Terjadinya Bunyi

Sebuah bunyi dapat kita dengar karena adanya 3 hal, yakni sebagai berikut:

- 1) Adanya sumber bunyi, sumber bunyi dihasilkan dari suara yang bergetar. Contohnya: bunyi yang timbul dari gitar yang dipetik maupun bunyi dari gendang yang ditabuh.
- 2) Adanya medium perantara, medium adalah zat perantara merambatnya bunyi. Sebagaimana telah kita ketahui bahwa bunyi merupakan gelombang mekanik yang dapat merambat dengan adanya medium perantara. Bunyi tidak akan merambat tanpa adanya medium perantara. Bunyi dapat merambat melalui medium perantara udara, zat padat maupun zat cair.
- 3) Adanya penerimaan bunyi, yang dimaksud penerima bunyi disini adalah telinga kita. Telinga manusia mampu mendengar antara 20 Hz-20.000 Hz, jika lebih dari frekuensi tersebut maka telinga kita akan merasakan sakit.

### d. Karakteristik Gelombang Bunyi Berdasarkan Frekuensinya

Berdasarkan frekuensinya Bunyi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

- 1) Gelombang ultrasonik (*ultrasonic wave*) merupakan gelombang bunyi yang rentang frekuensinya  $> 20.000$  Hz. Contohnya: anjing dan kelelawar.
- 2) Gelombang audiosonik (*audiosonic wave*) merupakan satu-satunya bunyi yang dapat kita dengar dengan baik, yaitu frekuensi antara 20 Hz-20.000 Hz.
- 3) Gelombang infrasonik (*infrasonic wave*) merupakan gelombang bunyi yang frekuensinya  $< 20$  Hz. Contohnya : gelombang bunyi yang disebabkan oleh halilintar, gempa bumi, dan gunung berapi.<sup>79</sup>

---

<sup>79</sup> Marthen Kanginan, *Fisika 2* (Jakarta: Erlangga, 2018).

### e. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Kecepatan gelombang bunyi berhubungan dengan kecepatan gangguan antar partikel gelombang bunyi, secara matematis sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Keterangan:

$v$  = Cepat rambat bunyi (m/s)

$s$  = Jarak yang ditempuh bunyi (m)

$t$  = Waktu (s)

Gelombang bunyi dapat merambat dalam medium zat padat, zat cair, dan zat gas. Berikut notasi cepat rambat bunyi pada ketiga medium rambat:<sup>80</sup>

1) Cepat rambat bunyi dalam zat padat:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}}, E = \text{modulus Young (N/m}^2\text{)}, \rho_0 = \text{massa jenis zat padat (kg/m}^3\text{)}.$$

2) Cepat rambat bunyi dalam zat cair:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho_0}}, B = \text{modulus Bulk (N/m}^2\text{)}, \rho_0 = \text{massa jenis zat cair (kg/m}^3\text{)}.$$

3) Cepat rambat bunyi dalam gas:

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}, \gamma = \text{Tetapan Laplace (kg/m}^3\text{)}, R = \text{Tetapan gas, } T = \text{suhu mutlak gas, } M = \text{massa molar gas}.$$

### f. Sumber Bunyi

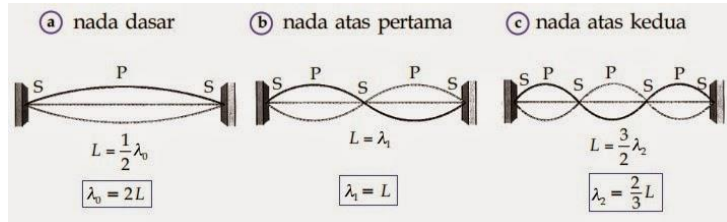
#### 1) Dawai

Contoh alat yang menggunakan prinsip dawai pada sumber getarnya adalah biola, gitar, bass, dan kecapi. Suatu senar pada gitar akan menghasilkan berbagai frekuensi resonansi dari pola gelombang paling sederhana sampai majemuk. Nada yang dihasilkan dengan pola paling

---

<sup>80</sup> Sunardi and Paramitha, *Fisika Untuk Siswa SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika Dan Ilmu-Ilmu Alam* (Bandung: Yrama Widya, 2016).

sederhana disebut nada dasar, kemudian secara berturut-turut pada gelombang yang terbentuk menghasilkan nada atas ke-1, nada atas ke-2, nada atas ke-3, ... dan seterusnya.



**Gambar 2.1** Resonansi Bunyi Pada Dawai

Keterangan:

$F$  = Tegangan dawai (N)

$\mu$  = Massa persatuan Panjang (kg/m)

$l$  = Panjang dawai (m)

$f_0$  = Frekuensi nada dasar (Hz)

a) Nada dasar  $f_0$  (harmonik pertama)<sup>81</sup>

$$l = \frac{1}{2} \lambda_0 \text{ atau } \lambda_0 = 2l$$

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l} \text{ atau } f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

b) Nada dasar pertama  $f_1$  (harmonik kedua)

$$l = \lambda_1$$

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} \text{ atau } f_1 = \frac{1}{l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

c) Nada dasar kedua  $f_2$  (harmonik ketiga)

---

<sup>81</sup> Kanginan, *Fisika 2*.

$$l = \frac{3}{2} \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{2}{3} l$$

$$f_2 = \frac{3v}{2l} = \frac{3}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

d) Frekuensi nada atas ke-n

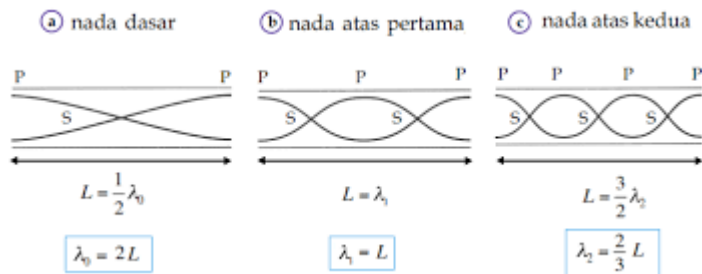
$$f_n = \frac{(n+1)v}{2l}$$

## 2) Pipa Organa

Pipa organa adalah sebuah elemen penghasil suara. Pipa organa mengeluarkan nada (*resonansi*) pada nada tertentu, ketika adanya aliran udara yang ditiupkan pada tekanan tertentu.

a. Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka adalah sebuah kolom udara yang kedua ujung penampangnya terbuka. Jika pipa ini ditiup, maka udara yang terdapat dalam pipa akan membentuk pola gelombang stasioner. Ciri pipa ini yaitu kedua ujungnya berhubungan langsung dengan udara luar, dan pola gelombang yang dihasilkan sebagai berikut:<sup>82</sup>



**Gambar 2.2** Frekuensi Pada Pipa Organa Terbuka

1) Nada dasar  $f_0$  (harmonik pertama)

$$l = \frac{1}{2} \lambda_0 \text{ atau } \lambda_0 = 2l$$

<sup>82</sup> Sunardi and Paramitha, *Fisika Untuk Siswa SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika Dan Ilmu-Ilmu Alam*.



$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l}$$

2) Nada atas pertama  $f_1$  (harmonik kedua)

$$l = \lambda_1$$

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l}$$

3) Nada atas kedua  $f_2$  (harmonik ketiga)

$$l = \frac{3}{2} \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{2}{3} l$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3} l} = \frac{3v}{2l}$$

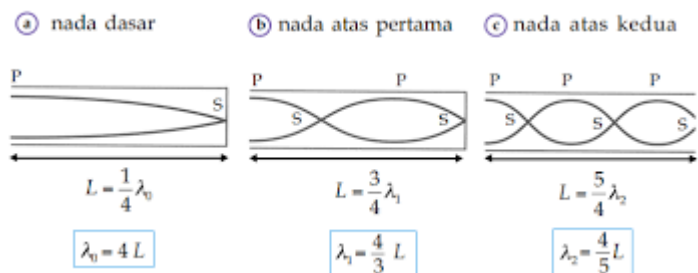
4) Nada atas ke-n

$$f_n = (n + 1) \frac{v}{2l}$$

dengan  $n = 1, 2, 3$  dst

b) Pipa Organa Tertutup

Pipa organa tertutup adalah sebuah kolom udara yang salah satu ujungnya tertutup dan ujung yang lain terbuka, dan pola gelombang yang dihasilkan sebagai berikut:<sup>83</sup>



**Gambar 2.3** Frekuensi Pada Pipa Organa Tertutup

1) Nada dasar  $f_0$  (harmonik pertama)

<sup>83</sup> Ibid.

$$l = \frac{1}{4} \lambda_0 \text{ atau } \lambda_0 = 4l$$

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{4l}$$

2) Nada atas pertama  $f_1$  (harmonik kedua)

$$l = \frac{3}{4} \lambda_1 \text{ atau } \lambda_1 = \frac{4}{3} l$$

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{3v}{4l}$$

3) Nada atas kedua  $f_2$  (harmonik ketiga)

$$l = \frac{5}{4} \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = \frac{4}{5} l$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{5v}{4l}$$

4) Frekuensi nada atas ke-n

$$f_n = (2n + 1) \frac{v}{4l}$$

dengan  $n = 1, 2, 3$  dst

## g. Intensitas Bunyi dan Taraf Intensitas Bunyi

### 1) Intensitas bunyi

Gelombang bunyi ketika merambat akan terjadi perpindahan energi dari satu daerah ruang ke daerah ruang lainnya. Laju rata-rata energi per satuan luas yang dipindahkan oleh gelombang untuk melewati atau menuju suatu permukaan disebut dengan *intensitas bunyi*.<sup>84</sup> Persamaan intensitas bunyi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

---

<sup>84</sup> Hugh D Young et al., *Fisika Universitas*, 10th ed. (Jakarta: Erlangga, 2010).

$I$  = Intensitas bunyi ( $\text{watt/m}^2$ )

$P$  = Laju perpindahan energi gelombang bunyi (watt)

$A$  = Luas bidang permukaan ( $\text{m}^2$ )

## 2) Taraf intensitas bunyi

Telinga manusia dapat mendeteksi bunyi dengan intensitas terendah  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  dan setinggi  $1 \text{ W/m}^2$ . Intensitas bunyi yang lebih rendah dari  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  tidak dapat didengar oleh telinga kita, sedangkan bunyi dengan intensitas yang lebih besar dari  $1 \text{ W/m}^2$  dapat menyakitkan dan merusak telinga kita. Dalam hal ini, intensitas sebesar  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  dinamakan intensitas ambang pendengaran, yaitu intensitas bunyi terkecil yang masih dapat didengar oleh telinga manusia. Sementara itu, intensitas bunyi sebesar  $1 \text{ W/m}^2$  dinamakan intensitas ambang perasaan, yaitu intensitas bunyi terbesar yang masih dapat didengar oleh telinga manusia tanpa rasa sakit.<sup>85</sup>

Taraf intensitas merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas ( $I$ ) yang diukur dengan intensitas ambang pendengaran ( $I_0$ ) pada persamaan berikut:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Keterangan:

$TI$  = Taraf Intensitas (dB)

$I$  = Intensitas Bunyi ( $\text{W/m}^2$ )

$I_0$  = Intensitas ambang pendengar ( $\text{W/m}^2$ )

## h. Efek Doppler

Efek Doppler pertama kali dipikirkan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Austria bernama Christian Johann Doppler

---

<sup>85</sup> Sunardi and Paramitha, *Fisika Untuk Siswa SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika Dan Ilmu-Ilmu Alam.*

(1803-1855). Ia mengamati bunyi sirine saat bergerak saling mendekati akan terdengar semakin keras dan saat bergerak saling menjauhi akan semakin lemah, kemudian peristiwa ini dinamakan dengan *efek Doppler*.

Peristiwa efek doppler adalah peristiwa naik atau turunnya frekuensi gelombang bunyi yang terdengar penerima bunyi ketika sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauh. Contoh efek doppler dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Pada saat sumber suara diam, kedua penerima mendengar besar frekuensi yang sama. Saat sumber suara bergerak, salah satu penerima mendengar frekuensi yang lebih besar dari sebelumnya dan penerima lain mendengar frekuensi yang lebih kecil dari sebelumnya.



**Gambar 2.4** Contoh Efek Doppler<sup>86</sup>

Besar kecilnya frekuensi gelombang yang diterima penerima dapat dihitung dengan menggunakan:<sup>87</sup>

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

Keterangan:

$f_p$  = Frekuensi gelombang yang diterima pendengar (Hz)

$f_s$  = Frekuensi gelombang yang dipancarkan sumber bunyi (Hz)

<sup>86</sup> Douglas C Giancoli, *Fisika*, 5th ed. (Jakarta: Erlangga, 2010).

<sup>87</sup> Ibid.

$v$  = Cepat rambat gelombang bunyi di udara (m/s)

$v_p$  = Kecepatan pendengar (m/s)

$v_s$  = Kecepatan sumber bunyi (m/s)

Cepat rambat bunyi di udara  $v$  selalu bertanda positif. Komponen-komponen persamaan lain berlaku sebagai berikut:

- 1)  $v_s$  bertanda positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar
- 2)  $v_s$  bertanda positif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar
- 3)  $v_p$  bertanda positif (+) jika sumber bunyi mendekati pendengar
- 4)  $v_p$  bertanda positif (-) jika sumber bunyi menjauhi pendengar
- 5)  $v_p = 0$ , jika pendengar diam
- 6)  $v_s = 0$ , jika sumber bunyi diam

### **i. Spektrum Cahaya dan Polarisasi Cahaya**

Ketika suatu sinar monokromatik (sinar yang hanya memiliki satu komponen warna cahaya) dilewatkan pada suatu prisma, sinar akan dibengkokkan ke bawah karena pembiasan cahaya. Akan tetapi, jika sinar polikromatik seperti cahaya matahari kita lewatkan pada prisma, ternyata sinar yang keluar dari sisi pembias lain berupa komponen-komponen warna dari cahaya matahari, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu (mejikuhibiniu). Gejala terurainya sinar polikromatik menjadi beberapa komponen warna cahaya ini disebut dispersi cahaya. Komponen-komponen warna yang dihasilkan disebut *spektrum cahaya*.<sup>88</sup>

Polarisasi cahaya adalah terserapnya sebagian arah getar cahaya. Cahaya yang sebagian arah getarnya terserap disebut cahaya terpolarisasi, dan jika cahaya hanya mempunyai satu

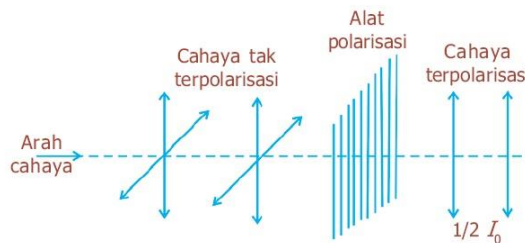
---

<sup>88</sup> Kanginan, *Fisika 2*.

arah getar tertentu disebut cahaya terpolarisasi linear. Ada empat cara polarisasi, yaitu:

1) Polarisasi dengan penyerapan selektif

Teknik yang umum untuk menghasilkan cahaya terpolarisasi adalah dengan menggunakan polaroid, yang akan meneruskan gelombang-gelombang yang arah getarnya sejajar dengan sumbu transmisi dan menyerap gelombang-gelombang pada arah getar lainnya. Teknik ini disebut polarisasi dengan penyerapan selektif.



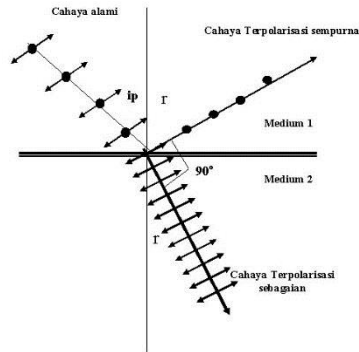
**Gambar 2.5** Polarisasi dengan penyerapan selektif

Jika kedua sumbu polarisasi adalah sejajar dan mencapai minimum, jika kedua sumbu polarisasi saling tegak lurus. Menurut **Hukum Malus**, hubungan antara  $I_2$  dan  $I_1$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_1 \cos^2 \theta$$

2) Polarisasi dengan pemantulan

Cahaya terpolarisasi dapat diperoleh dari cahaya tak terpolarisasi dengan cara pemantulan. Jika seberkas cahaya menuju bidang ke batas antara dua medium, sebagian cahaya akan dipantulkan. Tiga kemungkinan yang terjadi pada cahaya yang dipantulkan yaitu cahaya pantul tak terpolarisasi, cahaya pantul terpolarisasi sebagian, cahaya pantul terpolarisasi sempurna (seluruhnya).



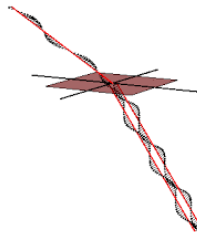
**Gambar 2.6** Polarisasi dengan pemantulan

Menggunakan persamaan  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  akan diperoleh persamaan yang dikenal dengan **Hukum Brewster** yang diformulasikan sebagai berikut:

$$\tan \theta = \frac{n_2}{n_1}$$

### 3) Polaroid dengan pembiasan ganda

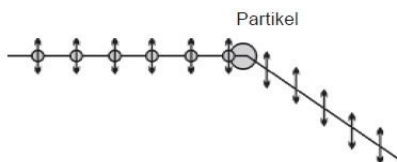
Jika berkas kaca dilewatkan pada kaca, kelajuan cahaya yang keluar akan sama ke segala arah. Hal ini karena kaca bersifat homogen, indeks biasnya hanya memiliki satu nilai. Namun, pada bahan-bahan kristal tertentu, kelajuan cahaya di dalamnya tidak seragam karena bahan memiliki dua nilai indeks bias. Cahaya yang melalui bahan dengan indeks bias ganda akan mengalami pembiasan dalam dua arah yang berbeda. Sebagian berkas akan memenuhi hukum Snellius, sedangkan sebagian yang lain tidak memenuhi.



**Gambar 2.7** Polarisasi dengan pembiasan ganda

#### 4) Polarisasi dengan hamburan

Jika cahaya datang pada suatu sistem partikel (misal gas), elektron-elektron dalam partikel dapat menyerap dan memancarkan kembali sebagian dari cahaya. Penyerapan dan pemancaran kembali cahaya oleh partikel-partikel ini disebut hamburan. Hamburan dapat menyebabkan cahaya matahari tak terpolarisasi menjadi cahaya terpolarisasi sebagian atau terpolarisasi sempurna.

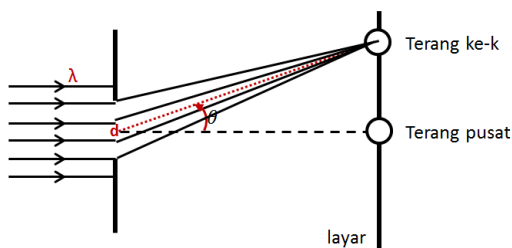


**Gambar 2.8** Polarisasi dengan hamburan

#### j. Difraksi Cahaya

##### 1) Difraksi celah tunggal

Difraksi celah tunggal hanya diberikan persamaan untuk menentukan letak pita gelap dari titik tengah terang pusat. Difraksi Fraunhofer terjadi pada gelombang bidang yang datang pada suatu celah.



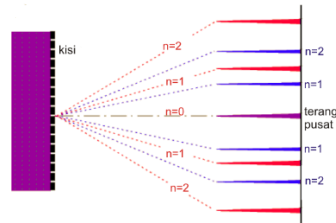
**Gambar 2.9** Difraksi Celah Tunggal

Jika sebuah cahaya sejajar monokromatik datang pada sebuah celah tunggal sempit dengan lebar celah  $d$ , cahaya tersebut akan mengalami pelenturan sehingga terjadi pola difraksi pada layar yang menghasilkan garis gelap dan terang pada layar. Jarak garis gelap ke- $n$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:



$$d \sin \theta = n \lambda$$

## 2). Kisi Difraksi



**Gambar 2.10** Kisi Difraksi

Kisi difraksi merupakan alat yang sangat berguna untuk menganalisis sumber-sumber cahaya. Kisi terdiri atas banyak celah sejajar berjarak sama. Sebuah kisi dibuat dengan cara membuat goresan garis-garis sejajar pada sekeping kaca dengan menggunakan teknik mesin yang presisi. Celah antara goresan-goresan bersifat transparan terhadap cahaya dan bertindak sebagai celah-celah yang terpisah. Banyak garis per sentimeter (satuan panjang) disebut tetapan kisi,  $d$ . Jika terdapat  $N$  garis persatuan panjang, maka tetapan kisi adalah kebalikan dari  $N$ .

$$d = \frac{1}{N}$$

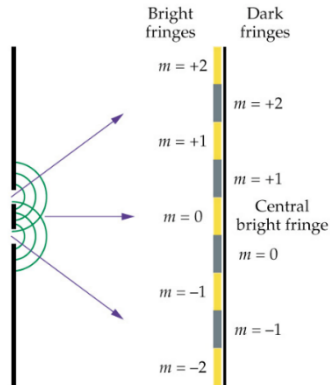
$$d \sin \theta = n \lambda$$

dengan  $n = 0, 1, 2, 3$  dst

## k. Interferensi Cahaya

### 1) Interferensi gelombang cahaya koheren

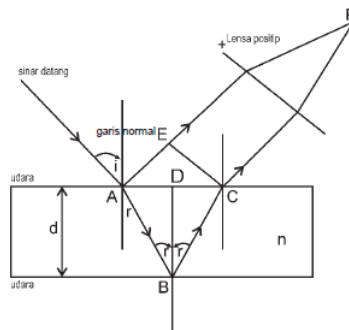
Syarat utama agar interferensi dapat diamati adalah kedua sumber gelombang harus koheren, artinya kedua gelombang selalu memiliki beda fase tetap (tidak harus nol).



**Gambar 2.11** Interferensi Pada Lapisan Koheren

## 2) Interferensi pada lapisan tipis

Sebuah sinar datang dari udara menuju lapisan tipis dengan sudut datang  $i$ , maka sebagian sinar datang tersebut akan dipantulkan, yakni membentuk lintasan ABC. Kedua sinar ini akan menuju mata pengamat karena lintasannya mempunyai selisih fase.



**Gambar 2.12** Interferensi Pada Lapisan Tipis

Pada saat terjadi terang, maka akan terjadi interferensi konstruktif. Interferensi lapisan tipis untuk terang ke- $k$  dapat ditentukan dengan persamaan:

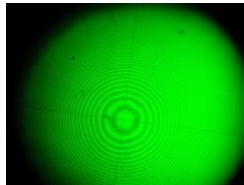
$$2n_1 d \cos r = k\lambda, \text{ dengan } k = 0, 1, 2, 3 \text{ dst}$$

Pada saat terjadi gelap, maka akan terjadi interferensi destruktif. Interferensi lapisan tipis untuk terang ke-k dapat ditentukan dengan persamaan:

$$2n_1 d \cos r = \frac{1}{2} (2k - 1)(\lambda), \text{ dengan } k = 0, 1, 2, 3 \text{ dst}$$

### 3) Cincin newton

Jika sebuah lensa plankonveks diletakkan di atas lensa plan paralel, akan terjadi lingkaran gelap terang. Hal ini disebabkan adanya interferensi cahaya oleh pemantulan dua bidang yang berbeda. Kejadian ini biasa disebut dengan *Cincin Newton*.



**Gambar 2.13** Pola Cincin Newton

### 4) Interferensi cahaya pada kisi

Jika seberkas cahaya monokromik datang sejajar menuju ke kisi, setelah melalui kisi akan mengalami perubahan fase yang akan menyebabkan terjadinya interferensi menguatkan dan melemahkan. Jika diamati, setiap sinar yang keluar dari kisi akan menyimpang sebesar  $\theta$  terhadap normal kisi, sehingga selisih lintasan dua sinar dari sumber 1 dan 2 saat sampai di layar adalah  $\Delta_s = s_2 - s_1$ . Pada daerah tertentu akan terbentuk garis terang untuk selisih fase antara dua sinar sehingga persamaan dapat dituliskan:

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$d \sin \theta = (2n - 1)\lambda$$

## 6. *Flip Pdf Professional*

Peneliti menggunakan software yang menunjang pembuatan e-modul fisika yaitu aplikasi *flip pdf professional*, proses pengembangan konten (teks, gambar, kuis, animasi, soal evaluasi, audio, dan video) yang dapat dipadukan sehingga menjadi e-modul fisika dengan format *execute (.exe)* portable. Format exe dipilih oleh peneliti karena format ini lebih mudah digunakan dibandingkan dengan 3 format lain yang disediakan oleh *flip pdf professional*.

Format yang tersedia oleh *flip pdf professional* adalah (.exe), (.app), (.fbr), dan (.html).<sup>89</sup> Keunggulan penggunaan *flip pdf professional* sebagai berikut:

1. Sangat mudah digunakan dalam pembuatan media pembelajaran
2. Dapat digunakan untuk membuat bahan ajar bagi peserta didik
3. Pengoperasiannya mudah sehingga dapat digunakan oleh pendidik bahkan peserta didik yang tidak seberapa mahir mengoperasikan komputer

Adapun kekurangan penggunaan *flip pdf professional* yaitu:

1. E-modul fisika yang diolah dalam *software* hanya bisa dari format pdf, apabila terdapat perubahan pada file utama harus membuat *project* baru.
2. Ukuran file yang cukup besar dikarenakan isi yang penuh dengan video dan gambar.

Berdasarkan hal diatas, dapat disimpulkan *flip pdf professional* merupakan aplikasi yang digunakan untuk membuat e-modul fisika sehingga menjadi menarik, memuat teks, gambar, kuis, animasi, soal evaluasi, audio dan video. E-modul fisika yang dikembangkan dengan *flip pdf professional* dapat dipublish secara online maupun offline, sehingga peserta didik dapat belajar mandiri dengan menggunakan e-modul tersebut. Penggunaan *software* ini untuk membuat e-modul dapat menghasilkan media pembelajaran yang lebih inovatif dan menyenangkan.

---

<sup>89</sup> Hanifa Ainun Nisa, "Pengembangan E-Modul Dengan Flip Pdf Professional Berbasis Gamifikasi Pada Materi Himpunan," *Skripsi*, 2020.

## B. Teori-Teori Pengembangan

### 1. Borg and Gall

Gall dan Borg mengungkapkan bahwa siklus *R&D* tersusun dalam beberapa langkah penelitian sebagai berikut:



**Gambar 2.14** Langkah-langkah Penelitian Menurut Borg and Gall<sup>90</sup>

### 2. Thiagarajan

Menurut Thiagarajan terdapat langkah-langkah penelitian dan pengembangan yang disingkat dengan 4 D yaitu *Define, Design, Development, and Dissemination*.



**Gambar 2.15** Langkah-langkah Penelitian Menurut Thiagarajan<sup>91</sup>

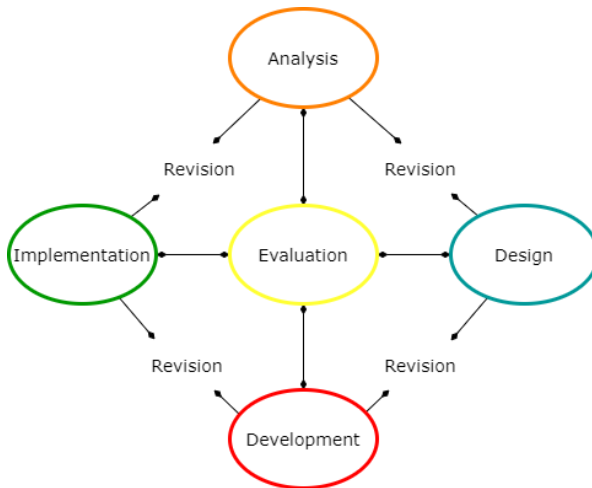
### 3. Robert Maribe Branch

Robert Maribe Branch mengembangkan *Instructional Design* (Desain Pembelajaran) dengan pendekatan *ADDIE*, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*. *Analysis*, berkaitan dengan kegiatan analisis terhadap situasi yang sesuai dengan keadaan sehingga dapat menemukan produk apa yang perlu dikembangkan. *Design* merupakan

<sup>90</sup> Walter R Borg and Meredith D Gall, *Educational Research An Introduction* (New York: David McKay Company, n.d.).

<sup>91</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Dan Pengembangan* (Bandung: Alfabeta, 2018).

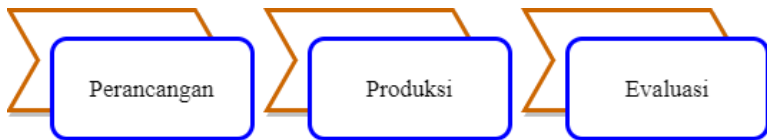
kegiatan perancangan produk yang disesuaikan dengan apa yang dibutuhkan. *Development* adalah kegiatan pembuatan dan pengujian produk. *Implementation* adalah kegiatan menggunakan produk, dan *Evaluation* adalah kegiatan menilai setiap langkah kegiatan dan produk yang telah dibuat sudah sesuai dengan standarisasi dengan spesifikasi tertentu atau belum.



**Gambar 2.16** Langkah-langkah Pendekatan ADDIE

#### 4. Richey and Klein

Menurut *Richey and Klein*, pusat dari perancangan dan penelitian pengembangan bersifat analisis dari awal sampai akhir, yang meliputi Perancangan, Produksi dan Evaluasi. Perancangan yaitu pembuatan rancangan produk dengan tujuan tertentu. Produksi yaitu pembuatan produk berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Evaluasi yaitu pengujian dan penilaian terhadap produk sudah memenuhi spesifikasi yang tinggi atau belum sesuai dengan standarisasi yang telah ditentukan.



**Gambar 2.17** Langkah-langkah penelitian dan pengembangan Menurut Richey and Klein<sup>92</sup>

Dari beberapa model pengembangan yang telah dijelaskan diatas, peneliti menggunakan model yang dikembangkan oleh *Thiagarajan* yang menggunakan 4 langkah penelitian dan pengembangannya.

---

<sup>92</sup> Ibid.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, R A N Salsabila Tri. “Pengembangan E-Modul Pemantulan Dan Pembiasan Pada Bidang Lengkung Berbasis STEM Untuk Mahasiswa Calon Guru Fisika.” *Universitas Sriwijaya*, 2021. <https://repository.unsri.ac.id/41028/>.
- Afriana, Jaka, Anna Permanasari, and Any Fitriani. “Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender.” *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2, no. 2 (2016): 202–12. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>.
- Amalia, Rizki Firda, and Siti Wahyuni. “Analisis Konten High Order Thinking Skills (Hots) Soal Fisika Sbmnptn Tahun 2018.” *UPEJ Unnes Physics Education Journal* 9, no. 1 (2020): 89–95. <https://doi.org/10.15294/upej.v9i1.38285>.
- Amir, Mohammad Faizal, and Mahardika Darmawan Kusuma Wardana. “Pengembangan Domino Pecahan Berbasis Open Ended Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SD.” *Jurnal Pendidikan Matematika FKIP Univ. Muhammadiyah Metro* 6, no. 2 (2017): 178–88.
- Anam, Choirul. “Deskripsi Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Terhadap Implementasi Kurikulum 2013 Pada Pembelajaran Tematik.” *Proceeding International Conference on Islamic Education* 5 (2020): 35–39.
- Anggriani, Lusi. “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Higher Order Thinking Skills (HOTS) Dengan Menggunakan 3D Page Flip Professional.” *Skripsi*, 2019.
- Ariana, Desi, Risyia Pramana Situmorang, and Agna Sulis Krave. “Pengembangan Modul Berbasis Discovery Learning Pada Materi Jaringan Tumbuhan Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Kelas Xi Ipa SMA.” *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 11, no. 1 (2020): 34–46. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v11i1.31381>.
- Asyhari, Ardian, and Helda Silvia. “Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin Dalam Bentuk Buku Saku Untuk Pembelajaran IPA Terpadu.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-*



*Biruni* 5, no. 1 (2016): 1–13.  
<https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i1.100>.

- Bakri, Fauzi, Betty Zelda Siahaan, and A Handjoko Permana. “Rancangan Website Pembelajaran Terintegrasi Dengan Modul Digital Fisika Menggunakan 3D PageFlip Professional.” *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika* 2, no. 2 (2016): 113. <https://doi.org/10.21009/1.02215>.
- Borg, Walter R, and Meredith D Gall. *Educational Research An Introduction*. New York: David McKay Company, n.d.
- Chania, Dini Melani Putri, Rosane Medriati, and Afrizal Mayub. “Pengembangan Bahan Ajar Fisika Melalui Pendekatan Stem Berorientasi Hots Pada Materi Usaha Dan Energi.” *Jurnal Kumparan Fisika* 3, no. 2 (2020): 109–20.  
<https://doi.org/10.33369/jkf.3.2.109-120>.
- Dharma, Surya. *Penulisan Modul. Penulisan Modul*. Vol. 98. Jakarta: Departemen Pendidikan nasional, 2008.
- Diani, Rahma. “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Pendidikan Karakter Dengan Model Problem Based Instruction.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 4, no. 2 (2015): 243–55. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v4i2.96>.
- Diani, Rahma, Yuli Yanti, Niken Sri Hartati, Dwi Fujiani, Ida Faridatul Hasanah, and Alamsyah. “Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021): 1–12. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012098>.
- Fadlina, Wiwit Artika, Khairil, Cut Nurmaliah, and Abdullah. “Penerapan Model Discovery Learning Berbasis STEM Pada Materi Sistem Gerak Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis.” *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)* 9, no. 1 (2021): 99–107.  
<https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i1.18591>.
- Febrianti, Kiar Vansa, Fauzi Bakri, and Hadi Nasbey. “Pengembangan Modul Digital Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Pokok Bahasan Kinematika Gerak Lurus.” *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 2, no. 2 (2017): 18.  
<https://doi.org/10.17509/wapfi.v2i2.8273>.

- Ferdiansyah, Ichsanul. "Perbedaan Hasil Belajar Peserta Didik Menggunakan Pendekatan STSt, SETS, Dan STEM Pada Pembelajaran Konsep Virus." *Skripsi*, 2015.
- Giancoli, Douglas C. *Fisika*. 5th ed. Jakarta: Erlangga, 2010.
- Glaze Crampes, Amanda L. "Leveraging Communities of Practice as Professional Learning Communities in Science, Technology, Engineering, Math (STEM) Education." *Education Sciences* 10, no. 8 (2020): 1–8. <https://doi.org/10.3390/educsci10080190>.
- Gluzman, Nelya A, Tatiana V Sibgatulina, Alexander A Galushkin, and Ivan A Sharonov. "Forming the Basics of Future Mathematics Teachers' Professionalism by Means of Multimedia Technologies." *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 14, no. 5 (2018): 1621–33. <https://doi.org/10.29333/ejmste/85034>.
- Haryanti, Fhina, and Bagus Ardi Saputro. "Pengembangan Modul Matematika Berbasis Discovery Learning Berbantuan Flipbook Maker Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Segitiga." *KALAMATIKA Jurnal Pendidikan Matematika* 1, no. 2 (2016): 147. <https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol1no2.2016pp147-161>.
- Herawati, Nita Sunarya, and Ali Muhtadi. "Pengembangan Modul Elektronik (E-Modul) Interaktif Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI SMA." *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* 5, no. 2 (2018): 180–91. <https://doi.org/10.21831/jitp.v5i2.15424>.
- Irwan, Maridi, and Sri Dwiastuti. "Developing Guided Inquiry-Based Ecosystem Module to Improve Students' Critical Thinking Skills." *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* 5, no. 1 (2019): 51–60. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i1.7287>.
- Irwandani, Sri Latifah, Ardian Asyhari, Muzannur, and Widayanti. "Modul Digital Interaktif Berbasis Articulate Studio'13: Pengembangan Pada Materi Gerak Melingkar Kelas X." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 2 (2017): 221–31. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v6i2.1862>.
- Jamaluddin, A Wahab Jufri, Muhlis, and Imam Bahtiar. "Pengembangan Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran IPA Di SMP." *Jurnal Pijar MIPA* 15, no. 1 (2020): 13–19. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i1.1296>.

- Kamajaya, and Glanto. *Fisika Untuk Kelas XII Semester I Sekolah Menengah Atas*. 1st ed. Bandung: Grafindo Media Pratama, 2008.
- Kanginan, Marthen. *Fisika 2*. Jakarta: Erlangga, 2018.
- Khairiyah, Nida'ul. *Pendekatan Science Technology Engineering and Mathematics (STEM)*. Tuban Jawa Timur: Spasi Media, 2019.
- Lismaya, Lilis. *Berpikir Kritis Dan PBL (Problem Based Learning)*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia, 2019.
- Mawaddah, Nuri Fina. "Pengembangan Media Modul Digital Pada Kompetensi Dasar Menerapkan Komunikasi Bisnis Kelas X BDP SMK Negeri 1 Jombang." *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)* 07, no. 03 (2019): 533–38.
- Mulyaningsih, Neng Nenden, and Dandan Luhur Saraswati. "Penerapan Media Pembelajaran Digital Book Dengan Kvisoft Flipbook Maker." *Jurnal Pendidikan Fisika (JPF)* 5, no. 1 (2017): 25–32.  
<https://ojs.fkip.ummetro.ac.id/index.php/fisika/article/view/741>.
- Muslich, Mansur, and Maryeni. *Bagaimana Menulis Skripsi?* Jakarta: PT Bumi Aksara, 2009.
- Nikita, Pynka Marsha, Albertus Djoko Leksmono, and Alex Harijanto. "Pengembangan E-Modul Materi Fluida Dinamis Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Kelas XI." *Jurnal Pembelajaran Fisika* 7, no. 2 (2018): 175–80.
- Nisa, Hanifa Ainun. "Pengembangan E-Modul Dengan Flip Pdf Professional Berbasis Gamifikasi Pada Materi Himpunan." *Skripsi*, 2020.
- Nuraeni, Fitri. *Aktivitas Desain Rekayasa Untuk Pembelajaran Berbasis STEM Di Sekolah Dasar*. Edited by Hafiziani Eka Putri. Sumedang: UPI Sumedang Press, 2020.
- Nurjaman, Asep. *Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Melalui Implementasi Desain Pembelajaran "Assure"*. 1st ed. Indramayu: Penerbit Adab, 2021.
- Nurrita, Teni. "Development of Circle Learning Media to Improve Student Learning Outcomes." *Journal Conferense Series* 1321,

no. 2 (2019): 171–87. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022099>.

Prasetya, I Gede Agus Saka, I Made Agus Wirawan, and I Gede Partha Sindu. “Pengembangan E-Modul Pada Mata Pelajaran Pemodelan Perangkat Lunak Kelas Xi Dengan Model Problem Based Learning Di Smk Negeri 2 Tabanan.” *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 14, no. 1 (2017): 96–105. <https://doi.org/10.23887/jptk.v14i1.9885>.

Prayogi, Saiful, Leny Yuanita, and Wasis. “Critical Inquiry Based Learning: A Model of Learning to Promote Critical Thinking Among Prospective Teachers of Physic.” *Journal of Turkish Science Education* 15, no. 1 (2018): 43–56. <https://doi.org/10.12973/tused.10220a>.

Priyanthi, Kadek Aris, Ketut Agustini, and Gede Saindra Santyadiputra. “Pengembangan E-Modul Berbantuan Simulasi Berorientasi Pemecahan Masalah Pada Mata Pelajaran Komunikasi Data (Studi Kasus : Siswa Kelas XI TKJ SMK Negeri 3 Singaraja).” *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)* 6, no. 1 (2017): 40. <https://doi.org/10.23887/karmapati.v6i1.9267>.

Punaji, Setyosari. *Metode Penelitian Pendidikan & Pengembangan*. Jakarta: Perdana Media Group, 2015.

Putri, Ayunda, Sjaifuddin, and Liska Berlian. “Pengembangan E-Modul IPA Berbasis Adobe Flash Pada Tema Makananku Kesehatanku Untuk Kelas VIII SMP.” *Journal of Science Education* 6, no. 1 (2022): 143–50.

Rahayu, Nita, and Fitri Alyani. “Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Adversity Quotient.” *Prima: Jurnal Pendidikan Matematika* 4, no. 2 (2020): 121. <https://doi.org/10.31000/prima.v4i2.2668>.

Ramadhani, Yulia Rizki, Masrul, Rahmi Ramadhani, Rani Rahim, and Andi Febriana. *Metode Dan Teknik Pembelajaran Inovatif*. Edited by Tonni Limbong. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020.

Ramdani, Agus, A Wahab Jufri, Jamaludin, and Dadi Setiadi. “Kemampuan Berpikir Kritis Dan Penguasaan Konsep Dasar IPA Peserta Didik.” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 6, no. 1 (2020): 119. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.388>.

- Rante, P, Sudarto, and N Ihsan. "Pengembangan Multimedia Pembelajaran Fisika Berbasis Audio-Video Eksperimen Listrik Dinamis Di SMP." *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 2, no. 2 (2013): 203–8. <https://doi.org/10.15294/jpii.v2i2.2724>.
- Rizki, Selly Kurnia, Anak Agung Oka, and Triana Asih. "Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Nilai-Nilai Karakter Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas XI SMA Negeri 5 Metro." *Bioedukasi*, 2020, 33–42.
- Rofiah, Emi, Nonoh Siti Aminah, and Widha Sunarno. "PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN IPA BERBASIS HIGH ORDER THINKING SKILL (HOTS) UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS VIII SMP/MTs." *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA* 7, no. 2 (2018): 285–96. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v7i2.22992>.
- Rosidi, Imron, and Zainul Arief. *Panduan Praktis Menulis Pengembangan Keprofesional Berkelanjutan (PKB) Menjadi Guru Profesional Dan Berkualitas*. Yogyakarta: PT Kanisius, 2020.
- Rostikawati, Yeni, and Yesi Maylani Kartiwi. "Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal-Soal High Order Thinking Skill (HOTS)." *Diglosia* 5, no. 1 (2021): 59–68.
- Saputra, Hendra Nelva, and Salim. "Application of Teaching Materials Based Critical Thinking Skills." *Jurnal Pedagogik* 07, no. 01 (2020): 22–46.
- Sari, Happy Komike, M Mutoharoh, PS Dewi, GN Utami, Welly Anggraini, and EF Himmah. "Pengembangan E-Modul Menggunakan Flip Pdf Professional Pada Materi Suhu Dan Kalor." *Journal Conferense Series* 53, no. 9 (2019): 1–10. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Sari, Novita. "Pengembangan Modul Elektronik Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Dengan Strategi Inkuiri Terbimbing Pada Materi Usaha Dan Energi Kelas X SMA/MA." *Journal of Chemical Information and Modeling* 43, no. 1 (2020): 7728. [https://online210.psych.wisc.edu/wp-content/uploads/PSY-210\\_Unit\\_Materials/PSY-](https://online210.psych.wisc.edu/wp-content/uploads/PSY-210_Unit_Materials/PSY-)

210\_Unit01\_Materials/Frost\_Blog\_2020.pdf%0Ahttps://www.economist.com/special-report/2020/02/06/china-is-making-substantial-investment-in-ports-and-pipelines-worldwide%0Ahttp://.

Septiani, Anggita. “Penerapan Asesmen Kinerja Dalam Pendekatan STEM (Sains Teknologi Engineering Matematika).” *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi* 1, no. 1 (2014): 654–59.

Seruni, Rara, Siti Munawaoh, Fera Kurniadewi, and Muktiningsih Nurjayadi. “Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Biokimia Pada Materi Metabolisme Lipid Menggunakan Flip Pdf Professional.” *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)* 4, no. 1 (2019): 48–56. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4672>.

Setiana, Dafid Slamet, Nuryadi, and Rusgianto Heri Santosa. “Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Aspek Overview.” *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)* 6, no. 1 (2020): 1. <https://doi.org/10.30998/jkpm.v6i1.6483>.

Sihotang, Kasdin. *Berpikir Kritis Kecakapan Hidup Di Era Digital*. Yogyakarta: PT Kanisius, 2019.

Simarmata, Janner, Lidia Simanihuruk, Rahmi Ramadhani, Meilani Safitri, and Dewi Wahyuni. *Pembelajaran STEM Berbasis HOTS Dan Penerapannya*. Edited by Tonni Limbong. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020.

Simatupang, Halim, and Dirga Purnama. *Handbook Best Practice Strategi Belajar Mengajar*. Surabaya: CV Pustaka Media Guru, 2019.

Suardi. “Implementasi Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Dalam Berpikir Kritis , Kreatif Dan Bekerjasama Peserta Didik Kelas Viiia Smp.” *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, no. 02 (2020): 135–44.

Subago, Edwardo, Mustaji, and Andi Mariono. “Pengembangan Perangkat Pembelajaran Pjbl Dengan Pendekatan Stem Untuk.” *Jurnal Teknologi Pendidikan* 6, no. X (2021): 34–41. <https://doi.org/10.32832/educate.v6i1.3989>.

Sugiyono. *Metode Penelitian Dan Pengembangan*. Bandung: Alfabeta, 2018.

- Sunardi, and Paramitha. *Fisika Untuk Siswa SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika Dan Ilmu-Ilmu Alam*. Bandung: Yrama Widya, 2016.
- Supardianingsih, Ma'rifu, Adip Sururi, and Dhara Nurani. *Detik-Detik Ujian Nasional Fisika Untuk SMA/MA*. Klaten: PT Intan Pariwara, 2015.
- Supriyati, Yetti, A Handjoko Permana, and Novia Dwi Safira Aziz. "Bahan Ajar Elektronik Berbasis STEM Untuk Blended Learning Pada Materi Fluida Sma." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) IX* (2020): 105–14.  
<https://doi.org/10.21009/03.snf2020.02.pf.16>.
- Surya, Hendra. *Strategi Jitu Mencapai Kesuksesan Belajar*. 1st ed. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2011.
- Syarif, Mohamad. "Pembelajaran Dengan Pendekatan Problem Solving Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif Matematika Siswa SMA." *Jurnal Mutiara Pedagogik* 1, no. 2 (2017): 92–101.  
<http://www.journal.unpas.ac.id/index.php/pjme/article/view/2723>.
- Syukri, Muhammad, Lilia Halim, and T Subahan Mohd Meerah. "Pendidikan STEM Dalam Entrepreneurial Science Thinking 'ESciT': Satu Perkongsian Pengalaman Dari UKM Untuk Aceh." *Aceh Development International Conference 2013*, 2013, 105–12.
- Thiagarajan, and Sivasailam. "Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook." *Journal of School Psychology* 14, no. 1 (1974): 75.  
[https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2).
- TS, Sandy Syahwardi, and A Handjoko Permana. "Desain Handout Multimedia Menggunakan 3D Pageflip Professional Untuk Media Pembelajaran Pada Sistem Android." *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika* 2, no. 1 (2016): 89–96.  
<https://doi.org/10.21009/1.02113>.
- Utami, Indri Sari, Mudmainah Vitasari, Indah Langitsari, Iwan Sugihartono, and Yuli Rahmawati. "The Local Wisdom-Based STEM Worksheet to Enhance the Conceptual Understanding of Pre-Service Physics Teacher." *Jurnal Penelitian &*

*Pengembangan Pendidikan Fisika* 6, no. 1 (2020): 97–104.  
<https://doi.org/10.21009/1.06111>.

Utami, Taza Nur, Agus Jatmiko, and Suherman. “Pengembangan Modul Matematika Dengan Pendekatan Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) Pada Materi Segiempat.” *Desimal: Jurnal Matematika* 1, no. 2 (2018): 165–72. <https://doi.org/10.24042/djm.v1i2.2388>.

Wahyudin, Elly. *Bahan Ajar, Buku Ajar, Modul, Dan Panduan Praktik. Pendidikan*. Makassar: UNHAS, 2015.

Widana, I Wayan, Yoga Parwata, Ni Nyoman Parmithi, I Gusti Agung Trina Jayantika, Komang Sukendra, and I Wayan Sumandya. “Penilaian Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Menuju Kritis Berpikir Tentang Pelajaran Matematika” 2, no. 1 (2018): 24–32.

Widyaningrum, Putry, and Finicia Dwijayanti. “Pengembangan E-Modul Dengan Flipbook Maker KD 3.6 Menganalisis Perilaku Konsumen Alam Bisnis Ritel Kelas XI BDP Di Smk Negeri 2 Tuban.” *Tata Niaga (JPTN)* 9, no. 1 (2021): 1048–54.

Winarko, Adhin Setyo, Widha Sunarno, and Mohammad Masykuri. “Pengembangan Modul Elektronik Berbasis POEI (Prediksi, Observasi, Eksperimen, Interpretasi) Pada Materi Sistem Indera Kelas XI SMA Negeri Ponorogo.” *Bioedukasi* 6, no. 2 (2013): 58–75. <https://jurnal.uns.ac.id/bioedukasi/article/view/2652>.

Winarno, Widha Sunarno, and Sarwanto. “Pengembangan Modul IPA Terpadu Berbasis High Order Thinking Skill (HOTS) Pada Tema Energi.” *Jurnal Inkuiri* 4, no. 1 (2015): 82–91.  
<http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/sains>.

Young, Hugh D, Roger A Freedman, T R Sandin, and A Lewis Ford. *Fisika Universitas*. 10th ed. Jakarta: Erlangga, 2010.

Young, Hugh D, Sears, and Zemansky. *Fisika Universitas*. 10th ed. Jakarta, 2003.

Yuberti. “Peran Teknologi Pendidikan Dalam Perspektif Islam” xxx, no. xxxx (2015): 6.

Yuberti, and Antomi Saregar. *Pengantar Metodologi Penelitian Pendidikan Matematika Dan Sains*. Bandar Lampung: AURA, 2017.



- Yuliani, Afifah, Adhim, and Budi Jatmiko. "Penerapan Model Pembelajaran Guided Discovery Dengan Kegiatan Laboratorium Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X SMA Pada Materi Suhu Dan Kalor" 04, no. 03 (2015): 77–82.
- Yustiana, Sari, and Rida Fironika Kusumadewi. "Pegembangan Bahan Ajar Modul Berbasis CTL Sebagai Bagian Dari Pengembangan SSP." *Jurnal Kontekstual* 1, no. 02 (2020): 1–6.
- Yusuf, Yusfita, Ririn Setyorini, Rina Rachmawati, Sabar, and Ratna Yulis. *Call For Book Tema 3 Media Pembelajaran*. SBY Jawa Timur: CV Jakad Media Publishing, 2020.
- Zakariah, M Askari, Vivi Afriani, and M Zakariah. *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research and Development (RnD)*. Kolaka: Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah, 2020.
- Zulaiha, Fanni, and Dewi Kusuma. "Pengembangan Modul Berbasis STEM Untuk Siswa SMP." *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi* 6, no. 2 (2020): 246–55.  
<https://doi.org/10.29303/jpft.v6i2.2182>.