

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN GETARAN DAN GELOMBANG BERBASIS CODING DAN AI UNTUK MENINGKATKAN BERPIKIR KRITIS SISWA

Surya Paola Dinata^{1*}, Wawan Kurniawan², Cicyn Riantoni³

^{1,2,3}Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas
Jambi, Indonesia

*Corresponding Author: suryapauladinata21@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran tentang Getaran dan Gelombang berbasis Coding dan Artificial Intelligence dengan model inkuiri terstruktur untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian ini dilakukan di SMPS Xaverius 1 Jambi di kelas VIII B menggunakan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *Define*, *Design*, *Development*, dan *dessiminate*. Namun, tahap yang digunakan pada penelitian ini hanya sampai tahap *Development* (Pengembangan). Hal ini disebabkan karena penelitian difokuskan pada proses pengembangan dan uji kelayakan produk, bukan pada tahap implementasi secara luas. Tahap penyebarluasan memerlukan waktu dan cakupan yang lebih besar, termasuk proses penerapan produk pada berbagai sekolah atau subjek yang lebih beragam untuk menguji efektivitasnya secara luas. Selain itu, keterbatasan waktu penelitian, sumber daya, dan ruang lingkup penelitian juga menjadi pertimbangan. Data penelitian dikumpulkan melalui validasi ahli materi dan ahli media, persepsi guru dan siswa, serta tes kemampuan berpikir kritis *pre-test* dan *post-test* disatu kelas VIII. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase rata-rata dan perhitungan *N-Gain* untuk menentukan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Produk yang dihasilkan berupa modul cetak dan modul digital. Hasil validasi ahli materi dan ahli media masing-masing memperoleh skor 95,45% dengan kategori sangat valid. Persepsi guru terhadap modul mencapai 91,96% dan persepsi siswa sebesar 92,62% dengan kategori sangat baik. Hasil analisis *N-Gain* sebesar 0,67 menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam kategori sedang. Dengan demikian, modul yang dikembangkan dinyatakan sesuai dan efektif untuk digunakan sebagai media pembelajaran inovatif untuk mata pelajaran Getaran dan Gelombang di kelas VIII SMP.

Kata Kunci: *Coding, AI, Getaran, Gelombang, Berpikir Kritis*

ABSTRACT

This study aims to develop a learning module on Vibrations and Waves based on Coding and Artificial Intelligence with a structured inquiry model to improve students' critical thinking skills. This research was conducted at SMPS Xaverius 1 Jambi in class VIII B using a 4D development model that includes the Define, Design, Development, and Disseminate stages. However, the stages used in this study only reached the Development stage. This is because the research focused on the product development and feasibility testing process, not on the broad implementation stage. The dissemination stage requires more time and scope, including the process of implementing the product in various schools or more diverse

subjects to test its effectiveness broadly. In addition, the limitations of research time, resources, and scope were also taken into consideration. Research data were collected through validation by material experts and media experts, teacher and student perceptions, and pre-test and post-test critical thinking ability tests. Data analysis was carried out descriptively quantitatively using average percentages and N-Gain calculations to determine the improvement in students' critical thinking abilities. The resulting products are in the form of printed modules and digital modules. The validation results from material experts and media experts each obtained a score of 95.45%, categorized as very valid. Teachers' perceptions of the module reached 91.96% and students' perceptions were 92.62%, categorized as very good. The N-Gain analysis results of 0.67 indicated an increase in critical thinking skills in the moderate category. Thus, the developed module is declared appropriate and effective for use as an innovative learning medium for the subject of Vibrations and Waves in grade VIII of junior high school.

Keywords: Coding, AI, Wave, Vibration, Critical Thinking

PENDAHULUAN

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* atau *AI*) didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditunjukkan oleh suatu entitas buatan (Sargin & Gocen, 2021). *Artificial Intelligence* adalah suatu sistem kecerdasan yang diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Proses yang terjadi dalam *Artificial Intelligence* mencakup *learning*, *reasoning*, dan *self-correction*. Proses ini mirip dengan manusia yang melakukan analisis sebelum memberikan keputusan (Lubis, 2021). Perkembangan *AI* juga memiliki dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk pendidikan. Di era digital ini, *AI* telah memainkan peran penting dalam membantu siswa menghadapi tantangan belajar dan mencapai hasil belajar yang lebih baik. *AI* telah memberikan kontribusi penting terhadap perkembangan teknologi pendidikan, memungkinkan pembelajaran menjadi lebih personal dan efektif (Putri et al., 2023).

Menanggapi perkembangan global tersebut, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia merancang kebijakan integrasi koding dan *AI* dalam pendidikan dasar dan menengah. Inisiatif ini tertuang dalam naskah akademik tahun 2025 yang merekomendasikan pengembangan mata pelajaran pilihan untuk siswa kelas 5 s.d 6 SD dan jenjang SMP. Materi mencakup algoritma, logika pemrograman, pengolahan data, serta etika penggunaan teknologi, dengan alokasi waktu dua jam per minggu. Meskipun regulasi formal dalam bentuk peraturan menteri belum diterbitkan, program ini telah diujicobakan di sejumlah sekolah yang dianggap siap dari segi infrastruktur dan SDM (Kemendikdasmen, 2025). Namun, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada kesiapan kurikulum, strategi pembelajaran, dan ketersediaan infrastruktur digital yang memadai di tingkat satuan pendidikan.

Media pembelajaran merupakan salah satu komponen penting dalam proses pendidikan karena berfungsi sebagai sarana untuk menyampaikan pesan pembelajaran secara lebih efektif, menarik, dan mudah dipahami oleh peserta didik (Kemendikdasmen, 2025). Pengembangan modul pembelajaran merupakan strategi efektif untuk meningkatkan mutu pendidikan. Sebagai sumber belajar mandiri yang terorganisir, modul membantu siswa memahami konsep secara sistematis dan terstruktur (Syalsabilla & Samsul Arif, 2023). Secara sederhana, media pembelajaran dapat dipahami sebagai segala sesuatu yang

digunakan guru untuk membantu menyampaikan materi pelajaran, baik berupa gambar, teks, video, maupun alat peraga, agar siswa lebih mudah memahami isi pembelajaran. Salah satu materi yang membutuhkan bantuan media dalam pembelajaran adalah materi Fisika tentang getaran dan gelombang. Materi ini sering kali dianggap sulit oleh siswa karena bersifat abstrak, melibatkan konsep gerak periodik, amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, hingga perambatan energi.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru di SMP Xaverius 1 Jambi, diperoleh informasi bahwa siswa menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis dalam memahami materi getaran dan gelombang. Guru menyampaikan bahwa sebagian besar siswa masih kesulitan dalam membedakan konsep dasar materi getaran dan gelombang serta kesulitan dalam membedakan antara keduanya. Banyak siswa menganggap keduanya sama, padahal secara konsep getaran merupakan gerakan bolak-balik di sekitar titik keseimbangan, sedangkan gelombang adalah perambatan getaran yang membawa energi. Hasil tersebut diperkuat dengan angket observasi siswa dimana pemahaman siswa terhadap materi getaran dan gelombang masih rendah, yaitu sebesar 61,88%. Hal ini menunjukkan bahwa siswa belum sepenuhnya mampu mengaitkan konsep teoritis dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Sedangkan hasil wawancara dengan guru di SMPN 1 Kota Jambi menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis dalam mempelajari materi getaran dan gelombang. Guru menyampaikan siswa sering mengalami miskonsepsi, seperti menganggap getaran dan gelombang adalah hal yang sama. Kondisi ini juga dipengaruhi oleh lemahnya kemampuan literasi dan numerasi, sehingga siswa cenderung pasif, lebih banyak menghafal, dan kesulitan mengaitkan konsep dengan fenomena nyata. Hasil ini sejalan dengan observasi melalui angket siswa. Pada pemahaman materi sebesar 65,45%, yang menunjukkan bahwa proses berpikir tingkat tinggi, seperti menganalisis dan mengaitkan konsep, belum berkembang secara optimal. Berdasarkan hasil wawancara guru dan angket siswa di SMP Xaverius 1 Jambi serta SMPN 1 Kota Jambi, dapat disimpulkan bahwa sampai saat ini siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah dalam mempelajari materi getaran dan gelombang. Siswa sering mengalami miskonsepsi, sulit membedakan konsep dasar, serta cenderung pasif karena hanya menghafal tanpa menganalisis. Kondisi ini menunjukkan perlunya media pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif untuk menstimulasi serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Namun saat ini, pengembangan modul pembelajaran fisika khususnya pada materi getaran dan gelombang yang mengintegrasikan coding dan Artificial Intelligence (AI) secara bersamaan masih terbatas. Penelitian sebelumnya umumnya masih memanfaatkan media pembelajaran berbasis multimedia interaktif atau video pembelajaran dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa (D. Sari et al., 2021). Di sisi lain, penggunaan coding dalam pembelajaran lebih banyak difokuskan pada peningkatan computational thinking dan keterampilan pemrograman siswa tanpa mengintegrasikannya dengan teknologi AI (Anggraini et al., 2022). Sementara itu, pemanfaatan Artificial Intelligence dalam pendidikan cenderung digunakan sebagai sistem pembelajaran adaptif atau alat bantu analisis pembelajaran, namun belum banyak diintegrasikan secara langsung dengan aktivitas pemrograman siswa dalam konteks pembelajaran fisika (Hwang & Xie, 2022). Selain itu, penggunaan platform seperti *Teachable Machine* dan *Scratch* dalam pembelajaran di tingkat

SMP masih terbatas dan umumnya belum dikembangkan dalam bentuk modul pembelajaran yang sistematis serta belum secara spesifik diarahkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Pratama & H. Saputra, 2024).

Berdasarkan permasalahan yang ditemukan, peneliti mengajukan solusi berupa pengembangan modul pembelajaran getaran dan gelombang berbasis Coding dan AI menggunakan model pembelajaran inkuiri terstruktur. Modul ini mengintegrasikan pemanfaatan AI melalui *Teachable Machine* sebagai sarana pembelajaran berbasis pengenalan pola dan interaksi cerdas, serta penerapan koding menggunakan *Scratch* dengan fitur *PoseBlocks* untuk memvisualisasikan konsep getaran dan gelombang secara interaktif. Penggunaan *Teachable Machine* memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan sistem AI sederhana, sementara *Scratch PoseBlocks* membantu siswa memahami konsep Fisika melalui gerakan, simulasi, dan representasi visual yang konkret.

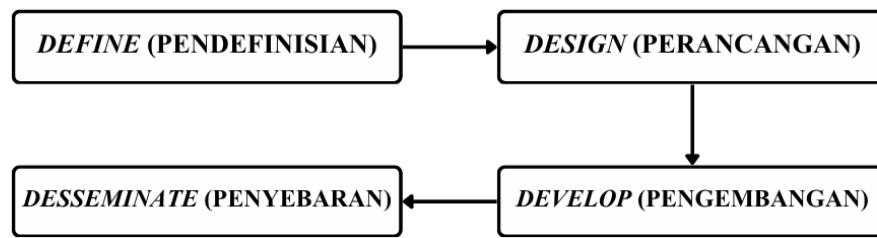
Solusi ini sejalan dengan tuntutan Kurikulum Merdeka serta Kurikulum *Coding* dan AI, di mana inovasi pembelajaran menekankan pentingnya penyediaan bahan ajar yang relevan dan mendukung kebutuhan peserta didik. Sebagaimana Mahmudah (2022), mengungkapkan guru memiliki kewajiban untuk mengembangkan media pembelajaran yang inovatif dan kreatif agar peserta didik dapat dengan baik menerima materi pelajaran. Keberhasilan dalam mencapai hasil yang memuaskan tergantung pada penggunaan media pembelajaran yang sesuai dan tepat. Kehadiran Kurikulum *Coding* dan AI semakin menegaskan pentingnya penguasaan kemampuan algoritmik, logika pemrograman, serta pemanfaatan teknologi cerdas dalam pembelajaran.

Oleh karena itu, pengembangan modul pembelajaran berbasis coding dan AI menjadi penting untuk dilakukan guna menjawab kebutuhan pembelajaran abad ke-21 serta mengatasi rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa pada materi getaran dan gelombang. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada integrasi penggunaan *Teachable Machine* dan *Scratch* berbasis *PoseBlocks* dalam bentuk modul pembelajaran fisika yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa secara lebih interaktif dan kontekstual.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Prosedur pengembangan pada penelitian R&D ini menggunakan model pengembangan *Four-D Model* (4D). Model pengembangan yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah model Thiagarajan. Model pengembangan 4-D terdiri atas 4 tahapan pengembangan, yaitu *define* (tahap pendefinisian), *design* (tahap perancangan), *develop* (tahap pengembangan) (Thiagarajan et al., 1976). Tahapan penelitian dan pengembangan dapat dilihat seperti Gambar 1.

Dalam penelitian ini, peneliti hanya melakukan tahap pengembangan dan tidak melanjutkan ke tahap penyebaran (*dessiminate*). Hal ini dikarenakan penelitian berfokus pada pengembangan produk dan proses pengujian kelayakan, bukan tahap implementasi yang meluas. Tahap diseminasi membutuhkan lebih banyak waktu dan ruang lingkup, termasuk proses penerapan produk di berbagai sekolah atau dengan mata pelajaran yang lebih luas untuk menguji efektivitasnya secara luas. Selain itu, keterbatasan waktu, sumber daya, dan ruang lingkup penelitian juga dipertimbangkan.



Gambar .1 Tahapan 4D

Sumber: (Romi Mesra, Veronike E. T Salem et al., 2023)

Penjelasan dari masing-masing tahapan 4D adalah sebagai berikut.

1. *Define* (Pendefinisian)

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan menetapkan dasar pengembangan modul pembelajaran getaran dan gelombang berbasis *coding* dan *Artificial Intelligence* (AI). Kegiatan meliputi analisis awal, analisis karakteristik siswa, analisis tugas, analisis konsep, dan perumusan tujuan pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan perlunya media pembelajaran interaktif berbasis teknologi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

2. *Design* (Perancangan)

Tahap ini melibatkan perancangan prototipe awal modul, termasuk pengembangan instrumen penelitian (lembar validasi, angket persepsi, dan pertanyaan tes kemampuan berpikir kritis), pemilihan media, pemformatan, dan desain produk awal. Modul ini mengintegrasikan simulasi berbasis Scratch yang terhubung ke Teachable Machine dalam kerangka kerja pembelajaran inkuiri terstruktur. Modul ini dikembangkan dalam format cetak dan digital untuk penggunaan yang fleksibel.

3. *Development* (Pengembangan)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan produk yang valid dan praktis melalui validasi ahli, revisi produk, dan uji coba terbatas. Modul ini divalidasi oleh ahlimateri dan ahli media untuk menilai kesesuaian konten, bahasa, presentasi, dan tampilan pada modul. Setelah revisi, modul ini diuji coba pada 23 siswa kelas VIII B SMP Xaverius 1 Jambi. Data dikumpulkan melalui kuesioner dan tes soal getaran dan gelombang *posttest* dan *pretest* untuk menilai kepraktisan dan efektivitas modul dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

1. Validasi Ahli, Persep Guru, dan Persepsi Siswa

Data validasi dianalisis menggunakan perhitungan rata-rata dan persentase untuk menentukan tingkat kelayakan modul. Skor ditetapkan menggunakan skala Likert 4 poin (1-4). Kriteria validitas modul untuk validasi ahli diadaptasi dari (Novita et al., 2024) dan disajikan dalam Tabel 1. Sementara itu, kriteria persepsi guru dan siswa diadaptasi (Fortuna et al., 2022) dan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. *Kriteria Validasi Modul*

No	Presentase	Kriteria
1	$81\% \leq P \leq 100\%$	Sangat Valid
2	$40\% \leq P \leq 80\%$	Berlaku
3	$21\% \leq P \leq 40\%$	Kurang Valid
4	$0\% \leq P \leq 20\%$	Tidak Valid

Kisi-kisi penilaian oleh ahli materi dan pakar media diadaptasi dari penelitian oleh (Rahmayani et al., 2022). Kuesioner validasi produk oleh ahli materi mencakup dua aspek utama yaitu kualitas isi, tujuan, pembelajaran dan kualitas pembelajaran. Isi dan tujuan meliputi indikator kesesuaian materi dengan Kompetensi Dasar (KD), kejelasan tujuan pembelajaran, kejelasan alur pembelajaran, kesesuaian materi, kejelasan penyajian materi dan relevansinya dengan kehidupan sehari-hari, kedalaman materi, kemudahan pemahaman, kualitas contoh pertanyaan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, dan kesesuaian penggunaan bahasa. Sementara itu, kualitas pembelajaran meliputi kejelasan instruksi penggunaan media, kesesuaian langkah-langkah pembelajaran inkuiri terstruktur, kesesuaian gambar dengan materi, ketersediaan alat interaksi antara guru dan siswa, serta dukungan untuk merdeka belajar. Kisi-kisi validasi ahli media oleh mencakup aspek integrasi, keseimbangan, bentuk font, dan bahasa. Integrasi mencakup kombinasi warna, kemudahan navigasi, dan kejelasan instruksi. Keseimbangan mencakup tata letak teks dan tata letak gambar. Aspek bentuk huruf meliputi kesesuaian jenis dan ukuran huruf, variasi ukuran dan jenis huruf, keterbacaan teks atau kalimat, warna huruf, dan warna latar belakang. Sementara itu, aspek linguistik meliputi akurasi bahasa dan akurasi kalimat.

Tabel 2. *Kriteria Persepsi Guru dan Siswa Terhadap Modul*

No	Presentase	Kriteria
1	76% - 100%	Sangat Baik
2	51% - 75%	Baik
3	26% - 50%	Tidak Baik
4	0% - 25%	Sangat Tidak Baik

Selanjutnya kisi-kisi kuesioner persepsi siswa diadaptasi dari penelitian oleh (Iskandar et al., 2022). Instrumen ini mencakup empat aspek penilaian: (1) Adaptif, menunjukkan bahwa modul mampu beradaptasi dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan kebutuhan pembelajaran; (2) *Self Contained*, artinya materi dalam modul disajikan secara komprehensif dalam satu unit sehingga dapat dipelajari tanpa memerlukan sumber lain; (3) *Stand Alone*, artinya modul dapat digunakan secara mandiri tanpa mengandalkan media pembelajaran lainnya; dan (4) *User Friendly*, artinya modul ini mudah digunakan, memiliki tampilan yang jelas, dan komunikatif. Sementara itu, kisi-kisi persepsi guru diadaptasi dari penelitian oleh (Maulina, Dinerti, 2021). Instrumen ini mencakup beberapa aspek penilaian, yaitu kemudahan bahasa yang dapat dipahami, kesesuaian materi dengan tema, kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, kesesuaian komponen dengan modul, kejelasan dan ketepatan deskripsi material, daya tarik kemasan, konsistensi format modul, kesesuaian orientasi masalah dengan bahan, daya tarik desain penutup, konsistensi

penggunaan spasi, kejelasan penulisan, keakuratan penempatan gambar, dan kesesuaian penggunaan variasi jenis, ukuran, dan bentuk huruf.

2. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Keterampilan berpikir kritis siswa dianalisis berdasarkan nilai tes esai berdasarkan indikator Tes Esai Berpikir Kritis *Ennis-Weir*. Rubrik penilaian soal dengan skor terdendah 0-4 tertinggi. Skor akhir kemudian dikonversi menjadi persentase dan dikategorikan sebagai sangat tinggi, tinggi, rendah, atau sangat rendah. Indikator keterampilan berpikir kritis siswa berikut diadaptasi dari (Tiruneh & Cock, 2017).

Tabel 3. *Kriteria Persepsi Guru dan Siswa Terhadap Modul*

Tes Esai Berpikir Kritis <i>Ennis-Weir</i>	Indikator
<i>Getting the point</i> (Menangkap inti permasalahan)	Kemampuan mengidentifikasi inti masalah atau pokok pikiran utama dalam suatu situasi/teks/soal.
<i>Identifying reasons and assumptions</i> (Mengidentifikasi alasan dan asumsi)	Kemampuan menemukan alasan yang mendukung klaim dan mengungkap asumsi.
<i>Stating one's point of view</i> (Menyatakan pandangan sendiri)	Kemampuan mengemukakan pendapat pribadi secara jelas dan relevan.
<i>Offering good reasons</i> (Memberikan alasan yang kuat)	Kemampuan menyajikan alasan relevan, logis, dan berbasis fakta/bukti untuk mendukung pendapat.
<i>Seeing other possibilities</i> (Melihat kemungkinan lain)	Kemampuan mempertimbangkan alternatif penjelasan atau pandangan lain.
<i>Responding appropriately to and/or avoiding argument weaknesses</i> (Menanggapi/menghindari kelemahan argumen)	Kemampuan menemukan kelemahan argumen dan memperbaikinya.

Perhitungan Presentase Skor berfungsi untuk mengubah skor menjadi bentuk persentase. Dengan cara ini, penilaian terhadap modul melalui angket yang diisi oleh validator, guru, maupun siswa dapat lebih mudah dianalisis, sehingga tingkat validitas, penerimaan, serta pengaruh modul terhadap berpikir kritis siswa dapat diukur secara jelas (Ardiyanti & Nuroso, 2021).

$$\text{Presentase Skor (P)} = \frac{\text{skor total}}{\text{skor maksimal}} \times 100 \%$$

Persentase yang dihasilkan kemudian dianalisis berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk menentukan apakah modul layak atau perlu direvisi. Kriteria tingkat kemampuan berpikir kritis siswa diadaptasi dari pembelajaran (Ardiyanti & Nuroso, 2021) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Persentase dan Kriteria Tingkat Kemampuan Berpikir Kritis Siswa*

No	Presentase	Kriteria
1	$81.25 \leq \text{Nilai} \leq 100$	Sangat tinggi
2	$62.50 < \text{Nilai} \leq 81.25$	Tinggi
3	$43.75 < \text{Nilai} \leq 62.50$	Rendah
4	$0 < \text{Nilai} \leq 43,75$	Sangat rendah

Untuk menentukan peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah menggunakan modul, tes N-Gain digunakan dengan rumus:

$$G = \frac{S_f - S_i}{S_{maks} - S_i}$$

Perhitungan *N-Gain* selanjutnya diinterpretasikan menurun, tetap, rendah, sedang, atau tinggi. Melalui teknik analisis ini, validitas, kepraktisan, dan efektivitas modul dapat diukur secara sistematis dan objektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan modul Getaran dan Gelombang Berbasis *Coding* dan *Artificial Intelligence* ini disajikan secara sistematis sesuai dengan tahapan model pengembangan 4D yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu *define* (Pendefinisian), tahap *design* (Perancangan), dan tahap *develop* (Pengembangan). Berikut uraian secara rinci proses dan capaian dari setiap tahapan pengembangan.

a) Tahap Define (Pendefinisian)

Tahap *define* dilakukan untuk menganalisis kebutuhan dan menetapkan syarat pengembangan modul pembelajaran getaran dan gelombang berbasis *coding* dan *Artificial Intelligence* (AI) menggunakan *Teachable Machine* dan *Scratch* dengan mempertimbangkan karakteristik peserta didik, tuntutan kurikulum, serta tujuan pembelajaran. Tahap ini meliputi lima analisis, yaitu *front-end analysis*, *learner analysis*, *task analysis*, dan *concept analysis*. Hasil *front-end analysis* menunjukkan bahwa guru belum menggunakan modul berbasis *coding* dan AI, serta siswa masih kesulitan membedakan konsep getaran dan gelombang akibat rendahnya literasi dan numerasi sehingga pembelajaran cenderung pasif. Sementara itu, *learner analysis* menunjukkan bahwa siswa antusias terhadap pembelajaran interaktif, lebih menyukai praktik langsung, familiar dengan teknologi digital seperti *Scratch* dan *Teachable Machine*, serta membutuhkan keterlibatan aktif, meskipun pemahaman konsep fisika masih bervariasi.

Pada *task analysis*, siswa melakukan kegiatan ilmiah seperti mengamati fenomena, membuat hipotesis, melakukan simulasi berbasis *coding* dan AI, mengolah serta menganalisis data, hingga mengevaluasi dan mengomunikasikan hasil untuk melatih berpikir kritis. Selanjutnya, *concept analysis* menunjukkan bahwa materi disusun sesuai Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka kelas VIII dengan cakupan konsep getaran, gelombang, dan bunyi pada tingkat pemahaman dan penerapan, serta didukung simulasi digital agar konsep abstrak lebih mudah dipahami. Berdasarkan analisis tersebut, tujuan pembelajaran dirumuskan agar peserta didik mampu memahami hubungan periode dan frekuensi,

membedakan jenis gelombang, serta memahami gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari dengan alokasi waktu 5 JP (3 pertemuan).

b) Tahap Design (Perancangan)

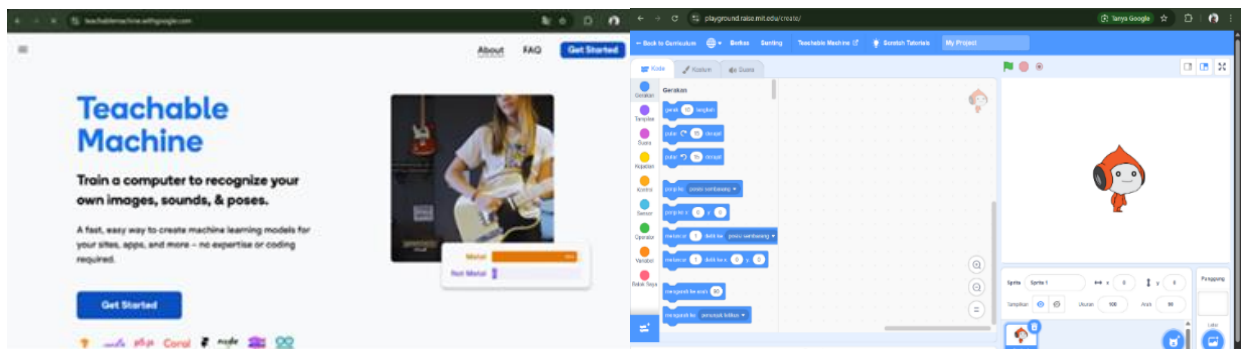
Tahap perancangan ini peneliti mulai merancang suatu media pembelajaran berbasis *coding* dan AI yang akan dikembangkan menggunakan *Teachable Machine* yang terhubung dengan Scratth pada mata pelajaran getaran dan gelombang. Kegiatan yang dilakukan pada tahap perancangan ini yaitu:

1. Menyusun tes kriteria (constructing criterion-referenced test)

Pada tahap ini disusun instrumen kriteria yang meliputi kuesioner untuk validasi ahli materi, ahli media, kuesioner persepsi guru dan siswa, serta pertanyaan pre-test dan post-test untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa. Instrumen ini dikembangkan berdasarkan kisi yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran dan isi modul.

2. Pemilihan Media (*media section*)

Media yang dipilih adalah simulasi berbasis *coding* menggunakan *Scratch* yang terintegrasi dengan *Teachable Machine*. *Scratch* dipilih karena memiliki tampilan visual yang sederhana dan mudah dipahami oleh siswa SMP, sedangkan *Teachable Machine* digunakan untuk mengintegrasikan elemen AI sehingga dapat menghubungkan aktivitas nyata dengan simulasi digital. Pemilihan media ini bertujuan untuk memvisualisasikan konsep abstrak getaran dan gelombang agar lebih konkret dan interaktif.



Gambar 2. Teachable Machine dan Scratth (*PoseBlock*)

Sumber: <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

3. Desain awal (initial design)

Hasil dari tahap ini berupa prototipe modul yang dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan dan desain media. Modul ini berisi lima kegiatan eksperimental berbasis pengkodean dan AI, yaitu: (1) Pengaruh panjang tali pada periode dan frekuensi, (2) Pengaruh sudut osilasi pada periode dan frekuensi, (3) Hubungan amplitudo dengan panjang gelombang dan cepat rambat pada gelombang, (4) Hubungan rapatan dan renggangan pada gelombang longitudinal, dan (5) Pengaruh amplitudo dan frekuensi pada gelombang suara. Berikut ini adalah contoh gambar modul pembelajaran getaran dan gelombang.



Gambar 4. Tampilan simulasi percobaan getaran dan gelombang

Prototipe dikembangkan dalam dua versi, yaitu versi cetak untuk pembelajaran konvensional dan versi digital menggunakan platform FlipHTML5 yang dilengkapi dengan fitur interaktif seperti video dan tautan simulasi. Prototipe ini divalidasi lebih lanjut dan direvisi pada tahap pengembangan. Berikut ini adalah desain modul pembelajaran getaran dan gelombang.



Gambar 5. Modul cetak getaran dan gelombang

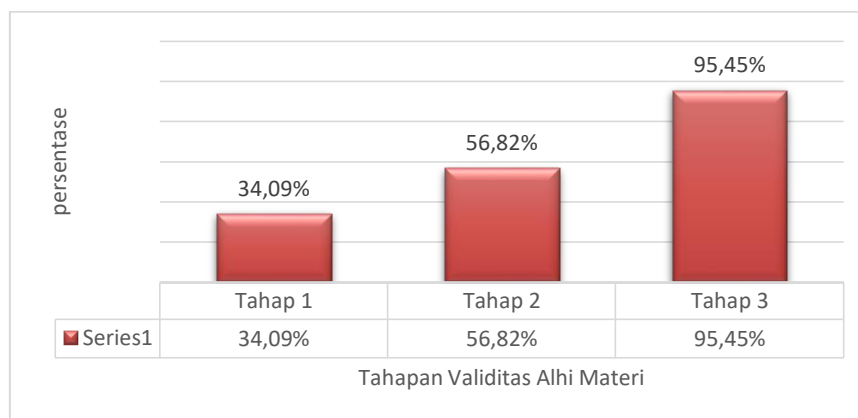


Gambar 5. E-Modul pembelajaran diakses melalui flipHTML5

c) Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan kelanjutan dari tahap perancangan yang bertujuan untuk menghasilkan produk awal berupa Draft I modul pembelajaran. Pada tahap ini, rancangan yang telah disusun dimodifikasi dan disempurnakan agar menghasilkan modul pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif. Masukan dan saran dari para ahli digunakan sebagai dasar revisi sehingga menghasilkan Draft II. Selanjutnya, Draft II diuji cobakan secara terbatas kepada siswa kelas VIII SMP Xaverius 1 Jambi untuk mengetahui kepraktisan dan efektivitas modul melalui angket guru dan siswa serta tes kemampuan berpikir kritis.

1. Validasi Ahli Materi



Gambar 6. Hasil Validasi Ahli Materi setiap Tahap

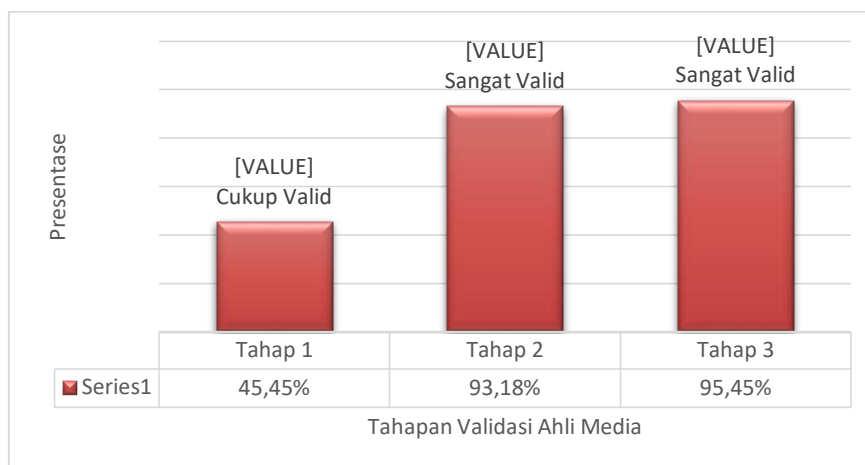
Hasil validasi ahli materi menunjukkan adanya peningkatan kualitas modul secara bertahap setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan validator. **Pada tahap 1** hasil penilaian yang masih berada pada kategori kurang valid karena modul mengindikasikan belum sepenuhnya memenuhi kriteria kelayakan. Beberapa indikator yang masih perlu diperbaiki meliputi kejelasan capaian pembelajaran, kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, kejelasan alur pembelajaran yang belum sepenuhnya mencerminkan sintaks model inkuiri terstruktur. Serta sarana interaksi antara guru dan siswa melalui modul ditingkatkan dengan penambahan pertanyaan-pertanyaan yang menarik dan bersifat memantik. Kondisi ini dapat terjadi karena pada tahap awal, penyusunan modul masih berfokus pada penyajian materi, namun belum sepenuhnya memperhatikan keterpaduan antara tujuan, materi, dan aktivitas pembelajaran. Hal ini sejalan dengan Nengsih & Febrina, (2021) yang menyatakan bahwa modul yang tidak dirancang secara sistematis dan tidak memperhatikan keterkaitan capaian pembelajaran dapat menyebabkan proses pembelajaran menjadi kurang efektif dan tidak terarah.

Setelah dilakukan perbaikan berdasarkan saran ahli materi, modul kemudian divalidasi kembali **pada tahap 2**. Perbaikan difokuskan pada penyusunan ulang capaian pembelajaran agar lebih jelas dan terarah, penyempurnaan materi agar lebih lengkap, serta penyesuaian materi dengan sumber yang buku khususnya untuk sekolah menengah pertama. Selain itu, materi juga dikembangkan agar lebih kontekstual dengan memberikan contoh getaran dan gelombang pada kehidupan sehari-hari, sehingga memudahkan siswa SMP dalam memahami konsep yang dipelajari. Pada indikator kualitas pembelajaran seperti contoh soal untuk meningkatkan berpikir kritis siswa. siswa akan menganalisis masalah, mengidentifikasi

inti masalah, membentuk hipotesis, dan belajar tentang cara dalam memecahkan masalah (Andrian, 2024). Pada tahap ini, diperoleh persentase kriteria cukup valid, namun masih memerlukan beberapa revisi agar modul semakin layak digunakan. Selanjutnya, dilakukan validasi **pada tahap 3** yang menghasilkan kriteria sangat valid, artinya modul telah memenuhi standar kelayakan modul dimana seluruh indikator, baik pada aspek kualitas isi dan tujuan maupun kualitas pembelajaran, telah terpenuhi dengan baik.

2. Validasi Ahli Media

Penilaian ahli media dalam penelitian ini didasarkan pada keterpaduan, keseimbangan, bentuk huruf dan bahasa yang diadaptasi dari pendapat (Rahmayani et al., 2022). Berikut merupakan gambar diagram hasil validasi ahli materi pada gambar 6.



Gambar 7. Hasil Validasi Ahli Materi setiap Tahap

Hasil validasi **pada tahap 1** memperoleh kriteria cukup valid. Berdasarkan saran dan komentar tahap pertama yang diberikan oleh ahli media, terdapat beberapa aspek yang perlu dilakukan perbaikan pada modul pembelajaran yang dikembangkan. Perbaikan tersebut meliputi pemilihan dan penggunaan warna pada modul, di mana warna yang digunakan sebaiknya saling serasi dan konsisten agar tampilan modul menjadi lebih menarik serta nyaman dibaca oleh pengguna. Selain itu, *Barcode* yang disertakan pada setiap kegiatan percobaan maupun contoh pembelajaran perlu menggunakan tautan yang dapat diakses dalam jangka waktu panjang atau bersifat permanen, sehingga tidak menghambat proses pembelajaran di kemudian hari. Hal ini sejalan Martadierja, (2025) dengan untuk penerapan warna pada media pembelajaran, perlu dipadukan dengan konsep unsur dan prinsip visual agar membangun sebuah wujud karya yang efektif, efisien dan sekaligus memiliki nilai estetika tinggi. Selain itu, penggunaan warna cerah dalam materi pembelajaran juga berpotensi meningkatkan motivasi belajar anak (Mourin et al., 2024).

Setelah dilakukan perbaikan berdasarkan saran ahli media, proses validasi dilanjutkan **pada tahap 2**. Hasil validasi pada tahap ini memperoleh kriteria sangat valid. Meskipun demikian, masih ditemukan satu aspek penting yang perlu mendapatkan perhatian dan perbaikan lebih lanjut. Aspek tersebut berkaitan dengan penggunaan *barcode* yang terdapat pada seluruh bagian modul. Ananta, (2025) mengatakan kode visual (*barcode*) memudahkan peserta didik mengakses materi pembelajaran secara mandiri dan cepat. Oleh karena itu, meskipun secara keseluruhan modul telah memenuhi kriteria kelayakan, tetap diperlukan perbaikan lanjutan pada tahap 3 agar modul yang dikembangkan dapat digunakan secara

lebih maksimal dan efektif dalam proses pembelajaran. Hasil validasi memperoleh kriteria sangat valid. artinya modul yang dikembangkan memenuhi standar modul dengan baik dan layak digunakan tanpa memerlukan revisi lebih lanjut.

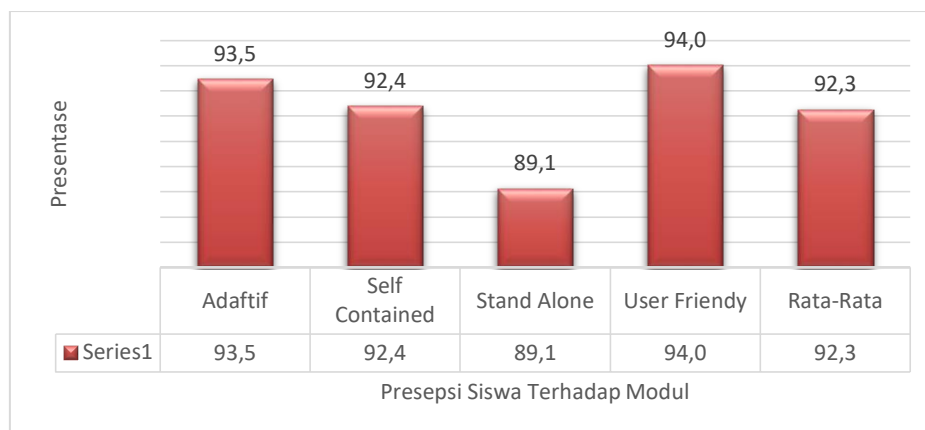
3. Uji Persepsi guru dan Persepsi Siswa

Uji persepsi guru dilakukan untuk mengetahui tanggapan guru terhadap kualitas modul pembelajaran getaran dan gelombang berbasis *coding* dan kecerdasan buatan (AI) yang dikembangkan. Penilaian persepsi guru mencakup aspek kebahasaan, kesesuaian materi, kelengkapan komponen modul, serta kualitas tampilan dan penyajian media pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian, rata-rata persentase yang diperoleh sebesar 91,96% dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar yang efektif digunakan dalam pembelajaran.

Pada indikator kemudahan bahasa yang dapat dipahami memperoleh nilai 87,5% dengan kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam modul sudah komunikatif, mudah dipahami, dan tidak menimbulkan ambiguitas bagi peserta didik maupun guru. Penggunaan bahasa yang jelas dan sederhana memudahkan siswa dalam memahami isi materi yang disajikan. Indikator kesesuaian materi dengan tema memperoleh nilai 100% dengan kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam modul telah relevan dengan tema pembelajaran yang diangkat serta sesuai dengan konteks pembelajaran. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian Lastri, (2023) menyatakan bahwa modul pembelajaran memiliki bahasa yang komunikatif sehingga memudahkan siswa dalam mempelajari materi pelajaran. Selain itu, bahan ajar yang baik harus menggunakan bahasa yang jelas agar pesan pembelajaran dapat tersampaikan secara efektif.

Pada indikator kecermatan uraian materi memperoleh nilai 87,5% dengan kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan cukup akurat dan sesuai dengan konsep yang benar. Indikator kesesuaian orientasi masalah dengan materi memperoleh nilai 75% dengan kriteria baik. Hal ini menunjukkan bahwa orientasi masalah dalam modul sudah cukup sesuai dengan materi, namun masih dapat ditingkatkan agar lebih kontekstual dan lebih mendukung pemahaman siswa.

Secara keseluruhan, hasil penilaian menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memperoleh rata-rata 91,96% dengan kategori sangat baik, sehingga modul layak digunakan sebagai bahan ajar dalam proses pembelajaran serta mampu mendukung peningkatan pemahaman dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. **Uji Persepsi siswa** menjadi indikator penting dalam menilai kualitas, kemenarikan, dan kemudahan penggunaan modul pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian persepsi siswa dilakukan terhadap empat aspek utama, yaitu *adaptif*, *self contained*, *stand alone*, dan *user friendly*. Hasil rekapitulasi persepsi siswa disajikan pada gambar 7.



Gambar 8. Grafik Presentase Persepsi Siswa

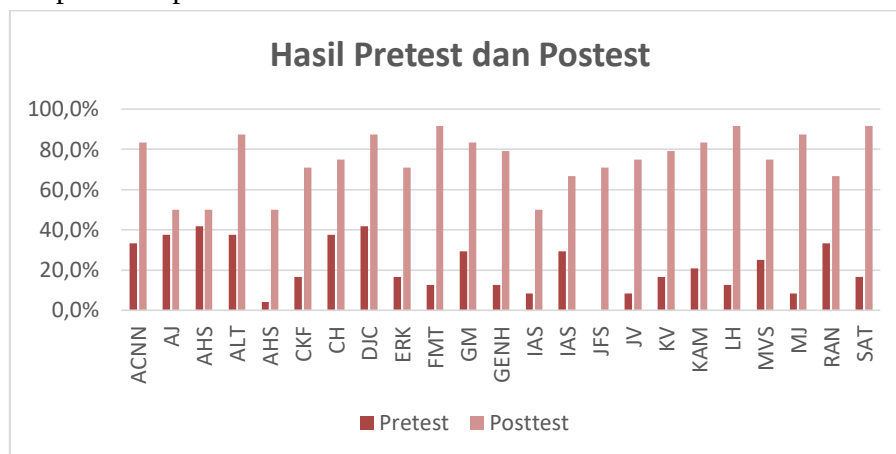
Berdasarkan data pada gambar 8, secara keseluruhan modul pembelajaran memperoleh penilaian dengan kriteria sangat baik. Rata-rata penilaian pada aspek *adaptif* mendapatkan presentase kriteria sangat baik yang menunjukkan modul dinilai mampu menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta kebutuhan pembelajaran siswa. Materi getaran dan gelombang disajikan sesuai dengan perkembangan teknologi terkini dan terintegrasi dengan penggunaan coding dan kecerdasan buatan. Pembelajaran berbasis *coding* dan *AI* membantu siswa lebih memahami konsep getaran dan gelombang, serta contoh kegiatan dalam modul dinilai relevan dengan kehidupan nyata dan dunia digital.

Pada aspek *self contained*, memperoleh rata-rata presentase kriteria sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa modul telah menyajikan materi secara lengkap dalam satu kesatuan. Modul memuat penjelasan konsep, contoh, latihan, serta panduan coding yang saling melengkapi, sehingga siswa dapat mempelajari materi tanpa harus bergantung pada sumber belajar lain. Materi disusun secara runtut, mulai dari pengenalan konsep fisika hingga penerapannya melalui aktivitas coding dan *AI*.

Selanjutnya, aspek *stand alone* memperoleh rata-rata presentase kriteria sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa modul dapat digunakan secara mandiri oleh siswa tanpa memerlukan media tambahan secara signifikan. Meskipun terdapat beberapa siswa yang memberikan penilaian pada kategori baik, secara umum modul telah memenuhi karakteristik sebagai bahan ajar yang berdiri sendiri.

Aspek *user friendly* memperoleh rata-rata persentase tertinggi dibandingkan aspek lainnya, yaitu sebesar 94,89% dengan kriteria sangat baik. Modul dinilai mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, serta bahasa yang komunikatif dan mudah dipahami. Gambar, diagram, dan hasil coding yang disajikan membantu siswa dalam mengamati, menganalisis, serta memahami fenomena getaran dan gelombang, sekaligus meningkatkan motivasi siswa untuk berpikir kritis dalam pembelajaran fisika. Hal ini sejalan dengan pendapat Putro et al., (2024) yang menyatakan bahwa modul yang baik harus memiliki karakteristik *self instruction* yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri, *self contained* yang memuat materi secara lengkap dalam satu kesatuan, *stand alone* yang dapat digunakan tanpa bergantung pada bahan ajar lain, *adaptif* terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta *user friendly* dengan bahasa, tampilan, dan instruksi yang mudah dipahami oleh peserta didik.

4. Uji Kemampuan Berpikir Kritis Siswa



Gambar 9. Grafik Pre-test dan Post-test Siswa

Berdasarkan data grafik menunjukan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah diberikan pembelajaran menggunakan modul getaran dan gelombang berbasis *coding* dan *AI*. Berdasarkan hasil analisis, rata-rata nilai *pre-test* berada pada kategori rendah, sedangkan pada *post-test* mengalami peningkatan yang signifikan dengan kebanyakan siswa berada pada kategori kritis. Pada tahap *pretest*, sebagian besar siswa memperoleh skor yang masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Nilai *pretest* umumnya berada pada rentang sekitar 5%–42%, yang menunjukkan bahwa sebelum intervensi pembelajaran, pemahaman dan kemampuan berpikir kritis siswa terhadap materi getaran dan gelombang masih terbatas. Beberapa siswa seperti CKF, FMT, MJ, dan IAS bahkan memperoleh nilai di bawah 20%, yang mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi inti permasalahan, memberikan alasan yang logis, maupun mengevaluasi argumen.

Setelah diberikan perlakuan menggunakan modul pembelajaran berbasis inkuiri terstruktur, terjadi peningkatan yang sangat jelas pada hasil posttest. Skor posttest siswa berada pada rentang sekitar 50%–92%, dengan sebagian besar siswa mencapai kategori sangat tinggi, tinggi dan rendah. Siswa yang mencapai kategori Sangat kritis dan tinggi berjumlah 19 orang yang memiliki nilai $62,50 < \text{Nilai} \leq 100,00$. Jika dikaitkan dengan indikator berpikir kritis menurut *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test*, peningkatan ini mencerminkan berkembangnya kemampuan siswa dalam menangkap inti permasalahan, mengidentifikasi alasan dan asumsi, menyatakan pendapat secara jelas, memberikan alasan yang berbasis bukti, mempertimbangkan alternatif kemungkinan, serta mengevaluasi kelemahan argumen. Hal ini sejalan dengan Rahmawati, (2025) dalam pembelajaran IPA, berpikir kritis berkembang ketika siswa diajak mempertanyakan, mengeksplorasi, menyelidiki data, dan menyimpulkan berdasarkan fakta atau pengamatan.

Peningkatan yang terjadi dalam penelitian ini juga memperlihatkan bahwa model inkuiri terstruktur memberikan ruang bagi siswa untuk aktif mengeksplorasi, menganalisis data, serta menyusun alasan yang logis. Hal ini diperkuat oleh Sari et al., (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena siswa terlibat langsung dalam proses penyelidikan dan penarikan kesimpulan secara sistematis. Integrasi media digital dalam pembelajaran juga mendukung perkembangan berpikir kritis, terutama dalam aspek argumentasi dan evaluasi.

Namun demikian, terdapat 4 siswa yang berada pada kategori rendah dengan nilai posttest sebesar 50%. Meskipun keempat siswa tersebut mengalami peningkatan dibandingkan hasil pretest, capaian tersebut menunjukkan bahwa perkembangan kemampuan berpikir kritis mereka belum mencapai kategori tinggi. Peningkatan yang terjadi masih berada pada tahap dasar, sehingga kemampuan dalam menganalisis permasalahan secara mendalam, menyusun alasan berbasis bukti, serta mengevaluasi argumen belum berkembang secara optimal.

Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, Berdasarkan hasil penelitian Suprani, (2016) peningkatan kemampuan berpikir kritis sangat dipengaruhi oleh keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, kesiapan awal, serta konsistensi latihan dalam menyelesaikan soal berbasis analisis. Siswa dengan kemampuan awal yang rendah cenderung membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai kategori berpikir kritis yang lebih tinggi karena masih beradaptasi dengan pola pembelajaran yang menuntut argumentasi dan penalaran mendalam. Selain itu (Anwar, 2023) menjelaskan bahwa faktor internal seperti motivasi belajar, kepercayaan diri dalam mengemukakan pendapat, serta kemampuan memahami konsep dasar sangat berpengaruh terhadap perkembangan berpikir kritis. Siswa yang belum terbiasa menyusun alasan berbasis bukti atau mengevaluasi argumen secara sistematis akan menunjukkan peningkatan yang lebih lambat dibandingkan siswa dengan kesiapan konseptual yang lebih baik.

Mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa secara keseluruhan, dilakukan analisis menggunakan N-Gain. Perhitungan ini bertujuan untuk mengukur besarnya peningkatan skor rata-rata siswa setelah pembelajaran dibandingkan dengan kemampuan awal yang dimiliki. Menggunakan rumus N-Gain sebagai berikut. Berdasarkan kriteria N-Gain, nilai 0,67 termasuk dalam kategori sedang ($0,30 \leq G < 0,70$) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah penerapan modul pembelajaran. Temuan ini mengindikasikan bahwa modul yang dikembangkan cukup efektif dalam membantu meningkatkan pemahaman konsep sekaligus keterampilan berpikir kritis siswa, meskipun peningkatannya belum mencapai tingkat yang optimal.

Peningkatan tersebut tetap memiliki makna yang positif, mengingat berpikir kritis merupakan kemampuan kognitif yang memungkinkan individu untuk menelaah bukti secara cermat, mengidentifikasi asumsi, serta mengevaluasi logika yang melandasi suatu gagasan atau argumen. Keterampilan ini menjadi aspek penting dalam proses pembelajaran karena berperan sebagai dasar bagi siswa dalam menyelesaikan permasalahan secara rasional dan sistematis. Sebagaimana dinyatakan oleh (Nasution, 2018), penguatan kemampuan berpikir kritis sangat diperlukan sebagai bekal siswa dalam menghadapi dan memecahkan berbagai persoalan secara efektif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, modul pembelajaran getaran dan gelombang berbasis coding dan Artificial Intelligence (AI) dengan model inkuiri terstruktur dinyatakan layak dan efektif digunakan. Hasil validasi menunjukkan peningkatan kualitas yang signifikan setelah proses revisi. Validasi ahli materi meningkat dari 34,09% (kurang valid) menjadi 95,45% (sangat valid), sedangkan validasi ahli media meningkat dari 45,45% menjadi 95,45% (sangat valid). Hal ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi kelayakan dari segi isi dan tampilan.

Persepsi guru terhadap modul memperoleh nilai rata-rata 91,96% dengan kriteria sangat baik, sedangkan persepsi siswa juga menunjukkan kategori sangat baik pada seluruh aspek, yaitu adaptif, self-contained, stand alone, dan user friendly. Hal ini menunjukkan bahwa modul menarik, mudah digunakan, dan sesuai dengan kebutuhan siswa.

Selain itu, hasil analisis kemampuan berpikir kritis siswa menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan, dengan nilai rata-rata pretest sebesar 21,7% meningkat menjadi 74,6% pada posttest. Nilai N-Gain sebesar 0,68 termasuk dalam kategori sedang, yang menunjukkan bahwa modul cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Meskipun demikian, peningkatan belum merata pada seluruh siswa sehingga masih diperlukan latihan dan pendampingan lebih lanjut. Secara keseluruhan, modul pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan layak dan efektif serta berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika di tingkat SMP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak-pihak yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, Galih, B. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran IPAS Flashcard Barcode Untuk Meningkatkan Hasil Belajar SD Negeri Sadeng 02 Semarang. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(September), 638–655.
- Andrian, E. (2024). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan Sosial Indonesia*, 2(1), 9–21. <https://doi.org/10.62238/jurnalpendidikansosialindonesia.v2i1.69>
- Anggraini, F., Kurniawan, D. A., & A, A. (2022). Pengaruh pembelajaran berbasis Scratch terhadap kemampuan computational thinking siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 345–354.
- Anwar, I. (2023). Peningkatan Berpikir Kritis Siswa Smp Dalam Pembelajaran IPA Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 3(01), 145–151.
- Ardiyanti, F., & Nuroso, H. (2021). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas Xi Mipa Dalam Pembelajaran Fisika. *Karst: JURNAL PENDIDIKAN FISIKA DAN TERAPANNYA*, 4(1), 21–26. <https://doi.org/10.46918/karst.v4i1.945>
- Fortuna, T. D., Risdianto, E., & Hamdani, D. (2022). Persepsi Guru Dan Siswa Terhadap Keterbacaan E-Modul Alat-Alat Optik Berbantuan Mind Mapping Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kota Bengkulu. *Amplitudo: Jurnal Ilmu Pembelajaran Fisika*, 2(1), 19–24. <https://ejournal.unib.ac.id/jipf/article/download/25368/11277>
- Hwang, G. J., & Xie, H. (2022). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 1–27.
- Iskandar, D., Zuwerni, Z., & Sofyan, S. (2022). Pengembangan E-Modul Pelatihan Aplikasi Google Workspace For Education Untuk Penguatan Kompetensi Literasi Digital Guru MTs. *Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 3(2), 1005–1018. <https://doi.org/10.38035/jmpis.v3i2.1268>
- Kemendikbudristek. (2022). Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Fase D. In *Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Badan Standar, Kurikulum, dan*

- Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi* (Vol. 3).
- Kemendikdasmen. (2025). *Naskah akademik pembelajaran koding dan kecerdasan artifisial pada pendidikan dasar dan menengah*. (Vol. 17). Pusat Kurikulum dan Pembelajaran & Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia.
- Lastri, Y. (2023). *Pengembangan Dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul Dalam Proses Pembelajaran*. 3, 1139–1146.
- Lubis, M. S. Y. (2021). Implementasi Artificial Intelligence Pada System Manufaktur Terpadu. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 4(1), 1–7. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/4134>
- Mahmudah, M. (2022). Korelasi Media Dan Sumber Pembelajaran Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *PROGRESSA: Journal of Islamic Religious Instruction*, 6(2), 105–113. <https://doi.org/10.32616/pggr.v6.2.425.105-113>
- Martadierja, S. (2025). Penerapan Teori Warna pada Media Pembelajaran bagi Guru MTS Panca Mukti Bengkulu Tengah MTs Panca Mukti terletak di Desa Panca Mukti Kecamatan Pondok Kelapa. *Jurnal Abdimas Serawai*, 5(APRIL), 1–12.
- Maulina, Dinerti, D. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Kolase Berbasis Pemanfaatan Daur Ulang Sampah Pada Pembelajaran Tema 2 Subtema 3 S Iswa Kelas I Sekolah Dasar Swasta. *Jurnal Pendidikan MINDA*, 3(1), 32–42.
- Mourin, L., Gunta, A. B., Naafi, I., & Putri, A. (2024). Ekplorasi Pengaruh Warna Terhadap Perkembangan Psikologi dan Mental Anak di SDN Kalirungkut 1 Surabaya. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(December), 158–161.
- Nasution, sari wahyuni. (2018). Penerapan Model Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Education and Development*, 3(1), 1–5.
- Nengsih, D., & Febrina, W. (2021). Pengembangan modul ajar kurikulum merdeka. *Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Pelatihan*, 8(137).
- Novita, N., Ginting, F. W., Zahara, S. R., Zahara, S. R., Muliani, M., & Ulfa, R. (2024). Pengembangan Modul Getaran Harmonis Berbasis Pjbl Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 176–186. <https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.4166>
- Pratama, R. D., & H. Saputra. (2024). Pemanfaatan Scratch dalam pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir siswa. *Jurnal Pendidikan Informatika*, 9(1), 15–23.
- Putri, V. A., Carissa, K., Sotyardani, A., & Rafael, R. A. (2023). Peran Artificial Intelligence dalam Proses Pembelajaran Mahasiswa di Universitas Negeri Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional*, 615–630.
- Putro, S. G., Zahrotin, A., & Al Islami, A. A. (2024). Analisis E-Modul Berbasis Flipbook Terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa pada Materi Cahaya di SMPN 1 Bringin. *Jurnal Media Akademik (Jma)*, 2(7), 1–14.
- Rahmawati, E. (2025). Identifikasi Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran. *Jurnal Pemikiran Pendidikan*, 31(2), 258–266. <https://doi.org/10.30587/didaktika.v31i2.10034>
- Rahmayani, R., Anwar, R. B., & Vahlia, I. (2022). Pengembangan Modul Matematika Berbasis Pendekatan Kontekstual Disertai Qr Code Pada Materi Logaritma. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), 224. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4703>
- Romi Mesra, Veronike E. T Salem, M. G. M., Polii, Yoseph Daniel Ari Santie, N. M. R., Wisudariani, Sarwandi, Ratih Permana Sari, R., Yulianti, Adrianus Nasar, Yasinta Yenita D, N. P., & Santiari, L. (2023). Research & Development Dalam Pendidikan. In

- M. Jannah (Ed.), *PT. Mifandi Mandiri Digital*.
- Sargin, A., & Gocen, A. (2021). *for Children Artificial Intelligence 1*. Manning Publications.
- Sari, D. ., Widodo, & Sumarno. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Multimedia untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 17(2), 120–128.
- Sari, P. P., Handoyo, E., Widiarti, N., & Yuwono, A. (2025). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sd Melalui Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Menggunakan Model Project Based Learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 10.
- Suprani. (2016). Upaya meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa menggunakan bahan ajar berbasis integrasi interkoneksi. *Jurnal Devirat*, 3(2).
- Syalsabilla, A., & Samsul Arif. (2023). Pengembangan Modul Ajar Kurikulum Merdeka Matematika Smkn Winongan. *Jurnal Pembelajaran Dan Pengembangan Matematika*, 3(2), 180–191. <https://doi.org/10.36733/pemantik.v3i2.7064>
- Thiagarajan, Sivasailam, & Others. (1976). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. *Journal of School Psychology*, 14(1), 75. [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Tiruneh, D. T., & Cock, M. De. (2017). Measuring Critical Thinking in Physics : Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education (IJSME)*, 663–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>
- Yuningsih, Suandi, R. (2025). Integrasi Pendidikan Karakter Dalam Pengembangan Modul Ajar Bahasa Indonesia Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Cerota Fantasi. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Bahasa*, 14(2).