Pengembangan Modul Ajar Terintegrasi STEAM-PBL pada Materi Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

Dian Pertiwi Rasmi[1], Roiman Alexander Silitonga[2], Menza Hendri[3]
[1,2,3]Universitas Jambi, Indonesia
E-mail: dianrasmi@unja.ac.id

Article Info
Article History
Received: 2025-04-15
Revised: 2025-05-21
Published: 2025-06-02

Keywords:
Teaching Module;
STEAM;
PBL;
Critical Thinking Skills;
Dynamic Fluids.

Abstract
This study aims to develop and see the feasibility and perception of STEAM-PBL integrated teaching modules to improve students' critical thinking skills in dynamic fluid material. The research method used is Research and Development or R&D and the Four-D (4-D) development model, consisting of defining, designing, developing and disseminating. This research was only carried out until the development stage and focused on seeing the feasibility and perceptions of students towards teaching modules. This teaching module development research was conducted at SMA N 12 Jambi City. The results of this development research are in the form of STEAM-PBL integrated teaching module products on dynamic fluid material. The feasibility and perception of the teaching modules developed can be seen in the following details, material validation by validator I: 97.69% and validator II: 96.92% with the material feasibility category of "Very Feasible", media validation by validator I: 94% and validator II: 90% with the media feasibility category of "Very Feasible", and teaching module validation by validator I: 97.24% and validator II: 97.93% with the module feasibility category, namely "Very Feasible", and the perception (response) of students has a percentage of 81.4% with the category "Very Interesting". It can be concluded that the teaching module is suitable for use in physics learning activities to improve students' critical thinking skills.

Artikel Info
Sejarah Artikel
Diterima: 2025-04-15
Direvisi: 2025-05-21
Dipublikasi: 2025-06-02

Kata kunci:
Modul Ajar;
STEAM;
PBL;
Kemampuan Berpikir Kritis;
Fluida Dinamis.

Abstrak
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan melihat kelayakan dan persepsi terhadap modul ajar terintegrasi STEAM-PBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi fluida dinamis. Metode penelitian yang digunakan yaitu Research and Development atau R&D dan model pengembangan Four-D (4-D), terdiri atas pendefinisian (define), perancangan (design), pengembangan (development) dan penyebaran (disseminate). Penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap pengembangan (development) dan fokus untuk melihat kelayakan serta persepsi peserta didik terhadap modul ajar. Penelitian pengembangan modul ajar ini dilakukan di SMA N 12 Kota Jambi. Hasil penelitian pengembangan ini berupa produk modul ajar terintegrasi STEAM-PBL pada materi fluida dinamis. Kelayakan serta persepsi terhadap modul ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada rincian berikut, validasi materi oleh validator I: 97,69% dan validator II: 96,92% dengan kategori kelayakan materi yaitu "Sangat Layak", validasi media oleh validator I: 94% dan validator II: 90% dengan kategori kelayakan media yaitu "Sangat Layak", dan validasi modul ajar oleh validator I: 97,24% dan validator II: 97,93% dengan kategori kelayakan modul yaitu "Sangat Layak", dan persepsi (tanggapan) peserta didik memiliki persentase sebesar 81,4% dengan kategori "Sangat Menarik". Dapat disimpulkan bahwa modul ajar sudah layak untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

I. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika merupakan suatu proses interaksi antara pendidik dan peserta didik dengan bantuan berbagai sumber belajar yang berfokus pada ilmu fisika atau ilmu pasti (Winarti et al., 2021). Menurut Ayu Aprilia et al., (2022), pembelajaran fisika adalah suatu mekanisme interaksi guru dan peserta didik dalam pembelajaran yang berkaitan dengan alam dan gejalanya yang terdiri dari penguasaan konsep, hukum, teori, prinsip serta penerapan fisika dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mencapai tujuan pembelajaran fisika secara optimal, perlu disesuaikan dengan arah dan tuntutan kurikulum yang ada.

Kurikulum berperan penting sebagai pedoman dalam merancang dan mengarahkan pembelajaran fisika agar sesuai dengan kompetensi yang diharapkan pada setiap jenjang. Tetapi sistem pendidikan di Indonesia

mengalami banyak perubahan, salah satunya adalah perubahan kurikulum (Aulya et al., 2024). Perubahan yang terjadi yaitu kurikulum 2013 yang menjadi kurikulum merdeka. Menurut Gumilar et al., (2023), kurikulum merdeka merupakan kurikulum yang mengutamakan kebebasan, inovasi, dan kemampuan penyesuaian diri peserta didik. Kurikulum merdeka memiliki tujuan agar peserta didik mampu beradaptasi dan bersaing dalam perkembangan abad ke-21. Pembelajaran fisika pada kurikulum merdeka berpotensi tinggi untuk mengembangkan keterampilan individual dan kelompok peserta didik pada perkembangan abad 21. Annisa et al., (2023), menyebutkan keterampilan yang diperlukan dalam pembelajaran disekolah yaitu 4 C antara lain yaitu *creative thinking, critical thinking and problem solving, communication and collaboration.*

Fajrin et al., (2024) mengatakan bahwa sebagai langkah mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di Sekolah Penggerak, pemerintah menyediakan buku panduan bagi guru serta buku teks untuk siswa, baik dalam bentuk cetak maupun digital. Buku tersebut dilengkapi dengan berbagai aktivitas yang dirancang untuk mendorong siswa dalam mengeksplorasi pembelajaran dengan bimbingan guru. Namun kenyataannya, buku panduan guru dan teks untuk siswa masih terdapat kekurangan seperti materi pada buku teks siswa yang diberikan pemerintah masih sangat umum (Fajrin et al., 2024).

Permasalahan tersebut membuat guru harus lebih bijak dalam memberi bahan ajar yang bagus. Salah satu perangkat ajar yang ada pada kurikulum sekarang yaitu modul ajar. Menurut Salsabilla et al., (2023), modul ajar adalah salah satu bagian dari perangkat pembelajaran yang dirancang berdasarkan kurikulum yang berlaku dan diterapkan untuk mencapai standar kompetensi yang telah ditetapkan. Modul ini berfungsi sebagai panduan utama bagi guru dalam merancang serta melaksanakan proses pembelajaran secara sistematis dan efektif. Oleh sebab itu, penyusunan modul pembelajaran merupakan keterampilan mengajar yang harus dikembangkan oleh guru agar metode pengajaran di kelas menjadi lebih efektif dan efisien, serta materi yang disampaikan tetap selaras dengan tujuan pendidikan (Amelia, 2024).

Namun perubahan perangkat pembelajaran kurikulum 2013 yaitu rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) menjadi modul ajar menjadi suatu masalah yang penting bagi para guru di sekolah. Menurut Maulida, (2022), masih banyak guru yang belum memahami penyusunan dan mengembangkan modul ajar, terutama pada kurikulum merdeka yang mengutamakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Guru mengalami kesulitan seperti menentukan metode dan strategi serta model yang tepat bagi anak untuk aktif dalam proses pembelajaran (Zulaiha et al., 2022). Kurangnya pemahaman guru dalam menyusun dan mengembangkan modul ajar turut berkontribusi terhadap munculnya berbagai tantangan dalam pelaksanaan pembelajaran, terutama pada mata pelajaran dengan konsep yang kompleks seperti fisika yang memerlukan pemahaman kuat dalam mempelajarinya. Hal ini menuntut siswa untuk mengembangkan keterampilan abad 21 khususnya keterampilan berpikir kritis agar dapat memahami dan menganalisis konsep-konsep fisika secara lebih mendalam.

Siswono (2018) dalam Amaliyah et al., (2023), menyebutkan berpikir kritis merupakan proses berkelanjutan dalam merumuskan kesimpulan sebagai dasar pengambilan keputusan yang logis terkait dengan sesuatu yang dianggap dapat dipercaya dan diterapkan. Jadi, tantangan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada konsep yang abstrak dan kompleks seperti fluida dinamis, menuntut siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Sayangnya, kualitas pendidikan di Indonesia masih didominasi dengan pendekatan *teacher-centered*, di mana siswa berperan sebagai penerima informasi secara pasif. Akibatnya, kemampuan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah (Dilla, 2023).

Zulfa et al., (2022) berpendapat bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan yang penting bagi peserta didik. Namun, terdapat beberapa faktor yang menghambat perkembangan berpikir kritis dalam dunia pendidikan. Faktor pertama adalah luasnya cakupan materi pembelajaran yang harus disampaikan sesuai dengan kurikulum yang ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini membuat guru lebih berfokus pada penyelesaian seluruh materi daripada mendorong pemikiran kritis siswa. Faktor kedua adalah metode pembelajaran yang masih berpusat pada guru, di mana dalam proses belajar mengajar, guru lebih aktif sementara siswa menjadi pasif.

Tantangan dalam penyusunan dan pengembangan modul ajar untuk mengembangkan keterampilan abad 21, khususnya kemampuan berpikir kritis menunjukkan perlunya inovasi dalam pendekatan pembelajaran, salah satunya dapat dilakukan dengan menerapkan model dan

pendekatan pembelajaran yang sesuai dan berbasis konteks. Menurut Lestari, (2021), model pembelajaran abad 21 yang fokus pada pengembangan *soft skills* peserta didik adalah model STEAM, yang mencakup Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika. Dalam pendekatan pembelajaran ini, siswa diajak untuk memahami keterkaitan antara berbagai bidang ilmu, yaitu sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika. Dengan demikian, peserta didik memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang hubungan antar disiplin ilmu serta mengembangkan keterampilan yang diperlukan di abad 21 melalui pengalaman belajar yang lebih terintegrasi.

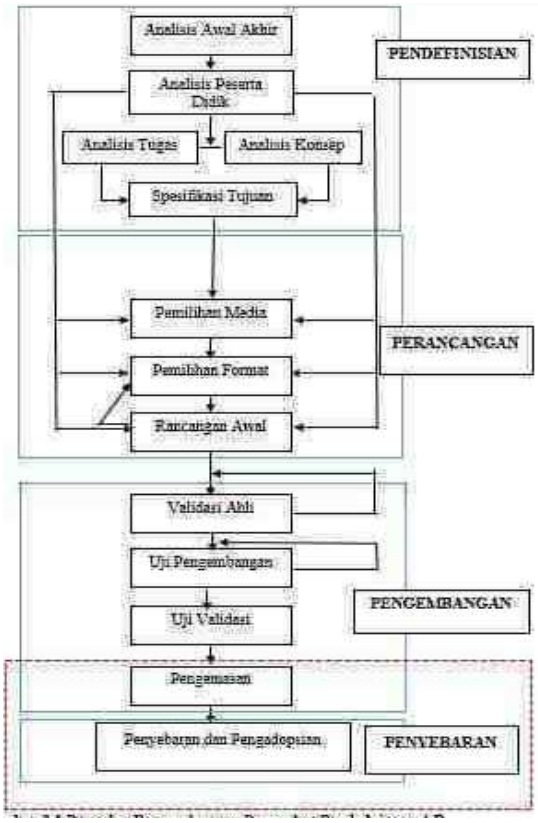
Sebagai upaya untuk mengoptimalkan pendekatan STEAM pada pembelajaran, penerapan pembelajaran berbasis masalah (PBL) menjadi salah satu strategi yang efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan *problem solving* peserta didik. Model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) merupakan pendekatan yang berfokus pada situasi kehidupan nyata, di mana siswa dihadapkan pada berbagai permasalahan praktis yang menjadi dasar dalam proses belajar mereka. Dengan kata lain, siswa memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui pengalaman dalam menyelesaikan masalah (Gulo, 2022). (Amiruddin et al., 2024) menyebutkan pembelajaran berbasis masalah (PBL) secara luas dianggap sebagai pendekatan yang efektif untuk menjawab kebutuhan pembelajaran abad ke-21. Dalam PBL, peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata yang mendorong mereka untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, berkreasi, berkolaborasi, dan juga berkomunikasi.

Berdasarkan hasil wawancara dengan seorang pengajar fisika di SMA Negeri 12 Kota Jambi, terungkap bahwa kurikulum merdeka yang diterapkan di institusi tersebut dianggap efektif dalam mendukung proses pembelajaran, karena fokusnya pada siswa. Metode seperti *Understanding by Design* (UD), Diferensiasi, dan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) menjadikan siswa sebagai agen yang aktif dalam belajar. Meski kurikulum merdeka memberikan siswa kebebasan untuk menemukan masalah dan solusi secara mandiri, ada tantangan terkait penggunaan bahan ajar yang sering kali tidak mampu mendorong partisipasi peserta didik secara mendalam. Salah satu hambatan utama dalam pengajaran fisika, khususnya pada materi fluida dinamis, adalah minimnya alat bantu yang sesuai, seperti percobaan ataupun contoh kehidupan sehari-hari. Guru mengungkapkan bahwa peserta didik sering menemui kesulitan dalam memahami topik tersebut jika hanya disampaikan secara teoritis tanpa adanya praktik nyata yang jelas. Ini mengakibatkan peserta didik merasa tidak terhubung dengan konsep yang diajarkan, sehingga berpotensi menghambat pengembangan kemampuan berpikir kritis mereka. Dalam modul ajar yang digunakan, mayoritas modul yang disusun oleh pengajar tersebut masih dalam bentuk yang lebih tradisional, seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang hanya berupa teks, tanpa variasi atau elemen yang dapat merangsang pemikiran tingkat tinggi. Walaupun ada beberapa modul yang menerapkan pendekatan diferensiasi dan menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, modul-modul tersebut masih terjebak pada pendekatan konvensional dan belum sepenuhnya memanfaatkan potensi STEAM. Dari angket yang disebarkan diketahui bahwa masih banyak peserta didik yang kesulitan memahami materi fisika termasuk fluida dinamis, peserta didik belum mengetahui pembelajaran STEAM walaupun secara tidak langsung mereka sudah pernah menerapkannya di dalam pembelajaran.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan suatu modul ajar fluida dinamis dengan mengintegrasikan pendekatan STEAM dan model PBL untuk peningkatan kemampuan berpikir kritis. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melihat kelayakan dan persepsi peserta didik terhadap modul ajar yang dikembangkan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian pengembangan ini menggunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D). Model pengembangan yang digunakan yaitu model 4D yang terdiri atas prosedur *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *development* (pengembangan) dan *disseminate* (penyebaran). Penelitian ini dilakukan hanya sampai tahapan pengembangan (*development*). Prosedur pengembangan model 4D yang diadaptasi dari Thiagarajan., (1974) tertera pada gambar berikut.



Gambar 1. Prosedur Pengembangan model 4D
Sumber: (Thiagarajan., 1974)

Penelitian dilakukan di SMA Negeri 12 Kota Jambi sebanyak 28 peserta didik kelas XI. Instrumen penelitian dalam penelitian ini adalah wawancara dan angket. Wawancara dilakukan kepada pengajar fisika untuk menggali informasi terkait penerapan modul ajar di sekolah tersebut, angket terdiri atas angket validasi (kelayakan) modul ajar yang diberikan kepada validator dan angket persepsi peserta didik yang digunakan untuk melihat persepsi mereka terhadap modul ajar yang dikembangkan,

Data-data yang diperoleh dari penelitian akan dianalisis untuk melihat hasilnya, maka diperlukan teknik analisis data. Teknik analisis data menggunakan skala *Likert*. Skala ini digunakan untuk menganalisis angket validasi dan persepsi. Rumus untuk menghitung persentase dari data yang diperoleh sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum R}{N} \times 100\% \quad (3.1)$$

Persentase diperoleh dengan total skor yang diberikan responden dibagi dengan total skor maksimum (ideal) kemudian dikali dengan 100%, sehingga diperoleh persentase jawaban responden.

Kriteria kevalidan modul ajar dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Kriteria Kevalidan Modul Ajar

No	Kelayakan Modul Ajar (%)	Kriteria Penilaian
1	81-100%	Sangat layak
2	61-80%	Layak
3	41-60%	Cukup layak
4	21-40%	Tidak layak
5	0-20%	Sangat tidak layak

(Hayanum & Sari, 2022)

Untuk kriteria persepsi peserta didik seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Kriteria Persepsi Persepsi Peserta Didik

No	Kemenarikan Modul Ajar (%)	Kriteria Penilaian
1	81-100%	Sangat Menarik
2	61-80%	Menarik
3	41-60%	Cukup Menarik
4	21-40%	Kurang Menarik
5	0-20%	Sangat Tidak Menarik

(Hayanum & Sari, 2022)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan modul ajar fluida dinamis kelas XI dengan terintegrasi pendekatan STEAM (*science, technology, engineering, arts, mathematics*)-PBL (*Problem Based Learning*). Modul ajar ini dibuat untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan adanya unsur-unsur sains, teknologi, teknik, seni dan matematika serta diperkuat dengan model pembelajaran berbasis masalah, memungkinkan peserta didik lebih aktif dalam belajar serta menumbuhkan kemampuan berpikir kritis mereka.

Modul ajar yang dikembangkan dengan prosedur pengembangan 4D adalah sebagai berikut.

1. Tahapan pendefinisian (*define*)

   Pada tahap pendefinisian, dilakukan beberapa analisis antara lain yaitu analisis awal-akhir, analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep, serta menentukan tujuan instruksi. Analisis awal-akhir digunakan untuk menemukan permasalahan-permasalahan yang ada di lapangan (dalam hal ini sekolah), dari analisis yang dilakukan dengan wawancara dan penyebaran angket kebutuhan dan karakteristik peserta didik, ditemukan di SMA N 12 Kota Jambi beberapa masalah yaitu modul ajar yang belum pernah menggunakan pendekatan STEAM, kesulitan peserta didik dalam belajar materi fisika, peserta didik

membutuhkan perangkat pembelajaran yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka.

Tabel 3. Angket permasalahan dan kebutuhan peserta didik

No.	Pernyataan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1.	Apakah pada proses pembelajaran fisika anda mengalami kesulitan?	74 %	26 %
2.	Apakah anda selalu mengulang kembali materi fisika yang telah dipelajari?	74 %	26 %
3.	Menurut anda, apakah proses pembelajaran yang berkaitan dengan sains, teknik, seni, dan matematika (steam) menarik?	78 %	22 %
4.	Menurut anda, apakah proses pembelajaran yang berkaitan dengan sains, teknik, seni, dan matematika (steam) dapat membantu anda untuk memahami materi dan berpikir secara kritis?	78 %	22 %
5.	Apakah sumber belajar yang anda dapatkan saat ini menarik?	70 %	30 %
6.	Apakah sumber belajar tersebut dapat membantu anda memahami materi fluida dinamis?	78 %	22 %
7.	Apakah anda mengetahui modul ajar?	63 %	37 %
8.	Apakah guru pernah menggunakan modul selama proses pembelajaran?	74 %	26 %
9.	Apakah modul ajar berisi steam (sains, teknologi, seni, teknik, dan matematika) pada materi fluida dinamis perlu dikembangkan?	85 %	15 %
10.	Jika modul ajar berisi steam (sains, teknologi, seni, teknik, dan matematika) digunakan, apakah membantu anda untuk dapat berpikir secara kritis ketika mempelajari fluida dinamis?	85 %	15 %

2. Tahapan perancangan (*design*)

Tahap perancangan yang merupakan bagian penting dalam penentuan apa saja yang akan dimasukkan ke dalam modul ajar. Pada tahap ini dilakukan pemilihan media yang merupakan tahapan untuk menentukan media yang sesuai dimasukkan ke dalam modul ajar, dalam modul ajar ini beberapa media yang dimasukkan ke dalam modul ajar seperti QR *code* untuk mengakses video pembelajaran, gambar ilustrasi untuk merangsang peserta didik berpikir, simulasi online seperti PhET *simulations* untuk mensimulasikan aliran fluida, dan msih banyak lagi. Setelah itu dilakukan pemilihan format yang merupakan penentuan struktur, tulisan, warna modul ajar. Langkah selanjutnya adalah pembuatan *storyboard* modul ajar yang digunakan sebagai visualisasi untuk membuat modul ajar.

Adapun struktur modul ajar yang dikembangkan yaitu terdiri dari tiga komponen utama, yaitu informasi umum modul, komponen inti dan komponen lampiran.

Informasi umum terdiri atas identitas modul, kompetensi awal, profil pelajar pancasila, sarana dan prasarana, target peserta didik, model pembelajaran dan pendekatan pembelajaran. Komponen inti berisikan tujuan pembelajaran (TP), capaian pembelajaran (CP) dan alur tujuan pembelajaran (ATP), pemahaman bermakna, kegiatan pembelajaran dan asesmen. Lampiran terdiri atas LKPD guru dan peserta didik, bahan bacaan, glosarium dan daftar pustaka.

Gambar 2. Produk Modul Ajar

3. Tahapan pengembangan (*development*)

Tahapan selanjutnya yaitu pengembangan modul ajar, yaitu pembuatan rancangan awal modul ajar yang akan diserahkan kepada validator ahli materi, media, dan modul untuk dilakukan penilaian kevalidan modul ajar.

Pada tahapan ini, setelah modul ajar selesai dibuat maka dilakukan uji kelayakan modul ajar oleh validator dari segi materi, media dan modul.

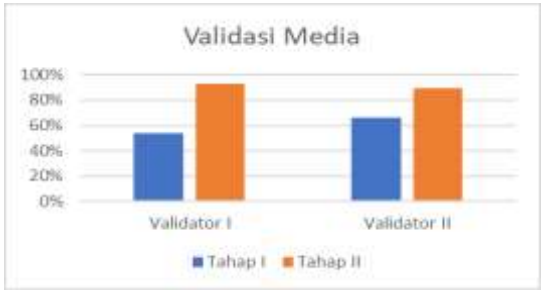
B. Pembahasan

1. Kelayakan Modul Ajar

Setelah modul ajar selesai dikembangkan, maka dilakukan validasi untuk menguji kelayakan produk modul ajar. Validasi dilakukan oleh ahli materi, ahli media serta ahli modul ajar. Pertama validasi dilakukan untuk kevalidan materi dalam modul ajar dilakukan dengan dua tahapan validasi. Pada tahap I hasil validasi sebesar 68,46% oleh validator I dan 66,92% oleh validator II. Karena hasil validasi yang masih memerlukan perbaikan, maka revisi dilakukan sesuai saran dan masukan dari validator. Perbaikan yang disarankan oleh validator yaitu bahasa yang digunakan harus konsisten, integrasi STEAM diperkuat di materi, serta ditampilkan indikator berpikir kritis pada modul. Setelah perbaikan selesai maka validasi tahap II dilakukan dengan hasil 97,69% oleh validator I dan 96,92% oleh validator II yang menunjukkan materi dalam modul ajar sudah dalam kategori "sangat layak" dan tidak diperlukan revisi. Tingkat kevalidan materi dalam modul ajar dapat dilihat pada grafik berikut ini.

Gambar 3. Grafik Kevalidan Materi

Pada tahap I validasi media, hasil validasi sebesar 54% oleh validator I dan 66% oleh validator II. Karena hasil validasi yang masih memerlukan perbaikan, maka revisi dilakukan sesuai saran dan masukan dari validator. Adapun saran dan perbaikan media oleh validator terkait tata letak cover, font huruf, sumber gambar yang digunakan, warna yang digunakan harus sesuai dengan yang digunakan di cover, dan sebagainya. Setelah perbaikan selesai maka validasi tahap II dilakukan dengan hasil 94% oleh validator I dan 90% oleh validator II yang menunjukkan media dalam modul ajar sudah dalam kategori "sangat layak" dan tidak diperlukan revisi. Tingkat kevalidan media dalam modul ajar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik Kevalidan Media

Tahap berikutnya adalah validasi modul ajar berdasarkan komponen-komponennya. Pada tahap I validasi modul ajar, hasil validasi sebesar 72,41% oleh validator I dan 66,89 % oleh validator II. Karena hasil validasi yang masih memerlukan perbaikan, maka revisi dilakukan sesuai saran dan masukan dari validator, setelah perbaikan selesai maka validasi

tahap II dilakukan dengan hasil 97,93 % oleh validator I dan 98,33% oleh validator II yang menunjukkan modul ajar sudah dalam kategori "sangat layak" dan tidak diperlukan revisi. Tingkat kevalidan modul ajar dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 5. Grafik Kevalidan Modul

2. Persepsi Peserta didik

Persepsi peserta didik terhadap pengembangan produk modul ajar ini diperoleh dengan penyebaran angket kepada peserta didik kelas XI SMA N 12 Kota Jambi sebanyak 28 peserta didik. Tanggapan peserta didik dinilai menggunakan lembar angket persepsi yang memuat sebanyak 15 pernyataan terdiri atas aspek teknis, aspek komunikasi, aspek didaktik (pembelajaran), serta aspek STEAM (*science, technology, engineering, arts, mathematics*).

Hasil persepsi peserta didik setelah dianalisis dengan *Microsoft Excel* diperoleh hasil untuk setiap aspek. Untuk aspek teknis diperoleh nilai sebesar 84,29%, untuk aspek komunikasi diperoleh nilai sebesar 80,71%, untuk aspek didaktik (pembelajaran) diperoleh nilai sebesar 80,36%, dan untuk aspek unsur-unsur STEAM dalam modul ajar diperoleh nilai sebesar 80,14%. Persentase rata-rata seluruh aspek memiliki nilai sebesar 81,14%. Nilai-nilai persentase tersebut berada dalam kategori "menarik" sehingga modul ajar layak untuk digunakan sebagai perangkat pembelajaran. Dibawah ini menunjukkan grafik persepsi peserta didik terhadap modul ajar.

Gambar 6. Grafik Persepsi Peserta Didik

Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 diatas, terlihat bahwa aspek unsur-unsur STEAM, aspek didaktik (pembelajaran), dan aspek kontruksi (penyusunan modul ajar) memiliki persentase skor yang cenderung rendah dibandingkan dengan aspek teknis (kemenarikan). Hal tersebut menunjukkan bahwa peserta didik masih belum paham integrasi STEAM dan belum pernah belajar dengan pendekatan STEAM sehingga peserta didik masih kewalahan dalam memahami pendekatan pembelajaran STEAM sepenuhnya. Dari aspek didaktik (pembelajaran) peserta didik sudah memahami dan tertarik terhadap pembelajaran yang ada dalam modul ajar baik itu model yang digunakan, soal-soal yang diberikan, serta penilaian yang terdapat dalam modul ajar, hal tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan modul ajar ini sesuai persepsi peserta didik mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

Perlu diketahui bahwa modul ajar ini fleksibel untuk digunakan, tidak hanya digunakan dalam pembelajaran kurikulum merdeka saja tetapi untuk perubahan kurikulum yang akan datang modul ajar ini masih terpakai. Hal-hal yang menyebabkan modul ajar ini fleksibel antara lain sebagai berikut.

a) Menggunakan pendekatan pembelajaran STEAM (*science, technology, engineering, arts, and mathematics*) yang memberikan pembelajaran dengan menggabungkan empat keterampilan abad 21 (4C), antara lain kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*), kemampuan berpikir kreatif (*creative thinking*), kemampuan berkomunikasi (*communication*), dan kemampuan berkolaborasi (*collaboration*). Dengan adanya pendekatan STEAM tersebut membuat peserta didik lebih aktif dalam belajar, mereka dapat meningkatkan

ilmu pengetahuan mereka, tidak mengalami gagap teknologi (gaptek), mampu mendesain sesuatu dari yang telah dipelajari, mampu memvisualisasi-kan ide-ide yang didapat ke dalam tulisan atau gambar, serta mampu untuk menyelesaikan perhitungan-perhitungan fisika.

b) Menggunakan model pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning*)

Dengan diterapkannya model pembelajaran berbasis masalah ke dalam modul ajar, peserta didik semakin terlatih untuk belajar secara individu maupun kelompok untuk belajar menemukan teori dengan permasalahan yang diberikan. Model ini berpotensi tinggi untuk meningkatkan daya pikir kritis peserta didik dalam menemukan konsep, teori, rumus, serta menyelesaikan permasalahan fisika (terutama fluida dinamis) atau dengan kata lain memiliki kemampuan meme-cahkan masalah (*problem solving*).

c) Berbasis konsep fundamental

Konsep dalam modul ajar ini, yaitu konsep fluida dinamis merupakan konsep yang fundamental dan tidak tergantung pada perubahan kurikulum. Konsep-konsep seperti persamaan kontinuitas dan hukum Bernoulli tetap relevan meskipun terjadi perubahan kurikulum.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. Pengembangan Modul Ajar Terintegrasi STEAM-PBL Pada Materi Fluida Dinamis Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis telah dikembangkan. Pengembangan yang dilakukan melalui tahapan pengembangan pendefinisian (define), perancangan (design), dan pengembangan (development). Modul Ajar fluida dinamis yang dihasilkan sudah melewati tahapan validasi dan modul ajar sangat layak untuk dipakai dalam kegiatan pembelajaran. Validasi materi oleh validator I: 97,69% dan validator II: 96,92% dengan kategori kelayakan materi yaitu "Sangat Layak", validasi media oleh validator I: 94% dan validator II: 90% dengan kategori kelayakan media yaitu "Sangat Layak", dan validasi modul ajar oleh validator I: 97,24% dan validator II: 97,93% dengan kategori kelayakan modul yaitu "Sangat Layak".
2. Persepsi (tanggapan) peserta didik terhadap modul ajar fluida dinamis terintegrasi STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics)-PBL (Problem Based Learning) memiliki persentase sebesar 81,4% dengan kategori "Sangat Menarik". Modul ajar sudah layak untuk digunakan dalam kegiatan pembelajaran fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

B. Saran

Modul ajar ini masih memiliki beberapa kekurangan dari segi isi, kemenarikan, pendekatan pembelajaran STEAM yang masih banyak dieksplor untuk lebih meningkatkan kualitas produk modul ajar ini. Modul ajar ini perlu dikembangkan lagi dengan melakukan implementasi pembelajaran secara langsung ke sekolah untuk dapat memaksimalkan penggunaannya terutama dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis bagi peseta didik.

DAFTAR RUJUKAN

Amaliyah, D. I., Purwoko, R. Y., Kurniawan, H., & Wibowo, T. (2023). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Problem Based Learning Dalam Bentuk Flipbook Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *JP2M (Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika)*, *9*(2), 293–304. https://doi.org/10.29100/jp2m.v9i2.4652

Amelia, E. (2024). Analisis Kesulitan Guru di Sekolah Dasar dalam Menyusun Modul Ajar Kurikulum Merdeka. *BASICA Journal of Arts and Science in Primary Education*, *3*(2), 199–212. https://doi.org/10.37680/basica.v3i2.4597

Amiruddin, A., Chaerul Rochman, & Nana, N. (2024). Mengukur Efektivitas Model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, *14*(3), 723–731. https://doi.org/10.37630/jpm.v14i3.1790

Annisa, P., Gultom, F., & Debora, M. (2023). Penerapan Optimalisasi Keterampilan 4C (Creative Thinking, Critical Thinking And Problem Solving, Communication, Collaboration) Dalam Pembelajaran Contextual Oral Language Skills. *Jurnal Ilmiah Korpus*, *7*(3), 391–399.

Aulya, H., Turmuzi, M., & Nurmawanti, I. (2024). *Pengambangan Modul Ajar Kurikulum Merdeka Berbasis Etnomatematika Pada Materi Bangun Datar Kelas II Di SDN 42 Mataram*. *5*(4). https://doi.org/10.29303/goescienceed.v5i4.498

Ayu Aprilia, D., Miftahul, Nuraini, L., & Sedayu, A. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning dengan Pendekatan Scientific Berbantuan PhET Simulations terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidkan Fisika Undhiksa*, *12*(2), 176–180.

Dilla, M. (2023). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar Melalui Model Pembelajaran Inkuiri. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, *1*(2), 7. https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i2.138

Fajrin, V. P., Wibowo, F. C., & Nasbey, H. (2024). Analisis Kebutuhan Modul Ajar Pemanasan Global Berbasis PBL untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah dan Self-Efficacy Siswa. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, *7*(1), 33–42. https://doi.org/10.37329/cetta.v7i1.2943

Gulo, A. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Motivasi Dan Hasil Belajar IPA. *Educativo: Jurnal Pendidikan*, *1*(1), 334–341. https://doi.org/10.56248/educativo.v1i1.58

Gumilar, G., Rosid, D. P. S., Sumardjoko, B., & Ghufron, A. (2023). Urgensi Penggantian Kurikulum 2013 menjadi Kurikulum Merdeka. *Jurnal Papeda: Jurnal Publikasi Pendidikan Dasar*, *5*(2), 148–155. https://doi.org/10.36232/jurnalpendidikandasar.v5i2.4528

Hayanum, R., & Sari, R. P. (2022). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN E- MODUL INTERAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI*. *5*(2), 7–17

Lestari, S. (2021). Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, *6*(3), 272–279. https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i3.243

Maulida, U. (2022). *PENGEMBANGAN MODUL AJAR BERBASIS KURIKULUM MERDEKA*. *5*(2), 130–138. https://stai-binamadani.e-journal.id/Tarbawi

Salsabilla, I. I., Jannah, E., & Juanda. (2023). Analisis Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. *Jurnal Literasi Dan Pembelajaran Indonesia*, *3*(1), 33–41. file:///C:/Users/ACER/Downloads/006_Irmalia.pdf

Thiagarajan., & S. (1974). *Instructional Develoment for Traning Teacher of Exeptional Children: A Sourcebook* (p. 194).

Winarti, W. T., Yuliani, H., Rohmadi, M., & Septiana, N. (2021). Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Discovery Learning Berbasis Edutainment. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, *5*(1), 47. https://doi.org/10.20527/jipf.v5i1.2789

Zulaiha, S., Meldina, T., & Meisin. (2022). Problematika Guru Dalam Menerapkan Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, *9*, 163–177. https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.3197

Zulfa, R. N., Masykuri, M., & Maridi, M. (2022). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Terintegrasi STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, *7*(1), 43–49. https://doi.org/10.30998/sap.v7i1.13001

.