

Modul Digital Berbasis STEAM Pada Materi Momentum Dan Impuls

Frisca

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

Email: friscaringo03@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: friscaringo03@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi modul digital bertema Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) mengenai momentum dan impuls. Modul ini ditujukan sebagai alat bantu belajar mandiri untuk siswa kelas XI SMA. Penelitian melibatkan 30 siswa dengan survei analisis kebutuhan. Metode yang digunakan adalah research and development dengan model ADDIE, mencakup analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi, tetapi tanpa implementasi karena kendala waktu. Modul ini dibuat dengan aplikasi Canva dan dipresentasikan secara interaktif menggunakan Flipbook. Data diperoleh dari angket analisis kebutuhan dan lembar validasi dari ahli materi, media, dan pendidikan. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan mengkategorikan nilai penilaian. Hasilnya menunjukkan bahwa lebih dari 90% siswa membutuhkan modul ini untuk pembelajaran mandiri. Validasi mengindikasikan modul memenuhi kriteria kelayakan. Modul ini dinilai mampu membantu siswa memahami konsep momentum dan impuls, meningkatkan motivasi belajar, dan mendukung pembelajaran fisika sesuai dengan kebutuhan kompetensi di abad ke-21.

Kata Kunci: Modul digital; STEAM; Momentum dan Impuls; Penelitian dan Pengembangan; Pembelajaran Fisik.

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan disiplin ilmu yang berperan strategis dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menjadi fondasi bagi berbagai bidang rekayasa. Pembelajaran fisika di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) diharapkan tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga mampu mengembangkan kemampuan berpikir analitis, pemecahan masalah, dan pemahaman konseptual yang aplikatif. Salah satu materi fisika yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi dan bersifat abstrak adalah materi momentum dan impuls. Materi ini menuntut peserta didik untuk memahami keterkaitan antara konsep gaya, massa, kecepatan, serta penerapannya dalam berbagai fenomena tumbukan, sehingga sering kali menimbulkan kesulitan dalam proses pembelajaran (Kaniawati, 2020).

Berbagai studi menunjukkan bahwa kesulitan peserta didik dalam memahami materi momentum dan impuls tidak hanya disebabkan oleh karakteristik konsep yang abstrak, tetapi juga oleh keterbatasan media pembelajaran yang digunakan. Pembelajaran yang masih didominasi oleh buku teks dan metode ceramah cenderung kurang mampu memvisualisasikan konsep secara konkret dan kontekstual, sehingga berdampak pada rendahnya pemahaman konsep dan motivasi belajar peserta didik (Septianity Pricillya et al., 2022). Kondisi ini menuntut adanya inovasi bahan ajar yang dirancang secara sistematis, adaptif terhadap perkembangan teknologi, serta mampu mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik secara mandiri. Perkembangan teknologi digital membuka peluang besar dalam pengembangan bahan ajar berbasis teknologi yang lebih interaktif dan fleksibel. Modul digital merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang memungkinkan penyajian materi secara terstruktur dengan dukungan visual, multimedia, dan akses yang tidak terbatas oleh ruang dan waktu. Modul digital juga berpotensi meningkatkan kemandirian belajar peserta didik serta membantu visualisasi konsep fisika yang abstrak (Wulandari et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran fisika, pemanfaatan modul digital dinilai efektif untuk menjembatani kesenjangan antara konsep teoretis dan penerapannya dalam kehidupan nyata (Fitri, 2023). Selain pemanfaatan teknologi digital, pembelajaran fisika juga dituntut untuk selaras dengan kebutuhan kompetensi abad ke-21. Pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)* menjadi salah satu pendekatan yang relevan karena mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam satu kesatuan pembelajaran yang kontekstual dan berbasis pemecahan masalah. Pendekatan *STEAM* tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep sains, tetapi juga pada proses rekayasa, pemanfaatan teknologi, kreativitas, serta kemampuan berpikir matematis (Bancong, 2024). Integrasi pendekatan *STEAM* dalam pembelajaran fisika diharapkan mampu meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar peserta didik.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *STEAM* dalam pembelajaran sains dan fisika memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Jannah et al. (2022) melaporkan bahwa pembelajaran berbasis *STEAM* mampu meningkatkan pemahaman konsep fisika secara signifikan. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa pendekatan *STEAM* dapat meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Luamba & Tandapai, 2022). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada penerapan model pembelajaran di kelas dan belum banyak mengkaji pengembangan bahan ajar digital berbasis *STEAM* yang dirancang khusus untuk pembelajaran mandiri, terutama pada materi momentum dan impuls.

Berdasarkan analisis kebutuhan yang dilakukan terhadap 30 peserta didik SMA, diperoleh temuan bahwa mayoritas peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi momentum dan impuls serta menyatakan kebutuhan terhadap bahan ajar digital yang lebih interaktif dan kontekstual. Lebih dari 90% responden menyatakan bahwa modul digital berbasis *STEAM* diperlukan untuk membantu memahami konsep, meningkatkan motivasi belajar, serta mendukung pembelajaran mandiri. Temuan ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan peserta didik dan ketersediaan bahan ajar fisika yang sesuai dengan karakteristik materi dan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Urgensi penelitian ini terletak pada upaya untuk menjawab permasalahan tersebut melalui pengembangan modul digital berbasis *STEAM* yang dirancang secara sistematis dan terstruktur. Modul dikembangkan menggunakan model pengembangan ADDIE yang menekankan pada analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan produk, serta evaluasi kelayakan. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga valid secara isi dan layak digunakan sebagai bahan ajar. Evaluasi kelayakan modul dilakukan melalui validasi oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi pembelajaran, dengan analisis data menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif yang selaras dengan pembahasan hasil penelitian.

State of the art dari penelitian ini terletak pada pengembangan modul digital berbasis *STEAM* pada materi momentum dan impuls yang difokuskan sebagai bahan ajar mandiri untuk peserta didik SMA. Modul ini dirancang dengan mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dalam satu kesatuan bahan ajar digital yang disajikan melalui media *Flipbook*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menekankan implementasi pendekatan *STEAM* dalam pembelajaran tatap muka, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan produk bahan ajar digital yang dievaluasi secara sistematis berdasarkan hasil validasi para ahli.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan modul digital berbasis *STEAM* pada materi momentum dan impuls serta menilai kelayakannya sebagai bahan ajar fisika SMA. Kontribusi penelitian ini diharapkan memberikan sumbangan teoretis dalam pengembangan kajian bahan ajar fisika berbasis *STEAM*, serta kontribusi praktis berupa produk modul digital yang valid dan layak digunakan. Hasil penelitian ini juga diharapkan menjadi dasar pengembangan lebih lanjut pada tahap implementasi dan uji efektivitas pembelajaran fisika berbasis *STEAM* di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Konsep Pengembangan Model

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan (research and development) yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menghasilkan produk pendidikan yang relevan dengan kebutuhan praktis di lapangan. Produk yang dikembangkan selanjutnya dievaluasi untuk menilai tingkat kualitas, kelayakan, dan efektivitasnya melalui tahapan validasi oleh ahli serta uji coba terbatas dan uji coba lapangan. Melalui prosedur tersebut, penelitian ini tidak hanya menghasilkan inovasi pembelajaran, tetapi juga menjamin bahwa produk yang dihasilkan telah melalui proses pengujian ilmiah yang sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan (Mustafa et al., 2022).

Penyusunan modul digital dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan yang sistematis dengan mengacu pada model pengembangan ADDIE yang meliputi analysis, design, development, implementation, dan evaluation, dengan tujuan menghasilkan produk pembelajaran yang efektif dan efisien.

Tahap analysis merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, meliputi kajian capaian dan tujuan pembelajaran Kurikulum Merdeka, karakteristik peserta didik, kesesuaian materi ajar, ketersediaan sarana dan prasarana pendukung, serta kebutuhan pengembangan media interaktif. Analisis ini dilakukan untuk memastikan modul yang dikembangkan relevan dengan kebutuhan peserta didik dan konteks pembelajaran.

Tahap design difokuskan pada perencanaan struktur dan isi modul secara sistematis dan logis, yang mencakup perumusan tujuan pembelajaran, pemilihan serta pengorganisasian materi dari konsep sederhana ke kompleks, pengembangan konten digital interaktif, penyusunan latihan dan tugas, perancangan evaluasi, serta penyusunan petunjuk penggunaan modul.

Tahap development meliputi proses pengembangan desain modul dengan memperhatikan konsistensi tampilan, alur navigasi, elemen visual, serta integrasi media pendukung guna meningkatkan keterlibatan peserta didik dan efektivitas penyampaian materi.

Tahap implementation merupakan tahap penerapan modul dalam kegiatan pembelajaran. Namun, pada penelitian ini tahap implementasi tidak dilaksanakan karena keterbatasan waktu. Meskipun demikian, aspek kesiapan pembelajaran tetap dipertimbangkan dalam proses pengembangan. Tahap evaluation bertujuan untuk menilai kualitas, kelayakan, dan kesesuaian modul melalui validasi oleh ahli serta uji coba kepada peserta didik. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan modul. Dengan demikian, penerapan model ADDIE dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis, dengan evaluasi pada setiap tahap pengembangan.

2.2 Konsep Model yang Dikembangkan

2.2.1 *STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)*

Penelitian ini berfokus pada pengembangan modul digital berbasis *STEAM* sebagai upaya untuk menjawab kebutuhan pembelajaran abad ke-21 dan tuntutan era revolusi industri 4.0. Perkembangan teknologi dan perubahan karakteristik peserta didik menuntut bahan ajar yang tidak hanya menyajikan materi secara informatif, tetapi juga mampu mendorong keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Oleh karena itu, modul digital dikembangkan sebagai solusi pembelajaran yang relevan dan adaptif.

Pendekatan *STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)* dipilih sebagai dasar pengembangan modul karena mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam satu proses pembelajaran yang utuh. Pendekatan ini mendorong peserta didik untuk mengaitkan konsep teori dengan penerapan praktis melalui kegiatan eksplorasi, pemecahan

masalah, dan kolaborasi. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Modul digital berbasis STEAM yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang sebagai perangkat pembelajaran mandiri yang sistematis. Modul memuat tujuan pembelajaran, materi, aktivitas belajar, latihan, serta evaluasi yang disusun sesuai dengan capaian pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Penyusunan modul secara terstruktur bertujuan untuk memfasilitasi proses belajar yang bertahap dan terarah.

2.2.2 Karakteristik Modul

Karakteristik modul digital menjadi perhatian utama dalam proses pengembangan. Modul dirancang agar bersifat *self instruction*, sehingga memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri dengan intervensi minimal dari pendidik. Selain itu, modul juga bersifat *self contained* dan *stand alone*, sehingga seluruh materi dan aktivitas pembelajaran tersedia dalam satu kesatuan modul yang utuh dan dapat digunakan tanpa bergantung pada bahan ajar lain.

Aspek adaptivitas dan kemudahan penggunaan (*user friendly*) juga diperhatikan dalam pengembangan modul digital berbasis STEAM. Modul disusun dengan bahasa yang sederhana, komunikatif, serta dilengkapi petunjuk penggunaan yang jelas. Desain tampilan modul dibuat konsisten dari segi tata letak, jenis huruf, dan elemen visual untuk menjaga kenyamanan dan keterbacaan peserta didik selama proses pembelajaran.

2.2.3 Modul Digital

Pemanfaatan teknologi digital memungkinkan modul dikembangkan dengan mengintegrasikan berbagai elemen multimedia, seperti teks, gambar, animasi, dan video pembelajaran. Integrasi multimedia ini bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik serta membantu pemahaman konsep yang bersifat abstrak. Modul digital berbasis STEAM diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan bermakna.

2.2.4 Komponen Modul Digital

Dalam struktur modul digital berbasis STEAM, disertakan komponen inti berupa lembar kegiatan dan lembar kerja peserta didik yang dirancang untuk mendorong aktivitas berpikir kritis dan pemecahan masalah. Selain itu, modul juga dilengkapi dengan latihan dan instrumen evaluasi untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran. Komponen-komponen tersebut menjadi dasar dalam menilai efektivitas modul yang dikembangkan.

2.2.5 Canva dan Flipbook

Pengembangan modul digital berbasis STEAM pada penelitian ini didukung oleh pemanfaatan aplikasi Canva sebagai media perancangan visual. Canva digunakan untuk menyusun tampilan modul agar lebih menarik, sistematis, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Pemilihan aplikasi ini didasarkan pada kemudahan penggunaan serta ketersediaan berbagai template dan elemen desain yang mendukung proses pengembangan bahan ajar digital.

Selain Canva, modul digital disajikan dalam format flipbook menggunakan platform Heyzine Flipbook. Platform ini memungkinkan modul ditampilkan dalam bentuk buku digital interaktif yang dapat diakses melalui berbagai perangkat. Penggunaan flipbook bertujuan untuk meningkatkan daya tarik visual dan memberikan pengalaman membaca yang lebih dinamis bagi peserta didik.

Dengan demikian, variabel penelitian berupa modul digital berbasis STEAM diwujudkan melalui pengembangan bahan ajar digital yang terintegrasi antara pendekatan STEAM, karakteristik modul, dan pemanfaatan teknologi digital. Modul ini dirancang secara sistematis untuk mendukung pencapaian tujuan pembelajaran, meningkatkan keterlibatan peserta didik, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

2.3 Momentum dan Impuls

Momentum merupakan besaran vektor yang menyatakan hasil kali massa dan kecepatan suatu benda, sehingga menggambarkan tingkat kesulitan suatu benda untuk dihentikan geraknya. Impuls didefinisikan sebagai hasil kali gaya dengan selang waktu kerja gaya tersebut, yang arahnya sejalan dengan gaya yang diberikan. Secara konseptual, impuls berkaitan langsung dengan perubahan momentum suatu benda.

$$\text{Momentum } \vec{p} = m\vec{v}$$

$$\text{Impuls } \vec{I} = \vec{F}\Delta t$$

Hubungan antara momentum dan impuls menunjukkan bahwa impuls yang diterima suatu benda sebanding dengan perubahan momentum yang dialaminya. Dengan kata lain, impuls merupakan penyebab terjadinya perubahan momentum akibat gaya yang bekerja dalam selang waktu tertentu. Hubungan ini menjadi dasar dalam menganalisis berbagai peristiwa gerak yang melibatkan gaya dan waktu kontak.

$$\bar{I} = mv_2 - mv_1$$

$$\bar{I} = m(v_2 - v_1)$$

$$\bar{I} = \Delta t$$

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Hukum Kekekalan Momentum menyatakan bahwa apabila tidak terdapat gaya luar yang bekerja pada suatu sistem, maka total momentum sistem sebelum dan sesudah peristiwa akan tetap konstan. Hukum ini berlaku pada berbagai peristiwa interaksi antar benda, khususnya pada kejadian tumbukan, dan menjadi prinsip utama dalam menganalisis sistem tertutup.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

Tumbukan merupakan peristiwa interaksi dua benda atau lebih yang berlangsung dalam waktu singkat. Berdasarkan karakteristiknya, tumbukan diklasifikasikan menjadi tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, dan tumbukan tidak lenting sama sekali. Pada semua jenis tumbukan, hukum kekekalan momentum tetap berlaku, meskipun energi kinetik tidak selalu kekal.

Tumbukan lenting sempurna ditandai dengan kekekalan momentum dan energi kinetik, sehingga tidak terjadi kehilangan energi selama tumbukan. Sebaliknya, pada tumbukan tidak lenting sama sekali, kedua benda menyatu setelah tumbukan dan sebagian energi kinetik berubah menjadi bentuk energi lain. Sementara itu, tumbukan lenting sebagian memiliki karakteristik antara kedua jenis tersebut, di mana momentum tetap kekal tetapi energi kinetik mengalami perubahan.

Dengan demikian, konsep momentum dan impuls mencakup pemahaman tentang besaran momentum, impuls, hubungan keduanya, hukum kekekalan momentum, serta penerapannya dalam berbagai jenis tumbukan. Pemahaman konsep ini menjadi landasan penting dalam pembelajaran fisika, khususnya dalam menganalisis peristiwa gerak dan interaksi antar benda secara sistematis dan aplikatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan produk berupa modul digital berbasis STEAM pada materi momentum dan impuls yang dikembangkan menggunakan model ADDIE, meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi, tanpa tahap implementasi lapangan karena keterbatasan waktu. Fokus utama penelitian ini adalah menilai kelayakan modul digital sebagai bahan ajar mandiri bagi peserta didik SMA kelas XI berdasarkan analisis kebutuhan dan hasil validasi ahli.

Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui penyebaran angket daring kepada peserta didik SMA dari berbagai jenjang kelas. Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi momentum dan impuls yang bersifat abstrak serta memerlukan media pembelajaran yang lebih interaktif dan fleksibel. Temuan ini memperkuat urgensi pengembangan modul digital berbasis STEAM sebagai alternatif solusi pembelajaran fisika abad ke-21.

Hasil survei kebutuhan peserta didik secara kuantitatif menunjukkan tingkat kebutuhan yang sangat tinggi terhadap modul digital berbasis STEAM. Respon positif ini muncul secara konsisten pada seluruh jenjang kelas, yang mengindikasikan bahwa modul digital dipandang mampu meningkatkan kemandirian belajar dan motivasi peserta didik dalam memahami materi momentum dan impuls.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Survei Kebutuhan Peserta Didik terhadap Modul Digital Berbasis STEAM

Jenjang Kelas	Persentase Peserta Didik Membutuhkan Modul Digital STEAM	Persepsi Modul Mendorong Kemandirian Belajar
Kelas X	95%	94%
Kelas XI	96%	93%
Kelas XII	97%	95%

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, modul digital dirancang dengan mengintegrasikan lima komponen utama

STEAM, yaitu sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika. Modul dikembangkan menggunakan platform digital seperti Canva dan Flipbook, sehingga memungkinkan penyajian materi secara visual, interaktif, dan kontekstual sesuai karakteristik peserta didik SMA.

Tahap pengembangan modul menghasilkan struktur modul yang sistematis, mencakup pendahuluan, pemetaan konsep, penyajian materi momentum dan impuls, kegiatan berbasis eksperimen virtual, latihan soal kontekstual, serta evaluasi. Penyusunan materi dilakukan secara bertahap dari konsep sederhana menuju kompleks untuk mendukung pemahaman konseptual peserta didik secara menyeluruh.

Hasil validasi oleh ahli media menunjukkan bahwa modul digital memiliki tampilan yang menarik, navigasi yang jelas, serta konsistensi visual yang baik, meskipun masih memerlukan penyempurnaan pada aspek estetika tertentu. Secara keseluruhan, modul dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran dengan kategori layak hingga sangat layak berdasarkan kriteria interpretasi validasi.

Validasi oleh ahli materi menunjukkan bahwa konten modul telah sesuai dengan capaian pembelajaran fisika SMA, khususnya pada materi momentum dan impuls. Materi disajikan secara akurat, kontekstual, serta mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik melalui pendekatan STEAM.

3.2 Pembahasan

Pengembangan modul digital berbasis STEAM pada materi momentum dan impuls dilakukan sebagai respon terhadap kebutuhan pembelajaran fisika yang menuntut pendekatan lebih kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada keterampilan abad ke-21. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep momentum dan impuls yang bersifat abstrak apabila disajikan secara konvensional. Oleh karena itu, integrasi pendekatan STEAM dalam modul digital menjadi strategi yang relevan untuk menjembatani kesenjangan antara konsep teoritis dan penerapannya dalam kehidupan nyata.

Pendekatan STEAM yang diterapkan dalam modul ini memungkinkan terjadinya integrasi antardisiplin ilmu, sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep fisika secara terpisah, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan aspek teknologi, rekayasa, seni, dan matematika. Dalam konteks materi momentum dan impuls, pendekatan ini mendorong peserta didik untuk menganalisis fenomena tumbukan, memahami prinsip kekekalan momentum, serta menerapkan konsep tersebut dalam situasi kontekstual. Hal ini sejalan dengan tujuan pembelajaran fisika yang menekankan pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah.

Hasil pengembangan modul menunjukkan bahwa penyajian materi secara visual dan interaktif melalui media digital dapat membantu peserta didik memahami konsep yang kompleks. Penggunaan ilustrasi, gambar, dan aktivitas berbasis masalah dalam modul digital berbasis STEAM mampu memperjelas hubungan antara gaya, waktu kontak, dan perubahan momentum. Dengan demikian, modul tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran aktif yang mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dan analitis.

Dari sisi struktur, modul digital disusun secara sistematis mulai dari pendahuluan, pemetaan konsep, penyajian materi, aktivitas berbasis STEAM, hingga evaluasi pembelajaran. Penyusunan materi secara bertahap dari konsep sederhana menuju konsep yang lebih kompleks memudahkan peserta didik dalam membangun pemahaman secara berkelanjutan. Struktur ini juga mendukung karakteristik modul sebagai bahan ajar mandiri yang memungkinkan peserta didik belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajarnya masing-masing.

Hasil validasi ahli materi menunjukkan bahwa konten modul telah sesuai dengan capaian pembelajaran fisika SMA serta memiliki tingkat keakuratan konsep yang baik. Materi momentum dan impuls disajikan secara konsisten dengan prinsip fisika yang berlaku, serta dilengkapi contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa modul digital berbasis STEAM mampu memenuhi aspek substansi akademik yang menjadi syarat utama dalam pengembangan bahan ajar.

Selain aspek materi, hasil validasi ahli media menunjukkan bahwa modul digital memiliki tampilan visual yang menarik, navigasi yang jelas, dan konsistensi desain yang mendukung kenyamanan pengguna. Penggunaan aplikasi Canva dalam perancangan tampilan modul memberikan fleksibilitas dalam pengaturan layout, warna, dan tipografi, sehingga modul menjadi lebih komunikatif dan mudah dipahami. Tampilan yang baik berperan penting dalam meningkatkan minat belajar peserta didik terhadap materi fisika. Pemanfaatan platform Heyzine Flipbook sebagai media penyajian modul digital memberikan nilai tambah dalam aspek interaktivitas. Format flipbook memungkinkan peserta didik mengakses modul layaknya membaca buku digital dengan pengalaman visual yang lebih dinamis. Hal ini mendukung pembelajaran mandiri dan fleksibel, karena modul dapat diakses melalui berbagai perangkat, baik komputer maupun ponsel pintar.

Dari perspektif praktisi pembelajaran, modul digital berbasis STEAM dinilai memiliki kepraktisan yang baik untuk digunakan sebagai bahan ajar pendamping. Guru menilai bahwa modul ini dapat membantu menjelaskan konsep momentum dan impuls secara lebih konkret serta mempermudah peserta didik dalam memahami hubungan antara teori dan fenomena nyata. Temuan ini menunjukkan bahwa modul memiliki potensi untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran fisika di sekolah.

Integrasi aktivitas berbasis STEAM dalam modul juga berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Aktivitas yang menuntut analisis, eksplorasi, dan pemecahan masalah memungkinkan peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Hal ini sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang

menekankan pentingnya kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif.

Meskipun hasil pengembangan dan validasi menunjukkan kategori kelayakan yang baik, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena belum dilakukan tahap implementasi dan uji efektivitas modul secara langsung di kelas. Oleh karena itu, dampak penggunaan modul terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan peserta didik belum dapat diukur secara empiris. Keterbatasan ini menjadi peluang bagi penelitian selanjutnya untuk mengkaji efektivitas modul digital berbasis STEAM secara lebih komprehensif.

Secara keseluruhan, pembahasan hasil penelitian menunjukkan bahwa modul digital berbasis STEAM pada materi momentum dan impuls memiliki potensi besar sebagai inovasi bahan ajar fisika. Modul ini tidak hanya memenuhi aspek kelayakan materi dan media, tetapi juga relevan dengan kebutuhan pembelajaran modern. Dengan pengembangan lanjutan dan implementasi yang lebih luas, modul digital berbasis STEAM diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika di tingkat sekolah menengah.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan modul digital berbasis STEAM pada materi momentum dan impuls yang dikembangkan melalui tahapan model ADDIE hingga tahap evaluasi. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik memerlukan bahan ajar digital yang interaktif, fleksibel, dan kontekstual untuk membantu memahami konsep momentum dan impuls yang bersifat abstrak. Modul yang dikembangkan dirancang secara sistematis dengan mengintegrasikan unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, serta memanfaatkan media digital sebagai sarana pendukung pembelajaran mandiri. Hasil validasi oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi pembelajaran menunjukkan bahwa modul digital berbasis STEAM dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar fisika SMA ditinjau dari aspek kelayakan isi, tampilan media, dan kepraktisan penggunaan. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena belum melaksanakan tahap implementasi dan uji efektivitas modul secara langsung dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji efektivitas modul terhadap peningkatan hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, dan keterlibatan peserta didik, serta mengembangkan modul digital berbasis STEAM pada materi fisika lain atau jenjang pendidikan yang berbeda guna memperluas kontribusi penelitian dalam pengembangan inovasi pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, S., Amin, B. D., & Yani, A. (2021). Pengembangan E -Modul Interaktif berbasis Problem Solving pada Pembelajaran Fisika. *Universitas Negeri Makassar*, 1–4.
- Bancong, H. (2024). *STEAM EDUCATION Konsep, Integrasi dan Masa Depan* (Irma Safitri Mustamin (ed.); Cetakan Pe). INDONESIA EMAS GROUP.
- Dr. Elly Sukmanasa, M. P. (2024). *PENGEMBANGAN E-MODUL DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI BOOK CREATOR PADA MATERI AKU DAN KEBUTUHAN KURSI PESERTA DIDIK KELAS IV DI SDN KEBON PEDES 1*. 10(September).
- Fitri, A. et al. (2023). *PENGEMBANGAN MODUL AJAR DIGITAL INFORMATIKA JARINGAN*. 7(1), 33–38.
- Jannah, R., Taufiq, M., & Rahma, R. (2022). Pengaruh Penerapan Pendekatan Steam Pada Materi Fluida Statis Terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Jangka. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 3(2), 73–77.
- Jurusan, N., Fakultas, N. I. M., Email, U., Ulum, B., Fisika, P., Alam, I. P., Yogyakarta, U. N., Pembimbing, D., & Wiyatmo, Y. (n.d.). *Modul Pembelajaran Fisika Materi Momentum dan impuls Untuk SMA Kelas X*.
- Kaniawati, I. (2020). Pengaruh Simulasi Komputer Terhadap Peningkatan Penguasaan Konsep Impuls-Momentum Siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 3(1), 21–23.
- Lastri, Y. (2023). *PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN BAHAN AJAR E- MODUL DALAM PROSES PEMBELAJARAN*. 3, 1139–1146.
- Luamba, A. G., & Tandapai, A. (2022). Peningkatan Hasil Belajar Siswa dengan Menerapkan Metode STEAM Pada Mata Pelajaran Pendidikan Agama Kristen Kelas X IPA 1 di SMA GKST 1. 2(1), 156–169.
- Mufarohah, I. L., Firdaus, F., & Maryono, M. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Ludo Fisika 3 Dimensi Dengan Addie Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 233–247.
- Mustafa, E., Sukardi, S., Yulastris, A., & Anwar, M. (2022). Pengembangan media pembelajaran kewirausahaan online untuk mahasiswa universitas negeri padang. *JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, 7(2), 77. <https://doi.org/10.29210/30031519000>
- Muzijah, R., Wati, M., & Mahtari, S. (2020). Pengembangan E-modul Menggunakan Aplikasi Exe-Learning untuk Melatih Literasi Sains. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 4(2), 89.
- Ricu Sidiq, & Najuah. (2020). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.21009/jps.091.01>
- Safarati, N. (2022). *Model Pembelajaran STEAM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas X SMA Negeri 2 Peusangan*. 3(2).

- Saputro, H. B., & Febriani, O. R. (2023). Pengaruh Penggunaan Modul Digital Interaktif Terhadap Minat Dan Hasil Belajar Materi Pecahan Kelas Iv Sdn 2 Klesem. *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 4(1), 130–139.
<https://doi.org/10.46306/lb.v4i1.219>
- Septhiany Pricillya, Fernanda, M., Qorimah, F., & Hanisa, A. R. (2022). Implementasi Pembelajaran Impuls dan Momentum: Review Publikasi Ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, Dan Terapan Teknologi*, 1(2), 191–212. <https://doi.org/10.58797/pilar.0102.10>
- Serevina, V., Ekayanti, A. N., & Aliftika, O. (2022). Development of online learning devices based on project based learning (PjBL) in optical materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012059>
- Serevina, V., Maynastiti, D., & Sugihartono, I. (2020). The development of flip book contextual teaching and learning-based to enhance students' physics problem solving skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012076>
- Tanzimah, T., et al. (2023). *Wahana Didaktika ISSN: 2621-4075 Jurnal Terakreditasi SINTA* 5. 337–351.
- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan E- Modul Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh Di Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>