

Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Hipermedia untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah Fisika Peserta Didik

Nurul Muthmainnah Herman^{1*}, Riskawati²

^{1, 2} Universitas Negeri Makassar, Indonesia

* nurul.muthmainnah@unm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar fisika berbasis hipermedia yang valid, praktis, dan efektif guna meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Jenis penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Development, Disseminate*). Subjek uji coba lapangan melibatkan 50 peserta didik kelas X IPA di SMAN 2 Bone yang diambil secara *Purposive Sampling*. Instrumen pengumpulan data meliputi lembar validasi ahli materi dan media, angket respon pengguna, serta tes keterampilan pemecahan masalah yang mengacu pada indikator Polya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) bahan ajar berbasis hipermedia yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat valid dengan skor rata-rata 1,00; (2) tingkat kepraktisan bahan ajar dinilai baik, ditunjukkan oleh respon peserta didik sebesar 79,33% dengan kategori positif dan respon pendidik sebesar 81,00% dengan kategori sangat positif; serta (3) bahan ajar terbukti efektif meningkatkan hasil belajar dengan pencapaian ketuntasan klasikal sebesar 82% yang didominasi oleh kategori "Baik" dan "Sangat Baik". Peningkatan signifikan juga terjadi pada indikator keterampilan spasial dan grafik, menunjukkan bahwa media ini mampu membantu visualisasi konsep fisika yang abstrak.

Kata Kunci: *Bahan Ajar, Fisika, Hipermedia, Keterampilan Pemecahan Masalah, Model 4D*

Pendahuluan

Kemajuan peradaban di era Society 5.0 saat ini, dunia pendidikan menghadapi tuntutan baru, dimana fokusnya bukan lagi sekadar pengetahuan, melainkan upaya mengasah kemampuan berpikir yang kompleks, terutama dalam memecahkan masalah. Fisika, sebagai ilmu dasar, merupakan salah satu bidang ilmu yang tepat untuk melatih kemampuan ini karena sifatnya yang analitis dan matematis (Fuadiah et al., 2019; Sarkadi et al., 2022). Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) pun memegang peran kunci untuk menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan zaman dengan membekali mereka kemampuan berpikir kritis (Biseth et al., 2022; Hasbiyallah et al., 2023).

Namun, penerapannya di sekolah seringkali berbeda dari harapan. Banyak peserta didik yang hasil belajarnya sangat dipengaruhi oleh kesiapan awal mereka, yang sayangnya sering kali timpang karena faktor latar belakang (Karademir et al., 2024). Kebanyakan peserta didik kesulitan mengubah konsep teori menjadi langkah solusi nyata, dimana mereka lebih sering menghafal rumus dibanding memahami topik bahasan secara kontekstual (Fuadiah et al., 2019; Koslouski, 2022). Padahal, seperti ditekankan oleh Burkholder et al. (Fuadiah et al., 2019) kemampuan memecahkan masalah adalah keterampilan utama yang digunakan dari pembelajaran STEM, meski penerapannya memang penuh tantangan.

Masalah ini makin rumit karena cara mengajar yang masih konvensional. Minimnya visualisasi membuat peserta didik sulit mengintegrasikan rumus matematika yang abstrak dengan kejadian nyata di sekelilingnya (Magaji, 2021). Pada beberapa riset terbaru menunjukkan bahwa teknologi bisa membantu mengatasi masalah ini dengan visualisasi yang nyata dan interaktif (Suyitno et al., 2022). Merespons masalah tersebut, banyak peneliti kini berlomba-lomba mengintegrasikan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pelajaran Fisika. Berbagai studi membuktikan bahwa teknologi sangat membantu peserta didik memahami konsep ((Asamoah et al., 2024; Suyitno et al., 2022). Teknologi seperti Augmented Reality (AR) dan pembelajaran lewat ponsel (*mobile learning*) terbukti mampu meningkatkan semangat belajar sekaligus membantu peserta didik mengilustrasikan dengan baik informasi abstrak yang mereka temui (Love et al., 2022; Roorda et al., 2024; Sellami et al., 2024).

Dalam hal bahan ajar, multimedia interaktif juga berkembang pesat. Studi dari Çeken dan Taşkın (Boardman et al., 2024) menunjukkan peserta didik lebih ingat materi struktur sel saat belajar menggunakan AR dibandingkan cara biasa. Analisis data oleh Harnal et al (Sellami et al., 2024) juga mengonfirmasi bahwa penggunaan AR untuk mendongkrak kualitas pendidikan sedang tren. Pendekatan STEAM juga terbukti efektif memicu kreativitas dan kesadaran berpikir peserta didik (Sudirman et al., 2023). Semua temuan ini menegaskan satu hal dimana keberadaan teknologi tidak bisa dikesampingkan lagi di era ini, tapi sudah menjadi kebutuhan inti dalam pengajaran fisika karena mampu menyajikan visualisasi dinamis yang tidak bisa dilakukan oleh buku teks biasa (Cordova, 2024; Suyitno et al., 2022). Meskipun penelitian tentang teknologi pendidikan sudah banyak dilakukan, namun di beberapa hal masih ditemukan masalah yang berkaitan dengan penerapannya pada pembelajaran. Kebanyakan materi digital yang ada saat ini hanya fokus membuat peserta didik mengenali konsep atau sekadar menyampaikan materi, tapi tidak mampu membimbing peserta didik tentang memecahkan masalahnya secara sistematis (Cameron et al., 2022; Martin et al., 2024).

Hal yang sama juga terjadi di beberapa sekolah yang telah di observasi. Keberadaan teknologi berupa laboratorium computer, smartboard yang dilengkapi jaringan internet memadai, ternyata tidak disertai dengan penerapan teknologi dalam pembelajaran yang maksimal. Seperti halnya di SMAN 13 Gowa, SMAN 8 Bone, SMAN 8 Bone, dan SMAN 3 Sinjai, yang umumnya hanya dibekali dengan power point dan video penjelasan mengenai topik pembelajaran di kelas. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru di sekolah, diketahui bahwa sekitar 80% peserta didik mencapai KKM. Lebih lanjut guru menjelaskan bahwa nilai di atas KKM ini belum menggambarkan secara menyeluruh mengenai keterampilan pemecahan masalah fisika peserta didik sebagaimana yang diharapkan dalam kurikulum berjalan.

Hipermedia pembelajaran merupakan sistem multimedia interaktif yang memungkinkan pengguna untuk mengakses berbagai jenis informasi secara non-linear. Dalam konteks budaya virtual, hipermedia memiliki karakteristik interaktif yang khas dengan logika aliran (flow) yang melampaui waktu dan konteks historis (Cudowska, 2023). Sifat interaktif hipermedia ini memungkinkan penerima pesan dalam rantai komunikasi untuk berperan aktif dalam proses pembelajaran. Pengintegrasian hipermedia dengan pedagogi inovatif seperti pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan instruksi berbasis inkuiri terbukti efektif untuk mengembangkan literasi sains (Burchard et al., 2025). Pembelajaran multimedia yang dikombinasikan dengan pembelajaran kolaboratif dan diskusi menjadi penting dalam pengajaran dengan multimedia (Burchard et al., 2025). Sistem Manajemen Pembelajaran (*Learning Management Systems*), laboratorium virtual, simulasi interaktif, dan platform tutoring berbasis AI tidak hanya memfasilitasi akses ke konten tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang dinamis dan personal (Dewra, 2025). Teknologi-teknologi ini melayani berbagai gaya belajar dan

menjembatani kesenjangan geografis dan sosial ekonomi, menjadikan pendidikan berkualitas lebih inklusif dan terukur (Dewra, 2025).

Teknologi laboratorium virtual telah saat ini sudah banyak diadaptasi dengan berbagai platform dan aplikasi. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah PhET Interactive Simulation yang menyediakan simulasi interaktif untuk berbagai mata pelajaran sains (Herman, 2023; Simbolon et al., 2023). Peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini tidak dapat dipisahkan dari dunia pendidikan, dan banyak kebutuhan pendidikan yang dapat dipenuhi dengan memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran, termasuk kebutuhan untuk melaksanakan praktikum (Simbolon et al., 2023). Masalah umum yang dialami guru IPA dalam pembelajaran adalah minimnya peralatan laboratorium, yang dapat diatasi dengan penggunaan laboratorium virtual (Simbolon et al., 2023). Laboratorium virtual yang ada pun sering kali berdiri sendiri, terpisah dari materi ajar utamanya, sehingga peserta didik tidak mendapat panduan yang utuh (Fuadiah et al., 2019; Ismail et al., 2019).

Masih sangat sedikit penelitian yang mengembangkan hypermedia, media yang memungkinkan akses informasi secara bebas/non-linear yang dirancang khusus untuk mengukur sekaligus melatih skill pemecahan masalah dalam satu paket lengkap, apalagi untuk konteks belajar pasca-pandemi (Alsoliman, 2022; Ouwehand et al., 2022). Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini hadir untuk mengembangkan bahan ajar fisika berbasis hipermedia (menggunakan model 4D) yang bertujuan meningkatkan dan mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik SMA. Rumusan masalah penelitian ini adalah Seberapa valid, praktis, dan efektifkah bahan ajar hipermedia ini dalam mendongkrak keterampilan pemecahan masalah siswa?

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada cara menyisipkan indikator pemecahan masalah Polya langsung ke dalam sistem hipermediannya. Ini membuat peserta didik bisa belajar dengan alur yang bebas namun tetap terarah ((Fuadiah et al., 2019; Zemanova, 2022). Berbeda dengan multimedia biasa, hipermedia ini menggabungkan teks, visual, dan simulasi yang memberikan kebebasan peserta didik untuk berinteraksi dan mengambil keputusan (Boardman et al., 2024; Cordova, 2024). Pemanfaatan hypermedia sebagai laboratorium virtual diharapkan dapat meningkatkan minat peserta didik. Sehingga temuan yang ditargetkan pada penelitian ini adalah mengembangkan bahan ajar fisika berbasis hypermedia yang berkualitas dengan kriteria valid dan praktis berupa program hipermedia, buku panduan, LKPD dan buku ajar. Bahan ajar berbasis hipermedia yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan keterampilan memecahkan masalah peserta didik SMA era digital.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (research and development) yang bertujuan menghasilkan bahan ajar fisika berbasis hipermedia yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Produk yang dikembangkan meliputi: (1) Program Pembelajaran Hipermedia, (2) Buku Panduan Penggunaan Hipermedia, (3) Buku Materi Gerak Parabola, (4) Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), serta (5) Tes Keterampilan Pemecahan Masalah yang disusun berdasarkan indikator pemecahan masalah menurut Polya.

1. Pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan pembelajaran sebagai dasar pengembangan bahan ajar. Kegiatan meliputi analisis awal–akhir melalui observasi pembelajaran fisika dan wawancara guru untuk menemukan permasalahan, khususnya

rendahnya keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Selanjutnya dilakukan analisis peserta didik terkait karakteristik kognitif, kemampuan awal, dan pengalaman belajar. Analisis konsep dilakukan dengan memetakan konsep esensial materi gerak parabola sesuai kurikulum, diikuti analisis tugas dan perumusan tujuan pembelajaran berdasarkan indikator pemecahan masalah Polya.

2. Tahap Perancangan (Design)

Tahap perancangan (design) bertujuan merancang prototipe awal bahan ajar berbasis hipermedia. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan alur navigasi hipermedia secara non-linear untuk memudahkan eksplorasi materi, perancangan tampilan antarmuka yang ergonomis dan ramah pengguna, serta penyusunan konten yang terintegrasi antara materi, simulasi virtual, contoh soal, dan evaluasi. Selain itu, pada tahap ini juga disusun instrumen penelitian berupa lembar validasi, angket respon peserta didik, dan tes keterampilan pemecahan masalah.:

3. Tahap Pengembangan (Develop)

Tahap pengembangan (develop) bertujuan menghasilkan produk bahan ajar yang layak digunakan melalui proses validasi dan revisi. Pada tahap ini dilakukan validasi ahli yang melibatkan satu pakar materi dan satu pakar media untuk menilai kelayakan isi dan tampilan. Selanjutnya, produk direvisi berdasarkan saran dan masukan dari para validator. Setelah itu dilakukan uji coba terbatas kepada peserta didik untuk memperoleh data kepraktisan dan efektivitas bahan ajar dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah:

4. Penyebaran (Disseminate)

Tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas melalui implementasi bahan ajar pada peserta didik kelas X IPA SMAN 2 Bone. Tahap ini bertujuan memperoleh gambaran efektivitas produk dalam kondisi pembelajaran nyata serta sebagai dasar rekomendasi pengembangan lanjutan.

Hasil

Penyajian hasil penelitian ini disusun berdasarkan tahapan pengembangan model Four-D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) untuk menggambarkan capaian pada setiap tahap pengembangan bahan ajar fisika berbasis hipermedia.

Tahap Pendefinisian (Define)

Tahap *define* menghasilkan informasi awal yang menjadi dasar pengembangan bahan ajar berbasis hipermedia. Hasil analisis awal–akhir menunjukkan bahwa pembelajaran fisika di sekolah sasaran masih didominasi metode konvensional dengan penggunaan media yang terbatas pada presentasi dan video, sehingga belum sepenuhnya mendukung pengembangan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

Hasil analisis peserta didik menunjukkan bahwa peserta didik kelas X IPA memiliki kemampuan awal yang heterogen, dengan kecenderungan kesulitan dalam mengaitkan konsep fisika dengan penyelesaian masalah kontekstual. Analisis konsep menghasilkan pemetaan materi gerak parabola yang meliputi pengertian, karakteristik gerak, besaran fisis yang terlibat, serta representasi matematis dan grafis. Analisis tugas menunjukkan bahwa keterampilan yang harus dikembangkan meliputi kemampuan memahami masalah, merancang strategi penyelesaian, menerapkan konsep matematis, serta mengevaluasi hasil. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirumuskan tujuan pembelajaran yang berorientasi pada indikator keterampilan pemecahan masalah menurut Polya sebagai acuan utama pengembangan bahan ajar.

Pengembangan bahan ajar fisika berbasis hipermedia dalam penelitian ini berangkat dari temuan empiris pada tahap pendefinisian (*define*) yang menunjukkan masih dominannya pembelajaran konvensional dengan keterbatasan visualisasi dan rendahnya keterlibatan aktif peserta didik. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Fuadiah dkk. (2019) dan Magaji (2021) yang menyatakan bahwa pembelajaran sains yang menekankan prosedur tanpa dukungan representasi visual cenderung menghasilkan miskonsepsi dan lemahnya keterampilan pemecahan masalah. Dalam konteks pendidikan abad ke-21 dan Society 5.0, kebutuhan akan pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir kompleks menjadi semakin mendesak, sebagaimana ditegaskan oleh Biseth dkk. (2022) dan Dewra (2025). Oleh karena itu, indikator keterampilan pemecahan masalah menurut Polya dijadikan sebagai kerangka konseptual utama dalam pengembangan bahan ajar ini.

Tahap Perancangan (Design)

Tahap *design* menghasilkan rancangan awal (*prototype*) bahan ajar fisika berbasis hipermedia. Hasil perancangan mencakup struktur navigasi hipermedia yang bersifat non-linear, memungkinkan peserta didik mengakses materi sesuai kebutuhan belajar. Komponen yang dirancang dalam hipermedia meliputi menu kompetensi, tujuan pembelajaran, ringkasan materi, simulasi laboratorium virtual, contoh soal, evaluasi, serta sumber literasi pendukung. Materi dan aktivitas pembelajaran dirancang terintegrasi dengan indikator pemecahan masalah Polya, sehingga setiap bagian pembelajaran memiliki keterkaitan dengan tahapan pemecahan masalah.

Selain itu, pada tahap ini juga dihasilkan rancangan instrumen penelitian berupa lembar validasi ahli, angket respon peserta didik, angket respon pendidik, dan tes keterampilan pemecahan masalah. Seluruh instrumen dirancang sesuai dengan tujuan penelitian dan karakteristik produk yang dikembangkan.



Gambar 1. Bahan Ajar Berbasis Hipermedia

Gambar 1 menampilkan tampilan utama bahan ajar fisika berbasis hipermedia yang dikembangkan pada materi gerak parabola. Visualisasi pada gambar menunjukkan integrasi beberapa komponen utama dalam satu sistem pembelajaran, meliputi halaman uji kompetensi berbasis kuis interaktif, antarmuka utama hipermedia dengan menu navigasi non-linear, serta fitur *virtual laboratory* yang terhubung dengan simulasi PhET Interactive Simulations. Struktur tampilan dirancang untuk memfasilitasi akses materi, simulasi, dan evaluasi secara terpadu, sehingga peserta didik dapat berpindah antar bagian pembelajaran sesuai kebutuhan. Deskripsi visual ini memberikan gambaran awal mengenai karakteristik hipermedia yang menekankan interaktivitas, visualisasi konsep fisika, dan dukungan terhadap pembelajaran mandiri sebelum pembahasan lebih lanjut mengenai efektivitas dan implikasi pedagogis bahan ajar.

Hasil tahap perancangan (*design*) menunjukkan bahwa struktur hipermedia non-linear yang dikembangkan memungkinkan peserta didik mengakses materi, simulasi, dan evaluasi secara

fleksibel sesuai kebutuhan belajar. Desain ini selaras dengan pandangan Cudowska (2023) yang menekankan bahwa hipermedia dalam budaya virtual memungkinkan interaksi belajar yang melampaui batas linearitas ruang dan waktu. Integrasi teks, visual, dan simulasi dalam satu sistem pembelajaran juga mendukung temuan Burchard dkk. (2025) yang menyimpulkan bahwa multimedia terintegrasi mampu meningkatkan literasi sains apabila dirancang selaras dengan tujuan pedagogis. Dengan demikian, desain hipermedia tidak hanya berfungsi sebagai media penyaji informasi, tetapi sebagai lingkungan belajar yang memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan secara aktif.

Tahap Pengembangan (Develop)

Pada tahap develop, bahan ajar fisika berbasis hipermedia beserta instrumen penelitian divalidasi oleh dua orang pakar, yang terdiri atas satu pakar materi dan satu pakar media. Produk dan instrumen yang divalidasi meliputi Buku Panduan Penggunaan Hipermedia, Bahan Ajar Hipermedia, Soal Tes Keterampilan Pemecahan Masalah topik Gerak Parabola, Angket Respon Peserta Didik, Angket Respon Pendidik, serta prototipe hipermedia. Hasil analisis validasi menggunakan rumus Gregory menunjukkan bahwa seluruh instrumen dan bahan ajar memperoleh nilai validitas sebesar 1,00. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kesepakatan penuh antar validator, sehingga seluruh produk dinyatakan valid dan layak digunakan pada tahap uji coba lapangan.

Pada tahap pengembangan (*develop*), hasil validasi ahli menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis hipermedia memiliki tingkat validitas sangat tinggi, baik dari sisi substansi materi maupun desain antarmuka. Validitas desain antarmuka yang memperhatikan ergonomi kognitif mendukung efektivitas interaksi pengguna, sebagaimana ditegaskan oleh Boardman dkk. (2024) bahwa desain media pembelajaran yang inklusif dan terstruktur berkontribusi pada peningkatan aksesibilitas dan pemahaman peserta didik. Integrasi simulasi *virtual laboratory* berbasis PhET memungkinkan peserta didik memanipulasi variabel fisika secara langsung dan mengamati fenomena secara real-time. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu menjembatani keterbatasan fasilitas fisik dan meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik (Herman, 2023; Simbolon dkk., 2023; Alsoliman, 2022). Dengan kata lain, simulasi interaktif berfungsi sebagai *scaffolding* kognitif yang menghubungkan representasi matematis abstrak dengan fenomena fisika konkret.

Selain aspek visualisasi, penggunaan evaluasi interaktif dengan umpan balik langsung (*immediate feedback*) melalui iSpring Suite menguatkan fungsi asesmen sebagai bagian dari proses belajar. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Asamoah dkk. (2024) yang menekankan pentingnya asesmen formatif dalam membentuk pengalaman belajar yang bermakna. Evaluasi tidak lagi diposisikan semata sebagai alat ukur hasil akhir, tetapi sebagai sarana refleksi dan penguatan pemahaman konsep secara berkelanjutan.

Tahap Disseminate

Tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas melalui implementasi bahan ajar fisika berbasis hipermedia pada 50 peserta didik kelas X IPA SMAN 2 Bone. Hasil tahap ini ditinjau dari efektivitas dan kepraktisan produk.

a. Hasil Tes Keterampilan Pemecahan Masalah

Data hasil tes dari 50 peserta didik menunjukkan peningkatan dengan mayoritas peserta didik mencapai kategori "Baik". Tabel 1 memperlihatkan bahwa 82% peserta didik (gabungan Baik dan Sangat Baik) telah tuntas.

Tabel 1 Distribusi Frekuensi Hasil Tes Keterampilan Pemecahan Masalah

No	Interval Nilai	Kategori	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
1	$0 \leq x < 40$	Gagal	0	0.00%
2	$40 \leq x < 55$	Kurang	3	6.00%
3	$55 \leq x < 65$	Cukup	6	12.00%
4	$65 \leq x < 80$	Baik	33	66.00%
5	$80 \leq x \leq 100$	Sangat Baik	8	16.00%
Total			50	100%

Distribusi hasil tes keterampilan pemecahan masalah menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik telah mencapai tingkat penguasaan yang memadai. Mayoritas peserta didik berada pada kategori *Baik* dan *Sangat Baik*, yang mengindikasikan kemampuan peserta didik dalam memahami permasalahan fisika, merencanakan strategi penyelesaian, serta mengeksekusi solusi secara sistematis. Tidak ditemukannya peserta didik pada kategori *Gagal* menandakan bahwa seluruh peserta didik telah memiliki kemampuan dasar pemecahan masalah. Sementara itu, proporsi kecil peserta didik pada kategori *Kurang* dan *Cukup* menunjukkan adanya variasi kemampuan individual yang masih memerlukan pendampingan. Secara keseluruhan, capaian ini mencerminkan bahwa pembelajaran menggunakan bahan ajar berbasis hipermedia mampu mendorong pemerataan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dan mendukung pencapaian ketuntasan belajar secara klasikal.

Ditinjau berdasarkan indikator pemecahan masalah, skor rata-rata menunjukkan capaian yang relatif merata pada seluruh aspek. Indikator pemetaan masalah memperoleh capaian tertinggi, sementara indikator kemampuan matematik, keterampilan ruang dan grafik, serta estimasi dan aproksimasi berada pada kategori Baik. Rekapitulasi skor rata-rata per indikator disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Skor Rata-Rata Per Indikator Pemecahan Masalah

No	Indikator Keterampilan	Rata-Rata Skor (%)	Kategori Capaian
1	Pemetaan Masalah (Problem Mapping)	80.45%	Sangat Baik
2	Kemampuan Matematik & Angka	76.20%	Baik
3	Keterampilan Ruang & Grafik	72.50%	Baik
4	Estimasi & Aproksimasi	74.80%	Baik
Rerata		75.99%	Baik

Hasil analisis skor rata-rata per indikator menunjukkan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik berkembang secara relatif merata pada seluruh aspek yang diukur. Indikator pemetaan masalah mencapai capaian tertinggi, yang mengindikasikan bahwa peserta didik mampu mengidentifikasi informasi penting, merumuskan permasalahan, serta menentukan pendekatan penyelesaian secara tepat. Sementara itu, indikator kemampuan matematik, keterampilan ruang dan grafik, serta estimasi dan aproksimasi berada pada kategori Baik, menunjukkan bahwa peserta didik cukup mampu mengintegrasikan representasi matematis dan visual dalam menyelesaikan persoalan fisika. Capaian yang relatif seimbang antar indikator ini mengindikasikan bahwa bahan ajar berbasis hipermedia tidak hanya meningkatkan satu aspek keterampilan tertentu, tetapi juga mendukung pengembangan kemampuan pemecahan masalah secara komprehensif.

b. Hasil Analisis Respon Peserta Didik

Hasil analisis angket respon peserta didik menunjukkan rerata persentase sebesar **79,33%** dengan kategori *Positif*. Rincian hasil respon peserta didik disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis Respon Peserta Didik

No	Aspek Penilaian	Persentase Capaian	Kategori
1	Visual dan Daya Tarik Media	80.00%	Positif
2	Kualitas Konten / Materi	81.00%	Sangat Positif
3	Kebermanfaatan (Usability)	77.00%	Positif
Rerata Total		79.33%	Positif

Hasil analisis respon peserta didik menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis hipermedia memperoleh tingkat penerimaan yang baik dalam pembelajaran. Peserta didik menilai bahwa tampilan visual dan desain media mampu meningkatkan ketertarikan serta menjaga fokus selama proses belajar, sehingga pembelajaran terasa lebih menarik dibandingkan metode konvensional. Kualitas konten yang dinilai sangat positif mengindikasikan bahwa materi yang disajikan mudah dipahami, relevan dengan tujuan pembelajaran, serta membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika yang abstrak. Sementara itu, aspek kebermanfaatan menunjukkan bahwa hipermedia ini telah mendukung aktivitas belajar secara mandiri dan interaktif, meskipun sebagian peserta didik masih memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan pola pembelajaran berbasis teknologi. Secara keseluruhan, respon ini menegaskan bahwa bahan ajar berbasis hipermedia praktis digunakan dan berpotensi meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran fisika.

c. Hasil Analisis Angket Respon Pendidik

Hasil analisis angket respon pendidik menunjukkan rerata persentase sebesar **81,00%** dengan kategori *Sangat Positif*. Rincian hasil respon pendidik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Analisis Respon Pendidik

No	Aspek Penilaian	Persentase Capaian	Kategori
1	Desain Visual dan Interaktivitas	83.00%	Sangat Positif
2	Kesesuaian Konten dengan Kurikulum	81.00%	Sangat Positif
3	Manfaat dalam Pembelajaran	79.00%	Positif
Rerata Total		81.00%	Sangat Positif

Hasil analisis respon pendidik menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis hipermedia memperoleh apresiasi yang sangat baik dari sisi implementasi pembelajaran. Pendidik menilai bahwa desain visual dan interaktivitas media mampu mendukung proses penyampaian materi secara lebih efektif, terutama dalam menjelaskan konsep fisika yang bersifat abstrak. Kesesuaian konten dengan kurikulum yang dinilai sangat positif mengindikasikan bahwa bahan ajar ini selaras dengan kompetensi yang harus dicapai peserta didik serta mudah diintegrasikan dalam perencanaan pembelajaran. Sementara itu, penilaian terhadap manfaat dalam pembelajaran menunjukkan bahwa hipermedia membantu pendidik mengatasi keterbatasan media konvensional dan fasilitas laboratorium, serta mendorong pembelajaran yang lebih aktif dan bermakna. Secara keseluruhan, respon pendidik menegaskan bahwa bahan ajar berbasis hipermedia memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi dan layak digunakan sebagai pendukung pembelajaran fisika di sekolah.

Pada tahap penyebaran terbatas (*disseminate*), hasil uji coba menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis hipermedia diterima dengan baik oleh peserta didik dan pendidik. Respon positif peserta didik menunjukkan bahwa media ini mampu meningkatkan ketertarikan dan keterlibatan belajar, meskipun masih diperlukan fase adaptasi terhadap pola pembelajaran yang menuntut peran aktif. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Cameron dkk. (2022) dan Karademir dkk. (2024) yang menegaskan bahwa adopsi teknologi pembelajaran memerlukan kesiapan dan penyesuaian baik dari sisi peserta didik maupun pendidik. Respon pendidik yang sangat positif menunjukkan tingginya nilai kegunaan media dalam membantu visualisasi konsep fisika yang

sulit dijelaskan melalui ceramah, serta dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium, sebagaimana juga dilaporkan oleh Sellami dkk. (2024) dan Sudirman dkk. (2023).

Efektivitas bahan ajar ditunjukkan oleh capaian ketuntasan klasikal sebesar 82% dengan dominasi kategori *Baik* dan *Sangat Baik*. Peningkatan yang relatif merata pada seluruh indikator pemecahan masalah menunjukkan bahwa desain hipermedia non-linear tidak hanya meningkatkan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga mendukung pengembangan proses berpikir peserta didik secara komprehensif. Temuan ini menguatkan hasil penelitian Roorda dkk. (2024) dan Martin dkk. (2024) yang menekankan bahwa pembelajaran berbasis pemecahan masalah yang didukung teknologi mampu memperkuat kemampuan analitis dan representasional peserta didik. Dengan demikian, bahan ajar fisika berbasis hipermedia yang dikembangkan dalam penelitian ini terbukti tidak hanya valid dan praktis, tetapi juga efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah fisika secara konseptual dan berkelanjutan.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar fisika berbasis hipermedia pada materi gerak parabola yang dikembangkan melalui model Four-D dan terbukti memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan, meliputi prototipe hipermedia pembelajaran, LKPD gerak parabola, soal tes keterampilan pemecahan masalah, serta buku panduan penggunaan hipermedia, memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan skor 1,00. Temuan ini menunjukkan bahwa substansi materi, desain antarmuka, serta instrumen evaluasi telah sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan peserta didik. Kepraktisan bahan ajar tercermin dari respon positif peserta didik dan respon sangat positif pendidik, yang mengindikasikan bahwa hipermedia mudah digunakan, menarik, serta relevan untuk mendukung proses pembelajaran fisika. Dari aspek efektivitas, bahan ajar terbukti mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik, ditunjukkan oleh capaian skor rata-rata klasikal sebesar 75,99% dengan kategori Baik dan ketuntasan belajar yang merata di atas standar minimal. Hal ini menegaskan bahwa integrasi navigasi non-linear, simulasi laboratorium virtual, dan evaluasi interaktif berkontribusi pada pemahaman konsep fisika yang lebih mendalam.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis hipermedia berpotensi menjadi alternatif solusi pembelajaran fisika di era digital, khususnya dalam mengatasi keterbatasan visualisasi konsep dan fasilitas laboratorium. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup uji coba yang masih terbatas pada satu sekolah dan satu materi pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan bahan ajar hipermedia pada materi fisika lainnya, melibatkan sampel yang lebih luas, serta mengkaji dampaknya terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi lainnya.

Acknowledgement

-

Daftar Pustaka

- Alsoliman, B. S. H. (2022). Virtual Robotics in Education: The Experience of Eighth Grade Students in STEM. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.950766>
- Asamoah, D., Shahrill, M., & Latif, S. N. A. (2024). Teachers' Perceptions of School Assessment Climate and Realities of Assessment Practices in Two Educational Contexts. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1278187>

- Biseth, H., Svenkerud, S. W., Magerøy, S. M., & Rubilar, K. H. (2022). Relevant Transformative Teacher Education for Future Generations. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.806495>
- Boardman, A. G., Schwarz, V. S., & Sollenberger, L. (2024). Integrating Disability Into Equity-Focused General Education Teacher Preparation. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1372380>
- Burchard, C., Nguru, F., & Pembe, F. K. (2025). Enhancing Science Literacy in Secondary School Physics: A Systematic Review of Multimedia Integration Strategies and Resources. *J. Educ. Sust. Dev. Stud.*, 2(1), 71–81. <https://doi.org/10.70232/jesds.v2i1.26>
- Cameron, D. L., Matre, M. E., & Canrinus, E. T. (2022). Accommodating Students With Special Educational Needs During School Closures Due to the COVID-19 Pandemic in Norway: Perceptions of Teachers and Students. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.856789>
- Cordova, M. (2024). Integrating Sustainable Development Goals in English Language and Literature Teaching. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1330034>
- Cudowska, A. (2023). School in the Cultural Discourse of Real Virtuality. *Multidisciplinary Journal of School Education*, 12(2 (24)), 223–242. <https://doi.org/10.35765/mjse.2023.1224.11>
- Dewra, S. D. (2025). Innovative Approaches in Modern Education: Bridging Theory and Practice. *Interantional Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 09(05), 1–9. <https://doi.org/10.55041/ijrsrem46731>
- Fuadiah, N. F., Suryadi, D., & Turmudi, T. (2019). Teaching and Learning Activities in Classroom and Their Impact on Student Misunderstanding: A Case Study on Negative Integers. *International Journal of Instruction*, 12(1), 407–424. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12127a>
- Hasbiyallah, H., Munadi, M., & Nurulhaq, D. (2023). Character Education Model for High School Students During the Pandemic in Terms of Pedagogic Competence and Teacher Personality. *International Journal of Instruction*, 16(2), 1077–1094. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16257a>
- Herman, N. M. (2023). Analisis Keterampilan Pemecahan Masalah Fisika Peserta Didik Dalam Pembelajaran Menggunakan Virtual Laboratory Kelas X IPA SMA Negeri 13 Gowa. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(3), 768–773. <https://doi.org/10.35965/eco.v23i3.3904>
- Ismail, S. N., Muhammad, S., Kanesan, A. G., & Ali, R. (2019). The Influence of Teachers' Perception and Readiness Towards the Implementation of Critical Thinking Skills (CTS) Practice in Mathematics. *International Journal of Instruction*, 12(2), 337–352. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12222a>
- Karademir, O., Mitri, D. D., Schneider, J., Jivet, I., Allmang, J., Gombert, S., Kubsch, M., Neumann, K., & Drachsler, H. (2024). I Don't Have Time! But Keep Me in the Loop: <scp>Co-designing</Scp> Requirements for a Learning Analytics Cockpit With Teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(6), 2681–2699. <https://doi.org/10.1111/jcal.12997>
- Koslouski, J. B. (2022). Developing Empathy and Support for Students With the “Most Challenging Behaviors:” Mixed-Methods Outcomes of Professional Development in

- Trauma-Informed Teaching Practices. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1005887>
- Love, T. S., Cysyk, J., Attaluri, A., Tunks, R. D., Harter, K., & Sipos, R. (2022). Examining Science and Technology/Engineering Educators' Views of Teaching Biomedical Concepts Through Physical Computing. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 96–110. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09996-7>
- Magaji, A. (2021). Promoting Problem-Solving Skills Among Secondary Science Students Through Problem Based Learning. *International Journal of Instruction*, 14(4), 549–566. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14432a>
- Martin, D., Curtis, P. M., & Redmond, P. (2024). Primary School Students' Perceptions and Developed Artefacts and Language From Learning Coding and Computational Thinking Using the <scp>3C</Scp> Model. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(4), 1616–1631. <https://doi.org/10.1111/jcal.12972>
- Ouwehand, K., Xu, K. M., Meeuwisse, M., Severiens, S., & Wijnia, L. (2022). Impact of School Population Composition, Workload, and Teachers' Utility Values on Teaching Quality: Insights From the Dutch TALIS-2018 Data. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.815795>
- Roorda, G., Vries, S. d., & Smale-Jacobse, A. (2024). Using Lesson Study to Help Mathematics Teachers Enhance Students' Problem-Solving Skills With Teaching Through Problem Solving. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1331674>
- Sarkadi, Casmana, A. R., Hisyam, C. J., & Wardatussa'idah, I. (2022). Integrating Character Education Into the RECE Learning Model Through Pancasila and Citizenship Education Subjects. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.841037>
- Sellami, A., Santhosh, M. E., Bhadra, J., & Ahmad, Z. (2024). Teachers' Perceptions of the Barriers to STEM Teaching in Qatar's Secondary Schools: A Structural Equation Modeling Analysis. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1333669>
- Simbolon, M., Henukh, A., Reski, A., & Silubun, H. C. A. (2023). Pelatihan Blended Learning Menggunakan Virtual Laboratory Berbasis Phet Interactive Simulation Di Smas Ypk Merauke. *Selaparang Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 7(1), 599. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v7i1.13755>
- Sudirman, S., Kennedy, D., & Soeharto, S. (2023). The Teaching of Physics at Upper Secondary School Level: A Comparative Study Between Indonesia and Ireland. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1118873>
- Suyitno, S., Kamin, Y., Jatmoko, D., Nurtanto, M., & Sunjayanto, E. (2022). Industrial Apprenticeship Model Based on Work-Based Learning for Pre-Service Teachers in Automotive Engineering. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.865064>
- Zemanova, M. A. (2022). Attitudes Toward Animal Dissection and Animal-Free Alternatives Among High School Biology Teachers in Switzerland. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.892713>