

MEDIA PEMBELAJARAN iSTEM BERBASIS SCRATCH DENGAN INTEGRASI BUDAYA LISUNG–HALU UNTUK PEMBELAJARAN USAHA DAN ENERGI

Nuril Ngilmi Hidaytai^{1*}, Riki Perdana²

^{1,2}Yogyakarta State University, Indonesia

Correspondence e-mail: nurilngilmi.2023@student.uny.ac.id^{1*}

Article History

Accepted: November 25th 2025
Approved: January 17th 2026
Published: January 27th 2026

DOI: doi.org/10.30822/cy4q2t21

ABSTRAK

Rendahnya hasil belajar fisika siswa sekolah menengah, terutama pada topik yang menuntut penalaran abstrak, disebabkan oleh media pembelajaran yang belum sesuai dengan karakteristik peserta didik dan kurangnya pengembangan kemampuan berpikir komputasi serta literasi informasi. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan sebuah media pembelajaran interaktif fisika berbasis model iSTEM yang terintegrasi dengan budaya lokal Lisung-Halu menggunakan aplikasi Scratch pada topik Usaha dan Energi. Media ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi dan literasi informasi siswa. Metode penelitian ini adalah Penelitian dan Pengembangan dengan menggunakan model 4D. Instrumen pengumpulan data menggunakan lembar angket validasi yang diberikan kepada lima validator teman sejawat calon guru fisika. Teknik analisis data menghitung skor rata-rata penilaian dari validator. Indikator validasi yang diukur meliputi validitas isi, validitas konstruk, aspek media/tampilan, aspek pedagogis, serta kesesuaian bahasa dan keterbacaan. Hasil validasi ahli menunjukkan media pembelajaran ini sangat layak digunakan. Hasil studi ini merekomendasikan media ini untuk disebarluaskan dan diimplementasikan secara lebih luas serta diuji coba skala besar untuk menganalisis efektivitasnya di kelas.

Kata Kunci: Media pembelajaran; model iSTEM; budaya lisung-halu; aplikasi scratch; usaha dan energi; berpikir komputasi; literasi informasi.

ABSTRACT

Low physics learning outcomes among high school students, particularly on topics requiring abstract reasoning, are attributed to learning media that do not align with student characteristics and insufficient development of computational thinking and information literacy skills. The objective of this research is to develop an interactive physics learning medium based on the iSTEM model, integrated with the local culture of Lisung-Halu, using the Scratch application on the topic of Work and Energy. This medium is specifically designed to enhance students' computational thinking and information literacy skills. The research method used is Research and Development (R&D) utilizing the 4D model. Data was collected using validation questionnaire sheets administered to five peer validators, who are prospective physics teachers. The data analysis technique involved calculating the average validation scores. The validation indicators measured included content validity, construct validity, media/display aspects, pedagogical aspects, and language suitability and readability.



The results of the expert validation indicate that the developed learning medium is highly feasible for use. This study recommends the media for wider dissemination and implementation, as well as large-scale testing to analyze its effectiveness in the classroom.

Keywords: Learning media; iSTEM model; lisung-halu culture, scratch application; work and energy computational thinking

PENDAHULUAN

Hasil belajar fisika siswa SMA secara konsisten dilaporkan berada pada kategori rendah di berbagai konteks pembelajaran. Sejumlah studi menunjukkan bahwa siswa sering gagal mencapai kriteria ketuntasan minimal, khususnya pada materi fisika yang menuntut penalaran abstrak dan pemahaman konseptual mendalam (Rusilowati et al., 2022; Angraeni et al., 2023; Siswanto et al., 2025). Rendahnya capaian ini berdampak langsung pada terhambatnya penguasaan konsep lanjutan dan kemampuan transfer pengetahuan ke situasi baru (Wangchuk et al., 2023; Rahmayani, 2024).

Kesulitan belajar paling menonjol muncul pada topik-topik berbasis konsep abstrak, seperti induksi elektromagnetik, energi, dan sistem dinamis. Persentase jawaban benar siswa pada soal yang menuntut aplikasi dan penalaran konseptual dilaporkan jauh lebih rendah dibandingkan soal berbasis hafalan (Estuhono, 2022; Musengimana et al., 2025). Data evaluasi berskala nasional juga mengindikasikan lemahnya pemahaman siswa terhadap konsep usaha dan energi (Rahmayani, 2024; Subramaniam et al., 2024). Temuan-temuan ini menguatkan indikasi adanya defisit kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran fisika, khususnya kemampuan menghubungkan prinsip dasar dengan fenomena nyata di lingkungan sekitar (Situmorang & Panggabean, 2024; Antonio & Castro, 2023).

Berbagai penelitian mengaitkan kondisi tersebut dengan dominasi pendekatan pembelajaran tradisional yang masih berpusat pada guru. Metode ceramah dan hafalan terbukti kurang efektif dalam mendorong keterlibatan aktif, eksplorasi konsep, serta pengembangan keterampilan pemecahan masalah siswa (Ogebo & Ramnarain, 2022; Subekti et al., 2024). Selain itu, keterbatasan sarana laboratorium dan rendahnya kesiapan guru dalam menerapkan pendekatan eksperimen atau inovasi pedagogis semakin memperkuat karakter pembelajaran yang bersifat pasif dan prosedural (Sujito et al., 2024; Sánchez, 2025; Laguindab et al., 2025).

Merespons permasalahan tersebut, *state of the art* penelitian pembelajaran fisika dalam satu dekade terakhir menunjukkan peningkatan minat terhadap pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi digital. Media simulasi interaktif dan visualisasi digital dilaporkan efektif dalam membantu siswa memahami konsep abstrak serta mengaitkan teori dengan aplikasi kontekstual (Bufasi et al., 2022; Handayani et al., 2023; Fayanto et al., 2024). Sejalan dengan itu, integrasi berpikir komputasi dalam pembelajaran fisika dipandang strategis untuk melatih siswa memecah masalah kompleks, membangun model, dan melakukan simulasi fenomena secara sistematis (Haase et al., 2023; Fayanto et al., 2024).

Namun demikian, sintesis literatur menunjukkan bahwa sebagian besar media digital yang dikembangkan masih memiliki keterbatasan. Banyak media belum secara eksplisit dirancang untuk mengembangkan berpikir komputasi dan literasi informasi secara terpadu, cenderung memiliki antarmuka yang kompleks, serta membatasi manipulasi variabel oleh siswa (Menchafou et al., 2023; Liu & Sun, 2024). Selain itu, ketergantungan pada perangkat keras mahal dan koneksi internet stabil menyebabkan media tersebut sulit diimplementasikan secara merata, terutama di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur (Kotsis, 2023).

Scratch muncul sebagai alternatif yang potensial untuk menjembatani keterbatasan tersebut. Platform pemrograman visual ini bersifat ringan, terbuka, dan mudah diakses, sehingga memungkinkan siswa membangun simulasi fisika sederhana melalui manipulasi blok kode tanpa hambatan teknis yang tinggi (Tenti et al., 2021; Lane et al., 2023). Scratch mendukung pengembangan berpikir komputasi melalui proses dekomposisi masalah, pemodelan sistem, dan

pengujian hipotesis secara interaktif, sekaligus mendorong literasi informasi melalui eksplorasi data dan interpretasi hasil simulasi (Bufasi et al., 2022; Handayani et al., 2023).

Meskipun demikian, kajian literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan Scratch dalam pembelajaran fisika masih jarang diintegrasikan secara sistematis dengan pendekatan iSTEM dan konteks budaya lokal. Padahal, integrasi budaya lokal berpotensi meningkatkan relevansi pembelajaran, memperkuat pemaknaan konsep fisika, serta mendorong keterlibatan siswa secara emosional dan kognitif (Antonio & Castro, 2023; Menchafou et al., 2023). Dengan demikian, terdapat celah penelitian berupa kebutuhan pengembangan media pembelajaran iSTEM berbasis Scratch yang tidak hanya menekankan aspek komputasional, tetapi juga terintegrasi dengan budaya lokal sebagai konteks pembelajaran bermakna, khususnya pada materi usaha dan energi.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas media pembelajaran iSTEM berbasis Scratch yang terintegrasi budaya Lisung-Halu dalam meningkatkan kemampuan berpikir komputasi dan literasi informasi siswa pada topik usaha dan energi.

METODE

Penelitian dan pengembangan produk dalam pembelajaran fisika membutuhkan kerangka kerja yang sistematis untuk memastikan hasil yang optimal dan relevan dengan kebutuhan siswa. Penelitian dan pengembangan merupakan kerangka kerja yang ideal untuk menciptakan inovasi pendidikan yang relevan dan efektif (Fayanto et al., 2024). Salah satu model R&D yang secara sistematis memandu proses pengembangan produk adalah model 4D yang diadaptasi dari Thiagarajan, Semmel, dan Semmel. Model ini memastikan bahwa setiap tahapan pengembangan media pembelajaran dilakukan secara cermat, mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi produk, sehingga dapat menghasilkan solusi yang komprehensif dan berdampak positif pada peningkatan hasil belajar siswa (Manurung & Panggabean, 2020).

1. Tahap Define

Tahap pendefinisian bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan karakteristik media pembelajaran yang akan dikembangkan, memastikan bahwa produk akhir sesuai dengan tujuan dan konteks yang ada. Pada fase ini, akan dilakukan analisis masalah yang melatarbelakangi rendahnya hasil belajar fisika, khususnya pada materi usaha dan energi, serta mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep abstrak dan menerapkan kemampuan berpikir komputasi (Angraeni et al., 2023; Lou et al., 2017; Rusilowati et al., 2022). Analisis ini juga mencakup identifikasi karakteristik model pembelajaran iSTEM, relevansi budaya lokal Lisung - Halu, serta bagaimana variabel penelitian seperti berpikir komputasi dan literasi informasi akan ditingkatkan melalui integrasi aplikasi Scratch. Hasil dari tahap ini adalah pemahaman yang mendalam mengenai kebutuhan spesifik yang harus dipenuhi oleh media pembelajaran, serta perumusan tujuan pengembangan yang jelas dan terukur (Fayanto et al., 2024; Handayani et al., 2023).

2. Tahap Design

Setelah kebutuhan diidentifikasi, tahap perancangan berfokus pada penyusunan spesifikasi produk media pembelajaran fisika yang akan dikembangkan. Pada fase ini, akan dirumuskan struktur konten, fitur-fitur interaktif, dan tampilan antarmuka pengguna dari media pembelajaran berbasis aplikasi Scratch yang mengintegrasikan budaya lokal Lisung Culture - Halu. Perancangan meliputi alur kegiatan pembelajaran fisika pada materi usaha dan energi yang secara eksplisit mendorong pengembangan berpikir komputasi seperti kemampuan dekomposisi masalah, abstraksi, pengenalan pola, dan perancangan algoritma serta aktivitas yang dirancang untuk meningkatkan literasi informasi siswa (Bufasi et al., 2022; Handayani et al., 2023). Output dari tahap ini adalah draf desain awal media, termasuk storyboard, mock-up antarmuka, dan rencana implementasi konten secara detail (Fayanto et al., 2024).

3. Tahap Develop

Tahap pengembangan merupakan realisasi dari desain yang telah disiapkan ke dalam bentuk produk konkret yang fungsional. Pada fase ini, media pembelajaran iSTEM dengan Lisung - Halu akan dibangun menggunakan aplikasi Scratch, mengimplementasikan semua elemen yang telah dirancang sebelumnya, termasuk topik fisika usaha dan energi. Proses ini

melibatkan pengkodean, pengujian modul individu, dan penggabungan semua komponen untuk membentuk produk yang utuh (Bufasi et al., 2022). Selanjutnya, media yang telah dikembangkan akan menjalani validasi oleh para ahli di bidang materi dan media pembelajaran untuk memastikan kesesuaian dan kualitasnya, diikuti dengan uji coba terbatas pada kelompok target untuk mengidentifikasi area perbaikan. Revisi akan dilakukan berdasarkan masukan dari validasi, sehingga media pembelajaran yang dihasilkan siap untuk diimplementasikan dalam skala yang lebih besar.

Tabel 1. Aspek dan Indikator Validasi

Aspek	Indikator
Aspek Konten (<i>Content Knowledge</i> – CK)	Kesesuaian materi dengan kurikulum dan capaian pembelajaran Ketepatan konsep Fisika yang disajikan Kedalaman dan kelengkapan materi Keakuratan contoh dan ilustrasi ilmiah
Aspek Pedagogik (<i>Pedagogical Knowledge</i> – PK)	Ketepatan Langkah / fase dari model pembelajaran Keterlibatan siswa dalam proses belajar aktif dan reflektif ketika menggunakan media Ketepatan penerapan nilai-nilai budaya lokal sebagai konteks pembelajaran Ketepatan konsep fisika dalam budaya lokal
Aspek Teknologi (<i>Technological Knowledge</i> – TK)	Kemudahan navigasi dan interaktivitas media Kualitas tampilan grafis, audio, dan video Aksesibilitas dan kompatibilitas media dengan berbagai perangkat Pemanfaatan teknologi untuk memperdalam pemahaman konsep Fisika
Integrasi TPACK (<i>Technological Pedagogical and Content Knowledge</i>)	Keterpaduan antara materi Fisika, strategi pembelajaran, dan teknologi Relevansi penggunaan teknologi terhadap tujuan pedagogik dan isi materi Konsistensi penerapan budaya lokal dalam mendukung pemahaman konsep Fisika
Aspek Estetika dan Bahasa	Kebermaknaan pengalaman belajar bagi peserta didik Keterbacaan teks dan kejelasan bahasa Daya tarik visual dan kesesuaian dengan konteks budaya lokal Konsistensi tata letak dan desain antarbagian media

4. Tahap Disseminate

Tahap diseminasi merupakan fase puncak dari model 4D, yang bertujuan untuk memperkenalkan media pembelajaran yang telah divalidasi dan direvisi kepada khalayak yang lebih luas, seperti guru, siswa, dan komunitas pendidikan. Tahap ini krusial untuk memastikan bahwa inovasi pendidikan yang telah dikembangkan tidak hanya berhenti di tahap penelitian, melainkan dapat diadopsi dan memberikan dampak positif secara berkelanjutan (Bufasi et al., 2022). Diseminasi dapat dilakukan melalui berbagai strategi, termasuk publikasi hasil penelitian dalam jurnal ilmiah atau presentasi pada konferensi pendidikan, dengan tujuan membagikan temuan dan praktik terbaik kepada komunitas akademik dan praktisi (Fayanto et al., 2024). Selain itu, media pembelajaran iSTEM berbasis Scratch ini dapat diperkenalkan melalui lokakarya atau program pelatihan bagi guru-guru fisika, membekali mereka dengan pengetahuan dan keterampilan untuk mengintegrasikan model pembelajaran ini dalam pengajaran. Tujuan utamanya adalah untuk memfasilitasi adopsi dan implementasi media pembelajaran inovatif ini secara lebih luas, guna mengatasi rendahnya hasil belajar fisika dan meningkatkan kompetensi berpikir komputasi serta literasi informasi siswa, terutama pada materi usaha dan energi yang sering dianggap kompleks (Angraeni et al., 2023; Rahmayani, 2024; Rusilowati et al., 2022). Hal ini juga penting mengingat kurangnya keterampilan berpikir komputasi siswa yang masih sub optimal dan kebutuhan untuk mengembangkan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah kompleks

Dalam penelitian pengembangan ini, teknik pengumpulan data difokuskan untuk mengukur validitas dan kelayakan media pembelajaran iSTEM berbasis budaya lokal *Lisung - Halu* menggunakan aplikasi Scratch. Teknik utama yang akan digunakan adalah penggunaan

lembar validasi. Lembar validasi akan diberikan kepada 5 validator teman sejawat. Validator akan diminta untuk mengevaluasi berbagai aspek media pembelajaran, termasuk:

- Validitas Isi: Relevansi dan keakuratan materi fisika (usaha dan energi), kesesuaian dengan kurikulum, dan ketepatan konsep.
- Validitas Konstruksi: Keterkaitan media dengan tujuan peningkatan berpikir komputasi dan literasi informasi, serta integrasi budaya lokal secara efektif.
- Aspek Media/Tampilan: Desain antarmuka pengguna, kemudahan navigasi, daya tarik visual, dan fungsionalitas Scratch.
- Aspek Pedagogis: Potensi media dalam memfasilitasi pembelajaran aktif, keterlibatan siswa, dan dukungan terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21.
- Kesesuaian Bahasa dan Keterbacaan: Jelasnya instruksi dan teks yang digunakan dalam media.

Lembar validasi ini akan menggunakan skala penilaian 1 sampai 4 untuk setiap item evaluasi, seperti yang Anda tunjukkan, di mana 1 menunjukkan "Sangat Tidak Layak" dan 4 menunjukkan "Sangat Layak". Hasil dari lembar validasi ini akan menjadi dasar penentuan kelayakan media pembelajaran sebelum di uji cobakan kepada siswa. Data yang diperoleh dari lembar validasi akan dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan tingkat validitas media pembelajaran. Teknik analisis data yang akan digunakan adalah perhitungan skor rata-rata dari penilaian validator dan selanjutnya mengategorikannya ke dalam rentang validitas yang telah ditentukan.

Setiap item pada lembar validasi akan dinilai oleh 5 validator. Skor dari setiap validator untuk setiap item akan dijumlahkan dan kemudian dirata-ratakan. Setelah itu, skor rata-rata untuk setiap aspek (misalnya validitas isi, validitas konstruk, aspek media, aspek pedagogis) akan dihitung, dan pada akhirnya, skor rata-rata keseluruhan media akan ditentukan.

Skor rata-rata yang diperoleh dari validator akan dikonversikan ke dalam kategori kualitatif menggunakan rentang skala 4 poin yang telah Anda berikan. Untuk memberikan kategorisasi yang lebih rinci (misalnya 5 kategori seperti yang umum digunakan dalam penelitian pengembangan), rentang skor rata-rata dapat dihitung dengan interval. Dengan rentang skor 1 hingga 4 ($4 - 1 = 3$) dan membaginya menjadi 5 kategori, intervalnya adalah. Maka, rentang kategorinya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Interval Kategori Skor Validator

Rentang Skor Rata-rata	Kategori Validitas
$1,00 \leq Rerata < 1,60$	Sangat Tidak Valid
$1,60 \leq Rerata < 2,20$	Kurang Valid
$2,20 \leq Rerata < 2,80$	Cukup Valid
$2,80 \leq Rerata < 3,40$	Valid
$3,40 \leq Rerata \leq 4,00$	Sangat Valid

Melalui analisis ini, media pembelajaran iSTEM akan dinyatakan "Valid" atau "Sangat Valid" jika skor rata-rata keseluruhan berada dalam rentang tersebut, menandakan bahwa media tersebut layak digunakan dalam pembelajaran. Jika hasilnya menunjukkan kategori di bawah itu, maka media akan dianggap "Tidak Valid" atau memerlukan revisi signifikan sebelum dapat di uji cobakan lebih lanjut, sesuai dengan tujuan pengembangan untuk menghasilkan strategi pedagogis inovatif (Manurung & Panggabean, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengembangan media pembelajaran fisika berbasis model iSTEM dengan budaya *Lisung-Halu* berbantuan aplikasi Scratch ini disajikan berdasarkan tahapan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*).

1. Tahap *Define*

Tahap pendefinisian (*Define*) merupakan fase fundamental dalam pengembangan media pembelajaran iSTEM berbasis budaya lokal *Lisung - Halu* dengan aplikasi Scratch. Proses ini diawali dengan analisis mendalam terhadap berbagai tantangan dan permasalahan dalam

pembelajaran fisika. Hasil studi menunjukkan bahwa hasil belajar fisika siswa seringkali rendah, khususnya pada topik yang membutuhkan penalaran abstrak dan keterampilan pemecahan masalah. Banyak siswa kesulitan memahami konsep fisika yang kompleks dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari, serta menunjukkan pemahaman konseptual yang terbatas dan ketidakmampuan untuk mentransfer pengetahuan yang telah dipelajari. Observasi juga mengungkapkan bahwa nilai siswa dalam fisika seringkali di bawah kriteria yang ditetapkan, terutama pada materi usaha dan energi. Kurangnya keterampilan berpikir komputasi, termasuk dekomposisi masalah, abstraksi informasi penting, pengenalan pola, dan perancangan algoritma, turut memperparah kondisi ini, seiring dengan rendahnya literasi informasi. Tantangan-tantangan ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan intervensi pedagogis yang inovatif dan relevan.

Berdasarkan analisis tersebut, media pembelajaran didefinisikan sebagai media iSTEM interaktif yang memanfaatkan aplikasi Scratch, mengintegrasikan unsur budaya lokal *Lisung - Halu*. Media ini dirancang untuk mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep fisika, meningkatkan keterlibatan, serta memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir komputasi dan literasi informasi secara aktif. Tujuan utamanya adalah meningkatkan hasil belajar siswa dengan mendukung pengembangan kemampuan dekomposisi masalah, abstraksi, pengenalan pola, dan perancangan algoritma dalam konteks fisika, serta kemampuan menemukan, mengevaluasi, dan menggunakan informasi secara efektif dari berbagai sumber.

Aplikasi Scratch dipilih sebagai fondasi utama media pembelajaran karena sifatnya yang visual dan mudah digunakan, sehingga cocok untuk siswa sekolah menengah. Melalui Scratch, siswa dapat mengembangkan simulasi atau proyek fisika interaktif terkait materi usaha dan energi, mengimplementasikan konsep berpikir komputasi melalui pengkodean visual, dan membuat model fisik yang memperkuat pemahaman konseptual. Fokus topik fisika diarahkan pada "Usaha dan Energi," mengingat materi ini sering dianggap kompleks dan memiliki persentase kelulusan rendah. Pemilihan topik ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan pemahaman siswa pada materi abstrak dan memberikan konteks aplikasi nyata. Terakhir, integrasi *Lisung - Halu* sebagai elemen budaya lokal bertujuan untuk meningkatkan relevansi dan daya tarik materi bagi siswa. Pendekatan ini diharapkan dapat membuat pembelajaran lebih bermakna dan dekat dengan pengalaman siswa, sekaligus menghargai serta melestarikan warisan budaya lokal melalui inovasi pendidikan.

2. Tahap *Design*

Tahap Desain merupakan kelanjutan dari Tahap Definisi, di mana semua informasi dan kebutuhan yang telah diidentifikasi pada fase sebelumnya mulai diwujudkan dalam bentuk rancangan konkret media pembelajaran. Pada tahap ini, peneliti secara sistematis menyusun spesifikasi produk media pembelajaran iSTEM berbasis budaya lokal *Lisung - Halu* berbantuan aplikasi Scratch, yang berfokus pada materi Usaha dan Energi. Hasil dari tahap ini adalah sebuah rancangan awal media yang siap untuk tahap pengembangan dan validasi. Berikut adalah rincian langkah-langkah yang dilakukan dan hasil desain awal yang dicapai:

a) Menganalisis Sintaks Pembelajaran iSTEM

Peneliti memulai tahap desain dengan menganalisis secara mendalam sintaks atau langkah-langkah pembelajaran dalam model iSTEM. Analisis ini bertujuan untuk memahami karakteristik setiap fase iSTEM dan bagaimana setiap fase dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks media pembelajaran digital. Hasil analisis ini menjadi kerangka utama dalam merancang alur kegiatan dan interaktivitas media, memastikan bahwa pembelajaran yang difasilitasi oleh media akan sesuai dengan filosofi dan tujuan model iSTEM.

b) Mencari Integrasi Budaya Lokal pada Materi Fisika

Tahap selanjutnya adalah proses mencari dan mengidentifikasi korelasi relevan antara budaya lokal *Lisung - Halu* dengan materi usaha dan Energi. Peneliti berupaya menemukan praktik atau fenomena dalam *Lisung - Halu* yang secara langsung mencerminkan prinsip-prinsip fisika. Melalui studi literatur dan observasi awal, dilakukan penelusuran terhadap elemen budaya yang dapat berfungsi sebagai jembatan,

menghubungkan pengalaman sehari-hari siswa dengan konsep fisika yang cenderung abstrak.

c) Menyesuaikan Materi Usaha dan Energi untuk Budaya Lokal *Lisung-Halu*

Dengan potensi integrasi yang telah teridentifikasi, peneliti beralih pada fase adaptasi materi. Materi Usaha dan Energi disesuaikan secara spesifik agar berkesinambungan dengan *konteks Lisung - Halu*, di mana konsep energi dan usaha diterangkan melalui analogi atau studi kasus yang berhubungan dengan alat maupun kegiatan tradisional dalam budaya tersebut. Penyesuaian ini meliputi aspek narasi, simulasi, pemilihan contoh soal, dan visualisasi memastikan materi menjadi lebih kontekstual dan mudah dipahami.

d) Menyesuaikan Model iSTEM dengan Media yang Akan Dibuat

Peneliti melakukan adaptasi menyeluruh terhadap model pembelajaran iSTEM. ke dalam alur yang terintegrasi dengan media berbantuan Scratch. Secara rinci, fase awal (*Define Problem* dan *Investigate*) direpresentasikan melalui informasi konseptual dan penjelasan langsung. Keterampilan praktis siswa dibangun pada fase *Design Solution* dan *Implement* melalui simulasi Scratch tentang menumbuk padi, yang memungkinkan adanya manipulasi variabel. Untuk mengukur pemahaman, fase *Test* dan *Evaluate* diwujudkan dalam bentuk kuis, dan proses perbaikan konsep (*Refine*) dilakukan melalui sesi refleksi yang memicu pertanyaan kritis.

e) Mulai Membuat Media Sesuai dengan Fase-Fase iSTEM

Setelah memiliki kerangka iSTEM dan integrasi budaya yang solid, peneliti mulai membangun media pembelajaran awal menggunakan aplikasi Scratch. Proses konstruksi ini dilakukan secara bertahap, mengikuti fase-fase iSTEM yang sudah disesuaikan. Fokus utama saat ini adalah pembentukan kerangka dasar antarmuka dan *user experience*, termasuk pengaturan konten visual, elemen interaktif, serta alur navigasi. Proses ini menghasilkan prototipe kasar pertama yang secara jelas merepresentasikan ide-ide desain yang telah direncanakan sebelumnya.

f) Berkonsultasi dengan Dosen Pembimbing

Setelah prototipe awal terbentuk, langkah berikutnya adalah konsultasi dengan dosen pembimbing. Melalui sesi ini, peneliti mencari saran dan arahan ahli untuk memastikan desain media telah sesuai dengan sasaran penelitian dan layak untuk diimplementasikan. Masukan dari dosen pembimbing, sebagai pakar metodologi dan pendidikan, menjadi penentu utama dalam penyempurnaan konsep dan desain media sebelum memasuki tahap pengembangan yang lebih lanjut.

g) Melakukan Revisi dan Kemudian Meminta Validasi

Berdasarkan masukan yang diterima dari dosen pembimbing, peneliti segera melakukan revisi internal terhadap rancangan media. Perbaikan ini dilakukan secara menyeluruh, mencakup penyesuaian pada alur pembelajaran iSTEM, konten materi Usaha dan Energi, tampilan visual, hingga fungsionalitas pemrograman Scratch itu sendiri. Setelah revisi internal rampung, rancangan media dianggap telah memenuhi standar awal dan siap untuk diajukan kepada para validator (terdiri dari 5 orang calon guru fisika) untuk memperoleh penilaian resmi mengenai validitas dan kelayakannya.

Secara keseluruhan, Tahap Desain berhasil memproduksi rancangan media awal (*storyboard*) yang komprehensif dan terperinci. *Storyboard* ini berfungsi sebagai peta jalan, menggambarkan secara utuh alur pembelajaran, konten, dan fitur interaktif yang akan diimplementasikan. Di dalamnya termuat sketsa tampilan layar, narasi untuk setiap aktivitas, serta penjelasan rinci mengenai bagaimana siswa akan berinteraksi melalui Scratch. Seluruh elemen ini dirancang secara terpadu, disesuaikan dengan materi Usaha dan Energi serta konteks budaya *Lisung - Halu*.



Gambar 1. Design Awal Media Pembelajaran

3. Tahap Develop

Tahap Pengembangan merupakan realisasi konkret dari desain yang telah disusun pada fase sebelumnya. Pada tahap ini, seluruh konsep, alur pembelajaran, serta elemen interaktif media iSTEM berbasis budaya lokal *Lisung - Halu* dengan aplikasi, yang berfokus pada materi Usaha dan Energi, diwujudkan menjadi produk yang fungsional. Proses pengembangan ini melibatkan serangkaian langkah untuk memastikan bahwa media yang dihasilkan tidak hanya memenuhi spesifikasi desain, tetapi juga siap untuk diuji coba dan dievaluasi.

Awalnya, peneliti memulai dengan mengimplementasikan kerangka iSTEM ke dalam struktur media. Setiap fase iSTEM diterjemahkan ke dalam aktivitas interaktif dan fitur dalam aplikasi Scratch. Konten fisika mengenai Usaha dan Energi kemudian diintegrasikan, disesuaikan dengan contoh-contoh dan analogi yang relevan dengan *Lisung - Halu*. Hal ini termasuk pengembangan simulasi dan proyek di Scratch yang memungkinkan siswa berinteraksi dengan konsep-konsep fisika secara praktis dan visual. Selama proses ini, peneliti melakukan pengujian internal secara berkala untuk memastikan fungsionalitas setiap komponen dan keterpaduan keseluruhan media. Konsultasi berkelanjutan dengan dosen pembimbing juga dilakukan untuk mendapatkan umpan balik awal dan arahan, yang kemudian digunakan untuk melakukan revisi dan penyempurnaan desain awal sebelum proses validasi eksternal.

Setelah media pembelajaran terbentuk menjadi prototipe yang berfungsi, langkah krusial berikutnya adalah validasi oleh ahli. Untuk tujuan ini, lima orang calon guru fisika yang memiliki pengalaman dan pemahaman mendalam di bidang materi dan media pembelajaran diundang sebagai validator. Para calon guru ini diberikan media pembelajaran dan lembar validasi yang telah disiapkan. Mereka diminta untuk mengevaluasi berbagai aspek media, termasuk validitas isi, validitas konstruk, aspek media/tampilan, aspek pedagogis, serta kesesuaian bahasa dan keterbacaan. Penilaian dilakukan berdasarkan skala 1 hingga 4 untuk setiap item dalam lembar validasi.

Hasil validasi dari kelima calon guru fisika ini kemudian dianalisis secara kuantitatif. Skor yang diberikan oleh setiap validator untuk setiap item evaluasi dijumlahkan dan dirata-ratakan untuk mendapatkan skor rata-rata per item, per aspek, dan skor rata-rata keseluruhan media. Berikut merupakan hasil validasi dari validator calon guru fisika.

Tabel 3. Hasil Validasi oleh Calon Guru Fisika

Aspek Penilaian	Indikator Utama	Rata-rata Skor
Content Knowledge (CK)	Kesesuaian kurikulum, ketepatan konsep, kedalaman materi, keakuratan ilustrasi	3,90
Pedagogical Knowledge (PK)	Ketepatan model pembelajaran, keterlibatan siswa, integrasi budaya lokal	3,75
Technological Knowledge (TK)	Navigasi, kualitas tampilan, aksesibilitas, pemanfaatan teknologi	3,50
Integrasi TPACK	Keterpaduan konten–pedagogi–teknologi dan kebermaknaan belajar	3,70
Estetika dan Bahasa	Keterbacaan, daya tarik visual, konsistensi desain	3,60
Rata-rata Keseluruhan		3,69 (Sangat Valid)

Tabel 4. Saran / Komentar Validator

No	Validator	Saran
1	Validator 1	Untuk media yang sudah dibuat sangat bagus, sudah sesuai dengan konsep fisiknya, penampilan desain dan tata letak juga sangat menarik. Namun sedikit catatan saja di bagian penjelasan model pembelajaran yang digunakan masih bertumpuk dengan judul dan tombol start. Lalu ada beberapa teks yang masih belum ada suaranya. Dan di bagian kuis ada pilihan jawaban yang sedikit membuat bingung.
2	Validator 2	Keren sekaliii, gambar-gambarnya bisa HD, tapi sayangnya ada beberapa elemen yang tidak muncul (jadi ada tanda tanyanya), mungkin ini karena jaringanku yang kurang stabil juga. Di bagian suara, tidak semua percakapan ada <i>voice over</i> -nya, menurutku lebih baik semuanya, atau malah tidak sama sekali.
3	Validator 3	Agak dipercepat audionya
4	Validator 4	Media pembelajarannya sudah sangat bagus, namun perlu dicek kembali kemudahan navigasinya. Ada <i>backdrop</i> yang resolusinya perlu ditingkatkan (di bagian tabel penjelasan model pembelajaran i-STEM).
5	Validator 5	Mungkin dapat dipertimbangkan untuk menggunakan kalimat, 'Ada 3 pertanyaan, Anda ingin memilih pertanyaan yang mana dulu?' Hal ini dikarenakan tampaknya sistem kuis tidak dapat melanjutkan ke tahap berikutnya sebelum semua pertanyaan diselesaikan. Untuk soal kuis nomor 2 yang berbentuk pilihan ganda, panjang pilihan jawaban sebaiknya disesuaikan. Ada kemungkinan siswa cenderung memilih jawaban yang paling panjang karena menganggapnya sebagai jawaban yang paling benar. Saat siswa menjawab soal, jika memungkinkan, setelah satu klik jawaban langsung otomatis berpindah ke soal berikutnya (next). Hal ini bertujuan agar siswa tidak dapat mengubah jawaban atau mengklik opsi lain dalam jeda waktu yang diberikan. Secara keseluruhan media pembelajaran ini sangat bagus dan keren. Saran tambahan untuk penyempurnaan, bisa dicantumkan capaian pembelajaran dan referensi yang digunakan agar lebih lengkap.

Validasi pada Aspek Konten (CK) memperoleh skor rata-rata tertinggi, yaitu 3,9, menempatkannya dalam kategori "Sangat Valid". Temuan ini menunjukkan bahwa materi Fisika mengenai Usaha dan Energi yang disajikan dalam media dinilai sangat unggul. Para validator menegaskan bahwa media ini sangat sesuai dengan kurikulum dan capaian pembelajaran, menjamin ketepatan konsep fisika yang disampaikan, serta memiliki kedalaman, kelengkapan, dan keakuratan contoh serta ilustrasi ilmiah yang sangat baik. Secara keseluruhan, kualitas materi pembelajaran yang tertanam dalam media ini dinilai superior.



Gambar 2. Media pembelajaran Hasil Validasi

Hasil penilaian terhadap Aspek Pedagogik (PK) juga mencapai kategori "Sangat Valid" dengan skor rata-rata 3,75. Skor ini mengindikasikan bahwa implementasi fase-fase model pembelajaran iSTEM dalam media telah dilakukan secara sangat tepat. Media ini dinilai sangat efektif dalam mendorong keterlibatan siswa secara aktif dan reflektif selama proses belajar. Selain itu, media dianggap berhasil mengintegrasikan nilai-nilai budaya lokal (Lisung-Halu) sebagai konteks pembelajaran yang relevan dan akurat dalam menjelaskan konsep fisika, menunjukkan keberhasilan dalam aspek strategi pembelajaran.

Pada Aspek Teknologi (TK), skor rata-rata yang diperoleh adalah 3,5, yang juga termasuk dalam kategori "Sangat Valid". Penilaian ini menunjukkan bahwa media berbasis Scratch ini memiliki kemudahan navigasi dan interaktivitas yang sangat baik. Kualitas tampilan grafis, audio, dan video dinilai tinggi, dan media juga cukup aksesibel serta kompatibel dengan berbagai perangkat. Secara khusus, pemanfaatan teknologi seperti Scratch dianggap sangat efektif dalam memperdalam pemahaman konsep fisika, sesuai dengan tujuan pengembangan media.

Aspek kunci Integrasi TPACK mencapai skor rata-rata 3,7, yang dikategorikan "Sangat Valid". Skor tinggi ini memperkuat temuan bahwa media berhasil menunjukkan keterpaduan yang sangat baik antara materi Fisika (CK), strategi pembelajaran iSTEM (PK), dan teknologi (TK). Relevansi penggunaan teknologi terhadap tujuan pedagogik dan isi materi dinilai sangat tinggi, dan konsistensi penerapan budaya lokal dalam mendukung pemahaman konsep Fisika sangat efektif, yang pada akhirnya menciptakan pengalaman belajar yang sangat bermakna dan terintegrasi bagi peserta didik.

Penilaian terhadap Aspek Estetika dan Bahasa memperoleh skor rata-rata 3,6, menempatkannya pada kategori "Sangat Valid". Para validator menilai bahwa media memiliki keterbacaan teks dan kejelasan bahasa yang sangat baik. Daya tarik visualnya tinggi dan sangat sesuai dengan konteks budaya lokal, serta menunjukkan konsistensi tata letak dan desain antar bagian media yang sangat baik.

Meskipun kelima aspek validasi secara keseluruhan memperoleh kategori "Sangat Valid", beberapa validator memberikan saran penting untuk penyempurnaan produk pada tahap *Develop*. Saran-saran ini mencakup perbaikan tata letak penjelasan model pembelajaran yang bertumpuk dengan elemen lain, memastikan konsistensi penggunaan *voice over* pada semua teks, meninjau ulang kejelasan pilihan jawaban pada bagian kuis, serta memastikan semua elemen visual ditampilkan dengan sempurna. Secara keseluruhan, hasil validasi ini menegaskan kelayakan media pembelajaran untuk digunakan dengan beberapa revisi teknis minor.

4. Tahap Disseminate

Tahap diseminasi merupakan fase puncak dari model 4D, yang bertujuan untuk memperkenalkan media pembelajaran yang telah divalidasi dan direvisi kepada khalayak yang lebih luas, seperti guru, siswa, dan komunitas pendidikan. Tahap ini krusial untuk memastikan bahwa inovasi pendidikan yang telah dikembangkan tidak hanya berhenti di tahap penelitian, melainkan dapat diadopsi dan memberikan dampak positif secara berkelanjutan. Media pembelajaran iSTEM berbasis budaya lokal *Lisung - Halu* dengan aplikasi Scratch ini memiliki manfaat signifikan yang layak untuk disebarluaskan.

Manfaat utama dari media pembelajaran ini adalah kemampuannya untuk mengatasi rendahnya hasil belajar fisika dan secara signifikan meningkatkan kompetensi berpikir komputasi serta literasi informasi siswa, terutama pada materi Usaha dan Energi yang sering dianggap kompleks. Platform Scratch yang digunakan menawarkan solusi alternatif yang ringan, terbuka, dan berorientasi pada pemecahan masalah, memungkinkan siswa membuat simulasi fisika sederhana melalui pemrograman visual. Siswa dapat secara interaktif memanipulasi variabel, mengamati pola, dan menguji hipotesis, yang selaras dengan prinsip berpikir komputasi dan literasi informasi. Selain itu, integrasi dengan konteks budaya lokal *Lisung - Halu* memperkuat relevansi pembelajaran bagi siswa, menjadikannya lebih bermakna dan mudah dipahami.

Mengingat hasil validasi yang sangat tinggi pada aspek Konten, Pedagogik, Teknologi, Integrasi TPACK, serta Estetika dan Bahasa, media ini telah terbukti sangat valid dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Kualitas dan efektivitasnya yang telah divalidasi oleh para ahli menjadi dasar kuat untuk diseminasikan. Oleh karena itu, media pembelajaran ini akan disebarluaskan melalui publikasi hasil penelitian dalam jurnal nasional. Diseminasi melalui jurnal nasional ini bertujuan untuk membagikan temuan dan praktik terbaik kepada komunitas akademik dan praktisi pendidikan, sehingga model pembelajaran inovatif ini dapat diadopsi secara lebih luas dan memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kualitas pendidikan fisika di Indonesia.

Media pembelajaran iSTEM berbasis Scratch yang mengintegrasikan budaya lokal *Lisung - Halu* untuk topik Usaha dan Energi hadir sebagai solusi inovatif terhadap tantangan pembelajaran fisika yang kerap dijumpai. Rendahnya hasil belajar fisika dan kurangnya kompetensi berpikir komputasi serta literasi informasi siswa menjadi latar belakang utama pengembangan media ini (Ogegbo & Ramnarain, 2022; Rusilowati et al., 2022). Pendekatan pembelajaran tradisional seringkali gagal melibatkan siswa secara aktif dan bermakna, sehingga siswa kesulitan menghubungkan prinsip dasar fisika dengan fenomena nyata di sekitar mereka dan cenderung pasif (Situmorang & Panggabean, 2024; Warneri et al., 2024). Media ini memanfaatkan keunggulan Scratch yang ringan, terbuka, dan berorientasi pada pemecahan masalah, memungkinkan siswa membuat simulasi fisika sederhana melalui pemrograman visual. Media ini berupaya mengatasi permasalahan tersebut dengan menyajikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan relevan, selaras dengan tuntutan keterampilan abad ke-21.

Keunggulan utama media Scratch terletak pada kemampuannya untuk menghubungkan logika algoritmik dengan fenomena fisika konkret. Siswa dapat memanipulasi variabel, mengamati pola, dan menguji hipotesis secara interaktif, yang esensial untuk mendekomposisi masalah dan membangun model sistem secara bertahap (Handayani et al., 2023). Pada topik Usaha dan Energi, Scratch memungkinkan visualisasi konsep abstrak menjadi lebih nyata, melalui simulasi perubahan massa dan ketinggian jatuhnya alu sehingga memengaruhi usaha yang dilakukan, atau bagaimana energi dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Scratch

membantu meningkatkan fokus dan pemahaman konsep fisika dan pengembangan kemampuan komputasi tanpa terbebani kerumitan sintaks pemrograman. Pemanfaatan teknologi dalam media ini dinilai sangat baik dalam memperdalam pemahaman konsep Fisika.

Integrasi budaya lokal dalam media pembelajaran ini memberikan dimensi kontekstual yang kuat. Budaya lokal memiliki peran penting dalam memperkuat relevansi pembelajaran bagi siswa, menjembatani kesenjangan antara materi pelajaran yang terkadang terasa jauh dari keseharian siswa dengan pengalaman hidup siswa (Azizah & Setyawarno, 2025). Penerapan konteks lokal membuat materi menjadi lebih bermakna dan mudah dipahami, sehingga dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa (Lou et al., 2017). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman fisika tetapi juga menumbuhkan apresiasi terhadap warisan budaya sendiri, yang merupakan tujuan penting dalam pendidikan kontekstual.

Pengembangan media ini secara spesifik bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir komputasi dan literasi informasi siswa. Berpikir komputasi mencakup kemampuan memecah masalah kompleks menjadi bagian terstruktur, abstraksi, pengenalan pola, dan perancangan algoritma. Melalui Scratch, siswa secara aktif terlibat dalam proses ini dengan merancang program untuk simulasi fisika, yang secara inheren melatih aspek-aspek berpikir komputasi tersebut. Selain itu, media ini juga dirancang untuk mengembangkan literasi informasi, di mana siswa belajar menemukan, mengevaluasi, dan menggunakan informasi secara efektif untuk mendukung pembelajaran dan pemecahan masalah. Dengan desain pedagogis yang kuat, media ini secara efektif mendukung pencapaian tujuan peningkatan kemampuan tersebut, menawarkan pengalaman belajar yang komprehensif dan relevan.

Secara keseluruhan, media pembelajaran ini menawarkan kerangka kerja yang solid untuk transformasi pendidikan fisika. Dengan menggabungkan teknologi modern, konten yang relevan, dan kekayaan budaya lokal, media ini tidak hanya memenuhi kebutuhan akademik tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan penting yang diperlukan di era digital. Keberhasilan validasi media menunjukkan potensi besar untuk diimplementasikan secara lebih luas, diharapkan dapat menjadi katalisator bagi pembelajaran yang lebih mendalam, bermakna, dan menyenangkan bagi generasi mendatang.

KESIMPULAN

Pengembangan media pembelajaran interaktif fisika berbasis model iSTEM dengan integrasi budaya lokal Lisung–Halu berbantuan aplikasi Scratch menunjukkan tingkat validitas yang sangat tinggi berdasarkan penilaian komprehensif para validator. Media ini dikategorikan *Sangat Valid* pada seluruh aspek yang dievaluasi, meliputi Aspek Konten (CK), Pedagogik (PK), Teknologi (TK), Integrasi TPACK, serta Estetika dan Bahasa, dengan skor rata-rata berturut-turut sebesar 3,9; 3,75; 3,5; 3,7; dan 3,6. Temuan ini menegaskan bahwa media telah memenuhi standar kualitas substansi keilmuan, strategi pedagogik, dan pemanfaatan teknologi secara terpadu, sekaligus mampu menyajikan materi Usaha dan Energi secara akurat, interaktif, dan kontekstual melalui integrasi budaya Lisung–Halu. Selain itu, desain media memungkinkan siswa terlibat aktif dalam proses eksplorasi dan pemodelan konsep fisika, sehingga mendukung pengembangan berpikir komputasi dan literasi informasi secara bermakna. Oleh karena itu, media pembelajaran iSTEM berbasis Scratch ini sangat layak untuk diujicobakan lebih lanjut pada pembelajaran fisika di kelas dan berpotensi memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran fisika berbasis konteks lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alneyadi, S. (2019). Virtual Lab Implementation in Science Literacy: Emirati Science Teachers' Perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Angraeni, L., Sari, I. N., Junghin, N., & Matsun, M. (2023). Feasibility of Academic Blogs as Learning Media for Electromagnetik Induction Material. *Kappa Journal*, 7(3), 375. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.23918>

- Antonio, R. P., & Castro, R. (2023). Effectiveness of Virtual Simulations in Improving Secondary Students' Achievement in Physics: A Meta-Analysis. *International Journal of Instruction*, 16(2), 533. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16229a>
- Aswirna, P., Samad, D., Devi, I. S., Fahmi, R., & Jannah, R. (2022). STEM-Based E-Module Integrated Local Wisdom of Rice Stem Fertilizers on Students' Critical and Creative Thinking. *AL-TA LIM*, 29(1), 15. <https://doi.org/10.15548/jt.v29i1.764>
- Azizah, G. A. G., & Setyawarno, D. (2025). The Effect of Integrated STEM Discovery Learning Model on Computational Thinking Skills in Heat and Its Conversion Material for Grade VII Students at SMP Negeri 1 Kalasan. *Journal of Science Education Research*, 9(2), 107. <https://doi.org/10.21831/jser.v9i2.88453>
- Babiuc-Hamilton, M. (2024). A Journey in Implementing Computational Physics from the Ground Up. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2408.01844>
- Bufasi, E., Hoxha, M., Cuka, K., & Vrtagic, S. (2022). *Developing Student's Comprehensive Knowledge of Physics Concepts by Using Computational Thinking Activities: Effects of a 6-Week Intervention*. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i18.31743>
- Estuhono, E. (2022). Research-Based Learning Models in Physics for 21st Century Students. *AL-ISHLAH Jurnal Pendidikan*, 14(2), 1803. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i2.1268>
- Fayanto, S., Naba, S. D., Kurniawan, A., Putri, U., & Padang, V. D. (2024). *The Analyze Comparative of Physics Computational Thinking Skill (CTs) in Experiment Laboratory*. <https://doi.org/10.48161/qaj.v4n3a699>
- Gambrell, J., & Brewe, E. (2023). Towards a Generalized Assessment of Computational Thinking for Introductory Physics Students. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2308.03593>
- Ghorbani, A., & Fattahi, H. (2025). Bridging the Digital Divide: Small Language Models as a Pathway for Physics and Photonics Education in Underdeveloped Regions. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2506.12403>
- Haase, L. M., Holgaard, J. E., Kolmos, A., Guerra, A., Chen, J., Lavi, R., Bertel, L. B., & Lindsay, E. (2023). The Complexity of Engineering Education in a Mission Driven PBL University. *Research Portal Denmark*, 172
- Handayani, R. D., Lesmono, A. D., Prastowo, S. H. B., Supriadi, B., & Dewi, N. M. (2023). *Students' Computational Thinking Skills in Physics Learning: A Case Study of Kinematic Concepts*. <https://doi.org/10.12928/irip.v6i1.6464>
- Katchapakirin, K., Anutariya, C., & Supnithi, T. (2022). *ScratchThAI: A conversation-based learning support framework for computational thinking development*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10870-z>
- Kotsis, K. T. (2023). Alternative ideas about concepts of physics, a timelessly valuable tool for physics education. *Eurasian Journal of Science and Environmental Education*, 3(2), 83. <https://doi.org/10.30935/ejsee/13776>
- Laguindab, M. S., Abdulrachman, N. M., & Basher, S. M. (2025). Exploring the Root Causes of Physics Aversion among Grade 12 STEM Students: A Qualitative Case Study at RPMD National Science High School. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 6218. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2024.803465s>

- Lane, W. B., Galanti, T. M., & Rozas, X. L. (2023). Teacher Re-novicing on the Path to Integrating Computational Thinking in High School Physics Instruction. *Journal for STEM Education Research*, 6(2), 302. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00100-1>
- Liana, M., & Emmiliannur, E. (2023). Physics Workbook on Simple Harmonic Motion: Student Perception. *BIO Web of Conferences*, 79, 2006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237902006>
- Liu, T., & Sun, H. (2024). Investigation the Current State of University Physics Teaching: A Case Study of Taishan University. *Higher Education Studies*, 15(1), 92. <https://doi.org/10.5539/hes.v15n1p92>
- Lou, S., Tsai, H.-Y., & Chung, C.-C. (2017). Construction and Development of iSTEM Learning Model. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 14(1). <https://doi.org/10.12973/ejmste/78019>
- Manurung, S., & Panggabean, D. D. (2020). Improving Students' Thinking Ability In Physics Using Interactive Multimedia Based Problem Solving. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 39(2), 460. <https://doi.org/10.21831/cp.v39i2.28205>
- Menchafou, Y., Aaboud, M., & Chekour, M. (2023). Effectiveness of Real and Computer-Assisted Experimental Activities in Moroccan Secondary School Physics Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17(16), 16. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i16.39267>
- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwamahoro, J., & Nizeyimana, G. (2025). Instructional strategies for enhancing students' problem-solving skills in physics: a systematic review. *Discover Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00733-x>
- Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). A Study of the Impact of Arduino and Visual Programming In Self-Efficacy, Motivation, Computational Thinking and 5th Grade Students' Perceptions on Electricity. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 17(5). <https://doi.org/10.29333/ejmste/10842>
- Ogegbo, A. A., & Ramnarain, U. (2022). *A systematic review of computational thinking in science classrooms*. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963580>
- Rahmayani, F. (2024). Development of E-Book Integrated Augmented Reality Based on STEM Approaches to Improve Critical Thinking and Multiple Representation Skills in Learning Physics. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4), 632. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2087>
- Rusilowati, A., Negoro, R. A., Subali, B., & Aji, M. P. (2022). Evaluating ICT literacy: Physics ICT test based on Scratch Programming for high school students. *REID (Research and Evaluation in Education)*, 8(2), 169. <https://doi.org/10.21831/reid.v8i2.49093>
- Sánchez, N. (2025). Design Thinking in Physics Education: An Innovative Model for the Learning of Circular Motion. *Journal of Information Systems Engineering & Management*, 10, 824. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i22s.3625>
- Shariman, S., Mas'ud, F. H., Tarmizi, S., Zen, K., & Phang, E. (2024). Assessing the Influence of Computational Thinking Technique on STEM Based and Non-STEM Based Subjects in Sarawak Schools. *Journal of Borneo-Kalimantan*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.33736/jbk.6209.2024>

- Shrestha, P. S., Perlman, T. T., & Shaver, S. R. (2023). Addressing Learning Difficulties in Junior High School Physics Education: Insights for Curriculum Development and Teaching Strategies. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Humaniora*, 12(2), 108. <https://doi.org/10.35335/jiph.v12i2.35>
- Situmorang, S., & Panggabean, D. D. (2024). Physics E-Module Based On Science, Technology, Engineering, And Mathematics To Improve Learning Outcomes Of High School Students At SMA N 1 Deli Tua. *IPER (Indonesian Physics Education Research)*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.24114/iper.v4i2.62989>
- Siswanto, J., Khoiri, N., & Saphira, H. V. (2025). The Effectiveness of the Algodoo-Assisted IBMRO Model in Improving Physics Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(3). <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i3.26670>
- Sriadhi, S., Hamid, A., Sitompul, H., & Restu, R. (2022). *Effectiveness of Augmented Reality-Based Learning Media for Engineering-Physics Teaching*. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i05.28613>
- Subekti, D. A., Latifah, S., Anugrah, A., Fitri, M. R., Makbuloh, D., Subandi, S., & Islam, M. (2024). Project-based Model in Physics Learning: The Influence on Computational Thinking Skills on the Eleventh-Grade Natural Science Major Students. *E3S Web of Conferences*, 482, 4005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448204005>
- Subramaniam, R. C., Morphew, J., Rebello, C. M., & Rebello, N. S. (2024). Presenting a STEM Ways of Thinking Framework for Engineering Design-based Physics Problems. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2411.11654>
- Sujanem, R., & Suwindra, I. N. P. (2023). Problem-based Interactive Physics E-Module in Physics Learning Through Blended PBL to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 135. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.39971>
- Sujito, S., Sular, S., Hudha, M. N., Winarno, N., & Sunardi, S. (2024). Enhanced learning: Designing bifocal modeling practicum tools with ESP32 for exploring kinetic theory of gases. *Momentum Physics Education Journal*, 8(2). <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i2.10046>
- Syafril, S., Rahayu, T., & Ganefri, G. (2022). Prospective Science Teachers' Self-Confidence in Computational Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 119. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.33125>
- Tenti, N. P., Asrizal, A., Murtiani, & Gusnedi. (2021). Meta-Analysis of The Effect of Integration Stem Education in a Various Learning Models on Student Physics Learning Outcomes. *Pillar Of Physics Education*, 13(4), 520. <https://doi.org/10.24036/10331171074>
- Tereshchuk, S., Шаров, С., Tereshchuk, А., Колмакова, В., & Шарова, Т. (2023). Critical thinking and hypothetic-deductive scheme for studying the elements of quantum theory. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(3), 1497. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.25249>
- Tuyizere, G., & Yadav, L. L. (2023). Effect of interactive computer simulations on academic performance and learning motivation of Rwandan students in Atomic Physics. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(1), 252. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.23617>
- Wangchuk, D., Wangdi, D., Tshomo, S., & Zangmo, J. (2023). Exploring Students' Perceived Difficulties of Learning Physics. *Deleted Journal*, 6. <https://doi.org/10.17102/eip.6.2023.03>

- Warneri, W., Salam, U., Putri, W. A., Imandari, R. Z., Pratiwi, R. D., & Chairunnisa, T. (2024). Utilization, Simulation and Learning: The Virtual Laboratory Learning Media PhET for Outcomes Learning. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(3), 960. <https://doi.org/10.21009/jtp.v26i3.49832>
- Widiningrum, W. N., Hardyanto, W., Wahyuni, S., Marwoto, P., & Mindyarto, B. N. (2021). Meta-Analysis Media Scratch terhadap Keterampilan Computational Thinking Siswa SMA dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v8i1.19433>