



Pengembangan Alat Percobaan dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis STEM pada Materi Gelombang Bunyi (Kelintang Jolo)

Devi Harmita^{1*}, Haerul Pathoni¹, Budi Eka Dharma¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jambi 36361, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2119>

Article Info:

Received : 09 Mei 2026
Revised : 19 Mei 2026
Accepted : 10 Juni 2026
Published : 16 Juni 2026

Correspondence:

Devi Harmita

Phone: +6281266712317

Abstract: This study aims to *Develop* experimental tools and *STEM*-based Student Worksheets (LKPD) on sound wave material using Arduino technology and Kelintang Jolo local wisdom for eleventh-grade high school students in Jambi Province. The 4D *Development* model (Define, Design, *Develop*, Disseminate) was employed, limited to the *Develop* stage. Validation involved three validators using Aiken's V formula, while practicality was measured through student response questionnaires analyzed descriptively. Results showed content validity reaching V-Aiken 0.75 (Valid) and media validity 0.72 (Valid) at Stage II. Practicality testing on 30 students at SMA Negeri 8 Jambi City yielded a mean response score of 3.19 out of 4 (Good/Practical) with Cronbach's Alpha 0.86 (Reliable). The Kelintang Jolo context and Arduino technology integration successfully enhanced the relevance and appeal of sound wave learning material. The product is declared valid and practical as an innovative physics learning medium integrating local wisdom with 21st-century technology.

Keywords: Arduino; Kelintang Jolo; LKPD; Sound Wave; *STEM*.

Citation: Harmita, D., Pathoni, H., & Dharma, B. E. (2026). Pengembangan Alat Percobaan dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis STEM pada Materi Gelombang Bunyi (Kelintang Jolo). *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(3), 2475-2480. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2119>

Pendahuluan

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan alam yang mengkaji fenomena alam, interaksi materi dengan energi, serta hukum-hukum yang mendasari dunia fisik, dan menjadi fondasi berbagai bidang ilmu sains (Megawati et al., 2023). Penguasaan konsep fisika menuntut kemampuan berpikir ilmiah yang *siSTEMatis* dalam menganalisis dan memecahkan permasalahan kompleks (Darwis & Hardiansyah, 2020). Namun demikian, pembelajaran fisika di tingkat SMA kerap menghadapi hambatan nyata.

Konsep fisika pada umumnya bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan langsung dari pengalaman sehari-hari (Amalishsholeh et al., 2023), sehingga peserta didik cenderung memandangnya sebagai mata pelajaran hafalan rumus, yang bermuara pada rendahnya kemampuan analitis, keterampilan pemecahan masalah, dan motivasi belajar (Kaniawati et al., 2023). Pembelajaran sains di tingkat SMA tidak

cukup hanya menekankan pemahaman konsep, tetapi juga harus mengembangkan keterampilan ilmiah peserta didik secara aktif.

Keterampilan Proses Sains (KPS) mencakup kemampuan dasar yang diperlukan dalam kegiatan ilmiah, mulai dari mengamati, mengklasifikasi, mengukur, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menganalisis data, hingga mengomunikasikan temuan (Suharli et al., 2025). Kemampuan-kemampuan ini menjadi fondasi esensial bagi terbentuknya pola pikir ilmiah yang *siSTEMatis* dan berbasis bukti. Di sisi lain, pesatnya perkembangan teknologi digital telah mengubah dunia pendidikan secara mendasar, menjadikan literasi digital sebagai kebutuhan inti, bukan sekadar pelengkap dalam proses pembelajaran yang efektif (Maison et al., 2025). Integrasi teknologi seperti mikrokontroler Arduino dalam percobaan fisika merupakan respons konkret atas tuntutan tersebut, sekaligus memberikan pengalaman

Email: depiharmita@gmail.com

belajar yang autentik dan berbasis data secara *real-time* kepada peserta didik.

Materi gelombang bunyi merupakan salah satu topik fisika yang paling sering dipandang abstrak karena melibatkan mekanisme getaran, rambatan energi, serta konsep-konsep frekuensi, periode, dan resonansi (Katz et al., 2020). Apabila pembelajaran gelombang bunyi terus mengandalkan metode ceramah konvensional, peserta didik akan kesulitan menghubungkan formulasi matematis dengan fenomena fisika yang mendasarinya (Khunaeni et al., 2020). Oleh karena itu, media pembelajaran yang mengaitkan teori gelombang bunyi dengan konteks nyata sangat diperlukan. Urgensi pengembangan bahan ajar inovatif yang memperkaya pengalaman belajar peserta didik telah ditekankan secara luas dalam berbagai kajian terkini (Hasanah & Kusumawati, 2022).

Berdasarkan kajian literatur awal (Afifah, 2024; Falah, 2022), pembelajaran fisika yang mengintegrasikan kearifan lokal belum dilaksanakan secara optimal di Provinsi Jambi. Guru fisika juga mengindikasikan bahwa pendekatan *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) jarang diterapkan di kelas sehingga pembelajaran masih bersifat konvensional. Pendekatan *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu secara terpadu untuk memecahkan permasalahan nyata melalui proses penyelidikan, perancangan, dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Bybee, 2010). Dalam pembelajaran *STEM*, peserta didik tidak hanya memahami konsep sains, tetapi juga memanfaatkan teknologi, menerapkan proses rekayasa (*engineering design process*), serta menggunakan konsep matematika untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah. Pendekatan ini sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 karena mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah peserta didik (Muttaqiin, 2023). Pada pembelajaran fisika, *STEM* dinilai relevan karena konsep-konsep fisika dapat dipelajari melalui kegiatan eksperimen dan perancangan teknologi sederhana sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna dan kontekstual.

Analisis kesenjangan dari literatur mengidentifikasi tiga masalah utama: sifat abstrak konsep gelombang bunyi, minimnya integrasi kearifan lokal Kelintang Jolo dan teknologi Arduino dalam media pembelajaran, serta terbatasnya pengembangan keterampilan psikomotorik peserta didik. Berbeda dari penelitian Almuharomah et al., (2019) yang menggunakan konteks Beduk dan Musyaddad & Pathoni, (2025) yang menggunakan Gendang Melayu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui perpaduan

unik antara LKPD (pedagogi), *STEM* (pendekatan), Arduino (teknologi), dan Kelintang Jolo (kearifan lokal) dalam satu produk terpadu yang komprehensif.

Berdasarkan permasalahan, analisis kesenjangan, dan kebaruan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat percobaan dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *STEM* pada materi gelombang bunyi yang mengintegrasikan teknologi Arduino dan kearifan lokal Kelintang Jolo. Produk yang dikembangkan diharapkan mampu menyediakan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, interaktif, dan berbasis data sehingga dapat membantu peserta didik memahami konsep gelombang bunyi secara lebih konkret. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui tingkat validitas dan kepraktisan alat percobaan serta LKPD yang dikembangkan sebagai media pembelajaran fisika bagi peserta didik kelas XI SMA di Provinsi Jambi.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan *4D* (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1976). Pengembangan produk dalam penelitian ini dibatasi hingga tahap *Develop* karena tujuan utama penelitian adalah menghasilkan produk yang valid dan praktis melalui proses perancangan, pengembangan, validasi ahli, serta uji kepraktisan terbatas. Tahap *Disseminate* belum dilakukan karena memerlukan implementasi pada skala yang lebih luas, melibatkan lebih banyak sekolah dan pengguna, serta membutuhkan waktu, biaya, dan sumber daya yang lebih besar. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengujian kualitas awal produk sebelum dilakukan penyebarluasan dan implementasi secara lebih luas pada penelitian lanjutan (Badran et al., 2022). Penelitian dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jambi dan di SMA Negeri 8 Kota Jambi pada tahun 2026.

Tahap *Define* dilaksanakan melalui studi literatur berbagai publikasi ilmiah terkini dan wawancara tidak terstruktur dengan guru fisika kelas XI. Tahap *Design* mencakup penyusunan 15 komponen LKPD, penerapan kerangka *STEM*, perancangan dua kegiatan percobaan inti menggunakan *Engineering Design Process (EDP: DEFINE-DESIGN-TEST-EVALUATE-REDESIGN)*, dan penyusunan *storyboard* desain awal. Tahap *Develop* meliputi pengembangan materi dan konten, pembuatan prototipe LKPD dan alat percobaan, validasi ahli dua tahap, serta uji kepraktisan terbatas.

Subjek validasi terdiri atas tiga validator: dua dosen ahli (ahli materi dan ahli media) serta satu guru fisika praktisi. Subjek uji kepraktisan terdiri atas 30 peserta didik kelas XI SMA Negeri 8 Kota Jambi yang dipilih menggunakan *purposive sampling*. Data

dikumpulkan melalui angket skala Likert tertutup (1-4) untuk validasi ahli dan respons peserta didik. Validitas materi dan media dianalisis menggunakan formula Aiken's V (Aiken, 1985) dengan ambang minimum $V \geq 0,70$. Data respons peserta didik diolah melalui uji validitas butir (korelasi Pearson, r -tabel = 0,3062) dan uji reliabilitas (Cronbach's Alpha), kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria Likert: 3,26-4,00 = Sangat Baik; 2,51-3,25 = Baik; 1,76-2,50 = Kurang; 1,00-1,75 = Sangat Kurang (Tomi et al., 2024).

Hasil dan Diskusi

Tahap Define

Tahap Define secara sistematis mengidentifikasi kesenjangan yang mendasari kebutuhan pengembangan produk. Hasil wawancara dengan guru fisika mengonfirmasi empat masalah utama: pembelajaran belum mengintegrasikan kearifan lokal Kelintang Jolo, media pembelajaran terbatas pada papan tulis dan PowerPoint, LKPD yang tersedia bersifat teoritis tanpa integrasi *STEM*, dan peserta didik kesulitan memahami konsep gelombang bunyi karena sifatnya yang abstrak. Temuan ini sejalan dengan Amalishsholeh et al. (2023) dan Megawati et al. (2023) yang mengonfirmasi bahwa gelombang bunyi merupakan topik yang paling sering dipersepsikan abstrak dalam fisika SMA dan jarang dilengkapi dengan media interaktif yang memadai.

Analisis kurikulum mengonfirmasi bahwa Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Fase F menuntut integrasi teknologi digital dalam pembelajaran gelombang bunyi. Analisis konten memetakan konsep inti ($f = n/t$, amplitudo dalam dB, dan $v = \lambda f$) yang dapat diverifikasi secara empiris menggunakan Arduino pada Kelintang Jolo. Analisis peserta didik menunjukkan bahwa siswa kelas XI pada tahap operasional formal mampu berpikir abstrak dan deduktif, serta menunjukkan motivasi lebih tinggi ketika materi dikontekstualisasikan secara bermakna (Kaniawati et al., 2023; Larsen, 2017).

Tahap Design

Tahap Design menghasilkan cetak biru LKPD yang terdiri atas 15 komponen utama: cover, identitas LKPD, identitas kelompok, kata pengantar dan daftar isi, petunjuk penggunaan, konsep *STEM* dan alokasi waktu, capaian dan tujuan pembelajaran, panduan alat percobaan, pertanyaan pemantik, rangkuman materi, Kegiatan 1, Kegiatan 2, evaluasi dan refleksi, kesimpulan, serta glosarium dan daftar pustaka. *SiSTEM* pelabelan *STEM* eksplisit [S] Sains, [T] Teknologi, [E] Rekayasa, [M] Matematika dirancang untuk mengeksplisitkan keterkaitan antardomin ilmu dalam setiap kegiatan (Bybee, 2010). Dua kegiatan inti berbasis *EDP* dirancang: Kegiatan 1 menganalisis hubungan gaya pukul-amplitudo pada frekuensi konstan, dan Kegiatan 2 menginvestigasi hubungan panjang bilah-frekuensi-cepat rambat bunyi menggunakan dua pendekatan ($\lambda_{bilah} = 2L$ dan $\lambda_{bunyi} = v/f$).

Tahap Develop (Validasi Ahli Materi)

Validasi ahli materi dilaksanakan dalam dua tahap oleh dua validator. Pada tahap I, V-Aiken mencapai 0,64 dengan rerata skor total 3,44-3,89 dari skala 4. Validator merekomendasikan standarisasi notasi fisika, klarifikasi langkah *EDP*, peningkatan soal HOTS (C4), dan revisi panduan kesimpulan agar mencakup keempat domain *STEM* secara eksplisit. Setelah revisi diimplementasikan, validasi tahap II menunjukkan peningkatan signifikan dengan seluruh butir dinilai 4,00/4,00 (100%) oleh kedua validator, menghasilkan V-Aiken 0,75 (Valid).

Hasil ini konsisten dengan Doyan et al., (2021) yang menyatakan bahwa LKPD percobaan yang dirancang secara *siSTEM*atis dapat mencapai validitas konten tinggi melalui revisi iteratif, serta membuktikan bahwa LKPD telah memenuhi persyaratan didaktik, konstruksi, dan teknis bagi LKPD berbasis *STEM* (Khairunnisa & Indayana Febriani Tanjung, 2023).

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Materi Tahap I dan Tahap II

| Aspek Penilaian | VI Thp I | VII Thp I | VI Thp II | VII Thp II | VAiken Thp II | Kat. |
|---|-----------------------|-----------|-----------|------------------------|---------------|----------|
| Konten/Materi (10 butir) | 3,5 | 3,9 | 4,0 | 4,0 | 0,75 | Valid |
| Integrasi <i>STEM</i> & Pedagogik (4 butir) | 3,2 | 3,7 | 4,0 | 4,0 | 0,75 | Valid |
| Bahasa & Keterbacaan (4 butir) | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 0,75 | Valid |
| Rerata V-Aiken | 0,64 (Tahap I) | | | 0,75 (Tahap II) | | ✓ |

Sumber: Data Penelitian, 2026

Tahap Develop (Validasi Ahli Media)

Validasi ahli media melibatkan tiga validator dalam dua tahap. Pada tahap I, V-Aiken mencapai 0,67. Berdasarkan saran validator, lima revisi utama

dilaksanakan: (1) penggantian ilustrasi cover dengan foto dokumentasi autentik alat Kelintang Jolo *STEM*; (2) perbesaran dan pelengkapan label serta keterangan komponen; (3) standarisasi kalimat perintah di seluruh

LKPD; (4) penambahan kolom pengamatan terpisah untuk $\lambda_{bilah} = 2L$ dan $\lambda_{bunyi} = v/f$; serta (5) peningkatan kontras elemen visual untuk cetak hitam-putih. Validasi tahap II menunjukkan peningkatan

signifikan, di mana Validator II dan III memberikan skor sempurna (100%), sehingga V-Aiken keseluruhan meningkat menjadi 0,72 (Valid).

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Media Tahap I dan Tahap II

| Aspek | VI I | VII I | VI II | VII II | VIII II | Rata Thn II | V-Aik Thn II | Kat. |
|---------------------------|-----------------------|-------|------------------------|--------|---------|-------------|--------------|----------|
| Komponen LKPD | 3,83 | 4,00 | 3,83 | 4,00 | 4,00 | 3,94 | 0,72 | Valid |
| Desain Cover | 3,60 | 3,00 | 3,80 | 4,00 | 4,00 | 3,93 | 0,72 | Valid |
| Tata Letak & Tipografi | 3,83 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 0,75 | Valid |
| Tampilan Konten & Grafika | 3,00 | 3,83 | 3,83 | 4,00 | 4,00 | 3,94 | 0,72 | Valid |
| Penyajian Kegiatan | 3,83 | 4,00 | 3,83 | 4,00 | 4,00 | 3,94 | 0,72 | Valid |
| Bahasa/Keterbacaan Visual | 3,20 | 4,00 | 3,80 | 4,00 | 4,00 | 3,93 | 0,72 | Valid |
| V-Aiken | 0,67 – Tahap I | | 0,72 – Tahap II | | | | | ✓ |

Sumber: Data Penelitian, 2026

Peningkatan aspek Desain Cover yang paling signifikan mengonfirmasi bahwa penggantian ilustrasi generik dengan foto dokumentasi autentik alat Kelintang Jolo *STEM* berhasil meningkatkan keaslian kontekstual produk. Hal ini selaras dengan prinsip multimedia learning Mayer, (2002) yang menekankan bahwa efektivitas bahan ajar visual dipengaruhi secara signifikan oleh kualitas desain, penempatan elemen visual, dan kontras yang memadai.

Uji Kepraktisan (Respons Peserta Didik)

Uji validitas butir instrumen respons menghasilkan 23 dari 25 butir valid ($r\text{-hitung} > r\text{-tabel} = 0,3062$), dengan Cronbach's Alpha 0,86 (Reliabel). Tabel 3 menyajikan hasil analisis respons peserta didik secara lengkap. Seluruh aspek respons peserta didik

melampaui ambang kategori Baik (rerata $> 2,51$). Aspek Manfaat & Kemenarikan memperoleh rerata tertinggi (3,28), mengindikasikan keberhasilan konteks kearifan lokal Kelintang Jolo dalam meningkatkan relevansi materi gelombang bunyi bagi peserta didik Jambi. Temuan ini konsisten dengan Tarigan et al. (2025) dan Furqoniyah et al., (2022) yang menemukan bahwa integrasi kearifan lokal meningkatkan motivasi dan sikap positif terhadap sains. Aspek Keterlaksanaan Kegiatan (rerata 3,19) menunjukkan bahwa alur percobaan berbasis *EDP* dapat dilaksanakan dengan baik, menguatkan Muarif Islamiah, (2024) yang melaporkan kepraktisan tinggi pada pembelajaran *STEM* berbasis Arduino apabila disertai panduan yang jelas.

Tabel 3. Hasil Analisis Respons Peserta Didik per Aspek

| No. | Aspek | Butir | Rerata | % Skor | Kategori | Ket. |
|---------------------|------------------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------|----------|
| 1 | Kepraktisan (Kemudahan Penggunaan) | 1-5 | 3,15 | 78,75% | Baik | ✓ |
| 2 | Keterbacaan (Bahasa) | 6-10 | 3,13 | 78,25% | Baik | ✓ |
| 3 | Keterbacaan (Visual) | 11-15 | 3,22 | 80,50% | Baik | ✓ |
| 4 | Keterlaksanaan (Kegiatan) | 16-20 | 3,19 | 79,75% | Baik | ✓ |
| 5 | Manfaat & Kemenarikan | 21-25 | 3,28 | 82,00% | Baik | ✓ |
| Rerata Total | | 1-25 | 3,19 | 79,83% | Baik (Praktis) | ✓ |

Cronbach's Alpha (α) = 0,86 (Reliabel) | Sumber: Data Penelitian, 2026

Aspek Keterbacaan Bahasa memperoleh rerata terendah (3,13), meskipun masih dalam kategori Baik. Hal ini mengisyaratkan bahwa sejumlah istilah teknis terkait komponen Arduino dan sensor piezoelektrik masih memerlukan penyederhanaan lebih lanjut, sejalan dengan Adam et al., (2022) yang menekankan pentingnya kejelasan bahasa dalam LKPD yang mengintegrasikan teknologi elektronik. Dua butir yang tidak valid (butir 1 dan 17) juga perlu direvisi dalam

pengembangan instrumen ke depan. Secara keseluruhan, LKPD Berbasis *STEM* Kelintang Jolo dinyatakan Praktis dan layak digunakan dalam pembelajaran gelombang bunyi kelas XI SMA. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi komprehensif antara pedagogi *STEM*, teknologi digital Arduino, dan konteks etnofisika kearifan lokal Kelintang Jolo dalam satu produk LKPD yang terpadu.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan Alat Percobaan dan LKPD Berbasis *STEM* pada materi gelombang bunyi yang mengintegrasikan teknologi Arduino dan kearifan lokal Kelintang Jolo, dengan produk yang dinyatakan valid dan praktis. Validitas materi mencapai V-Aiken 0,75 dan validitas media 0,72 pada tahap II, keduanya melampaui ambang minimum 0,70. Uji kepraktisan menghasilkan rerata total respons 3,19/4 (Baik/Praktis) dengan Cronbach's Alpha 0,86, dan aspek Manfaat & Kemenarikan memperoleh skor tertinggi (3,28) yang mengonfirmasi efektivitas pendekatan kontekstual Kelintang Jolo. Peneliti selanjutnya disarankan melanjutkan penelitian hingga tahap *Disseminate* penuh, mengembangkan e-LKPD, merevisi butir angket 1 dan 17, serta menguji efektivitas produk terhadap hasil belajar kognitif melalui desain eksperimen pre-test/post-test komprehensif di beberapa sekolah di Provinsi Jambi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jambi atas dukungan institusional selama penelitian, kepada para validator atas kontribusinya, serta kepada peserta didik dan guru SMA Negeri 8 Kota Jambi yang berpartisipasi dalam uji kepraktisan. Penelitian ini tidak mendapatkan pendanaan eksternal secara khusus.

Referensi

- Adam, P., Ronaldo, D., & Nugrahaningsih, N. (2022). Rancang Bangun Kanganung Elektrik Dengan Sensor Piezo Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik*, 6(1), 74–83.
- Afifah, N. (2024). *Development Of Project-Based Learning Tools Integrated With STEM And Local*. *Innovatio ...*, Xxiv(1), 19–36. <https://www.innovatio.pasca.uinjambi.ac.id/index.php/innovatio/article/view/202%0ah> <https://www.innovatio.pasca.uinjambi.ac.id/index.php/innovatio/article/download/202/170>
- Almuharomah, F. A., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2019). Pengembangan Modul Fisika *STEM* Terintegrasi Kearifan Lokal “Beduk” Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smp. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.20527/Bipf.V7i1.5630>
- Amalisholeh, N., Sutrio, S., Rokhmat, J., & Gunada, I. W. (2023). Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik Pada Pembelajaran Fisika Di Sman 1 Kediri. *Empiricism Journal*, 4(2), 356–364. <https://doi.org/10.36312/Ej.V4i2.1387>
- Asmaningrum, H. P., Sathasivam, R. V., & Shahali, E. H. B. M. (2025). Cultural Roots, Scientific Fruits: Exploring The Papeda Framework In Ethno-*STEM* Teaching. *Academic Journal Of Interdisciplinary Studies*, 14(1), 361. <https://doi.org/10.36941/Ajis-2025-0024>
- Bybee, R. W. (2010). What Is *STEM* Education? The American Association For The Advancement Of Science, 329. <https://doi.org/10.1126/Science.1194998>
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2020). Pembelajaran Berbasis Proyek Dalam Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa. *Ekspose: Jurnal Penelitian Hukum Dan Pendidikan*, 19(1), 1008–1018. <https://doi.org/10.30863/Ekspose.V1i1.752>
- Doyan, A., Rahman, M. M., & Sutrio, S. (2021). *Development Of Student Worksheets Based On A Multi-Representation Approach To Improve Students' Mastery Of Sound Wave Concepts*. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 7(Specialissue), 175–179. <https://doi.org/10.29303/Jppipa.V7ispecialisue.1201>
- Falah, H. S. (2022). Strategi Pelestarian Budaya Melalui Pembakuan Notasi Musik Kelintang Jolo Di Muaro Jambi. *Journal Of Basic Educational Studies*, 2(1), 85–97.
- Furqoniyah, Q., Subiki, S., & Maryani, M. (2022). Pengembangan Lkpd Berbasis *STEM* (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Dalam Pembelajaran Fisika Pemanasan Global Di Sma. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 76–84. <https://doi.org/10.36706/Jipf.V9i1.15539>
- Hasanah, R., & Kusumawati, W. D. (2022). *Development Of Ethnoscience-Based Digital Teaching Materials In Authentic Jember Patrol Music In Sound Sub Materials For Students In Junior High School*. *INSECTA: Integrative Science Education And Teaching Activity Journal*, 3(1), 56–69. <https://doi.org/10.21154/Insecta.V3i1.3976>
- Ismatulloh, K., Kholisho, Y. N., Hr, B. M., & Dwi Arianti, B. D. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis PBL Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika. *Kappa Journal*, 8(1), 154–158. <https://doi.org/10.29408/Kpj.V8i1.25801>
- Kaniawati, E., Mardani, M. E. M., Lestari, S. N., Nurmilah, U., & Setiawan, U. (2023). Evaluasi Media Pembelajaran. *Journal Of Student Research (JSR)*, 1(2), 18–32.
- Katz, J. E., Clavijo, R. I., Rizk, P., & Ramasamy, R. (2020). *The Basic Physics Of Waves, Soundwaves, And*

- Shockwaves For Erectile Dysfunction. *Sexual Medicine Reviews*, 8(1), 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2019.09.004>
- Khairunnisa, P. D., & Indayana Febriani Tanjung. (2023). *STEM Based Student Worksheets To Improve EcosySTEM Material Critical Thinking*. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 6(1), 48-55. <https://doi.org/10.23887/jp2.v6i1.59414>
- Khunaeni, L. N., Yuniarti, W. D., & Khalif, M. A. (2020). Pengembangan Modul Fisika Berbantuan Teknologi Augmented Reality Pada Materi Gelombang Bunyi Untuk SMA/MA Kelas XI. *Physics Education Research Journal*, 2(2), 83. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6144>
- Maison, Astalini, Alrizal, Dwi Agus Kurniawan, Jules Nurhatmi, B. E. D. (2025). PELATIHAN PEMANFAATAN GOOGLE WORKSPACE UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN KOLABORASI DIGITAL DI KELAS TRAINING ON UTILIZING GOOGLE WORKSPACE TO ENHANCE DIGITAL COLLABORATION SKILLS IN THE CLASSROOM. 4(1), 147-153.
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia L E A R N I N G. THE PSYCHOLOGY OF LEARNING AND MOTIVATION, 41.
- Megawati, A. Y. ., Lukito, A., & Rachmasari, D. . (2023). Integrasi Project Based Learning Dengan STEM Pada Pembelajaran Fisika Sebagai Pendekatan Efektif Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia*, 2(5), 894-904.
- Muarif Islamiah, F. (2024). Praktikalitas Pembelajaran STEM Dengan Arduino Dan Sensor HX- 711 Pada Materi Impuls Berbasis Website. *Jagomipa: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 4, 707-717.
- Musyaddad, M., & Pathoni, H. (2025). Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika STEM-Based Project Learning Integrating Gendang Melayu Local Wisdom On Sound Waves. 11(2), 104-118. <https://doi.org/10.62870/gravity.v11i2.34387>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21[STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Approach To Science Learning To Practice 21st Century Skills]. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34-45.
- Putri, S. E. (2017). Rancang Bangun SiSTEM Pengukuran Frekuensi Getaran Akustik Pada Speaker Piezoelektrik Menggunakan Sensor Serat Optik. *Jurnal Fisika Unand*, 6(1), 47-52.
- Shuhratovich, S. S. (2025). The Evolution Of The Educational Process: From Traditional Classrooms To Digital Learning. *Journal Of Applied Science And Social Science*, 15(03), 2022-2026.
- Suharli, K., Furqon, A. J. M., Eka, B., & Rahma, D. (2025). Pelatihan Pengembangan Instrumen Penilaian Berpikir Kritis Terintegrasi Keterampilan Proses Sains Pendahuluan Metode Pelaksanaan. *JURNAL ABDIMAS INDONESIA*, 5(3), 2066-2073.
- Suwastini, N. M. S., Agung, A. A. G., & Sujana, I. W. (2022). LKPD Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Pendekatan Saintifik Dalam Muatan IPA Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(2), 311-320.
- Tarigan, S. B., Pathoni, H., Nurhatmi, J., Studi, P., Fisika, P., & Jambi, U. (2025). Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 13(1), 35-47.
- Thiagarajan, S. (1976). *Instructional Development For Training Teachers Of Exceptional Children: A Sourcebook*. *Journal Of School Psychology*, 14(1), 75. [https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Tomi, D., Suraya, E., Aprianto, R., Sastria, E., & Leoni, L. (2024). Designing Student Worksheets Based On Local Wisdom Using A Detailed Learning Model Integrated Discovery Learning On Biodiversity Material. *International Journal Of Education And Teaching Zone*, 3(3), 278-290. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v3i3.310>