

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN FISIKA TERINTEGRASI KEARIFAN LOKAL TAGANING UNTUK KETERAMPILAN KONSEPTUAL GELOMBANG MEKANIK

Bulus Tua M. Purba¹, Juliaster Marbun², Goldberd Harmuda Duva Sinaga³, Mariana Surbakti⁴,
Parlindungan Sitorus⁵

Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas HKBP Nommensen Medan, Indonesia

*email: bulustuam.purba@student.uhn.ac.id

ABSTRAK

Keterampilan konseptual dalam fisika merupakan fondasi esensial bagi peserta didik untuk memahami fenomena alam secara mendalam dan analitis, namun pembelajaran konvensional seringkali gagal menghubungkan teori abstrak dengan konteks kehidupan nyata. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul pembelajaran fisika terintegrasi kearifan lokal Taganing Batak Toba pada materi gelombang mekanik untuk meningkatkan keterampilan konseptual siswa. Modul yang dikembangkan mengaitkan konsep gelombang, resonansi, dan interferensi dengan prinsip akustik pada alat musik Taganing melalui pendekatan Problem Based Learning. Hasil validasi ahli menunjukkan tingkat kelayakan yang tinggi, dengan rincian 78% (kategori Layak) oleh ahli materi, 85% (Sangat Layak) oleh ahli budaya, dan 97% (Sangat Layak) oleh ahli bahasa. Uji coba terbatas pada siswa kelas XI menunjukkan peningkatan keterampilan konseptual, yaitu kemampuan abstraksi sebesar 71% (Baik) dan pola pikir sistematis sebesar 72% (Baik). Respon guru dan siswa terhadap modul sangat positif dengan tingkat kepraktisan 81%, menunjukkan bahwa modul tidak hanya mudah digunakan tetapi juga kontekstual dan menarik. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi kearifan lokal dalam desain pembelajaran fisika berbasis etnosains tidak hanya efektif memperkuat pemahaman konseptual siswa, tetapi juga berperan strategis dalam melestarikan warisan budaya dan menumbuhkan engagement belajar.

Kata kunci: Gelombang Mekanik, Kearifan Lokal, Keterampilan Konseptual, Modul Pembelajaran, Taganing Batak Toba.

ABSTRACT

Conceptual skills in physics are an essential foundation for students to understand natural phenomena deeply and analytically, yet conventional teaching often fails to connect abstract theory with real-life contexts. This study aims to develop a physics learning module integrated with the local wisdom of the Toba Batak Taganing on mechanical wave material to enhance students' conceptual skills. The developed module links concepts of waves, resonance, and interference with the acoustic principles of the Taganing musical instrument through a Problem-Based Learning approach. Expert validation results demonstrated a high level of feasibility, with details of 78% (Feasible category) by subject matter experts, 85% (Highly Feasible) by cultural experts, and 97% (Highly Feasible) by language experts. A limited trial with grade XI students showed an improvement in conceptual skills, specifically an abstraction ability of 71% (Good) and systematic thinking of 72% (Good). Teacher and student responses to the module were very positive, with a practicality level of 81%, indicating that the module is not only easy to use but also contextual and engaging. These findings confirm that integrating local wisdom into ethnoscience-based physics learning design is not only effective in strengthening students' conceptual understanding but also plays a strategic role in preserving cultural heritage and fostering learning engagement.

Keywords: Conceptual Skills, Learning Module, Local Wisdom, Mechanical Waves, Toba Batak Taganing.

1. PENDAHULUAN

Keterampilan ilmiah esensial bagi siswa untuk memahami fisika mendalam dan memecahkan masalah secara sistematis dalam masyarakat berbasis ilmu pengetahuan (Fernández et al., 2022). Keterampilan ilmiah fisika meliputi berpikir kritis, pemecahan

masalah, dan pemahaman konseptual melalui hipotesis, eksperimen, dan analisis (I Ketut Mahardika et al., 2023).

Rendahnya keterampilan ilmiah melemahkan pemahaman konseptual sains (Hidayatullah et al., 2021). Menyulitkan analisis kasual, evaluasi konseptual, dan aplikasi kreatif prinsip ilmiah dalam

pemecahan masalah (Sitorus & Pardede, 2024). Kesenjangan antara hafalan rumus dan pemahaman konseptual memperparah miskonsepsi gelombang mekanik.

Pembelajaran fisika yang kurang menekankan pemahaman konseptual. Mengakibatkan peserta didik kesulitan memahami fisika karena sering di sajikan terpisah dari konteks nyata kehidupan (Bouchée et al., 2023). Dominasi pendekatan hafalan dan rumus tanpa penguatan konsep melalui contoh aplikatif menyebabkan gagalnya mengaitkan prinsip fisika dengan fenomena sehari-hari (Anggraini et al., 2023).

Berdasarkan observasi, pada peserta didik kelas XI mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan konsep teoritis gelombang mekanik kedalam konteks praktis dan fenomena kehidupan sehari-hari. Etnofisika mengintegrasikan kearifan lokal dengan konsep fisika untuk pembelajaran yang kontekstual dan bermakna (Astuti et al., 2021).

Etnofisika menjelaskan konsep fisika melalui budaya tradisional Sumatera Utara (Afifa et al., 2023). Pendekatan ini tidak hanya membantu memahami konsep fisika dengan lebih baik, tetapi juga melestarikan nilai-nilai budaya lokal yang mulai tergerus oleh modernisasi.

Integrasi taganing dalam pembelajaran fisika memberi pendekatan kontekstual untuk mempelajari sistem akustik dan konsep gelombang bunyi secara empiris melalui analisis karakteristik fisiknya (Panggabean et al., 2022). Demonstrasi resonansi saat memainkan Taganing dalam ensambel musik memvisualisasikan prinsip fisika abstrak, sementara pengukuran parameter akustiknya melatih penerapan matematika fisika dalam konteks budaya yang relevan. Pendekatan ini tidak hanya memperdalam pemahaman konseptual tetapi juga mengembangkan keterampilan proses sains melalui observasi langsung fenomena gelombang dalam kearifan lokal.

Namun, pengembangan modul ajar berbasis kearifan lokal masih menghadapi berbagai tantangan. Keterbatasan sumber daya, kurangnya pemahaman tentang kearifan lokal, dan kesulitan dalam mengintegrasikan budaya ke dalam kurikulum sains menjadi hambatan utama (Setya et al., 2024). Meskipun Indonesia memiliki keragaman budaya yang sangat kaya, hanya sedikit modul pembelajaran fisika yang

berhasil mengintegrasikan nilai-nilai lokal ke dalam pembelajaran (Deta et al., 2024).

Penelitian ini mengembangkan modul fisika terintegrasi Taganing Batak Toba untuk memvisualisasi konsep abstrak gelombang mekanik menjadi lebih konkret dan relevan secara budaya bagi peserta didik.

Problem Based Learning (PBL) dalam modul ini mengatasi kelemahan pemahaman konsep gelombang mekanik melalui masalah autentik Taganing, eksperimen kolaboratif, dan proyek interdisipliner, mentransformasi hafalan rumus menjadi penemuan bermakna berbasis budaya.

Integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran sains terbukti efektif meningkatkan pemahaman konseptual, sebagaimana di tunjukan studi Pejener dan Mistades 2020 dan Chaijalearn 2023, analisis akustik Taganing oleh Malau dan Suyanto 2020 akurasi 98,87% memberikan dasar ilmiah kuat, namun belum dimanfaatkan untuk modul berbasis pbl. Penelitian ini mengembangkan modul inovatif yang mengisi celah antara teori gelombang mekanik, aplikasi budaya Taganing, dan pendekatan pedagogis abad ke-21.

Pengembangan modul Taganing dirancang untuk memperkuat pemahaman konseptual gelombang mekanik melalui tiga pendekatan: konkretisasi prinsip fisika, verifikasi teori melalui praktik, dan integrasi pengetahuan prosedural dalam konteks budaya yang autentik.

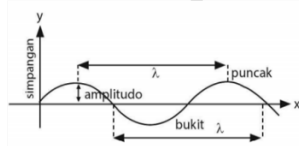
Penelitian ini mengembangkan modul pembelajaran fisika terintegrasi kearifan lokal Taganing Batak Toba untuk materi gelombang mekanik guna meningkatkan keterampilan konseptual siswa kelas XI tahun ajaran 2024/2025 SMA N 1 PAGARAN.

Penelitian ini mengembangkan modul pembelajaran fisika terintegrasi kearifan lokal untuk meningkatkan keterampilan konseptual peserta didik pada materi gelombang mekanik. Keterampilan Konseptual kemampuan memahami dan menerapkan ide-ide abstrak secara analitis (Yildiz & Guler-Yildiz, 2021). Kemampuan konseptual mencakup kemampuan abstraksi, pola pikir sistematis, transfer belajar, serta berpikir kritis dan kreatif (Widodo & Istiqamah, 2022). Integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran terbukti efektif meningkatkan keterampilan konseptual siswa melalui konseptual konsep abstrak. Gelombang

mekanik merambatkan energi melalui medium material (Nurfazliana & Jumadi, 2023).

Gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium perambatan (Lolonrian et al., 2023). Gelombang transversal arah rambat tegak lurus arah getarnya. Gelombang longitudinal memiliki arah rambat sejajar dengan arah getar. Besaran-besaran gelombang Amplitudo (A): simpangan maksimum dari titik kesetimbangan dalam gelombang. (Santosa & Widyaparaga, 2020). Berikut pesamaannya:

$$A = \frac{(y_{\max} - y_{\min})}{2}$$



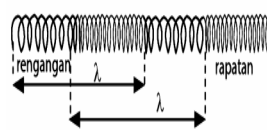
Gambar 1. gelombang transversal

Panjang Gelombang (λ): adalah jarak antara dua titik yang sefase (Setyati et al., 2020).

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$$

Frekuensi (f) adalah jumlah gelombang persatuan waktu (Hz) (Azhar, 2020).

$$f = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$$



Gambar 2. gelombang longitudinal

Gelombang berjalan merambat dan mentransmisikan energi tanpa perpindahan partikel medium (Nurdiansah et al., 2020).

a) Persamaan simpangan gelombang berjalan

$$Y_p = \pm A \sin(\omega t \pm kx)$$

Tanda fase gelombang $\omega t \pm kx$ adalah Bertanda positif jika gelombang merambat ke arah kiri. Bertanda negatif jika gelombang merambat ke arah kanan

b) Persamaan kecepatan dan percepatan gelombang

Percepatan gelombang berjalan a_p merupakan turunan pertama dari kecepatan terhadap waktu, yaitu :

$$a_p = \frac{dv_p}{dt} = -\omega^2 A \sin(\omega t - kx) = -\omega^2 Y_p$$

Sudut fase, fase, dan beda fase dari persamaan umum gelombang berdiri $Y_p = \pm A \sin(\omega t \pm kx)$, di peroleh :

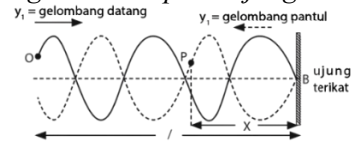
$$\text{Sudut fase, } \theta = \omega t \pm kx = 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\text{Fase, } \phi = \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$\text{Beda fase, } \Delta\phi = \phi_p - \phi_o = \frac{x_o - x_p}{\lambda}$$

Gelombang stasioner, gelombang yang terbentuk akibat interferensi (perpaduan) dua gelombang dengan amplitudo dan frekuensi yang sama, tetapi merambat dalam arah yang berlawanan. (Nurlaila, 2020).

a) Gelombang stasioner pada ujung terikat



Gambar 3. gelombang stasioner ujung terikat

$$y_1 = A \sin(\omega t - kx)$$

$$y_2 = -A \sin(\omega t + kx)$$

Persamaan gelombang stasioner di peroleh dengan menjumlahkan gelombang datang dan pantul, sehingga di peroleh :

$$Y_p = 2A \sin kx \cos \omega t = A' \cos \omega t$$

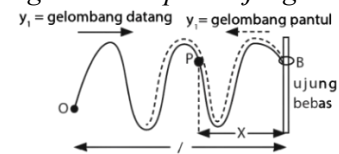
Titik simpul terjadi $2A \sin kx = 1$ atau $kx = n\pi$, sehingga secara umum letak simpul-simpul gelombang stasioner pada ujung terikat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$x = (n - 1) \left(\frac{1}{2} \lambda \right)$$

Perut gelombang terjadi jika $2A \sin kx = 1$ atau $kx = n(\frac{1}{2} \pi)$, sehingga ujung secara umum letak perut-perut gelombang stasioner pada ujung terikat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$x = (2n - 1) \left(\frac{1}{4} \lambda \right)$$

b) Gelombang stasioner pada ujung bebas



Gambar 4. gelombang stasioner ujung bebas

$$Y_1 = \sin(\omega t - kx)$$

$$Y_2 = \sin(\omega t + kx)$$

Sehingga di peroleh persamaan gelombang stasioner yaitu :

$$Y_p = 2A \cos kx \sin \omega t = A' \sin \omega t$$

Titik simpul terjadi $2A \cos kx = 0$ atau $kx = n(\frac{1}{2} \pi)$, sehingga secara umum letak simpul-simpul gelombang stasioner pada ujung terikat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$x = (2n - 1) \left(\frac{1}{4} \lambda \right)$$

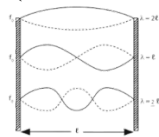
Perut gelombang terjadi jika $2A \cos kx = 1$ atau $kx = n\pi$, sehingga ujung secara umum letak perut-perut gelombang stasioner pada ujung trikat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$x = (n - 1) \left(\frac{1}{2} \lambda \right)$$

Cepat rambat pada dawai: (Septi Budi Sartika & Noly Shofiyah, 2020).

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

Alat musik dawai menghasilkan pola simpul dan perut (Kaba et al., 2020).



Gambar 5. gelombang dawai
 $\Sigma \text{simpul} = \Sigma \text{perut} + 1$

Perbandingan frekuensi nada-nada yang di hasilkan oleh sumber bunyi dawai dengan frekuensi dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat.

$$f_0 : f_1 : f_2 : \dots = \frac{v}{2l} : 2 \frac{v}{2l} : 3 \frac{v}{2l} : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

Dengan demikian, secara umum frekuensi nada yang di hasilkan dawai dapat dituliskan :

$$f_n = \frac{n + 1}{2l} v$$

Intensitas bunyi adalah daya per satuan luas (Aprian Sari et al., 2020)

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Perbandingan intensitas bunyi yang diterima di titik yang berjarak r_1 dari r_2 dari sumber bunyi adalah

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara bunyi yang diukur dengan intensitas ambang pendengaran (I_0) yang di tuliskan dalam persamaan (Zakwandi et al., 2020).

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Pelayangan adalah interferensi gelombang bunyi berfrekuensi berbeda.

Efek Doppler adalah adanya perbedaan antara frekuensi yang ditangkap oleh penerima dengan

yang dipancarkan sumber (Hermanto, 2020).
Persamaan umum efek doppler

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

Dengan

f_p = Frekuensi yang di dengar oleh pendengar (Hz)

f_s = Frekuensi sumber bunyi (Hz)

v = Cepat rambat bunyi (m/s)

v_s = Kecepatan gerak sumber bunyi (m/s)

v_p = Kecepatan gerak bunyi pendengar (m/s)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) model ADDIE yang diimplementasikan secara sistematis melalui lima tahap: (1) Analysis untuk mengidentifikasi kebutuhan dan potensi integrasi kearifan lokal; (2) Design untuk menyusun kerangka modul dan instrumen penelitian; (3) Development untuk merealisasikan produk dan memvalidasinya kepada ahli; (4) Implementation untuk mengujicobakan modul secara terbatas pada peserta didik kelas XI; serta (5) Evaluation untuk menilai kelayakan dan melakukan revisi final sebelum diseminasi. (Khairunnisa et al., 2023). Implementasi dilakukan di SMA Negeri 1 Pagaran, Dolok Saribu, Kecamatan Pagaran, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara, pada tahun ajaran 2024/2025 dengan subjek penelitian peserta didik kelas XI dan objek penelitian modul pembelajaran gelombang mekanik.

Data kualitatif masukan ahli, sementara data kuantitatif mencakup skor validasi, respon guru dan peserta didik, hasil tes keterampilan konseptual. Analisis data validasi menggunakan persentase kelayakan, dengan kriteria 81-100% (sangat layak), sedangkan respon guru dan peserta didik diukur dengan skala Likert dan dianalisis secara deskriptif. Keterampilan konseptual dievaluasi melalui tes berbasis konteks Taganing, dengan perhitungan mean, standar deviasi, dan persentase ketercapaian (Fajri et al., 2023). Hasil analisis digunakan untuk menyempurnakan modul sebelum diseminasi, dengan tujuan memastikan kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas modul dalam meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil validasi ahli materi

Validasi kelayakan isi materi modul dilakukan oleh dua orang ahli untuk menilai

kesesuaian konten gelombang mekanik dengan kurikulum dan integrasi kearifan lokal Taganing. Hasil penilaian dari kedua validator dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Validasi Penilaian Ahli Materi

Validasi Ahli Materi	Skor	Persentase
Ahli pertama	47	78%
Ahli kedua	46	77%
Rata-rata	46,5	78%

Hasil validasi ahli materi menunjukkan modul layak dengan skor 78%. Revisi minor diperlukan pada aspek penyajian gambar dan penulisan sebelum uji coba.

Validasi ahli budaya dan Bahasa

Validasi aspek budaya dan bahasa dilakukan masing-masing oleh satu orang ahli untuk memastikan keakuratan representasi budaya Batak Toba dan kejelasan bahasa dalam modul. Hasil validasi dari kedua ahli tersebut disajikan pada Tabel 2.

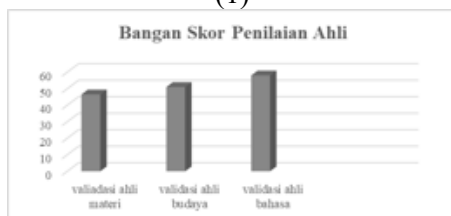
Tabel 2. Validasi Penilaian Ahli Budaya

Validasi ahli budaya	skor	Persentase
Ahli budaya	51	85%
Ahli bahasa	58	97%

Validasi ahli budaya 85% dan bahasa 97% mengonfirmasi kelayakan sangat tinggi modul terintegrasi Taganing untuk pembelajaran yang komunikatif dan kontekstual.



(1)



(2)

Gambar 6. Bagian (1) menunjukkan bangun skor penilaian ahli, sedangkan Bagian (2) menunjukkan bangun persentase validasi ahli.

Pembahasan validasi para ahli

Hasil validasi ahli terhadap modul fisika terintegrasi kearifan lokal Taganing

menunjukkan tingkat kelayakan yang tinggi. Ahli materi menilai 78% (layak), ahli budaya 85% (sangat layak), dan ahli bahasa 97% (sangat layak). Secara keseluruhan, modul dinyatakan layak untuk diujicobakan meskipun memerlukan perbaikan minor pada aspek materi.

Hasil Penilaian Keterampilan Konseptual

Keterampilan konseptual peserta didik diukur melalui instrumen tes yang mencakup tiga aspek utama. Pembagian pernyataan untuk setiap aspek keterampilan konseptual dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembagian aspek keterampilan konseptual setiap pernyataan

No.	Aspek keterampilan konseptual	Pernyataan
1.	Kemampuan Abstraksi	3, 4, 9, 10
2.	Pola Pikir Sistematis	2, 6, 7, 11

Tabel tersebut menjelaskan pembagian aspek keterampilan konseptual yang diukur dalam penelitian beserta pernyataan-pernyataan yang mewakili setiap aspek.

a. Hasil evaluasi pada aspek kemampuan abstraksi

Kemampuan abstraksi peserta didik diukur melalui empat pernyataan pada tes. Ringkasan hasil evaluasi untuk aspek ini disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil evaluasi peserta didik pada aspek kemampuan abstraksi

Penyataan	skor	Mean ($\bar{X}$)	Standar deviasi (SD)	Persentase (%)	Interpretasi Hasil Deskriptif
3	14	3,9	0,84	78%	Baik
4	14	3,9	0,84	79%	Baik
9	95	2,6	1,13	61%	Baik
10	12	3,3	1,07	67%	Baik
Rata-rata	12	3,4	0,97	71%	BAIK

Hasil evaluasi aspek abstraksi peserta didik terkait konsep gelombang mekanik dalam konteks kearifan lokal taganing menunjukkan capaian baik dengan rata-rata skor 3,47 (71%), meskipun terdapat variasi pemahaman. Pernyataan tentang hubungan amplitudo dan energi (skor 3,92) serta hubungan dimensi dengan frekuensi (skor 3,97) mengindikasikan kemampuan abstraksi yang tinggi ke dalam

fenomena nyata. Namun, pemahaman pada pernyataan 9 bahwa cepat rambat bunyi hanya bergantung pada bahan membran masih relatif rendah (skor 2,64) dengan standar deviasi tinggi (1,13), mengindikasikan miskonsepsi yang perlu diperdalam. Sementara itu, pemahaman gelombang stasioner mencapai skor 3,36 dengan konsistensi jawaban yang perlu ditingkatkan. Secara keseluruhan, integrasi taganing dalam pembelajaran efektif mengembangkan kemampuan abstraksi, meskipun diperlukan pendalaman lebih lanjut pada faktor penentu cepat rambat bunyi.

b. Hasil evaluasi pada aspek pola pikir sistematis

Aspek pola pikir sistematis diukur melalui empat pernyataan yang menuntut analisis berurutan. Hasil evaluasi terhadap aspek ini ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil evaluasi peserta didik pada aspek pola pikir sistematis

Penyataan	Skor	Mean ($\bar{X}$)	Standar deviasi (SD)	Persentase (%)	Interpretasi Hasil Deskriptif
2	148	4,11	0,39	82%	Sangat baik
6	112	3,11	2,04	62%	Baik
7	132	3,67	1,54	73%	Baik
11	129	3,58	0,52	72%	Baik
Rata-rata	130,25	3,62	1,12	72%	BAIK

Berdasarkan hasil evaluasi, pola pikir sistematis peserta didik tergolong baik dengan rata-rata skor 3,62 (72%). Pernyataan 2 memperoleh skor tertinggi (4,11; 82%), menunjukkan pemahaman sangat baik dalam optimasi resonansi bunyi pada silinder taganing. Sementara itu, pemahaman pada konsep resonansi dan pengaruh diameter tabung (pernyataan 6 dan 7) serta hubungan logaritmik amplitudo dan taraf intensitas bunyi (pernyataan 11) sudah memadai, meskipun variabilitas jawaban pada pernyataan 6 mengindikasikan ketidakkonsistenan tingkat pemahaman. Secara keseluruhan, peserta didik telah mengembangkan pola pikir sistematis dalam menganalisis fenomena gelombang mekanik pada taganing, walaupun masih terdapat ruang untuk peningkatan konsistensi pemahaman pada beberapa konsep tertentu.

c. Hasil evaluasi pada aspek transfer belajar

Kemampuan transfer belajar peserta didik dinilai berdasarkan tiga pernyataan yang mengukur aplikasi konsep dalam konteks baru. Capaian hasil evaluasi untuk aspek ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil evaluasi peserta didik pada aspek tranfer belajar

Penyataan	Skor	Mean ($\bar{X}$)	Standar deviasi (SD)	Persentase (%)	Interpretasi Hasil Deskriptif
1	159	4,17	0,94	83%	Sangat baik
8	119	3,31	0,92	66%	Baik
12	126	3,5	0,88	70%	Baik
Rata-rata	134,67	3,66	0,91	73%	BAIK

Berdasarkan hasil evaluasi aspek transfer belajar, diperoleh skor rata-rata 3,66 (standar deviasi 0,91) dengan persentase ketercapaian 73% yang tergolong dalam kategori baik. Pernyataan nomor 1 memperoleh skor 4,17 (83%) menunjukkan kemampuan sangat baik dalam mengaplikasikan konsep tegangan dan cepat rambat gelombang, sementara pernyataan nomor 8 mengenai efek Doppler memperoleh skor 3,31 (66%) dengan standar deviasi relatif tinggi (0,92) yang mengindikasikan variasi pemahaman. Di sisi lain, pernyataan tentang gelombang stasioner mencapai skor 3,5 yang menunjukkan kemampuan transfer konsep ke konteks taganing. Secara keseluruhan, peserta didik telah mencapai kompetensi memadai dalam mentransfer konsep gelombang ke fenomena taganing, meskipun diperlukan penguatan pada pemahaman efek Doppler untuk mengurangi variasi jawaban.

Hasil Respon Peserta Didik dan Guru

Respon terhadap kepraktisan modul diukur melalui angket yang diberikan kepada guru dan peserta didik setelah penggunaan modul dalam pembelajaran. Hasil tanggapan mereka dirangkum dalam Tabel 7.

Tabel 7. Respon peserta didik uji lapangan

Responden	Persentase
Guru	78 %
Peserta didik	83%
Rata-rata	81%

Evaluasi modul menunjukkan fisika terintegrasi kearifan lokal taganing sangat praktis 81%, dengan respons positif siswa 83% dan

guru 78% sehingga layak dan efektif sebagai media pembelajaran kontekstual.

Analisis Temuan Penelitian dalam Konteks Studi Terdahulu

Penelitian ini berhasil mengembangkan modul pembelajaran fisika berbasis kearifan lokal Taganing Batak Toba yang terbukti layak (85%) dan mendapat respons positif (83%) untuk meningkatkan keterampilan konseptual siswa pada materi gelombang mekanik. Melalui pendekatan Problem Based Learning (PBL), modul ini efektif meningkatkan pemahaman konseptual (N-gain 0,72) dengan cara mengaplikasikan teori gelombang secara langsung melalui eksperimen menggunakan Taganing, sekaligus melestarikan budaya lokal yang diapresiasi 90% siswa. Temuan ini tidak hanya melengkapi dan mengungguli penelitian serupa sebelumnya dalam aspek integrasi budaya dan efektivitas, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan bahan ajar interdisipliner yang holistik, memfasilitasi kemampuan analisis tinggi (C4-C6) serta membuka peluang adaptasi untuk alat musik tradisional lain dan penelitian lanjutan di berbagai konteks budaya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, modul pembelajaran fisika terintegrasi kearifan lokal Taganing Batak Toba pada materi gelombang mekanik telah berhasil dikembangkan dan dinyatakan layak. Validasi oleh ahli materi (78%), ahli budaya (85%), dan ahli bahasa (97%) mengonfirmasi kelayakan modul, meskipun memerlukan penyempurnaan minor pada aspek penulisan dan visual. Modul yang berpendekatan multidisiplin ini menggabungkan konsep gelombang mekanik dengan konteks budaya lokal melalui alat musik Taganing, dilengkapi dengan latihan untuk mengukur pemahaman kognitif, keterampilan, dan afektif peserta didik.

Efektivitas modul dalam meningkatkan keterampilan konseptual dibuktikan melalui uji coba, dengan capaian rata-rata di atas 70% pada aspek abstraksi (71%), pola pikir sistematis (72%), transfer belajar (73%), serta berpikir kritis dan kreatif (73%). Dukungan dari peserta didik (83%) dan guru (78%) memperkuat tingkat kepraktisan dan kejelasan modul. Meskipun demikian, temuan miskonsepsi pada beberapa konsep, seperti faktor penentu cepat rambat bunyi dan klasifikasi gelombang, mengindikasikan perlunya revisi untuk

penguatan materi. Secara keseluruhan, modul ini tidak hanya berkontribusi sebagai bahan ajar alternatif yang pedagogis dan relevan secara budaya, tetapi juga berpotensi untuk diimplementasikan secara luas dengan penyempurnaan lebih lanjut.

Berdasarkan hasil penelitian, saran pengembangan ke depan meliputi revisi konten untuk memperbaiki miskonsepsi dan menyempurnakan aspek teknis modul, penyusunan panduan guru, serta uji coba lebih luas dengan sampel beragam untuk menguji validitas eksternal. Selain itu, pengembangan instrumen evaluasi yang lebih komprehensif dan kolaborasi yang lebih erat dengan ahli budaya serta musisi tradisional juga diperlukan untuk memperkaya konten kearifan lokal, sehingga menghasilkan modul yang lebih berkualitas, efektif, dan berdampak luas bagi pembelajaran berbasis budaya serta pelestarian kearifan lokal di Indonesia.

5. REFERENSI

- Afifa, J. I., Siregar, M., Agustin, R., Lubis, N. A., dan Nurmasiyah. (2023). Kajian Konsep Fisika Berbasis Etnofisika Pada Alat Tradisional Sumatera Utara Panggilingan. *Gravitasi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 6(01). <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpf.s.v6i01.7955>
- Anggraini, N., H M Lubis, P., H M Lubis, P., dan Sulistiawati, S. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Contextual Teaching And Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Pada Siswa Kelas XI SMA. *Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1). <https://doi.org/10.31764/justek.v6i1.12495>
- Aprian Sari, R. Y., Bambang Setio Utomo, A., Mitraryana, M., dan Lelono, D. (2020). Pengaruh Konfigurasi Geometri Buffer Resonator Tipe-H terhadap Intensitas Bunyi. *Jurnal Sains Dasar*, 9(1). <https://doi.org/10.21831/jsd.v9i1.38920>
- Azhar, Z. (2020). Pembelajaran Fisika Berbasis Proyek Pembuatan Alat Vibrator Dari Barang Bekas Untuk Membentuk Kerja Ilmiah Dan Sikap Ilmiah Pada Siswa. *Jurnal Ikatan*

- Alumni Fisika*, 6(3).
<https://doi.org/10.24114/jiaf.v6i3.20145>
- Bouchée, T., Thurlings, M., de Putter - Smits, L., dan Pepin, B. (2023). Investigating teachers' and students' experiences of quantum physics lessons: opportunities and challenges. *Research in Science and Technological Education*, 41(2).
<https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1948826>
- Deta, U. A., Prahani, B. K., Suprpto, N., dan Diani, R. (2024). Research Trends of Physics Local Wisdom in Scopus Database in Ten Years (2013-2022): A Bibliometric Analysis. *E3S Web of Conferences*, 482.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448203008>
- Fajri, M., Zurqoni, Z., dan Sugeng, S. (2023). Analisis Data Kualitatif Dalam Evaluasi Kurikulum Program Studi Sarjana Pendidikan Agama Islam Di Kalimantan Timur. *Afeksi: Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 4(1).
<https://doi.org/10.35672/afeksi.v4i1.58>
- Fernández, G. E. A., López-Banet, L., dan Ruiz-Vidal, A. (2022). Students' performance in the scientific skills during secondary education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(10).
<https://doi.org/10.29333/ejmste/12444>
- Hermanto, A. (2020). Perhitungan Numerik Efek Doppler dalam Ruang-Waktu Schwarzschild dengan Sumber dan Penerima yang Bergerak. *Jurnal Fisika Indonesia*, 23(3).
<https://doi.org/10.22146/jfi.v23i3.50645>
- Hidayatullah, Z., Wilujeng, I., Nurhasanah, N., Gusemanto, T. G., dan Makhrus, Muh. (2021). Synthesis of the 21st Century Skills (4C) Based Physics Education Research In Indonesia. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(1).
<https://doi.org/10.26737/jipf.v6i1.1889>
- I Ketut Mahardika, Adinda Citra Badarsila, Ernasari Ernasari, Miftakhun Nikmah Royani, Rojabita Dwirgahayu Nurhidayat, dan Sri Handono. (2023). Peran Metode Ilmiah Dalam Mengembangkan Pendidikan Fisika. *Perspektif: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Bahasa*, 1(4).
<https://doi.org/10.59059/perspektif.v1i4.723>
- Kaba, M. A. J., Warsito, A., & Laponi, L. A. S. (2020). Identifikasi Aspek Gelombang Bunyi Keluaran Alat Musik Sasando Tradisional Dan Sasando Elektrik. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 5(2).
<https://doi.org/10.35508/fisa.v5i2.1960>
- Lolonrian, C. L., Adelia, K. A. C., dan Lipikuni, H. F. (2023). Studi Pengaruh Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Handphone Terhadap Kandungan Protein Daging Sapi. *Magnetic: Research Journal of Physics and It's Application*, 3(2).
<https://doi.org/10.59632/magnetic.v3i2.384>
- Nurdiansah, I., Hujjatul Islami, F., dan Nana, N. (2020). Penerapan Model Poe2we Yang Di Integrasikan Dengan Bencana Tsunami Sebagai Upaya Pemahaman Konsep Fisika Pada Materi Gelombang Berjalan Dan Gelombang Stasioner Bagi Siswa Kelas XI SMA. *EduFisika*, 5(01).
<https://doi.org/10.22437/edufisika.v5i01.9027>
- Nurfazliana, N., dan Jumadi, J. (2023). Development of E-Module PBL Model Learning to Improve Students' Mastery of Concepts. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5).
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.3506>
- Nurlaila, N. (2020). Penerapan Model Learning Cycle 5e Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Gelombang Di Sma Negeri 1 Syamtalira Aron. *Relativitas: Jurnal*

- Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(2).
<https://doi.org/10.29103/relativitas.v3i2.3226>
- Panggabean, D. R., Yuliza, F., Novalinda, S., dan HR, H. (2022). Konsep Garapan Andung Hu: Sebuah Tafsir Musikal Atas Ratapan Kematian Masyarakat Batak Toba. *Melayu Arts and Performance Journal*, 5(1).
<https://doi.org/10.26887/mapj.v5i1.2501>
- Santosa, A. I., dan Widyaparaga, A. (2020). Studi Eksperimental Perubahan Amplitudo Gelombang Pada Aliran Minyak - Air Rezim Stratified Wavy Dalam Pipa Horizontal. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 2(2).
<https://doi.org/10.22146/jmdt.56704>
- Septi Budi Sartika, dan Noly Shofiyah. (2020). Psychomotor Skills of Pre-service Teachers of Natural Science on Melde's Experiment in Guided Inquiry Learning. *IJORE: International Journal of Recent Educational Research*, 1(2).
<https://doi.org/10.46245/ijorer.v1i2.32>
- Setya, D. S., Maslia, N., Sasmitha, H. M., Rusda, R., dan Erika, F. (2024). Literature Review: Growing Student Character Education Based On Local Wisdom In Science Learning. *Progres Pendidikan*, 5(1).
<https://doi.org/10.29303/prospek.v5i1.401>
- Setyati, W. A., Pramesti, R., Pringgenies, D., Suryono, C. A., Irwani, I., dan Zainuddin, M. (2020). Efek Panjang Gelombang Terhadap Pertumbuhan Propagul Pada Kultur Jaringan *Eucheuma cottonii* Doty, 1885 (Rhodophyceae; Solieracea). *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3).
<https://doi.org/10.14710/jkt.v23i3.7075>
- Sitorus, P., dan Pardede, H. (2024). The application of digital technology in teaching physics: A quantitative study in terrain using Sem-moderating. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(6), 2198–2211.
<https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2419>
- Widodo, A. W., dan Istiqamah, I. (2022). Pemetaan Tahap Berpikir Hots Siswa Kelas Viii Smp Gbs: Sebuah Asesmen Dengan Pendekatan Anderson Krathwohl Taxonomy. *Logat: Jurnal Bahasa Indonesia Dan Pembelajaran*, 9(1).
<https://doi.org/10.36706/logat.v9i1.221>
- Yildiz, C., dan Guler Yildiz, T. (2021). Exploring the relationship between creative thinking and scientific process skills of preschool children. *Thinking Skills and Creativity*, 39.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100795>
- Zakwandi, R., Yuningsih, E. K., dan Setya, W. (2020). Implementasi Pembelajaran Berbasis Praktikum Pada Konsep Taraf Intensitas Bunyi untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(1).
<https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.4522>