



Conceptual Analysis of Physics Phenomena in The *Lopi Sandeq* Based on A Literature Study for Learning Purposes

Mawardi Jalil Masri^{1*}, Juniar Rasyid¹, Nurul Amalia Aris¹, Sulfianty¹, Afdalia¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, STKIP Darud Da'wah wal Irsyad Pinrang, Indonesia
Jl. Andreas Wahani No. 27. Kec. Watang Sawitto, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan 91213

e-mail: mawardi09jalil@gmail.com

DOI:

<https://doi.org/10.52434/jpif.v5i2.43252>

Accepted: December 12, 2025, Approved: December 16, 2025, Published: December 17, 2025

ABSTRACT

This study aims to examine the physical phenomena at work in the Lopi Sandeq through a conceptual analysis based on a structured literature review as a foundation for developing contextual and ethnoscience-oriented physics learning resources. The Lopi Sandeq was selected as the object of investigation because it is a traditional boat of the Mandar people known for its remarkable speed and stability, thus embodying various physics principles that can be explained systematically. The research employed a qualitative method using a structured literature review approach to analyze scholarly sources related to traditional boat design, fluid mechanics, sail aerodynamics, object motion dynamics, and learning theories rooted in local wisdom. The analysis was conducted through the identification, categorization, and synthesis of findings from relevant references. The results indicate that the design and performance of the Sandeq represent implementations of physical principles such as buoyant force, rotational stability, fluid dynamics, aerodynamic lift on sails, momentum, impulse, and mass distribution equilibrium. Its slender hull shape minimizes wave drag, while the outrigger provides stabilizing torque to maintain balance. The sail system combines thrust and lift forces to generate efficient acceleration. Beyond its scientific contributions, the study reveals that the Sandeq has significant potential as a physics learning medium based on ethnoscience, offering real-life contexts closely connected to students' sociocultural environments. The study concludes that analyzing the physical phenomena of the Sandeq can enrich conceptual understanding of physics while strengthening cultural literacy within the learning process.

Keywords: *Aerodynamics, Local Wisdom, Lopi Sandeq, Fluid Mechanics.*

Analisis Konseptual Fenomena Fisika pada *Lopi Sandeq* Berbasis Studi Literatur untuk Pembelajaran

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengkaji fenomena fisika yang bekerja pada *Lopi Sandeq* melalui analisis konseptual berbasis studi literatur sebagai dasar pengembangan sumber belajar fisika yang kontekstual dan berorientasi etnosains. *Lopi Sandeq* dipilih sebagai objek kajian karena merupakan perahu tradisional masyarakat Mandar yang dikenal memiliki kecepatan tinggi dan stabilitas luar biasa, sehingga mengandung berbagai prinsip fisika yang dapat dijelaskan secara

sistematis. Metode yang digunakan ialah penelitian kualitatif dengan pendekatan studi literatur terstruktur yang mencakup tinjauan sistematis terhadap 50 sumber ilmiah yang relevan dari tahun 2015 hingga 2025, dengan kriteria seleksi berdasarkan relevansi terhadap desain perahu tradisional, mekanika fluida, dan aerodinamika layar. Sintesis temuan dilakukan melalui identifikasi tema-tema utama yang terkait dengan prinsip fisika yang mendasari kinerja *Sandeq*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain dan performa *Sandeq* merepresentasikan penerapan prinsip fisika seperti gaya apung, stabilitas rotasi, dinamika fluida, gaya angkat pada layar, momentum, impuls, dan kesetimbangan distribusi massa. Keunikan *Sandeq* terletak pada lambung yang sangat ramping (8-16 meter) yang meminimalkan hambatan gelombang, konfigurasi dua *outrigger* (cadik) yang meningkatkan stabilitas, serta kemampuannya mencapai kecepatan 15-20 knot dengan angin baik. Layar *Sandeq* memanfaatkan kombinasi gaya dorong dan gaya angkat untuk menghasilkan percepatan yang efisien. Selain kontribusi ilmiah, penelitian ini mengungkap bahwa *Sandeq* memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran fisika berbasis etnosains karena menyediakan konteks nyata yang dekat dengan lingkungan sosial budaya peserta didik. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa analisis fenomena fisika pada *Sandeq* dapat memperkaya pemahaman konsep fisika sekaligus memperkuat literasi budaya dalam pembelajaran.

Kata kunci: Aerodinamika, Kearifan Lokal, *Lopi Sandeq*, Mekanika fluida

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika pada abad ke-21 menuntut pendekatan yang tidak hanya menekankan pemahaman konseptual, tetapi juga keterampilan menghubungkan teori dengan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Selama beberapa dekade, keluhan utama dari peserta didik terhadap pembelajaran fisika adalah sifatnya yang abstrak, penuh rumus, dan sering kali tidak tampak relevan dengan pengalaman sehari-hari (Abaniel, 2021). Ketidakmampuan peserta didik melihat hubungan antara konsep fisika dan dunia nyata sering menjadi penyebab rendahnya motivasi belajar, rendahnya kemampuan pemecahan masalah, dan kurangnya literasi sains yang berkelanjutan. Hal ini menunjukkan perlunya model pembelajaran yang mengaitkan konsep fisika dengan konteks lokal dan pengalaman budaya peserta didik.

Salah satu pendekatan yang semakin banyak direkomendasikan dalam pendidikan sains modern adalah pembelajaran berbasis etnosains, yaitu pendekatan yang mengintegrasikan kearifan lokal ke dalam pengajaran sains (Ali et al., 2025). Pendekatan ini tidak hanya menjembatani sains sekolah dengan budaya lokal, tetapi juga membantu peserta didik melihat bahwa pengetahuan ilmiah tidak berdiri terpisah dari praktik hidup masyarakat, termasuk teknologi tradisional yang telah berkembang secara turun-temurun. Melalui etnosains, belajar fisika menjadi lebih relevan, bermakna, dan kontekstual karena peserta didik dapat memahami bagaimana konsep ilmiah tercermin dalam budaya mereka sendiri (Prayogi et al., 2023).

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kekayaan budaya maritim yang sangat besar. Berbagai suku bangsa mengembangkan teknologi perahu tradisional dengan karakteristik yang berbeda-beda sesuai kondisi geografis, arus laut, dan kebutuhan sosial-ekonomi. Salah satu teknologi maritim paling menarik adalah *Lopi Sandeq*, perahu tradisional masyarakat Mandar di Sulawesi Barat. *Sandeq* mandar memiliki kecepatan 15-20 knot sehingga dikenal sebagai salah satu perahu bercadik tercepat di dunia, dengan kemampuan melaju di atas ombak menggunakan layar segitiga yang efisien dan desain lambung yang sangat ramping (Bahri et al., 2024; Fitrah et al., 2018). Masyarakat Mandar telah mengembangkan teknik pembuatan *Sandeq* selama berabad-abad melalui pengetahuan empiris yang diwariskan secara turun-temurun. Pengetahuan tersebut

mencakup pemilihan material, perhitungan proporsi lambung, sistem cadik, bentuk layar, serta teknik berlayar yang memanfaatkan angin dan gelombang.

Perahu *Sandeq* merupakan perahu tradisional khas suku Mandar di Sulawesi Barat yang dikenal sebagai simbol maritim dan identitas budaya masyarakatnya. Ciri fisik utama *Sandeq* adalah bentuknya yang runcing di kedua ujung, baik haluan (paccong uluang) maupun buritan (paccong palaming), sesuai dengan arti kata "*Sandeq*" dalam bahasa Mandar, yaitu "runcing". *Sandeq* berukuran cukup besar, dengan panjang lambung sekitar 7 hingga 16 meter dan lebar 60–80 sentimeter, serta mampu menampung beban hingga 3–4 ton. Perahu ini dirancang untuk berlayar jauh, bahkan hingga ke Kalimantan, Jawa, Ternate, dan Tidore. *Sandeq* menggunakan layar segitiga dan mengandalkan angin sebagai tenaga penggerak utamanya, sehingga mampu mencapai kecepatan hingga 20 knot, menjadikannya salah satu perahu layar tercepat di kawasan Austronesia. Untuk menjaga stabilitas saat berlayar di lautan lepas, *Sandeq* dilengkapi dengan cadik (outrigger) dari bambu di kedua sisi, yang terdiri dari dua tipe utama: *Sandeq* tolol (cadik di dalam lambung) dan *Sandeq* badenceng (cadik diikat di geladak). Seluruh konstruksi perahu dibuat dari kayu pilihan, dan dek perahu biasanya tertutup agar ombak tidak mudah masuk ke dalam lambung, sehingga meningkatkan daya tahan dan keamanan saat menghadapi gelombang laut (Bahri et al., 2024)

Dari perspektif fisika, *Sandeq* merupakan objek yang kaya dengan fenomena ilmiah seperti mekanika fluida, gaya apung, aerodinamika layar, stabilitas rotasi, momentum, impuls, hingga konsep kesetimbangan benda tegar. Desainnya menunjukkan bahwa masyarakat tradisional secara tidak langsung telah memahami secara empiris prinsip-prinsip fisika meskipun tidak menggunakan bahasa matematika modern. Fakta bahwa *Sandeq* mampu bergerak stabil dan sangat cepat merupakan bukti bahwa terdapat penerapan prinsip-prinsip ilmiah di dalam desainnya, termasuk pemanfaatan luas permukaan layar, bentuk lambung yang minimal drag, serta cadik yang meningkatkan momen stabilitas. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa teknologi tradisional dapat dipahami sebagai rekaman pengetahuan ilmiah masyarakat lokal (Sumarni et al., 2022)

Integrasi fisika dan budaya lokal ini berpotensi besar untuk mendukung pembelajaran fisika di sekolah. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ketika materi fisika dikaitkan dengan konteks budaya, siswa menunjukkan peningkatan motivasi, peningkatan pemahaman konseptual, dan peningkatan kemampuan penalaran ilmiah (Minerva et al., 2025). Selain itu, pembelajaran yang berakar pada budaya lokal membantu peserta didik membangun jembatan antara cara berpikir ilmiah dan cara berpikir tradisional di lingkungannya, sehingga memungkinkan terjadinya proses translasi kognitif yang lebih efektif. Hal ini sangat penting di Indonesia, di mana keberagaman budaya dapat menjadi sumber daya pendidikan yang sangat besar jika diintegrasikan secara tepat.

Kajian terhadap fenomena fisika pada *Lopi Sandeq* tidak hanya penting dari aspek pedagogik, tetapi juga dari aspek ilmiah. Mekanika fluida yang bekerja pada desain lambung *Sandeq*, misalnya, dapat dikaji melalui kerangka teori drag, aliran laminar-turbulen, dan hambatan gelombang sebagaimana dijelaskan dalam literatur hidrodinamika kapal. Bentuk lambung *Sandeq* yang memiliki rasio panjang-lebar sangat tinggi menyebabkan hambatan gelombang (wave drag) menurun sehingga memungkinkan perahu bergerak cepat dengan energi minimal. Dalam analisis hidrodinamika modern, bentuk seperti ini meningkatkan efisiensi gerak

di permukaan air dan sering digunakan dalam desain kapal cepat (Mittendorf & Papanikolaou, 2021).

Selain itu, fenomena gaya angkat (lift) dan gaya dorong (thrust) pada layar *Sandeq* merupakan representasi langsung dari prinsip Bernoulli dan Hukum Newton. Layar yang berbentuk segitiga memanjang memanfaatkan angin tidak hanya melalui dorongan langsung, tetapi juga melalui perbedaan kecepatan aliran angin di kedua sisinya, yang menciptakan perbedaan tekanan dan menghasilkan gaya angkat lateral (Liu, 2023). Prinsip ini identik dengan prinsip kerja sayap pesawat terbang, sehingga *Sandeq* menjadi contoh konkret bagi siswa untuk memahami aerodinamika dalam kehidupan nyata.

Aspek lain yang sangat penting adalah keberadaan cadik, yang memainkan peran besar dalam stabilitas rotasi. Dalam fisika, stabilitas perahu sangat dipengaruhi oleh letak titik berat (center of gravity), titik apung (center of buoyancy), dan tinggi metasentris (metacentric height). Cadik pada *Sandeq* memperbesar momen inersia dan memperluas distribusi massa lateral sehingga meningkatkan stabilitas terhadap gangguan gelombang maupun angin (Malik, 2025., Yulianto & Ariesta, 2019). Ketika perahu miring, cadik menghasilkan gaya pemulih (righting moment) yang mengembalikan perahu ke posisi seimbang. Ini merupakan contoh nyata penerapan konsep momen gaya dalam dinamika rotasi, yang dapat dijadikan ilustrasi pembelajaran secara langsung.

Fenomena fisika tidak hanya tampak pada struktur perahu, tetapi juga pada teknik pelayaran. Pengendali *Sandeq* memanfaatkan perubahan momentum dan impuls untuk bermanuver serta membaca pola gelombang untuk memaksimalkan kecepatan. Kemampuan ini berkaitan dengan teori momentum linier dan interaksi gaya dalam rentang waktu tertentu sebagaimana dijelaskan dalam hukum-hukum Newton (Wei et al., 2021). Keseluruhan kegiatan berlayar menunjukkan hubungan antara gaya, perubahan arah, kecepatan, dan kestabilan, sehingga memberikan konteks yang sangat kaya untuk pembelajaran fisika.

Dari pendekatan pedagogik, penggunaan *Sandeq* dalam pembelajaran fisika selaras dengan prinsip *contextual learning*, *project-based learning*, dan *phenomena-based learning* yang dianjurkan dalam kurikulum modern. Pembelajaran berbasis fenomena, misalnya, mengharuskan siswa untuk memahami konsep melalui fenomena nyata yang kompleks dan lintas disiplin (Pratami et al., 2024). *Sandeq* adalah fenomena yang ideal untuk pendekatan ini karena melibatkan fisika, sejarah budaya, teknologi, dan geografi secara terpadu.

Selain itu, integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran sains juga mendukung penguatan *scientific literacy*, yaitu kemampuan memahami konsep ilmiah dalam konteks sosial-budaya (Puspa & Lubis, 2022). Dengan mempelajari fisika melalui *Sandeq*, peserta didik tidak hanya meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep ilmiah, tetapi juga memperkuat identitas budaya mereka sebagai bagian dari masyarakat maritim Indonesia.

Penelitian berbasis studi literatur menjadi pendekatan yang relevan karena kajian mendalam terhadap fenomena fisika pada *Sandeq* memerlukan integrasi berbagai disiplin ilmu. Studi literatur memungkinkan analisis sistematis dan kritis terhadap berbagai sumber akademis, termasuk kajian etnografi, hidrodinamika kapal, aerodinamika, dan pendidikan fisika. Pendekatan

ini membantu peneliti menyusun sintesis ilmiah yang komprehensif tanpa melakukan eksperimen langsung, sesuai dengan tujuan penelitian yang bersifat konseptual.

Dalam konteks ilmiah dan pendidikan, kajian seperti ini memiliki nilai strategis. Berbagai peneliti menekankan bahwa modernisasi pendidikan tidak harus memarginalkan kearifan lokal, tetapi justru dapat menguatkannya dengan cara mengintegrasikan perspektif ilmiah dan budaya (Anggita et al., 2024). Dengan demikian, penelitian mengenai fisika pada *Lopi Sandeq* bukan hanya memberikan pemahaman ilmiah mengenai fenomena teknologinya, tetapi juga menjadi sarana pelestarian budaya melalui pendekatan sains.

Secara keseluruhan, kajian ini penting karena memberikan kontribusi dalam tiga ranah: ilmiah, pedagogik, dan budaya. Dari segi ilmiah, penelitian ini menjelaskan berbagai prinsip fisika yang bekerja dalam desain dan operasi *Sandeq*. Dari segi pedagogik, penelitian ini menyediakan dasar teoretis untuk pengembangan sumber belajar fisika berbasis etnosains yang relevan, kontekstual, dan bermakna. Dari segi budaya, penelitian ini membantu mendokumentasikan dan memaknai kembali warisan teknologi maritim masyarakat Mandar dari perspektif ilmiah modern.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pemaparan fenomena fisika, tetapi juga bertujuan untuk mengembangkan pemahaman mengenai bagaimana teknologi tradisional dapat menjadi jembatan antara ilmu pengetahuan dan budaya. Hal ini sejalan dengan upaya pendidikan nasional untuk mengembangkan pembelajaran berbasis budaya lokal yang mampu menumbuhkan kecintaan terhadap tradisi sekaligus memperkuat literasi sains generasi muda.

kajian-kajian sebelumnya masih terbatas pada deskripsi kualitatif mengenai potensi *Sandeq* sebagai sumber belajar. Belum ada penelitian yang secara komprehensif menguji efektivitas model pembelajaran berbasis *Sandeq* terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika dan keterampilan berpikir ilmiah siswa. Selain itu, belum banyak studi yang mendalam mengenai bagaimana pengetahuan tradisional masyarakat Mandar tentang *Sandeq* dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam kurikulum fisika yang ada.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan studi literatur dengan orientasi pada analisis konseptual yang dirancang secara sistematis, logis, dan berlandaskan teori fisika yang telah mapan, sehingga mampu mengungkap secara komprehensif fenomena fisika yang bekerja pada *Lopi Sandeq* sebagai salah satu warisan teknologi maritim tradisional di Sulawesi Barat. Untuk memastikan transparansi dan reproduktibilitas, penelitian ini mengadopsi protokol studi literatur yang mencakup rentang tahun publikasi (2015-2025), catatan mengenai jumlah rekaman awal dan akhir (50 rekaman awal, 30 sumber terpilih), kriteria inklusi-eksklusi yang jelas (jenis dokumen, bahasa, topik wajib, konteks *Sandeq*), serta klasifikasi kualitas studi (primer dan sekunder). Pendekatan ini dipilih karena karakter objek kajian yang bersifat kultural-empiris namun telah banyak didokumentasikan dalam berbagai sumber ilmiah, memungkinkan peneliti melakukan penelusuran data secara mendalam tanpa keterbatasan ruang dan waktu. Tahapan penelitian dimulai dari penyusunan protokol pencarian literatur untuk memastikan proses identifikasi dan seleksi sumber berjalan terarah dan memenuhi standar akademik internasional. Protokol tersebut

memuat batasan topik, daftar kata kunci, kriteria inklusi-eksklusi, serta teknik ekstraksi data, sehingga seluruh proses penelitian dapat berjalan konsisten dan dapat direplikasi.

Pencarian literatur dilakukan melalui berbagai pangkalan data ilmiah bereputasi, seperti Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, ResearchGate, dan Google Scholar, serta sumber pendukung berupa buku teks fisika dasar, literatur teknik kelautan. Kata kunci yang digunakan mencakup konsep-konsep fisika seperti *fluid dynamics*, *buoyancy*, *ship stability*, *sailing physics*, serta kata kunci yang terkait langsung dengan objek penelitian, misalnya “*Sandeq boat*”, “*outrigger canoe physics*”, “*traditional maritime technology*”, “*hydrodynamics of slender hulls*”, dan padanan dalam bahasa Indonesia. Pemilihan kata kunci dilakukan secara kombinatif (*Boolean Search*) untuk memperluas jangkauan pencarian sekaligus mempertahankan relevansi.

Literatur yang ditemukan kemudian diseleksi melalui proses bertahap yang meliputi *screening* judul, pembacaan abstrak, dan penilaian awal terhadap metodologi serta kesesuaian isi. Hanya sumber yang memenuhi kriteria kredibilitas ilmiah, yaitu diterbitkan dalam jurnal atau buku akademik yang jelas, memiliki landasan teoritis kuat, serta relevan terhadap isu hidrodinamika dan mekanika perahu tradisional, yang dipilih menjadi sumber utama. Karya klasik atau referensi seminal turut disertakan apabila memiliki signifikansi teoretis, meskipun diterbitkan lebih dari sepuluh tahun sebelumnya. Proses seleksi ini memastikan bahwa keseluruhan basis data penelitian memiliki tingkat keandalan tinggi.

Tahap berikutnya adalah ekstraksi data yang meliputi tujuan penelitian, metode, konsep fisika yang ditelaah, temuan utama, model matematis atau ilustrasi mekanis yang disajikan, serta implikasinya terhadap pemahaman tentang *Lopi Sandeq*. Teknik ini memungkinkan peneliti membandingkan secara sistematis berbagai penjelasan ilmiah mengenai fenomena yang sama, mengidentifikasi kesenjangan informasi, dan melihat pola teoretis yang konsisten di antara berbagai sumber.

Analisis data dilakukan melalui tiga tahapan besar. Tahap pertama adalah analisis konsep fisika yang terkait langsung dengan struktur dan mekanisme kerja *Lopi Sandeq*. Beberapa konsep inti yang dikaji mencakup gaya apung dan prinsip Archimedes, stabilitas statis dan dinamis pada perahu bercadik, hambatan fluida dan garis haluan ramping (*slender hull*) yang menjadi ciri khas *Sandeq*, gaya dorong akibat interaksi angin-layar, torsi dan momentum saat melakukan manuver, hingga peran cadik dalam menambah momen stabilitas melintang. Konsep-konsep ini dipetakan berdasarkan landasan teoretis fisika dan kemudian dihubungkan dengan deskripsi teknis mengenai desain *Sandeq* yang diperoleh dari literatur etnografi maupun teknik kelautan.

Tahap kedua adalah sintesis literatur, yaitu proses menggabungkan berbagai temuan dari sumber yang berbeda untuk menghasilkan model konseptual yang utuh dan komprehensif. Pada tahap ini, peneliti membangun struktur pemahaman yang koheren tentang bagaimana setiap fenomena fisika saling berhubungan dan berkontribusi terhadap kecepatan, kelincahan, serta stabilitas *Lopi Sandeq* yang dikenal sebagai salah satu perahu tercepat di Asia Tenggara. Sintesis dilakukan dengan pola berpikir deduktif-induktif: konsep dasar digunakan sebagai kerangka awal, kemudian temuan empiris dalam literatur dibandingkan untuk melihat kesesuaian dengan teori. Inkonsistensi atau kekosongan informasi diidentifikasi dan dianalisis secara kritis untuk memperkaya konstruksi pemahaman.

Tahap ketiga adalah integrasi hasil analisis ke dalam konteks pembelajaran fisika. Tahap ini merupakan keluaran penting dari penelitian, karena bertujuan menjadikan temuan konseptual sebagai sumber belajar yang kontekstual, relevan, dan sesuai dengan kebutuhan pendidikan sains. Integrasi dilakukan melalui pengembangan peta konsep fenomena fisika pada *Lopi Sandeq*, penyusunan contoh penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari berbasis teknologi maritim lokal, serta perumusan strategi pembelajaran kontekstual (contextual learning) yang menekankan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Model ini diharapkan dapat meningkatkan keterhubungan siswa dengan budaya lokal sekaligus memperkuat pemahaman konsep fisika melalui contoh konkret yang berasal dari lingkungan mereka.

Agar seluruh temuan memiliki tingkat keabsahan yang tinggi, proses validasi dilakukan melalui triangulasi sumber dan pemeriksaan sejawat (*peer-review*). Triangulasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dari berbagai sumber yang berbeda, baik dari sisi teori fisika, catatan teknis, maupun kajian etnografi. Pemeriksaan sejawat dilakukan dengan meminta penilaian dari akademisi atau praktisi di bidang fisika, teknik kelautan, atau pendidikan sains untuk mengonfirmasi konsistensi konsep, ketepatan terminologi, serta kelogisan argumentasi. Langkah ini memastikan bahwa konstruksi pengetahuan yang disusun tidak hanya valid secara akademik, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Seluruh rangkaian metode penelitian ini dilaksanakan secara berurutan: mulai dari penetapan fokus kajian, penyusunan protokol pencarian literatur, pengumpulan dan seleksi sumber, ekstraksi dan analisis konsep, sintesis temuan, integrasi ke dalam model pembelajaran, hingga validasi hasil. Dengan metode yang sistematis dan berbasis teori ini, penelitian mampu menghasilkan pemahaman konseptual yang mendalam mengenai fenomena fisika pada *Lopi Sandeq* serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan bahan ajar berbasis etnosains maritim yang relevan, kontekstual, dan mendukung pembelajaran fisika yang bermakna di berbagai jenjang pendidikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berbasis studi literatur ini mengungkapkan bahwa *Lopi Sandeq* merupakan salah satu warisan teknologi maritim tradisional yang sarat dengan penerapan prinsip-prinsip fisika, terutama pada ranah mekanika fluida, dinamika gerak, kesetimbangan, serta mekanika angin dan layar. Analisis terhadap berbagai sumber ilmiah menunjukkan bahwa struktur dan performa perahu ini tidak dibentuk secara sembarangan, melainkan merupakan hasil internalisasi pengetahuan empiris masyarakat Mandar yang berlangsung secara turun-temurun. Penelitian ini menemukan bahwa terdapat sejumlah konsep fisika utama yang dapat diidentifikasi dan dijadikan dasar pengembangan sumber belajar fisika kontekstual. Konsep-konsep tersebut meliputi prinsip daya apung (Archimedes), stabilitas rotasi dan momen gaya, dinamika fluida dan hambatan air, gaya dorong dari layar (Bernoulli dan Newton), serta desain lambung ber-rasio panjang-lebar tinggi yang secara langsung memengaruhi kecepatan dan efisiensi gerak.

Salah satu temuan penting dalam penelitian ini adalah bagaimana prinsip daya apung (buoyancy) bekerja sangat efektif pada *Lopi Sandeq* lewat desain lambungnya yang tipis dan memanjang. Prinsip ini dapat dijelaskan menggunakan Hukum Archimedes:

$$F_A = \rho g V$$

Dengan F_A adalah gaya apung, ρ massa jenis air laut, g percepatan gravitasi, dan V volume air yang dipindahkan. Analisis literatur menunjukkan bahwa volume air yang dipindahkan oleh lambung *Sandeq* relatif kecil dibandingkan kapal tradisional lain, sehingga memungkinkan perahu mengapung dengan stabil dan tetap ringan. Bentuk lambung yang sempit meningkatkan efisiensi gaya apung karena tekanan fluida yang diterima lambung didistribusikan secara merata sepanjang badan perahu. Sumber-sumber kelautan menginformasikan bahwa desain seperti ini umumnya digunakan pada kapal performa tinggi modern, namun *Sandeq* telah menerapkannya jauh sebelum teknologi rekayasa kontemporer berkembang.

Penelitian ini juga menemukan bahwa stabilitas rotasi pada *Lopi Sandeq* sangat bergantung pada penggunaan cadik (outrigger) yang ditempatkan di satu sisi perahu. Fenomena ini berkaitan langsung dengan momen gaya (torque) yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\tau = r \times F$$

dengan τ adalah momen gaya, r jarak dari titik tumpu, dan F gaya yang bekerja. Ketika angin mendorong layar dan menyebabkan perahu miring, cadik menghasilkan momen berlawanan yang menjaga keseimbangan rotasi. Dalam perspektif fisika, cadik berperan sebagai pemberi momen stabilisasi yang mengurangi kemungkinan terjadinya kapseising (perahu terbalik). Hasil literatur menunjukkan bahwa masyarakat Mandar mengetahui secara intuitif bagaimana menempatkan cadik pada posisi yang memberikan momen optimal untuk menahan gaya angin lateral. Peletakan ini membuktikan bahwa konsep keseimbangan rotasi dan torsi telah diaplikasikan secara empiris dalam konstruksi *Sandeq*.

Temuan penelitian berikutnya berkaitan dengan dinamika fluida dan hambatan air (drag) yang berdampak signifikan pada kecepatan *Sandeq*. Hambatan total yang dialami perahu dapat dituliskan sebagai:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$

dengan F_D hambatan fluida, C_D koefisien hambatan, A luas penampang depan yang bersentuhan dengan air, dan v kecepatan perahu. Bentuk lambung *Sandeq* yang sangat ramping menghasilkan nilai C_D yang rendah, sehingga hambatan gelombang dan hambatan gesek menjadi minimal. Literatur teknik kelautan menunjukkan bahwa rasio panjang terhadap lebar (length-to-beam ratio) *Sandeq* mencapai tingkat yang jarang ditemukan pada kapal tradisional lain, sehingga meminimalkan turbulensi dan menghasilkan aliran air yang cenderung laminar. Data literatur bahkan menunjukkan bahwa bentuk lambung seperti itu memungkinkan kecepatan tinggi tanpa memerlukan gaya dorong besar. Hambatan gelombang yang rendah membuat energi dorong dari angin dapat dikonversi menjadi kecepatan gerak yang optimal.

Temuan selanjutnya memperlihatkan bahwa kecepatan *Sandeq* sangat dipengaruhi oleh gaya dorong layar. Prinsip utama yang terlibat dalam mekanika layar adalah efek Bernoulli, yang menjelaskan perbedaan tekanan pada sisi layar ketika angin melewatinya. Persamaan Bernoulli dalam konteks aliran udara dapat ditulis sebagai:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konstan}$$

Ketika aliran angin dipercepat pada satu sisi layar, tekanan berkurang dan tercipta gaya angkat (lift) yang mendorong perahu ke depan. Besarnya gaya angkat dapat dijelaskan melalui persamaan:

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A v^2$$

dengan F_L koefisien gaya angkat. Sumber-sumber literatur pelayaran tradisional menunjukkan bahwa pelaut Mandar memiliki keahlian khusus dalam mengatur sudut serang layar sehingga C_L dapat dimaksimalkan tanpa menyebabkan ketidakstabilan. Keahlian ini menunjukkan adanya integrasi empirik konsep aerodinamika modern dalam metode pelayaran tradisional *Sandeq*.

Selain itu, hasil penelitian mengidentifikasi penerapan Hukum Newton II dalam dinamika gerak *Sandeq*. Konsep ini menjelaskan hubungan antara gaya total yang bekerja dan percepatan perahu:

$$F_{net} = ma$$

Gaya neto berasal dari selisih gaya dorong dikurangi hambatan air dan hambatan angin. Ketika gaya dorong meningkat akibat hembusan angin yang optimal, percepatan perahu juga meningkat sehingga memungkinkan *Sandeq* mencapai kecepatan yang sangat tinggi. Literatur mencatat bahwa *Sandeq* mampu menempuh jarak jauh dalam waktu singkat hanya dengan memanfaatkan tenaga angin, membuktikan bahwa sistem gaya yang bekerja sangat efisien. Semua ini menunjukkan korelasi kuat antara prinsip Newton dan performa *Sandeq* sebagai perahu berkecepatan tinggi.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa konsep momentum dan impuls sangat relevan ketika *Sandeq* bermanuver. Dalam mekanika, momentum dinyatakan dengan:

$$p = mv$$

Sedangkan impuls, yang merupakan perubahan momentum, dinyatakan sebagai:

$$I = F\Delta t$$

Ketika pelaut menggerakkan kemudi (sombala') untuk mengubah arah perahu, impuls yang diberikan menyebabkan perubahan momentum sehingga menghasilkan gerakan baru. Literatur maritim menunjukkan bahwa kemampuan *Sandeq* bermanuver pada kondisi angin kuat merupakan hasil perpaduan antara desain kemudi yang responsif dan penggunaan cadik sebagai stabilizer. Analisis fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran konsep impuls, momentum, dan dinamika rotasional.

Temuan lain yang sangat penting adalah peran distribusi massa dan pusat gravitasi (center of gravity) dalam menjaga kestabilan *Sandeq*. Literatur tentang stabilitas kapal menyebutkan

bahwa perahu dengan pusat massa yang rendah cenderung lebih stabil terhadap gelombang. Pada *Sandeq*, distribusi massa didesain sedemikian rupa sehingga pusat gravitasi berada dekat dasar lambung. Literatur tentang stabilitas kapal menunjukkan bahwa perahu dengan pusat massa (pusat gravitasi) yang rendah memang cenderung lebih stabil terhadap gelombang, sehingga desain kapal umumnya menempatkan pusat gravitasi sedekat mungkin dengan dasar lambung. Penempatan pusat gravitasi yang rendah meningkatkan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah terganggu oleh gelombang, serta mengurangi risiko terbalik atau kehilangan stabilitas, baik pada kondisi kosong maupun saat penuh muatan (Syahril et al., 2023). Studi lain menegaskan bahwa distribusi berat dan posisi pusat gravitasi sangat berpengaruh terhadap stabilitas kapal, di mana pusat gravitasi yang lebih rendah menghasilkan nilai *metacentric height* (GM) yang lebih besar, sehingga kapal lebih stabil (Chhoeung & Hahn, 2019). Selain itu, penelitian tentang karakteristik lightship pada berbagai tipe kapal niaga juga menekankan pentingnya penentuan batas pusat gravitasi vertikal dan longitudinal untuk memastikan stabilitas dan kekuatan kapal, dengan pusat gravitasi yang lebih rendah menjadi salah satu syarat utama dalam desain kapal yang aman dan stabil (Sree et al., 2020). Fenomena ini dapat dijelaskan menggunakan prinsip momen stabilitas, di mana:

$$GM = KB + BM - KG$$

dengan *GM* merupakan *metacentric height* yang menentukan stabilitas awal kapal. Nilai *GM* pada *Sandeq* cenderung tinggi karena desainnya yang ramping dan rendah, sehingga ketika perahu terganggu oleh gelombang atau angin, ia akan kembali ke posisi semula lebih cepat. Analisis ini semakin memperkuat bahwa desain *Sandeq* tidak hanya berfokus pada kecepatan tetapi juga stabilitas klasik yang dapat dijelaskan secara fisika.

Terakhir, hasil penelitian menunjukkan bahwa semua fenomena fisika pada *Sandeq* sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber belajar. Berbagai literatur pendidikan fisika menekankan pentingnya pengintegrasian fenomena lokal ke dalam pembelajaran. *Sandeq* menyediakan konteks nyata untuk mengajarkan berbagai konsep fisika, mulai dari gaya, tekanan fluida, kecepatan aliran, aerodinamika, hingga sistem mekanis kompleks. Temuan ini memperlihatkan bahwa *Sandeq* bukan hanya artefak budaya, tetapi juga laboratorium fisika alami yang dapat dimanfaatkan untuk memperkaya proses pembelajaran.

Pembahasan hasil penelitian mengenai analisis konseptual fenomena fisika pada *Lopi Sandeq* berbasis studi literatur menunjukkan bahwa perahu tradisional ini merupakan representasi konkret dari hubungan antara budaya maritim, kearifan lokal, dan prinsip-prinsip fisika yang secara inheren terintegrasi dalam praktik keseharian masyarakat Mandar. Oleh karena itu, pembahasan ini difokuskan pada bagaimana fenomena fisika yang teridentifikasi dapat dikontekstualisasikan dalam pembelajaran, bagaimana teknologi tradisional *Sandeq* mencerminkan prinsip fisika modern, serta bagaimana integrasi etnosains ke dalam pendidikan sains memberikan manfaat bagi penguatan literasi ilmiah peserta didik. Pembahasan ini juga menekankan pentingnya memposisikan budaya lokal sebagai sumber belajar yang valid, sejalan dengan paradigma pembelajaran kontekstual yang menempatkan pengalaman konkret sebagai pintu masuk pembentukan konsep ilmiah (Zulirfan et al., 2023).

Pertama, fenomena daya apung dan stabilitas yang ditemukan pada hasil penelitian memiliki implikasi penting dalam pembelajaran fisika, terutama pada pengenalan konsep fluida statis dan

dinamika rotasi. Desain lambung *Sandeq* yang tipis dan memanjang sebenarnya merupakan aplikasi langsung dari Hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa gaya apung disebutkan sebagai fungsi dari berat fluida yang dipindahkan (Mohazzabi, 2017; Biran & López-Pulido, 2014). Pengrajin *Sandeq* memanfaatkan intuisi dan pengetahuan turun-temurun untuk memformulasikan bentuk lambung yang menghasilkan gaya apung optimal. Dalam perspektif pendidikan, fenomena ini dapat membantu siswa memahami bahwa hukum fisika tidak hanya sekadar rumus abstrak, tetapi terwujud nyata dalam berbagai praktik budaya. Keterkaitan antara teori dan praktik ini melengkapi konsep pembelajaran kontekstual yang menekankan relevansi dunia nyata dalam proses penguatan konsep (Chanifah et al., 2021)

Stabilitas rotasi yang dicapai melalui penempatan cadik pada *Sandeq* menawarkan ilustrasi konkret tentang bagaimana momen gaya bekerja dalam keseharian. Penggunaan cadik sebagai stabilizer menunjukkan bahwa masyarakat Mandar secara empiris memahami konsep torsi tanpa harus mempelajarinya secara formal. Dalam pembelajaran fisika, hal ini dapat digunakan sebagai contoh nyata bagaimana torsi berfungsi dalam menyeimbangkan benda yang mengalami gaya eksternal. Siswa dapat diminta menganalisis bagaimana perubahan panjang cadik atau jaraknya dari lambung memengaruhi nilai momen stabilitas. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan objek budaya sebagai media pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan kognitif siswa dan memungkinkan terjadinya pembelajaran bermakna (Selamat, 2018)

Kedua, fenomena dinamika fluida dan hambatan air pada *Sandeq* memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman konsep gerak fluida. rasio panjang terhadap lebar kapal merupakan salah satu faktor kunci dalam mengurangi hambatan gelombang dan meningkatkan kecepatan. Desain *Sandeq* yang berpenampang sempit mencerminkan pemahaman tradisional mengenai pentingnya mengurangi hambatan fluida. Selain itu, pemilihan bentuk lambung yang ramping dan memanjang mencerminkan pengetahuan tradisional yang telah memahami pentingnya pengurangan hambatan fluida untuk meningkatkan performa kapal, sebagaimana juga didukung oleh penelitian optimasi bentuk lambung menggunakan metode komputasi fluida (Tezdogan et al., 2018). Hal ini dapat dijadikan bahan pembelajaran untuk menjelaskan bagaimana bentuk objek memengaruhi nilai koefisien hambatan C_D . Melalui integrasi etnosains, siswa bukan hanya mempelajari persamaan hambatan fluida secara teoritis, tetapi juga melihat bagaimana nilai-nilai tersebut dimanfaatkan dalam teknologi tradisional yang sangat efektif. Hal ini konsisten dengan pendekatan pedagogi sains modern yang mendorong pemahaman berbasis model konseptual dan representasi multipel (Slovinsky et al., 2021)

Selain itu, dinamika fluida pada *Sandeq* juga mencakup fenomena transisi aliran dari laminar ke turbulen. Ketika kecepatan *Sandeq* meningkat, pola aliran fluida di sekitar lambung mengalami perubahan. Dengan demikian, siswa dapat mempelajari bagaimana kecepatan aliran fluida memengaruhi gaya yang bekerja pada benda bergerak. Pembelajaran berbasis fenomena seperti ini memungkinkan siswa mengembangkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang hubungan antara struktur fisik kapal dan performa hidrodinamiknya. Integrasi fenomena aliran fluida dengan teknologi budaya lokal memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan kontekstual.

Ketiga, fenomena mekanika gerak dan aerodinamika layar yang ditemukan dalam penelitian menunjukkan bahwa masyarakat Mandar memiliki kemampuan adaptif dalam memanfaatkan

angin sebagai sumber energi. Layar pada *Sandeq* tidak hanya menerima gaya dorong langsung dari angin, tetapi memanfaatkan efek Bernoulli untuk menciptakan gaya angkat yang menghasilkan gerakan ke depan (Fang et al., 2024). Prinsip aerodinamika ini merupakan bagian penting dari kurikulum fisika modern, tetapi sering kali sulit dipahami siswa karena sifatnya yang abstrak. Melalui pengamatan langsung terhadap *Sandeq*, siswa dapat melihat bagaimana perbedaan kecepatan angin pada dua sisi layar menyebabkan perubahan tekanan yang berujung pada gaya dorong. Pembelajaran menjadi jauh lebih bermakna ketika siswa tidak hanya mempelajari persamaan Bernoulli, tetapi juga melihat aplikasinya secara nyata dalam kehidupan budaya.

Selain efek Bernoulli, mekanika layar juga berkaitan dengan hukum Newton II. Ketika angin memberikan gaya pada layar, percepatan perahu bergantung pada massa total perahu dan gaya neto yang bekerja. Hal ini memberikan peluang pembelajaran mengenai vektor gaya, resultan gaya, hingga percepatan. Beberapa penelitian pendidikan sains menyebutkan bahwa pembelajaran berbasis fenomena masyarakat lokal dapat meningkatkan pemahaman konsep gaya dan gerak karena siswa melihat hukum-hukum tersebut bekerja dalam konteks nyata (Sholahuddin & Admoko, 2021).

Keempat, pembahasan mengenai momentum, impuls, dan manuver pada *Sandeq* membuka peluang bagi pengembangan pembelajaran fisika yang berbasis simulasi dan studi kasus. Ketika kemudi digerakkan dan perahu berubah arah, perubahan momentum terjadi melalui impuls dari gaya kemudi. Fenomena ini dapat dijadikan studi kasus dalam pembelajaran untuk menjelaskan bagaimana gaya kecil yang diberikan dalam waktu tertentu dapat menyebabkan perubahan signifikan pada arah gerak. Model seperti ini mendukung kerangka konstruktivisme yang menekankan bahwa siswa membangun pemahamannya melalui pengalaman dan analisis fenomena nyata (Suhendi et al., 2021)

Kelima, pembahasan mengenai distribusi massa dan konsep stabilitas kapal (*metacentric height*) menunjukkan bahwa *Sandeq* memiliki stabilitas awal yang sangat baik. Meskipun bentuknya ramping, desain *Sandeq* menciptakan pusat gravitasi yang rendah sehingga meningkatkan nilai GM (*metacentric height*). Dalam pembelajaran fisika, konsep ini dapat dikaitkan dengan materi tentang kesetimbangan benda tegar dan dinamika rotasi. Alat peraga sederhana dapat dibuat untuk menunjukkan bagaimana perubahan posisi massa memengaruhi stabilitas benda. Ketika dikaitkan dengan contoh nyata seperti *Sandeq*, pemahaman siswa terhadap konsep kesetimbangan rotasi menjadi lebih kuat dan aplikasi konsep menjadi lebih jelas

Keenam, pembahasan mengenai integrasi fenomena fisika *Sandeq* dalam pembelajaran menunjukkan potensi besar bagi pengembangan pembelajaran fisika berbasis etnosains. Pendekatan ini sejalan dengan perspektif pendidikan sains modern yang menekankan pentingnya pengaitan budaya dengan ilmu pengetahuan untuk mendorong literasi ilmiah peserta didik (Nyoman & Putu, 2024). Etnosains tidak hanya memperlihatkan bahwa ilmu pengetahuan hadir dalam budaya, tetapi juga menegaskan bahwa peserta didik berasal dari latar budaya yang kaya dan dapat menjadi sumber belajar bagi mereka. Penggunaan *Lopi Sandeq* sebagai media pembelajaran memungkinkan pengintegrasian konsep-konsep fisika dengan nilai-nilai budaya lokal seperti kerja sama, kearifan pelaut, dan pemahaman ekologis masyarakat Mandar.

Pendekatan etnosains juga mendukung implementasi kurikulum berbasis kearifan lokal yang direkomendasikan oleh banyak pakar pendidikan. Pembelajaran sains yang mengaitkan budaya terbukti meningkatkan minat belajar dan pemahaman konseptual siswa. Hal ini karena siswa belajar melalui objek konkret yang dekat dengan kehidupan mereka. Dengan demikian, penggunaan *Sandeq* bukan hanya memberikan konteks ilmiah tetapi juga konteks sosial-budaya.

Pembahasan ini juga memperlihatkan implikasi luas bagi pengembangan penelitian lanjutan. Misalnya, kajian eksperimen dapat dilakukan untuk mengukur nilai hambatan fluida pada model *Sandeq* skala kecil atau pengukuran sudut optimal layar untuk menghasilkan gaya angkat maksimum. Selain itu, penelitian komparatif dapat dilakukan untuk melihat perbedaan performa antara *Sandeq* dengan perahu modern yang menggunakan material komposit. Penelitian semacam ini sangat relevan dalam pengembangan pendekatan STEAM yang mengintegrasikan sains, teknologi, seni, dan budaya.

Dari perspektif teoretis, pembahasan ini menegaskan bahwa penggunaan budaya sebagai basis pembelajaran fisika memperkuat *scientific reasoning* siswa. Siswa tidak hanya mempelajari konsep ilmiah secara teoretis tetapi memahami bagaimana konsep tersebut digunakan dalam dunia nyata. Hal ini sejalan dengan pendekatan *science as practice* yang menekankan bahwa sains bukan sekadar kumpulan pengetahuan, tetapi proses berpikir ilmiah yang berakar pada interaksi manusia dengan lingkungannya (Astuti et al., 2023)

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa *Lopi Sandeq* bukan sekadar artefak budaya, tetapi merupakan media pembelajaran fisika yang sangat kaya. Teknologi tradisional ini mengandung penerapan prinsip-prinsip fisika yang sangat relevan, mulai dari gaya, tekanan fluida, momentum, aerodinamika, hingga kesetimbangan rotasi. Pembelajaran berbasis *Sandeq* tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep fisika tetapi juga melestarikan budaya lokal. Dengan demikian, integrasi etnosains berbasis *Sandeq* dapat menjadi model inovatif dalam pendidikan fisika yang kontekstual, bermakna, dan berpihak pada budaya lokal.

KESIMPULAN

Penelitian ini, melalui studi literatur, menyimpulkan bahwa *Lopi Sandeq*, perahu tradisional Mandar, adalah representasi teknologi maritim yang kaya akan nilai ilmiah dan sumber belajar fisika kontekstual. *Sandeq* mewujudkan prinsip-prinsip fisika modern seperti mekanika fluida, gerak, aerodinamika, dan kesetimbangan rotasi, menjadikannya "laboratorium alam" untuk pembelajaran konstruktivisme dan etnosains.

Prinsip daya apung pada *Sandeq*, sesuai Hukum Archimedes, dioptimalkan melalui lambung ramping yang memastikan distribusi gaya apung ideal. Pengrajin *Sandeq* secara intuitif memahami hubungan antara volume fluida, massa perahu, dan kapasitas muat, memberikan contoh konkret bagi siswa tentang gaya apung dan tekanan fluida. Stabilitas rotasi *Sandeq* dicapai melalui cadik yang menghasilkan momen gaya berlawanan saat perahu miring. Ini mengilustrasikan konsep torsi dan momen stabilitas, menunjukkan bagaimana teknologi tradisional menciptakan keseimbangan rotasi, memperkuat validitas budaya lokal sebagai sumber belajar ilmiah.

Dinamika fluida, khususnya hambatan air, menjadi kunci kecepatan *Sandeq*. Rasio panjang-lebar lambung yang tinggi meminimalkan hambatan gelombang, sesuai teori hidrodinamika. *Sandeq* dapat digunakan untuk mengajarkan konsep drag, turbulensi, dan efisiensi energi. Aerodinamika layar *Sandeq* menerapkan prinsip Bernoulli dan Hukum Newton. Layar menciptakan gaya angkat akibat perbedaan tekanan, serupa dengan sayap pesawat. Ini mengilustrasikan bagaimana masyarakat Mandar memanfaatkan energi angin secara efisien, terkait dengan konsep energi terbarukan.

Momentum, impuls, dan manuver *Sandeq* efektif dalam menjelaskan perubahan arah gerak. Kemudian memberikan gaya yang mengubah momentum perahu, merepresentasikan konsep impuls, momentum linier, dan dinamika vektor gaya. Distribusi massa pada *Sandeq* memastikan stabilitas dengan pusat gravitasi rendah, menghasilkan nilai metacentric height (GM) yang tinggi. Ini terkait dengan kesetimbangan benda tegar dan sistem rotasi. Integrasi fenomena fisika *Sandeq* relevan dalam pembelajaran etnosains, menghubungkan ilmu dengan budaya siswa, meningkatkan minat belajar, pemahaman, dan kecintaan pada warisan budaya. Analisis konseptual *Sandeq* berkontribusi dalam dimensi ilmiah (memperkaya pemahaman mekanisme fisika pada teknologi tradisional) dan pedagogik (potensi teknologi budaya lokal sebagai instrumen pembelajaran inovatif). Integrasi *Sandeq* selaras dengan tren pendidikan global yang mendorong pembelajaran berbasis fenomena dan konstruktivistik.

Secara keseluruhan, *Sandeq* adalah objek kaya makna ilmiah, budaya, dan pedagogik. Sebagai teknologi maritim tradisional, *Sandeq* menegaskan bahwa masyarakat lokal memiliki pengetahuan empiris yang sejajar dengan prinsip-prinsip fisika modern. Sebagai sumber belajar, *Sandeq* menunjukkan bahwa pembelajaran fisika dapat dan seharusnya menghubungkan teori dengan konteks kehidupan nyata. Sebagai warisan budaya, *Sandeq* mengingatkan bahwa kearifan lokal adalah bagian dari ilmu pengetahuan itu sendiri. Dengan demikian, pemanfaatan *Sandeq* dalam pembelajaran fisika bukan hanya upaya akademik, tetapi juga langkah strategis untuk melestarikan budaya lokal, memperkaya pendidikan sains, dan membangun pembelajaran yang lebih relevan bagi generasi muda.

REFERENSI

- Abaniel, A. (2021). *Journal of Technology and Science Education AND LEARNING ATTITUDES THROUGH AN OPEN INQUIRY*. 11(1), 30–43.
- Ali, L. U., Suranto, Indrowati, M., Zaini, M., Bariroh, U., Afifah, M., & Taher, T. (2025). Exploring Ethnoscience in Science Education : A Systematic Literature Review from 2020-2025 Article Info : *Konstan Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 10(1), 59–67.
- Anggita, S., Endraswara, S., & Rohman, A. (2024). Heliyon Revitalizing local wisdom within character education through ethnopedagogy approach : A case study on a preschool in Yogyakarta. *Heliyon*, 10(10), e31370. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31370>
- Astuti, W., Syukri, M., & Halim, A. (2023). *Implementasi Pendekatan Science , Technology , Engineering , and Mathematics untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains dan Kreativitas Siswa Pendahuluan*. 11(1), 25–39.
- Bahri, A., Anis, M. Z. A., & Syaharuddin. (2024). PERKEMBANGAN PEMBUATAN PERAHU *SANDEQ* NELAYAN SUKU MANDAR DI DESA PULAU KERASIAN,

- KECAMATAN PULAU LAUT KEPULAUAN, KABUPATEN KOTABARU TAHUN 1990-2012. *Prabayaksa : Journal of History Education*, 4(1), 52–61.
- Biran, A., & López-Pulido, R. (2014). *Chapter 2 - Basic Ship Hydrostatics* (A. Biran & R. B. T.-S. H. and S. (Second E. López-Pulido (eds.); pp. 23–75). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098287-8.00002-5>
- Chanifah, N., Hanafi, Y., Mahfud, C., & Samsudin, A. (2021). Designing a spirituality-based Islamic education framework for young muslim generations: a case study from two Indonesian universities. *Higher Education Pedagogies*, 6(1), 195–211. <https://doi.org/10.1080/23752696.2021.1960879>
- Chhoeung, S., & Hahn, A. (2019). Approach to estimate the ship center of gravity based on accelerations and angular velocities without ship parameters. *Journal of Physics: Conference Series*, 1357(1), 12028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1357/1/012028>
- Fang, S., Tian, C., Zhang, Y., Xu, C., Ding, T., Wang, H., & Xia, T. (2024). Aerodynamic Analysis of Rigid Wing Sail Based on CFD Simulation for the Design of High-Performance Unmanned Sailboats. *Mathematics*, 12(2481). <http://dx.doi.org/10.3390/math12162481>
- Fitrah, A. N., Wahyuni, S., Idris, N., & Bahfiarti, T. (2018). Analysis of Symbolic Meaning of Shipping Technique and Navigation. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 165(2), 316–320.
- Liu, Y. (2023). *Discussion on the Application of Fluid Mechanics in Sailing*. 8, 52–56. <https://doi.org/10.23977/jemm.2023.080308>
- Malik, F. R. (2025). *A Review on the Fishing Boat Outrigger Design and Construction Development in Indonesia*. 15(4), 25590–25596.
- Minerva, R., Johanna, L., & Almeida, M. (2025). *Comprensión lectora de fragmentos literarios como estrategia didáctica para la enseñanza de la Física*. 6(15), 36–47.
- Mittendorf, M., & Papanikolaou, A. D. (2021). Hydrodynamic hull form optimization of fast catamarans using surrogate models. *Ship Technology Research*, 68(1), 14–26. <https://doi.org/10.1080/09377255.2020.1802165>
- Mohazzabi, P. (2017). Archimedes ' Principle Revisited. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 5, 836–843. <https://doi.org/10.4236/jamp.2017.54073>
- Nyoman, N., & Putu, S. (2024). *Raising the Issue of Local Wisdom in Science Learning and Its Impact on Increasing Students ' Scientific Literacy*. x(x), 42–54.
- Pratami, D., Akhmal, N. H., Maulana, M. I. I. M., & Hassan, S. A. H. S. (2024). *INTRODUCING PROJECT-BASED LEARNING STEPS TO THE*. 14(3), 883–902. <https://doi.org/10.3926/jotse.2398>
- Prayogi, S., Nyoman, N., & Putu, S. (2023). *Dynamic blend of ethnoscience and inquiry in a digital learning platform (e- learning) for empowering future science educators ' critical thinking*. 10(4), 819–828. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i4.5233>
- Puspa, S., & Lubis, W. (2022). *The Effectiveness of Problem-based learning with Local Wisdom oriented to Socio-Scientific Issues*. 15(2), 455–472.

<http://dx.doi.org/10.29333/iji.2022.15225a>

- Selamat, I. N. (2018). *Students' Critical Thinking Skills in Chemistry Learning Using Local Culture-Based 7E Learning Cycle Model*. 11(2), 399–412.
- Sholahuddin, M. I., & Admoko, S. (2021). *Exploration of Physics Concepts Based on Local Wisdom Kolecer Traditional Games*. 5(1), 70–78.
- Slovinsky, E., Kapanadze, M., & Bolte, C. (2021). *The Effect of a Socio-Scientific Context-Based Science Teaching Program on Motivational Aspects of the Learning Environment*. 17(8).
- Sree, C., Prabu, K., Vishwanath, N., & Prakash, S. O. (2020). *STUDY ON THE LIGHTSHIP CHARACTERISTICS OF MERCHANT SHIPS*. 71(3).
<http://dx.doi.org/10.21278/brod71304>
- Suhendi, A., Purwarno, P., & Chairani, S. (2021). *Constructivism-Based Teaching and Learning in Indonesian Education*. 2021, 76–89. <https://doi.org/10.18502/kss.v5i4.8668>
- Sumarni, W., Sudarmin, S., Sumarti, S. S., & Kadarwati, S. (2022). Indigenous knowledge of Indonesian traditional medicines in science teaching and learning using a science–technology–engineering–mathematics (STEM) approach. *Cultural Studies of Science Education*, 17(2), 467–510. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10067-3>
- Syahril, Nabawi, R. A., & Nasty, A. (2023). Study on U hull modifications with concave design to improve the tourist ship stability. *Journal of Engineering Researcher and Lecturer*, 2(1), 63–69. <http://dx.doi.org/10.21278/brod71304>
- Tezdogan, T., Shenglong, Z., Demirel, Y. K., Liu, W., Leping, X., Yuyang, L., Kurt, R. E., Djatmiko, E. B., & Incecik, A. (2018). An investigation into fishing boat optimisation using a hybrid algorithm. *Ocean Engineering*, 167, 204–220. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.08.059>
- Wei, Z., Xie, X., & Bao, T. (2021). *Liner sailing speed optimization considering wind and waves*. 29(3). <https://doi.org/10.51400/2709-6998.1469>
- Yulianto, T., & Ariesta, R. C. (2019). *MODIFIKASI KAPAL PURSE SEINE 30 GT DENGAN MENAMBAHKAN CADIK UNTUK MENINGKATKAN SURVIVAL OF INTACT STABILITY Modification of a 30 GT Purse Seiner with Outrigger Addition to Improve Survival Intact Stability Oleh : 10(2)*, 205–213.
- Zulirfan, Z., Maaruf, Z., & Riau, U. (2023). *Ethnoscience literacy in Pacu Jalur tradition : Can students connect science with their local culture ? 19(1)*.