Didaktis: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan *e-issn* 2614-0578
Vol. 26 No. 2 Tahun 2026 *p-issn* 1412-5889

INTEGRASI ETNOSAINS PEMBUATAN SULING BAMBU NAGASEPAHA DALAM PEMBELAJARAN ILMU PENGETAHUAN ALAM TINGKAT MENENGAH

Amy Reaya Br Ginting [1], Kompyang Selamet[2], Putu Hari Sudewa[3]
Universitas Pendidikan Ganesha [1,2,3]
amy@student.undiksha.ac.id[1], #kompyang.selamet@undiksha.ac.id[2],
#putu.hari.sudewa@undiksha.ac.id[3]

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi konsep sains asli (etnosains) pada tradisi pembuatan suling bambu di Desa Nagasepaha dan potensinya sebagai sumber belajar kontekstual Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Melalui pendekatan kualitatif deskriptif, pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik observasi partisipatif, wawancara mendalam dengan perajin dan pendidik, serta studi dokumentasi. Hasil studi mengungkapkan bahwa setiap tahapan produksi mulai dari seleksi material, pengeringan, hingga pelubangan nada memuat konsep fisika dan biologi terapan secara implisit, seperti sifat mekanik bahan, getaran, gelombang bunyi, anatomi jaringan tumbuhan, dan resonansi. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemetaan spesifik pengetahuan tradisional masyarakat Nagasepaha ke dalam Kompetensi Dasar kurikulum IPA formal serta merumuskannya ke dalam skenario pedagogis inovatif. Kesimpulannya, kearifan lokal pembuatan suling bambu sangat relevan ditransformasikan menjadi materi ajar yang mampu meningkatkan pemahaman konsep saintifik sekaligus memperkuat literasi dan identitas budaya peserta didik
Kata kunci: Etnosains, Suling Bambu, Pembelajaran IPA, Gelombang Bunyi, Nagasepaha.

ABSTRACT

This study aims to explore the indigenous science concepts (ethnoscience) in the traditional bamboo flute-making process in Nagasepaha Village and its potential as a contextual learning resource for Natural Sciences in Junior High Schools. Utilizing a descriptive qualitative approach, data were collected through participatory observation, in-depth interviews with artisans and educators, and documentation. The results reveal that every production stage from material selection and drying to hole-making implicitly contains applied physics and biology concepts, such as mechanical properties of materials, vibrations, sound waves, plant tissue anatomy, and resonance. The novelty of this research lies in the specific mapping of the traditional knowledge of the Nagasepaha community into the Basic Competencies of the formal science curriculum and formulating it into innovative pedagogical scenarios. In conclusion, local wisdom in making bamboo flutes is highly relevant to be transformed into teaching materials that can enhance the understanding of scientific concepts while strengthening students' cultural literacy and identity.
Keywords: Ethnoscience, Bamboo Flute, Science Learning, Sound Waves, Nagasepaha.

PENDAHULUAN

Pendidikan sains pada abad ke-21 tengah mengalami disrupsi dan transformasi paradigma yang sangat masif. Tuntutan pendidikan modern tidak lagi hanya berfokus pada proses transfer pengetahuan teoretis dari guru ke peserta didik atau sekadar rutinitas menghafal rumus-rumus matematis yang abstrak. Sebaliknya,

pendidikan sains masa kini harus mampu menumbuhkan keterampilan pemecahan masalah (*problem solving*), keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), dan literasi saintifik dengan cara mengaitkan konsep-konsep akademis secara langsung pada realitas kehidupan sehari-hari peserta didik(Nurhasanah et al., 2025a). Salah satu pendekatan pedagogis konstruktivistik yang dinilai sangat relevan, inovatif, dan efektif untuk menjembatani kesenjangan antara teori murni di ruang kelas dengan realitas dunia empiris adalah pembelajaran kontekstual yang diintegrasikan dengan kearifan lokal, atau yang dalam diskursus akademik sering dikenal dengan nomenklatur etnosains(Meifa Tika, 2026).

Secara konseptual, etnosains merupakan sebuah proses sistematis untuk mengidentifikasi, menerjemahkan, dan mentransformasikan pengetahuan asli atau tradisional yang dimiliki dan dipraktikkan oleh suatu masyarakat kebudayaan (*indigenous science*) ke dalam rumusan sains ilmiah yang terstruktur (*western science/formal science*)(Nursulistiyo,2015). Transformasi ini memungkinkan pengetahuan lokal tersebut dapat dikaji, diukur, dijelaskan rasionalitasnya, dan dibuktikan secara logis maupun empiris di dalam laboratorium atau ruang kelas. Integrasi nilai-nilai, artefak, dan praktik kebudayaan lokal ke dalam kurikulum pendidikan formal, utamanya sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka di Indonesia dalam mewujudkan Profil Pelajar Pancasila, dipercaya sangat potensial dalam meningkatkan motivasi belajar(Andani & Yulian, 2018). Selain itu, pendekatan ini mampu memperkuat pemahaman konsep dasar sains sekaligus menumbuhkan rasa kepemilikan dan kebanggaan yang mendalam dari peserta didik terhadap warisan identitas kebudayaan daerah asal mereka(Nurhasanah et al., 2025b).

Di Indonesia, kekayaan budaya dan tradisi yang tersebar meluas di berbagai pelosok daerah sejatinya menyediakan sumber belajar otentik yang seolah tidak memiliki batas.

Salah satu provinsi dengan kekayaan tradisi artistik yang sangat kental adalah Provinsi Bali(Ferdiansyah et al., 2023). Secara lebih spesifik, Desa Nagasepaha yang terletak di wilayah Kabupaten Buleleng telah dikenal secara luas oleh masyarakat nusantara bahkan mancanegara sebagai salah satu pusat pelestarian seni dan kerajinan tradisional yang sangat autentik di Pulau Dewata(Ayu Trisnawati & Basuyoga Prabhawita, 2022). Salah satu mahakarya warisan turun-temurun dari desa ini adalah kerajinan pembuatan alat musik tiup tradisional, yaitu suling bambu. Suling bambu sesungguhnya bukan sekadar instrumen musik pelengkap yang digunakan untuk mengiringi tarian atau upacara keagamaan tradisional, melainkan sebuah artefak kebudayaan sekaligus karya *engineering* (rekayasa) tradisional(Agustia Nur Maulida et al., 2018a). Proses pembuatannya ternyata melibatkan insting dan perhitungan presisi yang rumit, intuisi ekologis dalam pemilihan material alami yang sangat spesifik, serta teknik pembentukan ruang resonansi yang luar biasa kompleks dan presisi, meskipun seluruh prosesnya dikerjakan tanpa melibatkan peralatan pengukuran modern.

Meskipun kerajinan pembuatan suling bambu ini sangat dekat dan menyatu dengan ekosistem kehidupan sehari-hari masyarakat maupun siswa setempat, hasil observasi awal dan tinjauan literatur mengindikasikan sebuah permasalahan yang mendasar. Potensi keilmuan akademis yang sangat mendalam dan bersembunyi di balik praktik empiris para perajin suling di Desa Nagasepaha tersebut nyatanya belum dieksplorasi dan dioptimalkan sebagai sumber pembelajaran formal. Hal ini sangat nyata terlihat pada realitas pelaksanaan mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) di kawasan tersebut. Selama ini, pembelajaran IPA yang mengeksplorasi materi mengenai konsep mekanika getaran, karakteristik gelombang longitudinal, dan fenomena resonansi bunyi cenderung disampaikan secara sangat

konvensiona(Andani & Yulian, 2018). Guru seringkali hanya berpatokan pada buku teks cetak, mendemonstrasikan konsep menggunakan alat peraga buatan pabrik yang asing bagi siswa seperti garpu tala, atau sekadar bergantung pada tayangan simulasi digital di layar proyektor(Kharisma Velia, 2023). Padahal, pengintegrasian instrumen lokal secara langsung ke tangan peserta didik seperti mengkaji sebatang suling bambu dapat menghadirkan pengalaman belajar (*hands-on dan minds-on experience*) yang jauh lebih konkret, otentik, serta memberikan retensi ingatan jangka panjang yang lebih bermakna(Kharisma Velia, 2023).

Menyadari adanya kesenjangan (*gap*) antara ketersediaan sumber daya etnosains di lingkungan masyarakat dengan praktik pedagogis di sekolah, penelitian ini hadir dengan urgensi dan tujuan utama untuk mengisi celah akademis tersebut(Helmalia Putri Hasibuan & Shidow Falah, 2026a). Penelitian ini difokuskan untuk melakukan kajian dan pembedahan mendalam mengenai berbagai fondasi konsep dasar sains khususnya dari rumpun disiplin keilmuan Fisika dan Biologi yang secara tidak sadar namun konsisten diaplikasikan dalam tahapan kerja para perajin suling bambu di Desa Nagasepaha. Penelitian ini diorientasikan untuk merekonstruksi pengetahuan berbasis kearifan alam dan empiris tersebut ke dalam bahasa dan terminologi sains formal yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademik(Lutfia Sani et al., 2026a). Melalui proses translasi dan rekonstruksi pengetahuan inilah, kearifan lokal kerajinan bambu Desa Nagasepaha diharapkan tidak hanya berstatus sebagai warisan seni pasif, melainkan dapat dirumuskan kembali dan diangkat derajatnya menjadi instrumen bahan ajar utama, suplemen Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), maupun purwarupa media pembelajaran IPA tingkat SMP yang valid secara teoretis, selaras dengan tuntutan capaian pembelajaran pendidikan nasional, serta sangat aplikatif dalam mengasah ketajaman

nalar saintifik siswa(Nurhasanah et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang dan dilaksanakan menggunakan desain penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif eksploratif yang berlandaskan pada kerangka kerja metodologi kajian etnosains(Nurhasanah et al., 2025). Pemilihan desain kualitatif deskriptif ini dilandasi oleh tujuan sentral penelitian yang bermaksud untuk menggali, memotret fenomena di lapangan, mendeskripsikan secara utuh tanpa manipulasi, serta menganalisis praktik dan kepercayaan kebudayaan yang telah mengakar kuat di masyarakat. Temuan kultural tersebut kemudian diurai dan direkonstruksi secara hati-hati ke dalam kerangka konsep keilmuan sains formal yang bersifat universal (Fisika dan Biologi)(Nurhasanah et al., 2025c). Lokasi pelaksanaan penelitian difokuskan sepenuhnya pada ruang lingkup geografis dan sosiokultural Desa Nagasepaha, yang secara administratif berada di wilayah Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Desa ini dipilih secara sengaja karena rekam jejak historisnya yang memang telah diakui dan dikukuhkan sebagai episentrum utama pelestarian dan produksi kerajinan alat musik suling bambu berkualitas tinggi di kawasan Bali Utara(Koto, n.d.).

Penentuan dan penarikan subjek dalam penelitian ini tidak dilakukan secara acak, melainkan menggunakan teknik *purposive sampling* bersyarat, di mana peneliti menetapkan kriteria spesifik bagi para informan untuk menjamin kedalaman dan keakuratan data(Nurhasanah et al., 2025). Subjek penelitian ini terbagi secara dikotomis ke dalam dua kelompok narasumber utama. Kelompok pertama merepresentasikan aspek sains asli (*indigenous science*), yang terdiri dari para perajin suling bambu senior dan pengepul material bambu di Desa Nagasepaha yang telah menekuni profesi tersebut selama lebih dari satu decade(Chasanah et al., 2022). Mereka bertindak sebagai informan kunci (*key informants*) yang tugasnya mengartikulasikan tahapan teknis, landasan pemikiran tradisional,

pantangan, dan kebiasaan yang dilakukan secara turun-temurun dalam membuat instrument(Helmalia Putri Hasibuan & Shidow Falah, 2026b). Kelompok narasumber kedua merepresentasikan aspek keilmuan formal (*western science*) dan pedagogik, yang melibatkan tenaga pendidik profesional, secara spesifik adalah Guru mata pelajaran IPA tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang berstatus aktif mengajar(Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021). Guru ini berperan krusial dalam memberikan triangulasi, validasi rasional, serta justifikasi akademis mengenai sejauh mana temuan kearifan lokal perajin tersebut memiliki tingkat relevansi, kompatibilitas, dan sinkronisasi terhadap tuntutan Kompetensi Dasar (KD) maupun Capaian Pembelajaran (CP) yang termaktub dalam silabus kurikulum sekolah menengah yang berlaku saat ini(Grimalt-Álvaro & Ametller, 2021).

Proses koleksi dan penghimpunan data primer maupun sekunder di lapangan diaplikasikan secara komprehensif dan terpadu melalui tiga teknik instrumen utama. Pertama, observasi partisipatif non-intervensi dilakukan, di mana peneliti terjun langsung dan hidup bersama masyarakat untuk mengamati secara mikroskopis setiap detail tahapan proses rantai produksi suling bambu. Observasi ini merekam segalanya mulai dari proses masuk hutan untuk pemotongan bahan baku mentah, proses penjemuran material, teknik pengukuran dimensi ruang, hingga pada tahap *finishing* dan kalibrasi (penalaan) rentang frekuensi nada. Kedua, peneliti menggelar sesi wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan format semi-terstruktur(Hariyono et al., 2023). Format ini dipilih agar peneliti memiliki panduan kerangka pertanyaan yang jelas (berkaitan dengan konsep biologi material dan fisika akustik), namun tetap memberikan kebebasan bagi para perajin untuk bercerita secara leluasa guna membongkar landasan pemikiran, logika filosofis, dan intuisi empiris mereka. Wawancara serupa juga dilakukan kepada guru IPA untuk menggali perspektif didaktis(Zahrani,

2019). Ketiga, metode studi dokumentasi dan rekam jejak digunakan dengan mengompilasi bukti otentik berupa foto-foto kegiatan operasional yang detail, perekaman video untuk merekam sampel suara (frekuensi) suling, serta telaah kritis terhadap dokumen perangkat pembelajaran (buku teks pendamping, RPP, atau Modul Ajar) mata pelajaran IPA SMP(Lutfia Sani et al., 2026).

Seluruh rangkaian data kualitatif mentah yang berhasil dihimpun tidak dibiarkan begitu saja, melainkan diproses menggunakan teknik analisis data model interaktif yang diadaptasi dari pemikiran Miles, Huberman, dan Saldana. Menurut (Lutfia Sani et al., 2026)Alur analisis ini meliputi tiga fase iteratif: (1) kondensasi dan reduksi data, yakni menyeleksi informasi wawancara yang spesifik memuat unsur sains; (2) penyajian data (*data display*), yakni menstrukturkan hasil reduksi ke dalam bentuk matriks narasi dan tabel kodifikasi rekonstruksi sains untuk memudahkan perbandingan pola; dan (3) penarikan kesimpulan serta verifikasi akhir. Sebagai upaya menjamin tingkat kredibilitas, reliabilitas kualitatif, dan keabsahan temuan akhir, desain penelitian ini mengadopsi standar pengujian validitas data yang sangat ketat melalui penerapan triangulasi sumber (membandingkan kesaksian antara perajin senior, perajin muda, dan guru sekolah) serta triangulasi metode pengumpulan data (mencocokkan apa yang diucapkan perajin saat wawancara dengan apa yang benar-benar mereka lakukan saat diobservasi di bengkel kerjanya).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan serangkaian hasil observasi partisipatif, penjelajahan literatur, dan wawancara mendalam yang dilakukan secara intensif di Desa Nagasepaha, terungkap sebuah fakta ilmiah yang sangat mengagumkan. Proses produksi suling bambu tradisional sama sekali bukanlah sekadar kegiatan manual yang dikerjakan dengan asas kebetulan (*trial and error*) tanpa landasan sistematis(Palloan et al., n.d.). Sebaliknya, proses *crafting* ini

merupakan representasi dari sebuah prosedur rekayasa material yang sangat sistematis, sarat akan perhitungan logis proporsional, dan diwariskan dari generasi leluhur ke generasi penerus sebagai entitas kearifan sains empiris yang kokoh. Dari hasil reduksi data lapangan, proses penciptaan instrumen tiup ini secara komprehensif dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tahapan fisis fundamental, yakni: (1) tahapan seleksi ekologis dan purifikasi mekanik material baku; (2) tahapan desain rekayasa dimensi struktur ruang instrumen; dan (3) tahapan pengujian organologi serta kalibrasi frekuensi nada akhir. Analisis dan pembedahan lanjutan terhadap ketiga tahapan ini membuktikan secara empiris bahwa setiap rutinitas dan tata cara yang diaplikasikan oleh perajin ternyata memiliki irisan korelasi dan ekuivalensi yang sangat absolut dengan hukum-hukum Fisika klasik maupun prinsip anatomi jaringan pada ranah Biologi(Nurhasanah et al., 2025).

Pada tahapan fundamental yang pertama, yakni pra-produksi, perajin akan melakukan ekspedisi pemilihan bahan baku tanaman bambu secara sangat selektif(Agustia Nur Maulida et al., 2018). Masyarakat Nagasepaha, berdasarkan observasi, sangat meyakini dan secara ketat menerapkan pakem leluhur untuk secara spesifik hanya menebang batang bambu (umumnya dari genus *Bambusa* atau *Gigantochloa*) yang fase usianya sudah benar-benar tua. Parameter ketuaan ini biasanya diindikasikan dengan usia tegakan minimal di atas satu hingga dua tahun. Setelah proses penebangan, bambu mutlak harus melewati tahapan purifikasi berupa proses pengeringan alami di bawah paparan sinar matahari dalam durasi waktu tertentu. Konsep *indigenous science* dari kebudayaan lokal di desa ini menyatakan sebuah hipotesis empiris bahwa bambu yang usianya masih muda akan memiliki sifat fisik yang sangat rapuh, rentan mengalami retak rambut saat dipotong, dan yang paling fatal, akan menghasilkan produksi output suara yang "fals", teredam, atau tidak mampu

beresonansi dengan nyaring saat ditiup(Palloan et al., n.d.).

Jika klaim tradisional tersebut ditelaah, dibedah, dan direkonstruksi menggunakan kacamata disiplin biologi molekuler dan anatomi organologi tumbuhan, kaidah pemilihan usia bambu ini sesungguhnya adalah manifestasi dari pemahaman mengenai proses lignifikasi. Lignifikasi adalah proses krusial di mana terjadi penebalan dan pengerasan dini pada dinding sel sekunder jaringan tumbuhan. Seiring bertambahnya usia bambu, kandungan zat kayu (lignin) dan selulosa pada jaringan pengangkut (xilem) serta jaringan penyokong (sklerenkima) akan terus terakumulasi dan mengalami pemadatan struktur. Batang bambu tua secara biologis memiliki tingkat kepadatan (*density*) jaringan serat sel yang sangat solid, rapat, dan permanen dibandingkan bambu muda yang masih didominasi oleh kandungan air dan sel parenkim yang lunak(Ayu Trisnawati et al., 2022).

Berpindah dari analisis Biologi menuju sudut pandang termodinamika dan mekanika Fisika murni, ritual proses penjemuran batang bambu hingga benar-benar kering sejatinya adalah proses manipulasi suhu untuk memicu penguapan (evaporasi) zat cair. Penjemuran secara langsung dan sistematis akan mereduksi kadar fluida atau kadar air (Moisture Content/MC) yang sebelumnya terjebak di dalam pori-pori dan vakuola material bambu. Pengurangan massa air yang drastis ini secara proporsional akan menurunkan massa total benda, sekaligus memastikan tercapainya angka massa jenis (ρ) yang berada pada titik paling ideal, dan secara dramatis menaikkan nilai modulus elastisitas bahan atau modulus Young (E)(Ayu Trisnawati et al., 2022). Dalam kajian fisika gelombang dan ilmu akustik material, formula empiris menyatakan bahwa kecepatan perambatan gelombang mekanik atau cepat rambat bunyi (v) di dalam suatu medium padat berbanding lurus dengan akar dari kekakuan material (modulus elastisitas) dan berbanding terbalik dengan massa jenisnya, yang

dirumuskan secara matematis sebagai $v = \sqrt{E/\rho}$. Karena bambu tua yang telah dijemur memiliki dinding sel yang kaku (nilai E sangat tinggi) namun terbebas dari massa air penambat (nilai massa jenis optimal), material bambu kering ini berubah menjadi konduktor bunyi yang sangat fenomenal. Bambu tersebut sanggup merambatkan gelombang mekanik longitudinal atau getaran bunyi di sepanjang tubuh tabungnya dengan efisiensi yang nyaris sempurna, jernih, dan dengan tingkat dispersi atau redaman energi suara yang sangat minimal.

Memasuki tahapan krusial yang kedua, fokus perajin bergeser pada teknik pengukuran panjang potong bambu dan proses pelubangan titik-titik penghasil nada(Nurhasanah et al., 2025). Hal yang sangat unik dan mencirikan unsur etnosains kental di tahap ini adalah bahwa dalam proses praktiknya, para perajin tradisional sama sekali tidak menggunakan mistar sentimeter standar internasional maupun alat ukur modern (*tuner* digital)(Velia Kharisma, 2023). Mereka sepenuhnya bersandar pada instrumen antropometri alamiah, yakni dengan menggunakan satuan ukuran tubuh manusia, seperti rentang jarak antar ruas jari tangan perajin itu sendiri atau mengandalkan potongan cetakan kayu (*master template*) peninggalan leluhur yang telah dikalibrasi selama berpuluh-puluh tahun untuk menentukan jarak spasi linier antar lubang nada di sepanjang tabung. Di titik inilah, aplikasi siluman dari integrasi ilmu fisika tampil mendominasi secara absolut(Zahrani, 2019).

Proses penentuan dimensi panjang dan pelubangan ini pada hakikatnya adalah praktik terapan dari teori resonansi akustik yang terjadi pada sistem fisis pipa organa. Secara konseptual fisika, sebatang suling bambu dapat dianalogikan secara identik sebagai sebuah model pipa organa terbuka di satu ujung (area tiup/embouchure) dan ujung lubang keluaran, atau bekerja layaknya kombinasi pipa tertutup di beberapa titik sesuai konfigurasi penutupan jari. Perajin lokal, secara intuitif empiris, memahami bahwa dengan menggeser, memperlebar,

atau mengubah posisi spasial dari lubang nada, mereka sedang memanipulasi rentang jarak kolom udara yang terjebak di dalam rongga silinder bambu tersebut. Penentuan dimensi panjang kolom udara ini yang saat dimainkan akan dikendalikan secara dinamis oleh posisi jemari sang peniup untuk menutup ruang bocor atau membuka katup udara merupakan bentuk manipulasi fisika langsung terhadap konsep panjang gelombang fisika, yang disimbolkan dengan notasi λ (lambda)(Rahmawati & Ridwan, 2017).

Berdasarkan hukum dasar mekanika gelombang, karena nilai parameter kecepatan perambatan gelombang bunyi melintasi udara di suhu ruangan berkisar pada angka konstan (sekitar 340 m/s), maka modifikasi mekanis pada jarak batas antar lubang udara secara matematis akan berbanding terbalik dan secara langsung mengubah variabel frekuensi atau tingkatan *pitch* (tinggi-rendahnya nada suara) yang pada akhirnya tertangkap oleh membran timpani telinga manusia dan diinterpretasikan sebagai notasi tangga nada dasar (do, re, mi)(Rahmawati & Ridwan, 2017). Semakin pendek kolom udara yang dibiarkan bebas karena lubang bawah dibuka, maka panjang gelombang semakin kecil, dan dampaknya nilai frekuensi (f) gelombang suara yang keluar akan semakin besar, sehingga telinga mendengar jeritan suara yang melengking (nada tinggi). Sebaliknya, saat semua lubang ditutup oleh jari, rentang kolom resonansi menjadi sangat panjang membentang dari ujung tiup ke ujung bambu, menghasilkan panjang gelombang yang besar dan frekuensi yang sangat rendah, sehingga telinga mendengar suara bas yang dalam(Lutfia Sani et al., 2026c).

Pembahasan analitis terkait fisika akustik ini ternyata beresonansi sempurna dengan pandangan dari pihak akademisi. Hal ini sejalan dan dikonfirmasi langsung oleh hasil wawancara *in-depth* bersama salah satu subjek penelitian utama perwakilan tenaga pendidik, yakni Guru IPA berinisial Ibu Kadek Tamara Sephani Sumadi, S.Pd. Ketika ditanya mengenai potensi kearifan lokal ini,

beliau dengan tegas memvalidasi keabsahan korelasi fenomena kultural tersebut dengan konsep dasar kurikulum pendidikan(Rahmawati & Ridwan, 2017). Beliau menuturkan kesaksiannya secara verbatim: *"Menurut saya sangat berpotensi. Dalam proses pembuatan suling terdapat konsep-konsep murni IPA seperti bunyi, getaran, pengaturan panjang kolom udara, hingga pemilihan bahan bambu yang sarat dengan sifat fisika dan karakteristik material"*. Beliau lebih lanjut memberikan justifikasi pedagogis yang menyatakan bahwa instrumen suling bambu asal Nagasepaha tersebut merupakan media belajar yang luar biasa relevan apabila diangkat ke permukaan dan dijadikan konteks sentral pembelajaran di dalam ruang kelas(Lutfia Sani et al., 2026c). Beliau menambahkan dalam transkrip wawancara: *"Saya sangat setuju. Dengan menggunakan contoh suling bambu yang memang berasal dari lingkungan siswa sendiri, pembelajaran akan terasa lebih kontekstual dan bermakna. Siswa juga bisa lebih menghargai budaya lokal mereka"(Lutfia Sani et al., 2026c)*. Melalui pernyataan tersebut, terkonfirmasi bahwa saat siswa dihadapkan pada objek yang familiar dengan identitas budayanya, tingkat kecemasan mereka terhadap kerumitan rumus saintifik akan menurun drastis, sehingga arsitektur konsep IPA yang abstrak dan kompleks akan terasa lebih bersahabat, membumi, dan mudah dicerna oleh nalar mereka.

Guna menyajikan sintesis pemetaan kognitif yang jauh lebih terstruktur dan komprehensif terkait jembatan translasi antara epistemologi pengetahuan asli warisan turun-temurun dari masyarakat pengrajin Nagasepaha dengan kerangka ontologi sains keilmuan akademis Barat, peneliti memformulasikan dan merangkum seluruh temuan integrasi tersebut ke dalam matriks Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rekonstruksi Epistemologi Etnosains Pembuatan Suling Bambu Nagasepaha

Tahapan Pembuatan	**Pengetahuan Asli Masyarakat (*Indigenous Science*)**	**Konsep Sains Formal (*Scientific Knowledge*)**
Pemilihan Material Bambu	Memilih bambu tua (>1 tahun) agar suara lebih lantang dan serat bambu kuat (tidak menyusut/pecah).	Biologi & Fisika: Akumulasi lignifikasi xilem (penebalan sel), kepadatan massa jenis optimal, dan tingginya modulus elastisitas.
Pengeringan Bambu	Dijemur di bawah sinar matahari agar getah/air hilang, sehingga bambu terasa lebih "ringan".	Fisika: Evaporasi kalor (penguapan), reduksi kadar air, penurunan massa jenis, dan peningkatan kemampuan perambatan energi mekanik.
Pelubangan Nada	Penentuan jarak lubang dengan ruas jari. Membuka lubang atas (terdekat) menghasilkan suara melengking.	Fisika: Manipulasi ruang pipa organa tertutup/terbuka, modifikasi panjang gelombang (λ), frekuensi bunyi (Hz), dan resonansi.
Teknik Peniupan	Tiupan lambat menghasilkan nada bas, sementara tiupan kuat/cepat menghasilkan nada tinggi tajam.	Fisika: Konversi energi kinetik menjadi akustik, modifikasi amplitudo simpangan getar, dan intensitas tekanan gelombang.

Meninjau tabulasi matriks komparasi pada Tabel 1 di atas dengan sangat saksama, dapat dibuktikan secara tak terbantahkan bahwa instrumen artefak kearifan lokal dari desa pengrajin Bali Utara ini bukan sekadar sekeping mahakarya seni pajangan, melainkan sebuah entitas silabus alamiah yang sangat kaya dan padat akan materi ajar Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)(Susanto et al., 2023). Apabila hasil temuan penelitian rekonstruktif ini berani diadopsi, dikurasi, dan diintegrasikan secara masif ke dalam roda aktivitas kegiatan belajar-mengajar di kelas formal sekolah menengah, khususnya dirancang bersinergi dengan silabus mata pelajaran IPA SMP kelas VIII (Semester Genap), muatan materi kultural ini dengan tingkat kepresisian tinggi akan menjadi instrumen

pendukung tak tertandingi untuk mencapai pemenuhan Kompetensi Dasar (KD) yang diamanatkan pemerintah, terkhusus pada KD yang mewajibkan siswa untuk mendeskripsikan dan menganalisis konsep getaran, karakteristik gelombang bunyi, serta menelaah mekanisme sistem pendengaran dalam kehidupan nyata sehari-hari.

Secara praksis pedagogis, guru dapat mendobrak kejemuan kelas dengan mengimplementasikan model pembelajaran inovatif berbasis inkuiri mandiri atau *Problem Based Learning* (PBL) yang rohnya disuntikkan nilai-nilai etnosains suling bambu. Skenarionya, guru IPA dapat membawa beberapa potong suling bambu asli Nagasepaha ke laboratorium kelas, membagikannya kepada tiap kelompok diskusi siswa, lalu menyajikan narasi provokatif untuk merumuskan masalah saintifik: *"Mengapa posisi peletakan jarak lubang yang digeser sekian sentimeter oleh pisau sang perajin dapat menciptakan resonansi suara akhir yang sama sekali berbeda?"* atau *"Bagaimana membuktikan hipotesis perajin bahwa bambu basah menyerap redaman suara?"(Susanto et al., 2023)*. Melalui wahana eksperimen eksploratif menggunakan suling bambu identitas desa mereka tersebut, peserta didik akan mengalami pencerahan intelektual. Mereka tidak perlu lagi merasa frustrasi dan terbebani akibat sekadar dipaksa otak kirinya untuk menghafal kering rumus-rumus persamaan matematis yang dingin dan abstrak layaknya persamaan cepat rambat sama dengan panjang gelombang dikalikan frekuensi linear ($v = \lambda \times f$). Namun sebagai puncaknya, para siswa secara holistik bisa melihat dengan mata kepala sendiri, meraba dan meneliti serat material bambunya secara langsung, serta menalar dan membuktikan secara konkret bagaimana hukum-hukum fundamental fisika alam semesta telah teraplikasikan dengan sangat harmonis, presisi, dan sempurna melalui ujung jemari para pahlawan warisan seni leluhur mereka sendiri(tika, 2026).

SIMPULAN

Penelitian eksploratif berbasis tinjauan deskriptif ini berhasil mengkristalisasikan dan menyimpulkan sebuah realitas akademis yang kuat, yakni bahwa fondasi kearifan lokal berupa tradisi warisan proses rekayasa instrumen musik suling bambu yang dipertahankan di Desa Nagasepaha sesungguhnya menyimpan lumbung muatan sains yang sangat empiris, valid, melimpah, dan bernilai edukasi sangat kompleks. Rentetan proses tradisional yang dilakukan secara nir-teknologi modern ini terbukti memiliki ikatan kohesi keilmuan yang sangat lekat dengan disiplin ilmu murni Biologi, khususnya mendemonstrasikan secara nyata pemahaman morfologi jaringan, anatomi purifikasi air, dan modifikasi ketahanan struktur mekanik penyusun lapisan batang tumbuhan seiring fase penuaan. Di samping itu, praktik empiris ini didominasi oleh aplikasi murni hukum-hukum disiplin ilmu Fisika yang terfokus kuat pada fenomena akustik dasar seperti gerak harmonis getaran partikel, hukum perambatan dan redaman gelombang longitudinal, manipulasi dinamis modulasi panjang frekuensi melalui resonansi kolom udara (hukum pipa organa terbuka), dan pengaruh modulus elastisitas material padat. Ritual praktik empiris logis yang selama puluhan tahun telah dijaga keautentikannya oleh para perajin dapat direkonstruksi ke dalam kerangka silabus sains formal secara sangat presisi, dapat dipahami nalar, dan sepenuhnya ilmiah.

Berdasarkan kesimpulan tersebut, studi ini melahirkan dua implikasi strategis dan esensial. Secara implikasi teoritis-akademik, hasil luaran penelitian ini secara signifikan mengintervensi ruang kosong dan memperkaya khazanah literatur global maupun nasional mengenai potret kajian pedagogis etnosains yang ada pada entitas kebudayaan agraris dan seni lokal Bali. Sementara dari kacamata implikasi praktis-didaktis, penelitian ini memberikan semacam panduan rekomendasi yang lugas dan sangat tegas bagi para perumus kebijakan kurikulum daerah serta seluruh

barisan tenaga pendidik rumpun IPA utamanya mereka yang mengabdi di tingkat pendidikan sekolah menengah pertama agar berani keluar dari zona nyaman. Pendidik didorong untuk segera merancang, menyusun, dan mulai menggunakan instrumen kearifan lokal kerajinan suling bambu Nagasepaha sebagai pilar bahan ajar otentik, landasan pengembangan Modul/Lembar Kerja Siswa interaktif, maupun media alat peraga kontekstual. Integrasi ini terbukti tidak hanya berpotensi meretas kebosanan belajar dan memacu kapabilitas kemampuan berpikir analitis-sintesis sains siswa, tetapi di waktu yang bersamaan, mampu membangun benteng pertahanan moral untuk senantiasa memupuk rasa bangga, takjub, dan peduli terhadap kemegahan identitas warisan budaya peradaban bangsa sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

Agustia Nur Maulida, R., Kusumawati, I., & Kusuma Wijaya, A. (2018a). PENGEMBANGAN BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM IPA BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN POE (PREDICT OBSERVE EXPLAIN) PADA MATERI USAHA DAN ENERGI. In *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* (Vol. 3).

Agustia Nur Maulida, R., Kusumawati, I., & Kusuma Wijaya, A. (2018b). PENGEMBANGAN BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM IPA BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN POE (PREDICT OBSERVE EXPLAIN) PADA MATERI USAHA DAN ENERGI. In *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* (Vol. 3).

Andani, D. T., & Yulian, M. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Electronic Book Menggunakan Software Kvisoft Flipbook Pada Materi Hukum Dasar Kimia di SMA Negeri 1 Panton Reu Aceh Barat. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, *2*(1), 1–6. https://doi.org/10.24815/jipi.v2i1.10730

Ayu Trisnawati, I., & Basuyoga Prabhawita, G. (2022). PEMBINAAN TARI PUSPA ARUM DAN PELATIHAN TATA RIAS TARI BAGI PENARI KOLOK DI DESA BENGKALA, KUBUTAMBAHAN, BULELENG-BALI. *Jurnal*

Pengabdian Kepada Masyarakat, *6*(1).

Ayu Trisnawati, I., Basuyoga Prabhawita, G., Seni Tari, P., Denpasar, I., Nusa Indah Denpasar, J., & Produksi Film dan Televisi, P. (2022). *PEMBINAAN TARI PUSPA ARUM DAN PELATIHAN TATA RIAS TARI BAGI PENARI KOLOK DI DESA BENGKALA, KUBUTAMBAHAN, BULELENG-BALI*. *6*(1).

Chasanah, N., Widodo, W., & Suprapto, N. (2022). Pengembangan Instrumen Asesmen Literasi Sains Untuk Mendeskripsikan Profil Peserta Didik. *PENDIPA Journal of Science Education*, *6*(2), 474–483. https://doi.org/10.33369/pendipa.6.2.474-483

Ferdiansyah, I., Hidayat, S., & Suhendar, dan. (2023). PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN BERBASIS HOTS PADA MATA PELAJARAN IPA KELAS V SD. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, *12*(1). http://ejohttp://Jurnal.uika-bogor.ac.id/index.php/

Grimalt-Álvaro, C., & Ametller, J. (2021). A Cultural-Historical Activity Theory Approach for the Design of a Qualitative Methodology in Science Educational Research. *International Journal of Qualitative Methods*, *20*. https://doi.org/10.1177/16094069211060664

Hariyono, E., Rizki, I. A., Lestari, D. A., Citra, N. F., Islamiyah, A. N., & Agusty, A. I. (2023). ENGKLEK GAME ETHNOSCIENCE-BASED LEARNING MATERIAL (EGEBLM) TO IMPROVE STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING AND LEARNING MOTIVATION. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *12*(4), 635–647. https://doi.org/10.15294/jpii.v12i4.43941

Helmalia Putri Hasibuan, L., & Shidow Falah, H. (2026a). PENGEMBANGAN BUKU PENGAYAAN FISIKA TERINTEGRASI ETNOPHYSICS PADA ALAT MUSIK GENDANG MELAYU JAMBI BERBANTUAN HEYZINE FLIPBOOK DAN APLIKASI

PHYPHOX. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 2477–2143.

Helmalia Putri Hasibuan, L., & Shidow Falah, H. (2026b). *PENGEMBANGAN BUKU PENGAYAAN FISIKA TERINTEGRASI ETNOPHYSICS PADA ALAT MUSIK GENDANG MELAYU JAMBI BERBANTUAN HEYZINE FLIPBOOK DAN APLIKASI PHYPHOX*.

Kharisma Velia. (2023). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Etnosains Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Prosiding SEMNAS*.

Koto, I. (n.d.). THE POTENTIAL OF TRADITIONAL KNOWLEDGE AS AN IMPROVEMENT OF THE WELFARE OF COMMUNAL COMMUNITIES. *Jurnal Ilmu Hukum*, *9*, 162–169. https://doi.org/10.30596/dll.v9i2.19769

Lutfia Sani, N., Destini, F., & Niken Yuni Astiti, dan. (2026a). Pengaruh Model Problem Based Learning Iterintegrasi Etnosains Tehadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SD. *Didaktika Dwija Indria*, *14*(1), 397–408. https://doi.org/10.20961/ddi.v14i1.14.1.397-408

Lutfia Sani, N., Destini, F., & Niken Yuni Astiti, dan. (2026b). Pengaruh Model Problem Based Learning Iterintegrasi Etnosains Tehadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SD. *Didaktika Dwija Indria*, *14*(1), 397–408. https://doi.org/10.20961/ddi.v14i1.14.1.397-408

Lutfia Sani, N., Destini, F., & Niken Yuni Astiti, dan. (2026c). Pengaruh Model Problem Based Learning Iterintegrasi Etnosains Tehadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SD. *Didaktika Dwija Indria*, *14*(1), 397–408. https://doi.org/10.20961/ddi.v14i1.14.1.397-408

Meifa Tika. (2026). tnofisika Pada Alat Musik Tradisional Gendang Serang Banten Sebagai Sumber Belajar. *Jurnal Pendidikan Fisika*.

Nurhasanah, E., Kurniawati, Y., Pranoto, S., Avrilianda, D., & Ellianawati, E. (2025a). *Pengembangan Instrumen Tes Literasi Sains Berbasis PISA pada Materi Sistem Pencernaan untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar*. https://jurnaldidaktika.org

Nurhasanah, E., Kurniawati, Y., Pranoto, S., Avrilianda, D., & Ellianawati, E. (2025b). *Pengembangan Instrumen Tes Literasi Sains Berbasis PISA pada Materi Sistem Pencernaan untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar*. https://jurnaldidaktika.org

Nurhasanah, E., Kurniawati, Y., Pranoto, S., Avrilianda, D., & Ellianawati, E. (2025c). *Pengembangan Instrumen Tes Literasi Sains Berbasis PISA pada Materi Sistem Pencernaan untuk Siswa Kelas V Sekolah Dasar*. https://jurnaldidaktika.org

Nursulistiyo, E. (2015). *PEMANFAATAN SULING BAMBU PENTATONIK SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA*.

Palloan, P., Arsyad, M., & Sri Astika Wahyuni, A. (n.d.). *International Journal of Social Science and Human Research Development Of an Ethnoscience-Based Physics E-Module to Improve Students' Critical Thinking Skills*. https://doi.org/10.47191/ijsshr/v8-i7-65

Velia Kharisma. (2023). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Etnosains Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *SEMNAS BIO 2023*.

Rahmawati, Y., & Ridwan, A. (2017). EMPOWERING STUDENTS' CHEMISTRY LEARNING: THE INTEGRATION OF ETHNOCHEMISTRY IN CULTURALLY RESPONSIVE TEACHING. In *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education Природните науки в образованието* (Vol. 26).

Susanto, R., Husen, M. N., & Lajis, A. (2023). The effect on the integration of local wisdom in physics educational applications: A review. *AIP Conference Proceedings*, *2751*. https://doi.org/10.1063/5.0143441

tika. (2026). Etnofisika Pada Alat Musik Tradisional Gendang Serang Banten Sebagai Sumber Belajar. *Jurnal Ilmih Mahasiswa Pendidikan Fisika*.

Zahrani, A. M. (2019). *PENINGKATAN PEMAHAMAN KONSEP SISWA PADA MATA PELAJARAN IPA*

MELALUI PENERAPAN MODEL CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING (CTL): VII (Number 1).