



Integrasi Etnosains Pada Pembelajaran IPA: Studi Lapangan pada Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan

Aprilia Maharani^{1*}, Thufail Mujaddid Al-Qoyyim¹, Fitratunisyah¹, Eka Muliati¹, Sulis Rahmatia¹,
Wardi Kurniawan¹, Satutik Rahaya¹, Muh, Makhrus¹

Program Studi Magister Pendidikan IPA¹, Universitas Mataram, Kota Mataram, Indonesia

Email: apriliamaharani799@gmail.com

Informasi Artikel	Abstract
Submitted: 18-11-2025 Published: 27-12-2025 Keywords: Ethnoscience; Ethnopedagogy; Science Education; Batik Giriloyo; Prambanan Temple	<i>This study explores the integration of ethnoscience and ethnopedagogy into science learning by examining two cultural sites in Yogyakarta: Batik Tulis Giriloyo and the Prambanan Temple. Using qualitative descriptive methods, the research identifies scientific phenomena embedded in traditional batik production, such as chemical reactions in natural dyes, heat transfer in wax processing, and biological aspects of plant-based pigments, as well as physical, chemical, and ecological processes observable in the architecture and environment of Prambanan. These findings are then connected to science learning competencies at the junior and senior high school levels, demonstrating the relevance of culturally grounded phenomena to concepts such as states of matter, diffusion, oxidation, biodegradation, structural stability, and ecosystem dynamics. The study proposes a culturally embedded IPA learning model consisting of five stages: cultural orientation, artifact-based scientific exploration, simple experiments, value reflection, and the strengthening of character and scientific literacy. The integration of ethnoscience enriches conceptual understanding, while ethnopedagogical values, such as patience, accuracy, harmony, and environmental awareness, support character development. This approach aligns with the principles of the Merdeka Curriculum, emphasizing authentic, contextual, and culturally responsive science learning.</i>

Abstrak

Penelitian ini mengkaji integrasi etnosains dan etnopedagogi dalam pembelajaran IPA melalui eksplorasi dua situs budaya di Yogyakarta, yaitu Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan. Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif, penelitian ini mengidentifikasi berbagai fenomena ilmiah yang melekat pada proses produksi batik, seperti reaksi kimia pada pewarna alami, perpindahan kalor pada pemrosesan malam, serta aspek biologi pada pigmen tumbuhan, serta fenomena fisika, kimia, dan ekologi yang tampak pada arsitektur dan lingkungan Prambanan. Temuan tersebut kemudian dihubungkan dengan capaian pembelajaran IPA jenjang SMP dan SMA, menunjukkan bahwa fenomena budaya memiliki relevansi kuat dengan konsep-konsep ilmiah seperti perubahan wujud, difusi, oksidasi, biodegradasi, stabilitas struktur, dan dinamika ekosistem. Penelitian ini merumuskan model pembelajaran IPA berbasis budaya yang terdiri atas lima tahap: orientasi budaya, eksplorasi sains melalui artefak, eksperimen sederhana, refleksi nilai, serta penguatan karakter dan literasi sains. Integrasi etnosains memperkaya pemahaman konsep, sementara nilai-nilai etnopedagogi, seperti kesabaran, ketelitian, harmoni, dan kepedulian lingkungan, mendukung pembentukan karakter. Pendekatan ini sejalan dengan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran otentik, kontekstual, dan berakar pada budaya lokal.

Kata Kunci : etnosains; etnopedagogi; pembelajaran IPA; Batik Giriloyo; Candi Prambanan

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada hakikatnya bertujuan mengembangkan kemampuan peserta didik dalam memahami fenomena alam secara holistik, sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir ilmiah dan kepekaan terhadap lingkungan (Kartimi & Winarso, 2021; N. P. Sari et al., 2020). Namun dalam praktiknya, pembelajaran IPA di Indonesia masih menghadapi tantangan rendahnya literasi sains, minimnya relevansi dengan konteks lokal,

serta kecenderungan materi yang disajikan secara abstrak dan terpisah dari realitas kehidupan sehari-hari (Astiti et al., 2021; Sugiarto & Djukri, 2015). Kondisi ini berimplikasi pada rendahnya keterlibatan belajar (*engagement*) dan lemahnya kemampuan peserta didik dalam menghubungkan konsep ilmiah dengan pengalaman budaya yang mereka miliki. Pada saat yang sama, Indonesia memiliki kekayaan budaya yang sangat besar, yang sesungguhnya menyimpan berbagai praktik dan fenomena ilmiah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar kontekstual. Potensi inilah yang menjadi landasan berkembangnya pendekatan etnosains dan etnopedagogi dalam pembelajaran IPA (Dinurrohman et al., 2023; Istikomayanti et al., 2023).

Etnosains merujuk pada kajian tentang pengetahuan ilmiah yang terkandung dalam praktik budaya masyarakat. Pengetahuan yang berkembang secara turun-temurun, seperti teknik pewarnaan batik, pengolahan pangan, arsitektur tradisional, atau manajemen lingkungan, sesungguhnya memuat prinsip-prinsip sains yang relevan dengan kurikulum IPA (Laksono et al., 2023). Ketika guru mampu mengidentifikasi, menginterpretasi, lalu mengaitkannya dengan konsep sains modern, proses pembelajaran menjadi lebih dekat dengan pengalaman nyata peserta didik (Kelana et al., 2021). Sementara itu, etnopedagogi menekankan bagaimana budaya tidak hanya menjadi sumber konten pembelajaran, tetapi juga menjadi dasar nilai, karakter, dan cara belajar. Nilai-nilai seperti ketelitian, ketekunan, kerja bersama, spiritualitas, dan penghargaan terhadap alam yang melekat dalam praktik budaya dapat memperkaya proses pembelajaran IPA sehingga tidak hanya berorientasi pada kognitif, tetapi juga afektif dan psikomotor (Rikizaputra et al., 2021).

Integrasi etnosains dan etnopedagogi sejalan dengan arah kebijakan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis konteks lokal, diferensiasi, dan penguatan karakter (S. P. Sari et al., 2023). Pembelajaran IPA tidak cukup hanya menekankan penguasaan konsep abstrak, tetapi perlu menghubungkannya dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan siswa. Dengan demikian, peserta didik dapat membangun pemahaman secara lebih bermakna, memperoleh pengalaman belajar yang autentik, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah berbasis budaya. Pendekatan ini juga relevan dengan tuntutan kompetensi abad 21 serta studi literasi sains internasional seperti PISA yang menekankan kemampuan mengaplikasikan konsep sains dalam konteks nyata (Center for Education Statistics, 2000).

Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan merupakan dua contoh kekayaan budaya yang menyimpan potensi besar untuk dijadikan sumber belajar IPA (A. A. Abdullah et al., 2025; Endaristi et al., 2023). Proses pembuatan batik melibatkan berbagai fenomena kimia, seperti reaksi pewarnaan, sifat asam-basa, dan karakteristik molekul malam, serta fenomena fisika seperti kapilaritas kain, difusi warna, energi panas, dan dinamika pelorotan. Selain itu, penggunaan pewarna alami yang berasal dari tumbuhan memperkaya aspek biologi seperti metabolisme tanaman, struktur pigmen, dan biodegradasi limbah pewarna. Sementara itu, Candi Prambanan menyimpan potensi etnosains yang tidak kalah besar. Arsitektur batu dengan teknik konstruksi interlock menunjukkan pemahaman masyarakat masa lalu tentang kestabilan struktur, distribusi gaya, serta prinsip fisika bangunan. Pelapukan batuan andesit, peran air hujan, dan proses oksidasi memperlihatkan prinsip kimia lingkungan, sementara keberagaman hayati di sekitar kompleks candi memberikan konteks biologi konservasi dan ekologi.

Kedua situs budaya tersebut tidak hanya mengandung sains, tetapi juga nilai-nilai etnopedagogi yang dapat memperkuat pembelajaran (Thein et al., 2015; Trianawati et al., 2024). Pengrajin batik menunjukkan ketelatenan, kreativitas, disiplin, serta filosofi keseimbangan yang menjadi bagian dari proses membatik. Di Prambanan, nilai spiritual, sejarah, simbolisme, serta penghargaan terhadap alam dan warisan budaya menjadi sumber penting pengembangan karakter peserta didik. Melalui interaksi langsung dengan budaya, peserta didik tidak hanya memahami sains, tetapi juga menyadari identitas dan akar budaya bangsa.

Meskipun demikian, pemanfaatan budaya lokal sebagai sumber pembelajaran IPA masih minim diterapkan. Banyak guru belum memiliki pengalaman atau panduan dalam mengidentifikasi potensi etnosains, mengembangkan media pembelajaran berbasis budaya, atau merancang pengalaman belajar lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menggali potensi etnosains dan etnopedagogi pada Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan

sebagai contoh konkret integrasi budaya dalam pembelajaran IPA. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan dasar konseptual dan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran berbasis kearifan lokal, sekaligus memperluas pemahaman bahwa budaya bukan sekadar objek wisata atau warisan masa lalu, melainkan sumber belajar yang hidup dan relevan.

Dengan demikian, penelitian ini berupaya menjawab kebutuhan aktual pendidikan Indonesia: bagaimana mengintegrasikan sains, budaya, dan pedagogi secara harmonis agar pembelajaran IPA menjadi lebih kontekstual, bermakna, dan mampu meningkatkan literasi sains sekaligus memperkuat jati diri budaya peserta didik. Integrasi etnosains dan etnopedagogi bukan hanya strategi pembelajaran, tetapi upaya menghubungkan ilmu pengetahuan dengan akar budaya bangsa sebagai fondasi pendidikan yang holistik..

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan landasan etnosains dan etnopedagogi untuk menggali secara mendalam potensi budaya lokal sebagai sumber pembelajaran IPA. Pendekatan kualitatif dipilih karena mampu menangkap makna, aktivitas, praktik budaya, serta nilai-nilai lokal yang tidak dapat direduksi menjadi angka. Fokus penelitian diarahkan pada dua lokasi budaya, yaitu Kampung Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan, sebagai representasi praktik budaya yang kaya dengan fenomena ilmiah. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses pembuatan batik dan struktur arsitektur candi, wawancara tidak terstruktur dengan pengrajin batik serta pemandu situs, dan dokumentasi berupa foto, catatan lapangan, serta artefak budaya. Teknik observasi digunakan untuk mengidentifikasi fenomena kimia, fisika, dan biologi dalam aktivitas budaya, sementara wawancara menggali pemahaman lokal, nilai-nilai yang dianut, serta proses pewarisan budaya. Dokumentasi membantu memperkuat bukti visual dan mendukung triangulasi data.

Analisis data dilakukan secara simultan menggunakan model analisis interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, informasi dari observasi, wawancara, dan dokumentasi dikategorikan berdasarkan tema-tema etnosains (kimia, fisika, biologi) dan etnopedagogi (nilai budaya, karakter, praktik pembelajaran). Penyajian data dilakukan melalui pengorganisasian informasi dalam bentuk narasi deskriptif sehingga hubungan antara fenomena budaya dan konsep IPA dapat terlihat secara jelas. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan data dari berbagai teknik dan informan untuk meningkatkan keabsahan temuan. Penafsiran kemudian diarahkan untuk mengidentifikasi hubungan konseptual antara praktik budaya dengan konsep sains modern serta potensi penerapannya dalam pembelajaran IPA. Proses analisis ini bertujuan menghasilkan pemahaman menyeluruh mengenai bagaimana budaya lokal dapat dijadikan wahana etnosains dan media etnopedagogi untuk mendukung pembelajaran IPA yang kontekstual, bermakna, dan relevan bagi peserta didik..

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

Eksplorasi Budaya Pada Lokasi Studi

Kampung Batik Tulis Giriloyo merupakan salah satu sentra batik tertua di wilayah Imogiri, Yogyakarta, yang dikenal sebagai desa dengan tradisi membatik yang kuat dan diwariskan lintas generasi. Desa ini memiliki karakter pedesaan yang asri, dikelilingi perbukitan dan ladang, dengan mata pencaharian yang didominasi oleh pengrajin batik rumahan. Aktivitas membatik tidak hanya menjadi sumber ekonomi, tetapi juga identitas budaya yang melekat pada kehidupan masyarakat. Sejarah batik Giriloyo terkait erat dengan masa Kesultanan Yogyakarta, ketika batik pesisiran dan batik keraton berkembang dan diadaptasi oleh masyarakat sekitar makam raja-raja Mataram di Imogiri. Tradisi tersebut terus bertahan hingga kini, tercermin dalam motif-motif khas seperti Parang, Kawung, dan Sido Mukti yang tetap dipertahankan keasliannya (A. Abdullah et al., 2024; Dan Arif Suharson, 2013). Proses produksi batik tulis di Giriloyo dilakukan secara

manual, dimulai dari pemilihan kain, pencantingan malam menggunakan canting tradisional, pewarnaan alami maupun sintetis, proses penguncian warna, hingga pelorodan. Setiap tahap dikerjakan dengan ketelitian tinggi, menggambarkan perpaduan antara keterampilan teknis, nilai estetika, dan filosofi budaya. Aktivitas ini juga menunjukkan keterlibatan komunitas, terutama para perempuan pengrajin yang menjadi penjaga utama keberlanjutan tradisi membatik di desa tersebut.

Sementara itu, Candi Prambanan merupakan kompleks percandian Hindu terbesar di Indonesia yang terletak di perbatasan Yogyakarta dan Jawa Tengah. Situs ini menampilkan arsitektur monumental yang memadukan keindahan artistik dan kecanggihan teknologi konstruksi masa lampau. Kompleks Prambanan terdiri atas tiga candi utama yang didedikasikan untuk Trimurti, Siwa, Wisnu, dan Brahma, serta ratusan candi perwara yang tersusun simetris mengelilinginya (Endaristi et al., 2023; Thein et al., 2015). Struktur arsitektur candi dibangun dari batu andesit menggunakan teknik konstruksi interlock, yaitu sistem penguncian batu tanpa perekat yang membuat bangunan tetap stabil selama berabad-abad. Relief-relief pada dinding candi menggambarkan kisah Ramayana dan ajaran moral Hindu, memperlihatkan tingginya tingkat seni pahat masyarakat pada masa itu (Kinanti et al., 2024). Lingkungan sekitar Prambanan ditata sebagai kawasan wisata budaya sekaligus situs konservasi yang dikelilingi ruang terbuka hijau, pepohonan, dan habitat fauna lokal. Area ini juga memperlihatkan dinamika interaksi manusia dan lingkungan, mulai dari pengelolaan kawasan, pariwisata, hingga upaya pelestarian situs bersejarah. Keberadaan Prambanan tidak hanya merepresentasikan kejayaan peradaban masa lalu, tetapi juga menjadi sumber pembelajaran yang kaya bagi pengembangan pengetahuan ilmiah, budaya, dan karakter bagi generasi masa kini.

Potensi Etnosains Pada Batik Tulis Giriloyo

Batik Tulis Giriloyo menyimpan kekayaan etnosains yang sangat kuat, terutama pada proses kimia, biologi, dan fisika yang berlangsung secara alami dalam tahapan produksinya. Pada aspek kimia, proses pewarnaan menjadi salah satu komponen utama yang menunjukkan bagaimana masyarakat memanfaatkan larutan pewarna alami maupun sintetis secara turun-temurun. Pewarna alami seperti indigo, sogan, dan pace memiliki karakteristik kimia yang unik, karena berasal dari senyawa metabolit sekunder tumbuhan yang mampu menghasilkan warna khas setelah mengalami oksidasi atau reaksi pengendapan tertentu (Azqia et al., 2024). Penggunaan pewarna sintetis, meskipun lebih praktis, juga mengikuti prinsip kimia modern seperti kelarutan zat, kestabilan warna, dan reaksi fiksasi. Pengikatan warna pada kain terjadi melalui reaksi antara molekul pewarna dan serat kapas yang umumnya berbahan selulosa. Proses fiksasi menggunakan zat fiksator memungkinkan warna menjadi lebih kuat dan tidak mudah luntur. Selain itu, penggunaan malam sebagai bahan utama pada proses mencanting menunjukkan reaksi fisikokimia yang khas: malam yang dipanaskan mengalami perubahan wujud dari padat menjadi cair, memungkinkan senyawa hidrokarbon di dalamnya mengalir melalui canting dan membentuk pola tertentu. Sifat asam-basa juga terlihat pada tahapan pewarnaan, karena beberapa larutan pewarna memerlukan kondisi pH tertentu agar dapat berfungsi optimal.

Aspek biologi dalam produksi batik Giriloyo dapat diamati pada penggunaan bahan pewarna alami yang berasal dari berbagai spesies tumbuhan. Indigo atau tarum (*Indigofera tinctoria*) menghasilkan warna biru melalui proses oksidasi enzimatis, sementara sogan berasal dari kulit pohon tertentu yang kaya tanin, menghasilkan warna coklat keemasan. Buah pace (*Morinda citrifolia*), atau mengkudu, memberikan warna merah keunguan melalui senyawa morindon dan morindin. Kandungan senyawa biologi pada bahan-bahan alami ini menunjukkan

keterkaitan erat antara etnobotani masyarakat Giriloyo dan konsep biokimia dalam pembelajaran IPA. Selain itu, proses biodegradasi limbah batik, terutama limbah pewarna alami, memberi gambaran mengenai kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik. Air yang digunakan dalam proses pelorodan atau pencucian juga menjadi sarana berkembangnya komunitas mikroba tertentu, menunjukkan keterkaitan antara praktik budaya dan mikrobiologi lingkungan. Hal ini menunjukkan bagaimana masyarakat setempat sebenarnya memiliki pengetahuan ekologis tertentu terkait pemanfaatan air dan tata kelola limbah, meskipun tidak selalu dijelaskan dalam istilah ilmiah modern.

Aspek fisika dalam proses produksi batik tidak kalah penting dan terlihat jelas pada tahapan pencantingan, pewarnaan, serta pelorodan. Sifat panas malam merupakan salah satu elemen kunci, karena malam harus dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu agar berubah menjadi cairan yang dapat mengalir melalui canting. Proses perubahan wujud ini menunjukkan konsep kalor laten dan hubungan antara suhu dan viskositas. Kapilaritas kain menjadi aspek fisika lain yang signifikan, karena serat kapas menyerap cairan dengan pola tertentu, memengaruhi penyebaran warna dan akurasi motif batik. Difusi warna terjadi ketika molekul pewarna bergerak menembus serat kain, menghasilkan hasil warna yang merata atau gradasi tertentu, tergantung teknik yang digunakan. Pada tahap pewarnaan bertingkat, proses difusi ini menjadi lebih kompleks dan membutuhkan ketelitian pengrajin agar pola tetap konsisten. Energi panas juga berperan besar pada proses pelorodan, yaitu tahap melepaskan malam dari kain dengan merendamnya dalam air panas. Pada proses ini terjadi perpindahan kalor dari air ke kain yang menyebabkan malam meleleh dan terangkat dari permukaan serat. Semua proses tersebut memperlihatkan bagaimana aktivitas membatik merupakan aplikasi nyata konsep fisika, mulai dari perpindahan kalor, perubahan wujud zat, hingga dinamika fluida dan perpindahan massa.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Etnosains pada Batik Tulis Giriloyo

Aspek	Fenomena Utama	Deskripsi Ringkas	Konsep IPA Terkait
Kimia	Pewarna alami (indigo, sogan, pace)	Warna berasal dari metabolit sekunder tumbuhan; mengalami oksidasi & pengendapan	Reaksi oksidasi, senyawa organik, biokimia
	Pewarna sintetis	Mengikuti prinsip kelarutan, kestabilan warna, dan reaksi fiksasi	Kelarutan zat, ikatan molekul, fiksasi warna
	Pengikatan warna & fiksasi	Molekul pewarna berikatan dengan serat selulosa kain; fiksator memperkuat warna	Interaksi molekul, reaksi kimia, afinitas zat
	Reaksi malam	Malam mencair saat dipanaskan, membeku saat dingin, membentuk pola	Perubahan wujud, sifat hidrokarbon, kalor
	Sifat asam-basa	Beberapa pewarna memerlukan pH tertentu agar reaksi stabil	Larutan asam-basa, pH, stabilitas reaksi
Biologi	Pewarna dari tumbuhan	Indigo (biru), sogan (coklat), pace (merah keunguan) berasal dari senyawa alami	Etnobotani, metabolit tumbuhan, pigmen
	Biodegradasi limbah batik	Mikroorganisme menguraikan limbah pewarna alami	Biodegradasi, mikroorganisme, ekologi
	Mikrobiologi air pelorodan	Air panas dan air limbah menjadi habitat mikroba tertentu	Mikrobiologi lingkungan
Fisika	Sifat panas malam	Malam dipanaskan hingga cair; viskositas berubah sesuai suhu	Kalor laten, perubahan wujud, viskositas
	Kapilaritas kain	Serat kapas menyerap cairan; mempengaruhi pola & persebaran warna	Kapilaritas, tegangan permukaan

	Difusi warna	Molekul pewarna bergerak ke serat kain, menciptakan gradasi atau warna merata	Difusi, perpindahan massa
	Energi panas pada pelorodan	Air panas melelehkan malam dan memisahkannya dari kain	Perpindahan kalor, perubahan wujud, dinamika fluida

Potensi Etnosains pada Candi Prambanan

Candi Prambanan merupakan situs budaya yang kaya akan fenomena etnosains, terutama melalui aspek fisika, biologi, dan kimia yang melekat pada arsitektur serta lingkungan sekitarnya. Pada aspek fisika, teknik konstruksi batu sistem interlock menjadi bukti kecanggihan pemahaman masyarakat masa lampau tentang prinsip keteknikan tanpa menggunakan perekat. Sistem interlock memungkinkan batu-batu andesit saling mengunci melalui lekukan dan tonjolan yang dirancang presisi, sehingga tercipta struktur yang stabil meskipun tidak menggunakan semen. Prinsip ini menunjukkan penguasaan intuitif terhadap distribusi gaya, gaya normal, serta gesekan antarbatuan. Selain itu, keberadaan struktur yang menjulang tinggi seperti Candi Siwa memperlihatkan bagaimana konsep gravitasi dan titik tumpu diterapkan secara alami dalam rancangan bangunan (Hanazato et al., 2021). Letak pusat massa yang dihitung secara proporsional, ditambah bentuk bangunan yang mengerucut ke atas, memberi kestabilan ekstra sehingga candi dapat berdiri kokoh selama berabad-abad (Purnama, 2018). Kestabilan struktur tinggi ini juga berkaitan dengan manajemen beban vertikal dan horizontal, terutama dalam menghadapi gempa, yang menjadi karakteristik wilayah Jawa. Fenomena fisika lain yang dapat diamati adalah gelombang bunyi di ruang-ruang kuil. Ruang-ruang sempit dan ber dinding batu menciptakan gema dan reverberasi yang khas, menggambarkan bagaimana gelombang bunyi dipantulkan dan diserap oleh permukaan batu. Efek akustik ini mungkin dimanfaatkan dalam ritual keagamaan masa lampau, dan kini menjadi sarana edukatif untuk memahami konsep gelombang dalam pembelajaran IPA.

Tabel Ringkasan Potensi Etnosains di Candi Prambanan

Aspek	Fenomena Utama	Deskripsi Ringkas	Konsep IPA Terkait
Fisika	Teknik konstruksi batu interlock	Batu andesit saling mengunci tanpa perekat melalui tonjolan dan lekukan presisi, menciptakan struktur stabil berabad-abad	Gaya normal, gesekan, distribusi gaya, teknik struktur
	Gravitasi & titik tumpu	Bangunan mengerucut dengan pusat massa rendah sehingga stabil dan tahan gempa	Pusat massa, gaya gravitasi, stabilitas struktur
	Kestabilan struktur tinggi	Manajemen beban vertikal & horizontal membantu candi tetap kokoh	Beban, torsi, dinamika benda tegar
	Gelombang bunyi	Ruang batu sempit menciptakan gema dan resonansi yang khas	Pemantulan bunyi, resonansi, akustik
Biologi	Keanekaragaman hayati	Pepohonan, burung, serangga, dan rumput membentuk ekosistem sekitar candi	Ekologi, keanekaragaman hayati
	Interaksi manusia–lingkungan	Pengelolaan wisata (pemotongan rumput, penanaman pohon) memengaruhi ekosistem	Adaptasi lingkungan, dampak aktivitas manusia
	Pelestarian flora & fauna	Tanaman lokal dipertahankan untuk menjaga tanah dan estetika kawasan	Konservasi lingkungan
Kimia	Pelapukan batu andesit	Batu mengalami perubahan kimia akibat air, udara lembap, dan suhu	Pelapukan kimia, reaksi geologi
	Oksidasi & pengaruh air hujan	Mineral besi teroksidasi, air hujan asam mempercepat pelarutan batu	Reaksi oksidasi, keasaman, pelarutan

	Struktur mineral batu	Andesit tersusun dari plagioklas, piroksen, silikat yang rentan perubahan	Identifikasi mineral, sifat kimia batuan
--	-----------------------	---	--

Pada aspek biologi, Candi Prambanan berdiri di tengah lingkungan yang memiliki keanekaragaman hayati yang cukup tinggi. Kompleks candi dikelilingi oleh ruang terbuka hijau, pepohonan, rerumputan, serta berbagai spesies burung dan serangga yang menjadikan kawasan ini sebagai habitat hidup. Keanekaragaman hayati ini menjadi contoh nyata hubungan ekologi antara organisme dan lingkungannya, termasuk peran vegetasi dalam menjaga kelembapan, mengurangi erosi, serta menciptakan iklim mikro yang sejuk di sekitar candi. Interaksi manusia-lingkungan juga tampak jelas, terutama dalam pengelolaan kawasan wisata dan konservasi budaya. Kegiatan manusia seperti pemotongan rumput, penanaman pohon, serta pembersihan area memengaruhi dinamika ekologi di sekitar situs. Upaya pelestarian flora dan fauna sekitar situs dilakukan untuk menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus melindungi nilai historis candi. Beberapa tanaman lokal ditanam untuk menjaga estetika dan sekaligus mencegah kerusakan tanah yang dapat mengancam struktur bangunan. Kondisi ini menunjukkan bagaimana praktik konservasi budaya tidak dapat dipisahkan dari konservasi alam, sehingga Prambanan menjadi contoh integratif antara pemeliharaan warisan budaya dan kelestarian lingkungan.

Aspek kimia pada Candi Prambanan dapat diamati terutama melalui proses pelapukan batu andesit yang menyusun bangunan. Andesit sebagai batu vulkanik memiliki struktur mineral yang terdiri atas plagioklas, piroksen, dan sejumlah mineral silikat lainnya, yang rentan mengalami perubahan kimia akibat paparan cuaca. Pelapukan kimia terjadi ketika batu berinteraksi dengan air hujan, udara lembap, dan sinar matahari. Reaksi oksidasi pada mineral besi menyebabkan perubahan warna batu menjadi kecoklatan atau kehitaman, sedangkan reaksi hidrasi dan karbonasi memicu pengembangan pori-pori batu, yang dalam jangka panjang menyebabkan pelapukan struktural. Air hujan yang bersifat sedikit asam mempercepat proses pelarutan mineral tertentu sehingga permukaan batu tampak lebih kasar atau terkikis. Struktur mineral batu yang heterogen juga memengaruhi tingkat pelapukan, karena mineral yang berbeda memiliki ketahanan yang bervariasi terhadap reaksi kimia lingkungan. Seluruh proses ini memperlihatkan bahwa Prambanan adalah laboratorium alam terbuka yang memperlihatkan dinamika kimia geologi secara langsung. Dengan demikian, Candi Prambanan bukan hanya memiliki nilai sejarah dan estetika, tetapi juga fungsi edukatif yang kaya sebagai sumber pembelajaran IPA berbasis etnosains.

PEMBAHASAN

Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA

Integrasi etnosains dalam pembelajaran IPA memberikan peluang besar untuk mengaitkan konsep-konsep ilmiah dengan praktik budaya yang hidup dalam masyarakat. Temuan lapangan pada Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan menunjukkan bahwa berbagai fenomena fisika, kimia, dan biologi yang ditemukan di kedua lokasi tersebut sangat relevan dengan capaian pembelajaran (CP) IPA pada jenjang SMP hingga SMA. Misalnya, pada jenjang SMP, konsep perubahan wujud zat, kalor, kapilaritas, dan campuran dapat dijelaskan melalui proses mencanting, pemanasan malam, pewarnaan, serta pelorodan dalam pembuatan batik. Pada jenjang SMA, konsep reaksi kimia, ikatan molekul, biodegradasi, pelapukan batuan, dan dinamika fluida dapat diintegrasikan dengan proses pewarnaan alami, degradasi limbah batik, serta pelapukan batu andesit di Prambanan. Temuan lapangan juga dapat dihubungkan dengan konsep fisika SMA seperti dinamika benda tegar, pusat massa, titik tumpu, dan gaya, yang semuanya

tercermin dalam teknik konstruksi interlock Prambanan. Dengan demikian, budaya lokal tidak hanya menjadi ilustrasi pelengkap, tetapi bagian integral dari penguatan pemahaman konseptual siswa.

Integrasi ini juga relevan dengan model pembelajaran STEM berbasis budaya (*culturally embedded STEM*) (Anggraini et al., 2024; Fitriani et al., 2024). Pada Batik Giriloyo, unsur Science terlihat pada fenomena kimia pewarna dan fisika panas; Technology pada penggunaan canting dan teknik pencelupan; Engineering pada rekayasa motif dan pengaturan alur malam; serta Mathematics pada pola geometris batik. Di Prambanan, *Science* tampak pada pelapukan batu dan ekologi; Technology pada teknik arsitektur interlock; Engineering pada rekonstruksi dan perhitungan stabilitas struktur; serta Mathematics dalam simetri, proporsi, dan pengukuran ruang. Pendekatan STEM berbasis budaya seperti ini membantu siswa memahami bahwa sains bukanlah pengetahuan asing, tetapi dekat dengan kehidupan mereka dan berkembang dari praktik masyarakat masa lalu. Pembelajaran berbasis budaya juga memperkuat literasi sains kontekstual karena siswa belajar menghubungkan konsep ilmiah dengan fenomena nyata yang mereka lihat, sentuh, dan alami secara langsung. Hal ini sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran autentik dan kontekstual (Purwati & Sukirman, 2024).

Selain etnosains, nilai-nilai etnopedagogi memainkan peran penting dalam pembelajaran. Kearifan lokal yang ditemukan pada pengrajin Batik Tulis Giriloyo mencerminkan nilai-nilai karakter seperti kesabaran dalam mencanting, ketelitian dalam pembuatan garis halus, kolaborasi dalam bekerja bersama komunitas, serta kreativitas dalam merancang motif. Nilai-nilai ini dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran IPA melalui kegiatan proyek (project-based learning), di mana siswa tidak hanya mempelajari konsep sains, tetapi juga menginternalisasi nilai kerja keras, kerja sama, dan estetika. Di sisi lain, Candi Prambanan menawarkan nilai spiritual dan filosofis yang mendalam, seperti makna harmoni, keteraturan, dan hubungan manusia dengan alam. Relief dan arsitektur candi mengajarkan pentingnya keselarasan antara ilmu pengetahuan, seni, dan spiritualitas, sebuah konsep yang dapat mendorong siswa memahami bahwa sains bukanlah disiplin yang berdiri sendiri, melainkan bagian dari kehidupan manusia.

Tabel 3. Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA

Komponen	Batik Tulis Giriloyo	Candi Prambanan	Konsep IPA yang Relevan (SMP-SMA)	Integrasi STEM Berbasis Budaya	Nilai Etnopedagogi
Fenomena Budaya Utama	Mencanting, pemanasan malam, pewarnaan alami, pelorodan	Teknik konstruksi interlock, pelapukan andesit, ekologi lingkungan	SMP: perubahan wujud zat, kalor, kapilaritas, campuran SMA: reaksi kimia, ikatan molekul, biodegradasi	S: Pewarna kimia & alami, perubahan wujud malam T: Canting & teknik pewarnaan E: Rekayasa motif batik M: Pola geometris batik	Kesabaran, ketelitian, kolaborasi, kreativitas
Fenomena Ilmiah Kunci	Difusi warna, reaksi oksidasi, kapilaritas kain, biodegradasi limbah	Pusat massa, titik tumpu, gaya, resonansi bunyi, pelapukan kimia	SMA: dinamika benda tegar, pelapukan, dinamika fluida	S: Pelapukan batuan, ekologi T: Arsitektur interlock E: Perhitungan stabilitas & rekonstruksi M: Simetri, proporsi, pengukuran	Harmoni, spiritualitas, keberlanjutan lingkungan

Peran dalam Pembelajaran	Kontekstualisasi konsep kimia & fisika melalui praktik membatik	Pemahaman konsep struktur, gaya, pelapukan, dan ekosistem melalui arsitektur candi	Meningkatkan pemahaman konsep abstrak melalui fenomena nyata	Memberi contoh integrasi STEM dari budaya lokal	Estetika, kerja keras, keteraturan
Manfaat bagi Literasi Sains	Membantu siswa menghubungkan teori dengan praktik langsung	Menjadi "laboratorium alam terbuka" untuk mengamati fenomena IPA	Mengembangkan keterampilan observasi, analisis, dan inferensi	Menumbuhkan pemahaman bahwa sains lahir dari budaya	Menguatkan identitas budaya dan kepedulian lingkungan
Keselarasan dengan Kurikulum Merdeka	Pembelajaran autentik, berbasis proyek, kontekstual	Pembelajaran langsung dari lingkungan & artefak budaya	CP IPA SMP-SMA tercapai melalui pendekatan budaya	Pembelajaran holistik berbasis STEAM budaya	Pembentukan karakter & literasi budaya

Nilai estetika dan konservasi lingkungan juga menjadi aspek penting dari etnopedagogi. Keindahan motif batik dan keagungan arsitektur Prambanan memberikan contoh nyata tentang bagaimana masyarakat memadukan seni dan sains. Selain itu, upaya menjaga kelestarian lingkungan di sekitar kedua situs budaya menunjukkan pentingnya kesadaran ekologis yang dapat diperkuat melalui pembelajaran IPA berbasis budaya. Dengan demikian, integrasi etnosains dan etnopedagogi bukan hanya memperkaya konten pembelajaran IPA, tetapi juga membangun karakter, identitas budaya, dan kepedulian lingkungan pada peserta didik. Pendekatan ini menjadikan pembelajaran IPA lebih bermakna, relevan, dan berorientasi pada pembentukan generasi yang berpengetahuan luas sekaligus berakar pada nilai-nilai budaya bangsa.

Model Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains

Berdasarkan temuan lapangan pada Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan, sebuah model pembelajaran IPA berbasis etnosains-etnopedagogi dapat dirumuskan untuk meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus membangun karakter dan literasi budaya peserta didik. Model ini dimulai dari tahap orientasi budaya, yaitu tahap mengenalkan siswa pada konteks budaya yang menjadi sumber belajar. Pada tahap ini, guru menghadirkan cerita, video, gambar, atau bahkan kunjungan langsung terkait proses membatik atau arsitektur Prambanan. Orientasi ini bertujuan membangun rasa ingin tahu, menumbuhkan koneksi emosional, dan mempersiapkan kerangka berpikir siswa sebelum memasuki kajian ilmiah. Tahap Orientasi Budaya juga membantu siswa memahami bahwa praktik budaya yang mereka temui bukan sekadar tradisi, tetapi juga mengandung pengetahuan ilmiah yang telah dikembangkan oleh masyarakat (Topsakal et al., 2022).

Tabel 4. Aktivitas Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains–Etnopedagogi

Tahap	Fokus Kegiatan	Aktivitas Inti	Media/Artefak	Konsep IPA	Nilai Karakter
Orientasi Budaya	Mengenal konteks budaya	Guru menayangkan video/cerita; siswa mengamati & bertanya	Video batik, foto Prambanan	Observasi ilmiah dasar	Rasa ingin tahu, apresiasi budaya
Eksplorasi Sains	Menemukan fenomena ilmiah pada budaya	Guru memberi pertanyaan pemantik; siswa mengamati proses batik/prambanan	Malam batik, pewarna, miniatur candi	Perubahan wujud, difusi, gaya, pelapukan	Ketelitian, kesabaran

Eksperimen Budaya	Menerapkan konsep IPA	Guru membimbing eksperimen; siswa melakukan praktikum	Ekstrak pewarna, kain, balok interlock	Reaksi kimia, kalor, kapilaritas, stabilitas	Kolaborasi, kreativitas
Refleksi Nilai	Menghubungkan sains dengan nilai budaya	Guru meminta refleksi; siswa menuliskan pengalaman	Catatan refleksi	Hubungan sains-budaya	Harmoni, estetika, spiritualitas
Penguatan Literasi Sains	Merangkum konsep & nilai	Guru memfasilitasi laporan/presentasi; siswa menyajikan hasil	Poster, laporan IPA	Literasi sains, pemecahan masalah	Tanggung jawab, kebanggaan budaya

Tahap berikutnya adalah eksplorasi sains pada artefak, di mana siswa mengidentifikasi fenomena ilmiah yang terdapat dalam praktik budaya. Misalnya, pada batik, siswa mengamati proses mencanting, pewarnaan, dan pelorodan untuk mengidentifikasi konsep perubahan wujud zat, difusi, reaksi kimia, atau kapilaritas. Pada Prambanan, siswa mengeksplorasi konstruksi interlock, pelapukan batu, atau ekologi lingkungan untuk memahami konsep gaya, struktur bangunan, reaksi kimia lingkungan, dan keanekaragaman hayati. Pada tahap ini, guru berfungsi sebagai fasilitator yang memandu siswa menemukan hubungan antara fenomena budaya dan konsep IPA melalui pertanyaan pemantik dan diskusi analitis.

Tahap ketiga adalah eksperimen sederhana berbasis budaya, yaitu kegiatan praktikum atau proyek kecil yang mereplikasi sebagian proses budaya tersebut dalam konteks ilmiah. Misalnya, siswa dapat melakukan eksperimen pewarnaan menggunakan ekstrak tumbuhan, menguji sifat kapilaritas kain, membuat model konstruksi interlock dari bahan sederhana, atau mengamati pelapukan batu menggunakan larutan asam lemah. Eksperimen semacam ini membantu siswa memahami konsep abstrak secara konkret dan memberikan pengalaman belajar langsung yang bermakna.

Tahap berikutnya adalah refleksi nilai, yaitu tahap mengaitkan proses sains dengan nilai-nilai budaya yang ditemukan. Pada batik, siswa dapat merefleksikan nilai kesabaran, ketelitian, dan estetika; sedangkan pada Prambanan, siswa dapat menelaah nilai harmoni, spiritualitas, dan filosofi hidup. Refleksi nilai membantu siswa memahami bahwa sains berjalan berdampingan dengan nilai-nilai kemanusiaan dan budaya. Model ini ditutup dengan penguatan karakter dan literasi sains, di mana siswa merangkum temuan ilmiahnya, menghubungkannya dengan kehidupan sehari-hari, dan menginternalisasi nilai-nilai budaya yang dipelajari. Tahap ini memastikan bahwa pembelajaran tidak hanya memperkuat pengetahuan, tetapi juga membangun kecakapan berpikir kritis, kolaborasi, tanggung jawab, dan identitas budaya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Batik Tulis Giriloyo dan Candi Prambanan memiliki potensi etnosains dan etnopedagogi yang sangat kaya serta relevan untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran IPA. Proses membuat mengandung fenomena kimia, biologi, dan fisika yang konkret dan dekat dengan kehidupan siswa, sementara arsitektur dan lingkungan Prambanan menghadirkan contoh nyata penerapan konsep gaya, struktur, pelapukan batuan, dan ekologi. Selain memperkuat pemahaman konseptual, kedua situs budaya tersebut juga memuat nilai-nilai karakter seperti kesabaran, ketelitian, kreativitas, harmoni, spiritualitas, dan kepedulian lingkungan. Integrasi etnosains-etnopedagogi dalam pembelajaran IPA tidak hanya meningkatkan literasi sains dan relevansi pembelajaran, tetapi juga membantu siswa membangun identitas budaya dan karakter positif. Dengan demikian, pembelajaran IPA berbasis



budaya lokal menjadi pendekatan strategis yang selaras dengan Kurikulum Merdeka dan mampu menghasilkan pengalaman belajar yang autentik, bermakna, dan holistik bagi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. A., Richardo, R., Mubarak, M. N., & Bayu, W. S. (2025). Ethnomathematics: Mathematical Activities of Hand-drawn Batik Craftsmen Community in Giriloyo, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Education Culture and Society*, 16(1), 433–449. <https://doi.org/10.15503/jecs2025.2.433.449>
- Abdullah, A., Richardo, R., Mubarak, M. N., & Bayu, W. S. (2024). GIRILOYO WRITTEN BATIK MOTIFS VIEWED FROM AN ETHNOMATHEMATICS PERSPECTIVE. *Jurnal Math-UMB.EDU*, 11(3), 177–183. <https://doi.org/10.36085/mathumbedu.v11i3.6559>
- Anggraini, B. A. N., Purwosetiyono, F. X. D., Sumarti, S., & Purwati, H. (2024). Pengaruh Problem Based Learning dengan Pendekatan Culturally Responsive Teaching terhadap Kemampuan Literasi Matematis Siswa pada Materi Statistika. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(2). <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i2.1917>
- Astiti, N. D., Mahadewi, P. L. P., Suarjana, I. M., & Kunci, K. (2021). Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Belajar IPA. *Jurnal Mimbar Ilmu*, 26(2), 193–203. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MI>
- Azqia, M. N., Wandira, A., Prastari, D., & Kusumawati, L. (2024). Menggali Potensi Industri Kreatif Batik, Analisis Perkembangan dan Peluang di Daerah Istimewa Yogyakarta. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 5(1), 86–94. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v5i1.8392>
- Center for Education Statistics, N. (2000). *Science Literacy PISA Science Literacy Items and Scoring Guides*.
- Dan Arif Suharson, I. M. S. (2013). “BATIK MBANTULAN” DI SENTRA BATIK GIRILOYO DAN WIJIREJO BANTUL. *CORAK*. <https://doi.org/10.24821/corak.v0i0.290>
- Dinurrohmah, S., Sari, G. M. A., Wisutama, R. A., Sulaeman, N. F., & Nuryadin, A. (2023). Potensi Pembelajaran Berbasis Etnosains dalam Buku Ajar Kurikulum Merdeka IPA SMP Kelas VII. *Kappa Journal*, 7(2), 184–192. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i2.12254>
- Endaristi, A. A., Sutama, Nurcahyo, A., Adnan, M., Salamah, & Desmayanasari, D. (2023). Ethnomathematics of Prambanan Temple on geometric material. *5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE DESIGN, ANALYSIS & DEVELOPMENT PRACTICES IN AEROSPACE & AUTOMOTIVE ENGINEERING: I-DAD'22*, 020019. <https://doi.org/10.1063/5.0141460>
- Fitriani, R., Untari, M. F. A., & Jannah, F. M. (2024). Implementasi Pendekatan Culturally Responsive Teaching (CRT) dalam Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 11916–11924. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7529>
- Hanazato, T., Tanaka, H., Uekita, Y., & Subroto, Y. (2021). Seismic Structural Evaluation of Candi Siva, Prambanan World Heritage Temple, by Introducing Muography. In *Protection of Historical Constructions* (pp. 1443–1454). https://doi.org/10.1007/978-3-030-90788-4_109
- Istikomayanti, Y., Aldya, R. F., Djarawula, E., & Malo, A. R. (2023). Potensi Tenun Ikat Sebagai Sumber Belajar Berbasis Etnosains. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 8(2), 104–114. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v8i2.519>
- Kartimi, K., & Winarso, W. (2021). Enhancing Students' Science Literacy Skills; Implications for Scientific Approach in Elementary School. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 8(2), 161–177. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v8i2.9175>
- Kelana, J. B., Wardani, D. S., & Wulandari, M. A. (2021). Etnosains sebagai Sumber Belajar di Sekolah Dasar. *JIKAP PGSD: Jurnal Ilmiah Ilmu Kependidikan*, 5(1), 74–79. <https://doi.org/10.26858/jkp.v5i1.16822>
- Kinanti, T. R., Nugraha, A. S., & Rudhito, M. A. (2024). Study of Ethnomatematics Sendratari Ramayana at the Ramayana Ballet in Prambanan Temple. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 7(2), 129. <https://doi.org/10.30738/indomath.v7i2.108>
- Laksono, P. J., Patriot, E. A., Shiddiq, A. S., & Astuti, R. T. (2023). Etnosains: Persepsi Calon Guru Kimia terhadap Pembelajaran Kontekstual Berbasis Budaya. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(1), 66–80. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v7i1.17114>
- Purnama, Ig. S. (2018). STRATIGRAFI BATUAN DAN KONDISI AKUIFER DI KAWASAN WISATA CANDI BOROBUDUR DAN PRAMBANAN. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 6(1). <https://doi.org/10.29122/jrl.v6i1.1916>



- Purwati, E., & Sukirman, D. (2024). Teacher competence development in Kurikulum Merdeka implementation: A literature study. *Inovasi Kurikulum*, 21(1), 41–54. <https://doi.org/10.17509/jik.v21i1.62277>
- Rikizaputra, R., Festiyed, F., Diliarosta, S., & Firda, A. (2021). Pengetahuan Etnosains Guru Biologi di SMA Negeri Kota Pekanbaru. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 186–194. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v4i2.14257>
- Sari, N. P., Suhirman, S., & Walid, A. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains Materi Interaksi Makhluk Hidup dengan Lingkungannya untuk Menanamkan Jiwa Konservasi Siswa Kelas VII SMP. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(2), 63–74. <https://doi.org/10.32938/jbe.v5i2.554>
- Sari, S. P., Nasution, I. S., & Sari, M. (2023). ESKALASI PROGRAM ALUR MERDEKA MATERI ETNOSAINS PEMBUATAN KLEPON DALAM ESKALASI LITERASI SAINS PADA MATA KULIAH PRAKTIKUM IPA PGSD FKIP UMSU. *JURNAL TARBIYAH*, 30(2), 191. <https://doi.org/10.30829/tar.v30i2.2999>
- Sugiarto, A., & Djukri, D. (2015). PEMBELAJARAN BERBASIS SETS SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN KREATIVITAS DALAM PEMECAHAN MASALAH PENCEMARAN LINGKUNGAN. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.21831/jipi.v1i1.4527>
- Thein, P. S., Pramumijoyo, S., Brotopuspito, K. S., Kiyono, J., Wilopo, W., Husein, S., & Setianto, A. (2015). *Estimation of underground structure at Prambanan area, Yogyakarta, Indonesia*. 040003. <https://doi.org/10.1063/1.4915036>
- Topsakal, I., Yalçın, S. A., & Çakir, Z. (2022). The Effect of Problem-based STEM Education on the Students' Critical Thinking Tendencies and Their Perceptions for Problem Solving Skills. *Science Education International*, 33(2), 136–145. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i2.1>
- Trianawati, F., Hadi, S., & Septyarini, E. (2024). Pengaruh Knowledge Management, Pelatihan dan Kepuasan Kerja terhadap Produktivitas Kerja pada UMKM Kampung Batik Giriloyo Kabupaten Bantul. *J-MAS (Jurnal Manajemen Dan Sains)*, 9(1), 550. <https://doi.org/10.33087/jmas.v9i1.1703>