



EduNaturalia

Jurnal Biologi dan Kependidikan Biologi
FKIP Universitas Tanjungpura
Homepage:
<http://jurnal.untan.ac.id/pkp/indeks/EduNaturalia>



AKTIVITAS ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL PERAK HASIL BIOSINTESIS *Plantago Major* L.: KAJIAN BIOLOGIS DAN IMPLIKASINYA DALAM PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL

^{1*}Muhammad Saefi, ²Widi Cahya Adi, ³Rahmania Pamungkas, ⁴Ahmad Kamal Sudrajat, ⁵M. Eval
Setiawan

¹ UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang, Indonesia

² UIN Walisongo Semarang, Semarang, Indonesia

³ Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

⁴ Institut Agama Islam Negeri Kerinci, Kerinci, Indonesia

*Email Korespondensi: muhammadsaefi@bio.uin-malang.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima 03 November 2025

Direvisi 29 Oktober 2025

Dipublikasikan 30 November 2025

ABSTRACT

Science learning in higher education is often detached from students' cultural context, thus reducing the relevance of the material and scientific concepts being learned. This study aims to examine how student involvement in a biosynthesis experiment of silver nanoparticles (AgNPs) from *Plantago major* L. and its antibacterial activity testing can improve students' understanding and attitudes regarding cultural context and science content. The study used a mixed-methods approach involving 34 Biology students in a series of laboratory activities, pretest-posttest knowledge evaluations, and narrative reflections. The characterization results showed an absorbance peak of AgNPs at 460 nm and indicated nanoparticles with uniform size. Meanwhile, AgNPs showed higher antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* than *Salmonella typhi*. Bayesian paired t-test analysis showed a significant increase in students' knowledge scores, and narrative reflections revealed a strengthening of attitudes towards recognizing culture as a source of science learning. These findings indicate that local resource-based laboratory learning activities are not only biologically relevant but also effective in shaping students' scientific understanding and are culturally meaningful.

Keywords: Silver nanoparticles (AgNPs); leaf extract of *Plantago major* L.; integration of indigenous knowledge in science education; contextual learning approach

1. Pendahuluan

Pembelajaran sains yang diintegrasikan dengan pengetahuan lokal terbukti memberikan konteks yang menarik bagi mahasiswa karena menghubungkan tiga unsur penting yakni konsep ilmiah, budaya, dan kehidupan sehari-hari (Febrian

et al., 2024; Yazidi & Rijal, 2024). Mahasiswa yang terpapar pengetahuan lokal selama proses pembelajaran sains menunjukkan minat yang tinggi terhadap studi interdisipliner dan lebih responsif terhadap budaya yang ada di sekitar mereka (Verawati & Wahyudi, 2024; Yazidi & Rijal, 2024). Bahkan, pendekatan ini dikatakan dapat meningkatkan motivasi, pemahaman materi yang lebih mendalam (Gonzalez, 2023), dan keterampilan ilmiah mahasiswa (Ramadani, 2025), khususnya untuk menyelesaikan masalah kesehatan dan keanekaragaman hayati.

Terlepas dari keuntungan yang menjanjikan, integrasi pengetahuan lokal dan sains mempunyai sejumlah tantangan khususnya kerangka acuan yang berbeda dan kurangnya sumber daya dan dukungan (Druker-Ibáñez & and Cáceres-Jensen, 2022). Dalam konteks nonsains, terdapat kebutuhan penyesuaian kerangka acuan budaya lokal terhadap pendidikan sains (Kalolo, 2015). Sementara itu, terdapat kritikan terhadap pengalaman sehari-hari mahasiswa dapat menjadi sumber miskonsepsi jika tidak dipandu dengan pengetahuan sains barat (Tan et al., 2013). Ditambah lagi materi sains seringkali gagal beresonansi dengan mahasiswa yang mempunyai latar belakang budaya yang kuat, sedangkan pendidik kurang membangun kontekstualisasi dalam membelajarkan mahasiswa (Tapia, 2020). Terdapat strategi yang diusulkan oleh para ilmuwan untuk menjembatani permasalahan ini. Salah satu strategi yang paling direkomendasikan adalah implementasi pendidikan berbasis tempat (PBT) atau pengajaran responsif budaya.

Pendidikan berbasis tempat (PBT) menekankan lintas disiplin dengan setidaknya mengintegrasikan aspek alam, budaya, dan sosial ekonomi dari tempat yang dipelajari (Morgan & Thorpe, 2022). Pendidikan ini dirancang untuk melibatkan mahasiswa dengan konteks lokal yang dapat mencakup pembelajaran berbasis komunitas dan pengalaman (Yemini et al., 2025). Keterlibatan mahasiswa dalam kegiatan langsung dapat membantu mahasiswa merefleksikan proses pembelajaran dan meningkatkan pemahaman epistemologis mereka terhadap penyelidikan ilmiah (McComas, 2014). Jika ditinjau dalam konteks pembelajaran biologi, pembelajaran berbasis pengalaman melalui laboratorium memberikan mahasiswa pengalaman penelitian yang otentik (Gasper & Gardner, 2013). Pemanfaatan sumber daya lokal dalam kegiatan laboratorium memungkinkan mahasiswa merasakan penerapan langsung pembelajaran sains di lingkungan mereka sendiri (Sauterer, 2017). Secara konkret, contoh PBT ini yakni integrasi tanaman obat, misalnya *Plantago major* L., ke dalam pembelajaran untuk meningkatkan pembelajaran sains dan menyelaraskan praktik asli dengan pengetahuan ilmiah modern (Latip et al., 2024). Lebih khusus, dikatakan bahwa kegiatan analisis produk alami dan potensinya sebagai antibakteri akan mempromosikan pemahaman holistik sains mahasiswa (Busta & Russo, 2020).

Sementara itu, ditinjau dari aspek laboratorium, *Plantago major* L. secara tradisional dipercaya dapat menyembuhkan luka (Munawer, 2024; Zhakipbekov et al., 2023) dan membantu mengurangi demam (Atibayeva & Tynykulov, 2024; Najafian et al., 2018). Pada konteks sains, potensi tentang sintesis nanopartikel perak (AgNP) dari ekstrak daun *Plantago major* L. dan potensinya sebagai sifat antibakteri juga telah dieksplorasi. AgNP yang disintesis menggunakan *Plantago major* L. menunjukkan aktivitas antibakteri misalnya *Micrococcus luteus* dan *Escherichia coli* (Nikaeen et al., 2020). AgNP secara umum juga dapat menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* yang resisten terhadap metisilin (MRSA) (Mateo & Jiménez, 2022). Sementara aktivitas antibakteri spesifik AgNP *Plantago major* L. terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi* belum dipelajari secara langsung dan dibandingkan. Namun, efektivitas AgNP ini terhadap strain resisten dapat menunjukkan potensi untuk penelitian masa depan di bidang etnomikrobiologi (Thomas et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana keterlibatan mahasiswa biologi dalam aktivitas biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak *Plantago major* L. dan pengujian aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*. Secara lebih spesifik, penelitian ini mengeksplorasi temuan empiris dari eksperimen biologis, dan dampak pedagogisnya terhadap perkembangan pemahaman mahasiswa dan cara pandang mereka terhadap integrasi sains dan pengetahuan lokal.

2. Metode Penelitian

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (*mix methode*). Pemilihan pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang utuh terkait dengan studi pemanfaatan tanaman *Plantago major* L. (daun sendok) sebagai agen antibakteri berbasis kearifan lokal, dampaknya terhadap pemahaman, dan sikap mahasiswa dalam mengintegrasikan sains dan pengetahuan lokal. Pendekatan kuantitatif mencakup dua aspek utama. Pertama, aktivitas laboratorium berupa sintesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan ekstrak daun sendok dan pengujian aktivitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*. Pendekatan ini sejalan dengan temuan tentang potensi tentang ekstrak tumbuhan dalam menangani infeksi dari mikroba resisten (Morquette *et al.*, 2023). Mahasiswa mengikuti pelaksanaan kegiatan ini selama 14 minggu dengan kegiatan mempelajari teori dasar (empat minggu), merancang percobaan (tiga minggu), kegiatan laboratorium (empat minggu), dan menyusun laporan (tiga minggu). Kedua, pengukuran pemahaman mahasiswa melalui tes pengetahuan tentang pemanfaatan daun sendok dalam pengobatan tradisional yang dilakukan pada minggu pertama dan pada minggu keenam belas.

Sementara itu, pendekatan kualitatif dilaksanakan melalui refleksi naratif yang ditulis oleh mahasiswa setelah mereka mengikuti seluruh rangkaian kegiatan laboratorium yakni pada minggu keenam belas. Refleksi ini bertujuan untuk mengungkapkan pengalaman belajar transformatif mahasiswa.

2.2. Partisipan Penelitian

Penelitian ini melibatkan satu kelas yang terdiri dari 34 mahasiswa Program Studi Biologi semester tujuh dari salah satu perguruan tinggi negeri di Malang. Mahasiswa terdiri dari 29 orang perempuan dan lima orang laki-laki. Mahasiswa dipilih secara purposif berdasarkan keterlibatan mereka dalam mata kuliah Teknik Analisis Mikroba, yang memungkinkan mereka untuk memahami dan melaksanakan prosedur laboratorium yang diperlukan. Mahasiswa tidak hanya bertindak pelaksana teknis tetapi juga perancang percobaan dan evaluator terhadap hasil uji laboratorium yang mereka lakukan, sehingga dapat pembelajaran untuk persiapan tugas akhir dan menghadapi dunia kerja (Putra *et al.*, 2022). Selain itu, faktor kenyamanan dan keterjangkauan menjadi pertimbangan mengingat peneliti utama merupakan dosen pengampu dalam kelas tersebut. Mahasiswa mengikuti penelitian ini tanpa ada unsur paksaan, sukarela, dan berhak menarik diri selama proses penelitian tanpa dikaitkan dengan unsur penilaian matakuliah yang mereka ikuti. Secara umum, penelitian ini telah mengikuti dan mematuhi Deklarasi Helsinki.

2.3. Prosedur Laboratorium

a. Persiapan Ekstrak Daun Sendok

Persiapan dimulai dengan pengeringan dan bubuk daun *Plantago major* L. Pada metode yang dijelaskan, 10 gram bubuk daun kering dilarutkan dalam 50 mL akuades (air suling) dan direbus pada suhu 80–90°C selama 15 menit. Setelah mendidih, larutan didinginkan hingga suhu kamar dan disaring menggunakan kertas saring Whatman nomor 1 untuk mendapatkan filtrat bening. Filtrat ini mengandung fitokimia yang diperlukan untuk reduksi ion perak menjadi nanopartikel. Proses perebusan ekstrak daun dapat meningkatkan pelepasan senyawa khususnya flavonoid dan polisakarida yang berperan sebagai agen pereduksi yang mengubah ion perak (Ag^+) menjadi nanopartikel perak (AgNP) (Agarwal *et al.*, 2020).

b. Sintesis Nanopartikel Perak (AgNPs)

Larutan AgNO_3 1 mM dibuat dengan melarutkan 0,085 gram AgNO_3 ke dalam 500 mL akuades. Sebanyak 90 mL larutan AgNO_3 tersebut dicampur dengan 10 mL ekstrak daun sendok dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60°C selama 60 menit. Tahapan ini merujuk kondisi penelitian lain yang telah terbukti efektif (Le & Nguyen, 2023; Salma & Nasir, 2024). Setelah proses pengadukan, campuran dibiarkan pada suhu ruang selama 24 jam hingga terjadi

perubahan warna menjadi coklat kemerahan yang merupakan indikator terbentuknya AgNPs. Perubahan warna ini disebabkan oleh resonansi plasmon permukaan nanopartikel (Le & Nguyen, 2023; Salma & Nasir, 2024).

c. Karakterisasi Nanopartikel

Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV–Vis dengan panjang gelombang antara 300 hingga 700 nm. Keberadaan AgNPs dikonfirmasi melalui kemunculan puncak absorbansi (λ_{max}) di kisaran 420–480 nm yang merupakan rentang khas bagi nanopartikel perak. Pada penelitian sebelumnya, AgNP menunjukkan absorbansi mulai dari 400 nm pada *Diospyros maritima* Blume (Agustina *et al.*, 2021), 420–430 nm pada *Cunninghamella echinulate* (Anbazhagan *et al.*, 2017), dan 440 nm pada *Anabaena variabilis* (Ahamad *et al.*, 2021).

d. Uji Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode sumuran pada media Nutrient Agar (NA). Suspensi bakteri uji, yaitu *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Salmonella typhi* (Gram negatif), disiapkan sesuai standar McFarland 0,5 dan disebarkan secara merata di permukaan media menggunakan batang spreader steril. Sumuran berdiameter 6 mm dibuat pada agar, kemudian masing-masing diisi dengan 15 μL larutan AgNPs, sementara larutan streptomisin (1 mg/mL) sebagai kontrol positif, dan DMSO 10% sebagai kontrol negatif seperti yang disarankan penelitian sebelumnya (Mahsa *et al.*, 2016). Setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C, zona hambat diukur menggunakan jangka sorong digital dan dinyatakan dalam satuan milimeter. Ukuran zona hambat menunjukkan potensi antibakteri (Bonev *et al.*, 2008). Seluruh uji dilakukan dalam tiga ulangan (triplo) untuk memastikan reproduibilitas hasil. Secara ringkas seluruh prosedur laboratorium disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Ringkasan Prosedur Biosintesis Dan Uji Antibakteri AgNPs

Tahap Prosedur	Deskripsi
Ekstraksi daun sendok	10 g serbuk + 50 mL akuades, direbus 15 menit pada 80–90°C
Sintesis AgNPs	90 mL AgNO_3 1 mM + 10 mL ekstrak, diaduk 60°C selama 60 menit, 24 jam
Karakterisasi	UV–Vis (300–700 nm), λ_{max} : 420–480 nm
Uji antibakteri	Metode sumuran, bakteri <i>S. aureus</i> & <i>S. typhi</i> , diinkubasi 24 jam
Kontrol	Positif: streptomisin 1 mg/mL, Negatif: DMSO 10%

2.4. Evaluasi Pemahaman Mahasiswa

a. Instrumen Pengetahuan

Instrumen berupa kuesioner terdiri dari 10 pernyataan dalam skala Likert (1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju) yang dirancang untuk mengukur pemahaman mahasiswa mengenai penggunaan *P. major* L. dalam pengobatan tradisional. Aspek yang dinilai meliputi pengalaman penggunaan, jenis penyakit yang diobati, bagian tanaman yang digunakan, metode pengolahan, alasan pemilihan, sumber pengadaan, manfaat tambahan, nama lokal dan ilmiah, serta keterkaitan dengan konsep ilmiah merujuk pada (Erarslan *et al.*, 2020). Instrumen divalidasi oleh ahli di bidang biologi dan pendidikan biologi sebelum digunakan. Pada konteks penelitian ini, reliabilitas instrumen diuji melalui perhitungan Cronbach's alpha dan menunjukkan nilai >0.8, yang mengindikasikan konsistensi internal yang kuat.

b. Refleksi Naratif Mahasiswa

Mahasiswa diminta menuliskan refleksi naratif setelah menyelesaikan rangkaian aktivitas laboratorium. Refleksi ini mencakup pengalaman personal, pemahaman baru, serta perubahan cara pandang. Refleksi dikumpulkan secara tertulis dan dianalisis menggunakan pendekatan kualitatif untuk mengidentifikasi tema utama sehingga didapatkan wawasan tentang bagaimana mahasiswa memandang pengalaman belajar mereka dan integrasi pengetahuan lokal dan ilmiah.

2.5. Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif untuk menghitung nilai rata-rata dan simpangan baku dari zona hambat yang terbentuk, dan dikategorikan berdasarkan ukuran efeknya yakni lemah, sedang, dan kuat. Selain itu, untuk mengukur

efektivitas pembelajaran, dilakukan analisis *paired t-test* berbasis Bayesian untuk membandingkan skor pretest dan posttest pengetahuan mahasiswa. Analisis Bayesian dipilih karena dapat menangani ukuran sampel yang kecil, distribusi data tidak mengikuti distribusi normal, dan memberikan interpretasi probabilistik yang intuitif (Nury, 2023). Analisis ini menggunakan software JASP.

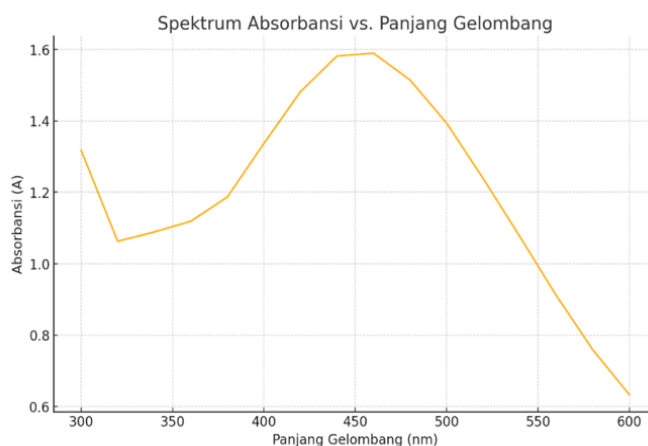
Sementara itu, data refleksi dianalisis menggunakan pendekatan *content analysis* secara induktif dengan mengidentifikasi dan mengkategorikan tema-tema utama yang muncul dari narasi mahasiswa. Proses ini dilakukan melalui pembacaan berulang dan kodifikasi tematik mengacu pada Braun & Clarke (2006) yang kemudian dirumuskan menjadi dimensi pemahaman mahasiswa terkait integrasi sains dan kearifan lokal. Penjaminan hasil analisis kualitatif dilakukan dengan memberlakukan *interrater reliability* dan *member checking*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi Nanopartikel Perak (AgNPs)

Karakterisasi nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak daun *Plantago major* L. dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 300–600 nm. Hasilnya menunjukkan adanya puncak absorbansi maksimum (λ_{max}) pada panjang gelombang 460 nm, dengan nilai absorbansi sebesar 1,590 A (Gambar 1). Karakterisasi UV-Vis AgNP pada λ_{max} 460 nm selaras dengan temuan sebelumnya bahwa AgNP yang disintesis ekstrak tumbuhan menunjukkan pada kisaran ini, yakni ekstrak daun *Jatropha curcas* L. menunjukkan penyerapan maksimum pada 428 hingga 434 nm (Nury, 2023), ekstrak *Lepidium sativum* pada 453 nm (Obaidellah & Ahmed, 2023), dan ekstrak *Cymbopogon citratus* juga menghasilkan AgNP dengan puncak Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR) pada 470 nm (Rakib-Uz-Zaman et al., 2022). Hal ini berkaitan dengan parameter sintesis pada sifat optik nanopartikel.

Sementara itu, kurva absorbansi menunjukkan profil simetris dan tajam, dengan peningkatan bertahap dari 300 nm hingga mencapai puncak pada 460 nm, lalu menurun tajam setelah 480 nm. Puncak yang relatif sempit dan simetris ini menunjukkan distribusi yang cukup seragam (Zaheer, 2018). Sementara itu, tidak terdapat bahu spektral yang lebar dapat menunjukkan bahwa partikel tidak beragregasi (Kumar, 2017). Dengan demikian, metode sintesis ini dikatakan dapat menghasilkan AgNP yang stabil dan seragam (Santos et al., 2024). Ekstrak daun *Plantago major* L. bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil nanopartikel dengan sifat antimikroba (Khan et al., 2022; Moradi et al., 2022).

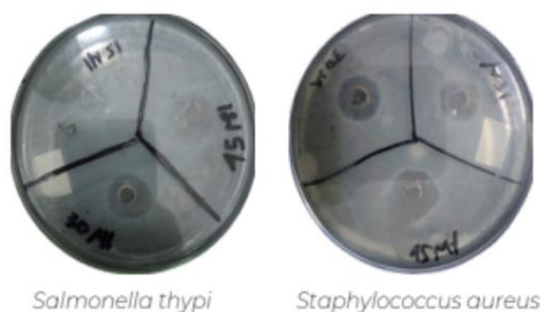


Gambar 1. Spektrum absorbansi sampel AgNPs dari daun *Plantago major* L. pada rentang panjang gelombang 300–600 nm

3.2. Aktivitas Antibakteri AgNPs

Efektivitas antibakteri AgNPs dari ekstrak daun *Plantago major* L. diuji terhadap dua jenis bakteri dengan gram yang berbeda, yaitu *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Salmonella typhi* (Gram negatif). Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan daya hambat yang signifikan antara kedua spesies bakteri uji (Gambar 2). Zona hambat terhadap S.

typhi berkisar antara 2,185 mm hingga 3,445 mm, sebaliknya, zona hambat terhadap *S. aureus* yang terbentuk lebih besar, yakni antara 11,08 mm hingga 11,545 mm. Hasil analisis daya hambat disajikan secara ringkas pada Tabel 2. Berdasarkan klasifikasi zona hambat, nilai ini menunjukkan bahwa AgNPs ekstrak daun *Plantago major* L. memiliki aktivitas antibakteri yang tergolong rendah terhadap *S. typhi* dan sedang hingga kuat terhadap *S. aureus*.



Gambar 2. Hasil uji antibakteri AgNPs dari ekstrak daun *Plantago major* L. diuji terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai konsentrasi hambat minimum, nilai hambat umumnya lebih rendah untuk bakteri untuk Gram positif dibandingkan dengan bakteri Gram negatif yang menunjukkan bahwa bakteri positif mempunyai kerentanan yang lebih tinggi (Dovnar *et al.*, 2022). Dengan kata lain, zona hambat akan lebih besar pada bakteri *S. aureus* dibandingkan dengan *S. typhi* ketika dipaparkan dengan AgNP (Ruiz *et al.*, 2022; Sochorová *et al.*, 2020). AgNPs dari *Planta major* L kurang terasa pada bakteri Gram negatif berkaitan dengan penghalang membran luar tambahannya (AL-Dujaily & Mahmood, 2022; Trzcińska-Wencel *et al.*, 2023).

Secara mekanis, AgNP menyebabkan kerusakan fisik pada membran sel bakteri sehingga terjadi lisis sel. Bakteri Gram positif memiliki struktur dinding sel yang lebih sederhana dibandingkan dengan Gram negatif yang kompleks (Li *et al.*, 2020; Naik & Ramana Devi, 2021). Meskipun bakteri Gram-positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal, namun asam teichoic yang bermuatan negatif menyebabkan tarikan elektrostatis dengan AgNP bermuatan positif sehingga memfasilitasi pengikatan nanopartikel (Caudill *et al.*, 2020). Dengan demikian, Gram positif lebih rentan terhadap kebocoran isi seluler termasuk protein dan asam nukleat. Mekanisme lainnya, AgNP juga dapat menginduksi produksi Generasi Spesies Oksigen Reaktif (ROS) yang menyebabkan kerusakan komponen seluler seperti DNA (Naik & Ramana Devi, 2021). Sedangkan bakteri gram negatif lebih tahan karena adanya lipopolisakarida, dimana pada bagian antigen-O dari lipopolisakarida berinteraksi dengan AgNP melalui ikatan hidrogen sehingga menurunkan potensi gangguan membran (Ansari *et al.*, 2014). Dengan kata lain, meskipun Gram-negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis, tetapi membran luar yang mengandung lipopolisakarida dapat menghambat penetrasi AgNP (Khalifa *et al.*, 2025).

Tabel 2.

Diameter zona hambat AgNPs dari *P. major* terhadap *S. typhi* dan *S. aureus*

Bakteri Uji	Rerata Zona Hambat (mm)	Simpangan Baku (mm)	Interpretasi Aktivitas
<i>Salmonella typhi</i>	2,98	0,69	Rendah
<i>Staphylococcus aureus</i>	11,33	0,24	Sedang–Kuat

3.3. Peningkatan Pengetahuan Mahasiswa

Analisis menggunakan Bayesian paired samples t-test menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara skor pretest dan *posttest*. Nilai Bayes Factor (BF_{10}) sebesar $1,832 \times 10^{13}$ mengindikasikan dukungan yang sangat kuat terhadap hipotesis alternatif, yaitu bahwa terdapat peningkatan pengetahuan yang bermakna setelah mahasiswa mengikuti

seluruh rangkaian kegiatan eksperimen. Secara deskriptif, rata-rata skor pengetahuan mahasiswa meningkat dari 29,15 pada pretest menjadi 36,27 pada *posttest*. Rincian statistik disajikan dalam Tabel 3.

Hasil penelitian ini mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa integrasi pengetahuan lokal dalam pendidikan sains dapat meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa (Risamasu & Pieter, 2024). Selain itu, penggunaan elemen budaya lokal juga dapat membantu mahasiswa meningkatkan pemahaman dan retensi mereka terhadap konsep yang dipelajari (Kasi *et al.*, 2024). Padaupaya ini, mahasiswa yang terlibat menggunakan terminologi dan praktik lokal terkait keanekaragaman hayati sehingga pemahaman mahasiswa khususnya mengklasifikasikan organisme meningkat (Musa *et al.*, 2018). Bahkan, jika dibandingkan dengan tanpa integrasi atau sains tradisional, mahasiswa yang menerima pengajaran yang diperkaya dengan konten kearifan lokal dapat menunjukkan peningkatan pemahaman yang lebih tinggi (Verawati & Wahyudi, 2024). Secara umum, mengintegrasikan pengetahuan pribumi ke dalam pendidikan sains membantu dekolonisasi kurikulum sehingga pembelajaran menjadi inklusif (Aina, 2025).

Tabel 3.

Statistik Deskriptif Skor Pengetahuan Mahasiswa (N = 34)

Tahap	Rata-rata	Simpangan Baku	Interval Kredibel 95%
<i>Pretest</i>	29,15	4,83	27,46 – 30,83
<i>Posttest</i>	36,27	4,94	34,54 – 37,99

3.4. Respon Afektif dan Refleksi Mahasiswa

Hasil refleksi naratif mahasiswa menunjukkan penguatan aspek afektif tentang hubungan antara sains dan pengetahuan lokal. Hampir seluruh mahasiswa menyatakan bahwa apresiasi mereka terhadap pengobatan tradisional meningkat setelah menyadari bahwa manfaat tanaman lokal dapat diuji dan dibuktikan secara ilmiah melalui kegiatan laboratorium. Hasil identifikasi tema utama dan kutipan representatif disajikan pada Tabel 4. Temuan menunjukkan bahwa seluruh mahasiswa mengaitkan pengalaman eksperimen dengan keyakinan bahwa sains dapat berasal dari praktik budaya lokal. Selain itu, muncul pula tema penghargaan terhadap tanaman lokal, kedekatan emosional terhadap sains, dan kebanggaan terhadap warisan budaya.

Tabel 4.

Tema Utama Refleksi Naratif Mahasiswa (N = 34)

Tema Refleksi Utama	Deskripsi Tema	Kutipan Representatif Mahasiswa	Jumlah Mahasiswa (n)
Sains dapat lahir dari praktik lokal	Mahasiswa menyadari bahwa pengetahuan ilmiah bisa berakar dari tradisi dan pengalaman budaya	"Dari pembelajaran ini, saya yakin bahwa ilmu bisa lahir dari praktik lokal seperti pengobatan herbal."	24
Penguatan makna tanaman lokal sebagai sumber ilmiah	Mahasiswa menilai ulang nilai ilmiah tanaman yang sering diabaikan dalam kehidupan sehari-hari	"Praktikum ini membuka pandangan bahwa tanaman yang kita temui sehari-hari itu mempunyai nilai penting."	17
Sains terasa lebih dekat dan bermakna	Mahasiswa merasa proses ilmiah menjadi lebih kontekstual dan personal	"Selama ini saya kira sains itu jauh dari kehidupan, tapi ternyata bisa sangat dekat dengan budaya yang kita miliki."	13
Kebanggaan terhadap warisan budaya lokal	Munculnya kebanggaan dan apresiasi terhadap kearifan lokal masyarakat sendiri	"Saya bangga bahwa tanaman herbal yang biasanya digunakan sebagai pengobatan tradisional bisa diuji di laboratorium modern untuk membuktikan khasiatnya."	12

Empat tema utama yang muncul dari penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya, dinyatakan bahwa integrasi kearifan lokal dapat meningkatkan kesadaran dan kebanggaan mahasiswa terhadap budaya mereka (Harahap, 2023). Mahasiswa yang mampu mengintegrasikan pengetahuan lokal dan sains barat dapat memiliki apresiasi terhadap sains sekaligus budaya (Anugrah & Kartimi, 2022). Upaya memadukan pengetahuan lokal dan terminologi ilmiah dalam proses kegiatan laboratorium dapat menumbuhkan rasa identitas budaya pada mahasiswa (Musa *et al.*, 2018). Selain itu, pendekatan ini dapat mengembangkan pemahaman mahasiswa tentang aplikasi sains terhadap tantangan dan masalah yang sedang dihadapi (Yazidi & Rijal, 2024). Secara umum, pembelajaran berbasis pengalaman dengan memanfaatkan pengetahuan lokal dapat menumbuhkan keterlibatan emosional mahasiswa dengan sains (Sanjayanti *et al.*, 2022).

3.5. Implikasi dan Keterbatasan

Berdasarkan berbagai temuan penelitian ini, didapatkan sejumlah implikasi praktis. Penelitian ini mendorong transformasi peran mahasiswa dari sekedar pelaksana praktikum menjadi peneliti mini yang memungkinkan mahasiswa melakukan penyelidikan ilmiah otentik dan memiliki pemahaman tentang proses ilmiah secara utuh. Hal ini juga membuka ruang untuk pengembangan modul berbasis penelitian, khususnya dalam bidang mikrobiologi yang akan memberikan pengalaman langsung pada mahasiswa untuk menghubungkan penelitian ilmiah dan latar belakang budaya mereka. Terakhir, penelitian ini juga memberikan implikasi kepada pendidik dan perancang kurikulum di perguruan tinggi untuk mempertimbangkan konteks dan pengetahuan lokal sebagai sumber pedagogis dalam pembelajaran sains secara valid dan praktis.

Meskipun penelitian ini memberikan temuan yang menjanjikan dan menarik, ada sejumlah keterbatasan yang perlu diakui untuk membatasi generalisasi penelitian. Dari segi praktik biologi, penelitian ini terbatas pada satu jenis tanaman lokal dan dua spesies bakteri uji sehingga hasilnya tidak dapat digeneralisasi untuk tanaman obat atau bakteri patogen lain. Namun, perlu digarisbawahi bahwa fokus ini dapat memungkinkan eksplorasi yang mendalam dan memberikan hubungan kuat antara proses laboratorium dan pengalaman mahasiswa. Selain itu, dalam bidang pedagogis, penelitian ini menggunakan pra-eksperimen dengan satu kelompok dan tanpa dibandingkan dengan kelompok kontrol. Namun, penelitian ini tetap relevan dan kuat dengan studi eksplorasi kontekstual berupa pengalaman belajar dan persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran yang mereka lakukan.

4. Kesimpulan

Merujuk pada tujuan penelitian, secara umum penelitian ini menunjukkan bahwa keterlibatan mahasiswa dalam aktivitas biosintesis nanopartikel perak dari ekstrak *Plantago major* L. dan pengujian aktivitas antibakteri memberikan kontribusi bermakna baik secara biologis maupun pedagogis. Secara rinci, terdapat dua simpulan. Pertama, hasil eksperimen mengonfirmasi bahwa AgNPs yang disintesis menunjukkan karakteristik optis khas dengan puncak absorbansi pada 460 nm serta aktivitas antibakteri yang lebih tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dibanding *Salmonella typhi*. Kedua, dari sisi pedagogis, keterlibatan langsung mahasiswa dalam proses ilmiah berbasis sumber daya lokal terbukti meningkatkan pemahaman mahasiswa. Lebih jauh, pembelajaran ini juga membentuk cara pandang terkait dengan hubungan sains dan pengetahuan lokal. Refleksi naratif mahasiswa mengungkapkan kesadaran bahwa praktik budaya dapat menjadi sumber pengetahuan sains dan berbasis laboratorium yang menarik dan bermakna.

5. Referensi

Agarwal, S., Gogoi, M., Talukdar, S., Bora, P., Basumatary, T. K., & Devi, N. N. (2020). Green synthesis of silver nanoplates using the special category of plant leaves showing the lotus effect. *RSC Advances*, 10(60), 36686–36694. <https://doi.org/10.1039/d0ra06533a>

- Agustina, T. E., Handayani, W., & Imawan, C. (2021). The UV-VIS Spectrum Analysis From Silver Nanoparticles Synthesized Using *Diospyros maritima* Blume. Leaves Extract. *Advances in Biological Sciences Research*. 3rd KOBICongress, International and National Conferences (KOBICINC 2020), Bengkulu, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210621.070>
- Ahamad, I., Aziz, N., Zaki, A., & Fatma, T. (2021). Synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Anabaena variabilis* as a potential antimicrobial agent. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), 829–841. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02323-w>
- Aina, J. K. (2025). Integrating African indigenous knowledge in African schools to decolonise science education. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 423–434. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v8i2.26087>
- AL-Dujaily, A. H., & Mahmood, A. K. (2022). Evaluation of Antibacterial and Antibiofilm Activity of Biogenic Silver Nanoparticles and Gentamicin Against *Staphylococcus aureus* Isolated from Caprine Mastitis. *The Iraqi Journal of Veterinary Medicine*, 46(1), 10–16. <https://doi.org/10.30539/ijvm.v46i1.1309>
- Anbazhagan, S., Azeez, S., Morukattu, G., Rajan, R., Venkatesan, K., & Thangavelu, K. P. (2017). Synthesis, characterization and biological applications of mycosynthesized silver nanoparticles. *3 Biotech*, 7(5). <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0961-9>
- Ansari, M. A., Khan, H. M., Khan, A. A., Ahmad, M. K., Mahdi, A. A., Pal, R., & Cameotra, S. S. (2014). Interaction of silver nanoparticles with *Escherichia coli* and their cell envelope biomolecules. *Journal of Basic Microbiology*, 54(9), 905–915. <https://doi.org/10.1002/jobm.201300457>
- Anugrah, I. R., & Kartimi, K. (2022). Local Wisdom-based Contextual Learning as Embedded-STEM approach in High School Chemistry. *IJIS Edu: Indonesian Journal of Integrated Science Education*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.29300/ijisedu.v4i1.5783>
- Atibayeva, A. E., & Tynykulov, M. K. (2024). Anti-inflammatory activity of plantago major leaf extracts in vitro on epithelial cells of the oral cavity. *Vestnik of M. Kozybayev North Kazakhstan University*, 2 (62), 48–53. <https://doi.org/10.54596/2958-0048-2024-2-48-53>
- Bonev, B., Hooper, J., & Parisot, J. (2008). Principles of assessing bacterial susceptibility to antibiotics using the agar diffusion method. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 61(6), 1295–1301. <https://doi.org/10.1093/jac/dkn090>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Busta, L., & Russo, S. E. (2020). Enhancing Interdisciplinary and Systems Thinking with an Integrative Plant Chemistry Module Applied in Diverse Undergraduate Course Settings. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4406–4413. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00395>
- Caudill, E. R., Hernandez, R. T., Johnson, K. P., O'Rourke, J. T., Zhu, L., Haynes, C. L., Feng, Z. V., & Pedersen, J. A. (2020). Wall teichoic acids govern cationic gold nanoparticle interaction with Gram-positive bacterial cell walls. *Chemical Science*, 11(16), 4106–4118. <https://doi.org/10.1039/C9SC05436G>
- Cleophas, T. J., & Zwinderman, A. H. (2018). Bayesian Paired T-Test. In *Modern Bayesian Statistics in Clinical Research* (pp. 49–58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92747-3_5
- Dovnar, R. I., Vasil'kov, A. Yu., Sakalova, T. M., Butenko, I. E., Smotryn, S. M., & Iaskevich, N. N. (2022). Antibacterial Action of Silver Nanoparticles. *Novosti Khirurgii*, 30(1), 38–45. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2022.1.38>
- Druker-Ibáñez, S., & Caceres-Jensen, L. (2022). Integration of indigenous and local knowledge into sustainability education: A systematic literature review. *Environmental Education Research*, 28(8), 1209–1236. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2083081>
- Erarslan, Z. B., Ay, S., & Kültür, Ş. (2020). A questionnaire-based study on medicinal plant use in respiratory diseases. *Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi*. <https://doi.org/10.33483/jfpau.754110>
- Febrian, A., Wilujeng, I., & Kun Prasetyo, Z. (2024). Literature Review: Development of Science Learning Based on Local Wisdom and Indigenous Knowledge for ESD. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.15989>

- Gaspar, B. J., & Gardner, S. M. (2013). Engaging Students in Authentic Microbiology Research in an Introductory Biology Laboratory Course is Correlated with Gains in Student Understanding of the Nature of Authentic Research and Critical Thinking. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 14(1), 25–34. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v14i1.460>
- Harahap, P. R. S. (2023). Efektivitas model pembelajaran inkuiri ilmiah berbasis kearifan lokal budaya dayak ketapang terhadap minat belajar mahasiswa: Studi literatur mahasiswa Politeknik Negeri Ketapang. *Hijri*, 12(2), 273. <https://doi.org/10.30821/hijri.v12i2.19843>
- Gonzalez, F., H. (2023). Exploring the Affordances of Place-Based Education for Advancing Sustainability Education: The Role of Cognitive, Socio-Emotional and Behavioural Learning. *Education Sciences*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/educsci13070676>
- Kalolo, J. F. (2015). Towards Contextual and Cultural Relevant Science Education in Non-Western Countries: The African Experience. *Journal of Studies in Education*, 5(3), 38. <https://doi.org/10.5296/jse.v5i3.7147>
- Kasi, Y. F., Widodo, A., Samsudin, A., Riandi, R., Novia, N., Sukmawati, W., & Shidiq, A. S. (2024). Integrating Local Science and School Science: The Benefits for Preserving Local Wisdom and Promoting Students' Learning. *PAEDAGOGIA*, 27(1), 24. <https://doi.org/10.20961/paedagogia.v27i1.83925>
- Khalifa, H. O., Oreiby, A., Mohammed, T., Abdelhamid, M. A. A., Sholkamy, E. N., Hashem, H., & Fereig, R. M. (2025). Silver nanoparticles as next-generation antimicrobial agents: Mechanisms, challenges, and innovations against multidrug-resistant bacteria. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 15, 1599113. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2025.1599113>
- Khan, A. N., Ali Aldowairy, N. N., Saad Alorfi, H. S., Aslam, M., Bawazir, W. A., Hameed, A., & Soomro, M. T. (2022). Excellent Antimicrobial, Antioxidant, and Catalytic Activities of Medicinal Plant Aqueous Leaf Extract Derived Silver Nanoparticles. *Processes*, 10(10), 1949. <https://doi.org/10.3390/pr10101949>
- Kumar, Gulivindala. A. (2017). Evaluation of Stability of Water-Based Nano Fluids Using UV/VIS Spectrophotometer. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(IX), 513–521. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.9075>
- Latip, A., Hernani, & Kadarohman, A. (2024). Local and indigenous knowledge (LIK) in science learning: A systematic literature review. *Journal of Turkish Science Education*, 21(4), 651–667. <https://doi.org/10.36681/tused.2024.035>
- Le, H. T., & Nguyen, L. A. T. (2023). Biosynthesis, characterization and photocatalytic activity of silver nanoparticles produced from AgNO₃ solution using aqueous extract of *Ocimum basilicum* L. leaf as the reducing agent. *GSC Advanced Research and Reviews*, 14(1), 151–158. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.14.1.0033>
- Li, W., Li, Y., Sun, P., Zhang, N., Zhao, Y., Qin, S., & Zhao, Y. (2020). Antimicrobial peptide-modified silver nanoparticles for enhancing the antibacterial efficacy. *RSC Advances*, 10(64), 38746–38754. <https://doi.org/10.1039/d0ra05640e>
- Mahsa, Y., Hamed, A., & Amir, A. A. (2016). Antibacterial activity of silver-nanoparticles against *Staphylococcus aureus*. *African Journal of Microbiology Research*, 10(23), 850–855. <https://doi.org/10.5897/ajmr2016.7908>
- Mateo, E. M., & Jiménez, M. (2022). Silver Nanoparticle-Based Therapy: Can It Be Useful to Combat Multi-Drug Resistant Bacteria? *Antibiotics*, 11(9), 1205. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11091205>
- McComas, W. F. (2014). Laboratory and Science Teaching. In *The Language of Science Education* (pp. 55–57). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_50
- Moradi, E., Ahmadi, M., Tavakoli, N., Nasirzadeh, F., Yoosofnejad, N., & Mardaneh, J. (2022). Synthesis of Silver Nanoparticles of Plant Extract *Pistacia atlantica* and Their Antibacterial Effects on Antibiotic Resistant Strains of *S. Aureus*. *Quarterly of the Horizon of Medical Sciences*, 28(2), 244–263. <https://doi.org/10.32598/hms.28.2.1402.5>
- Morgan, B., & Thorpe, A. (2022). Place-based pedagogies of hope. *International Journal of Law in Context*, 18(4), 427–439. <https://doi.org/10.1017/s1744552322000325>
- Morguette, A. E. B., Bartolomeu-Gonçalves, G., Andriani, G. M., Bertoncini, G. E. S., De Castro, I. M., De Almeida Spoladori, L. F., Bertão, A. M. S., Tavares, E. R., Yamauchi, L. M., & Yamada-Ogatta, S. F. (2023). The Antibacterial and

- Wound Healing Properties of Natural Products: A Review on Plant Species with Therapeutic Potential against *Staphylococcus aureus* Wound Infections. *Plants*, 12(11), 2147. <https://doi.org/10.3390/plants12112147>
- Munawer, N. T. (2024). *Plantago major* as a Beneficial Medicinal Plant. *European Journal of Medical and Health Research*, 2(3), 89–97. [https://doi.org/10.59324/ejmrh.2024.2\(3\).12](https://doi.org/10.59324/ejmrh.2024.2(3).12)
- Musa, N. N., Hasmi, N. A., Ismail, H. N., & Noor, S. M. (2018). Improving Teaching and Learning through Integration of Local Knowledge: A Case Study on Biodiversity Related Subjects. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.6007/ijarbss.v8-i1/3835>
- Naik, L. S., & Ramana Devi, Ch. V. (2021). Phyto-fabricated silver nanoparticles inducing microbial cell death via reactive oxygen species-mediated membrane damage. *IET Nanobiotechnology*, 15(5), 492–504. <https://doi.org/10.1049/nbt2.12036>
- Najafian, Y., Hamed, S. S., Farshchi, M. K., & Feyzabadi, Z. (2018). *Plantago major* in Traditional Persian Medicine and modern phytotherapy: A narrative review. *Electronic Physician*, 10(2), 6390–6399. <https://doi.org/10.19082/6390>
- Nikaeen, G., Yousefinejad, S., Rahmdel, S., Samari, F., & Mahdavinia, S. (2020). Central Composite Design for Optimizing the Biosynthesis of Silver Nanoparticles using *Plantago major* Extract and Investigating Antibacterial, Antifungal and Antioxidant Activity. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66357-3>
- Nury, D. F. (2023). Biosynthesis of silver nanoparticles using leaves extract of *jatropha curcas* L. *Konversi*, 12(2). <https://doi.org/10.20527/k.v12i2.16610>
- Obaidallah, J., & Ahmed, S. A. (2023). Characterization of synthesized silver nanoparticles using *lepidium sativum* plant. *Science Journal of University of Zakho*, 11(4). <https://doi.org/10.25271/sjuoz.2023.11.4.1174>
- Putra, W. E., Lelitawati, M., Nisa, I. C., Susanti, E., Iswara, S. K. H., & Maharani, S. (2022). Penyebaran Keterampilan Dasar Bekerja di Laboratorium Mikrobiologi untuk Persiapan Tugas Akhir dan Menghadapi Dunia Kerja. *Abdi: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), 272–277. <https://doi.org/10.24036/abdi.v4i2.310>
- Rakib-Uz-Zaman, S. M., Hoque Apu, E., Muntasir, M. N., Mowna, S. A., Khanom, M. G., Jahan, S. S., Akter, N., R. Khan, M. A., Shuborna, N. S., Shams, S. M., & Khan, K. (2022). Biosynthesis of Silver Nanoparticles from *Cymbopogon citratus* Leaf Extract and Evaluation of Their Antimicrobial Properties. *Challenges*, 13(1), 18. <https://doi.org/10.3390/challe13010018>
- Ramadani, I. (2025). Integrasi Bahan Ajar Berbasis Kearifan Lokal Kajang dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, 6(1), 274–284. <https://doi.org/10.35870/jpni.v6i1.1184>
- Risamasu, P. V. M., & Pieter, J. (2024). The Effectiveness of Integrating Jayapura's Local Wisdom to Students' Science Process Skills and Conceptual Understanding of Physics. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 10(1), 97–105. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.6839>
- Ruiz, S., Wang, F., Liu, L., Lu, Y., Duan, B., Korshoj, L. E., Kielian, T., & Cui, B. (2022). Antibacterial properties of silver nanoparticles synthesized via nanosecond pulsed laser ablation in water. *Journal of Laser Applications*, 34(1). <https://doi.org/10.2351/7.0000603>
- Salma, U., & Nasir, S. (2024). *Synthesis of Silver Nanoparticles using Narcissus Leaf Extract: A Green and Rapid Approach*. American Chemical Society (ACS). <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2024-m2896>
- Tapia, I., S. (2020). Introduction: A Broad Look at Contextualization of Science Education Across National Contexts. In *International Perspectives on the Contextualization of Science Education* (pp. 1–12). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27982-0_1
- Sanjayanti, N. P. A. H., Suastra, I. W., Suma, K., & Adnyana, P. B. (2022). Effectiveness of Science Learning Model Containing Balinese Local Wisdom in Improving Character and Science Literacy of Junior High School Students. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 5(4), 332–342. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v5i4.750>
- Santos, J. A. O., Martin, C. D. S., Fulindi, R. B., Da Costa, P. I., Pires, A. M., Cebim, M. A., & Lima, S. A. M. (2024). Tailored wet-chemical synthesis of spheroidal AgNps: Exploring optical, morphological, and biological correlations

- through experimental parameter variation. *Optical Materials*: X, 21, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.omx.2023.100281>
- Sauterer, R. (2017). Inquiry-Based Laboratory Experiences Using Ecosystem Microcosms. *The American Biology Teacher*, 79(6), 466–472. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.6.466>
- Sochorová, L., Sochor, J., Sehnal, K., Ruiz-Rico, M., Perez-Esteve, E., Baron, M., Barat, J., & Kizek, R. (2020). The study of antimicrobial activity of AgNPs made by using green synthesis against specific microorganisms. *NANOCON Conference Proceedings, 2019*, 536–541. <https://doi.org/10.37904/nanocon.2019.8766>
- Tan, A.-L., Kim, M., & Talaue, F. (2013). Grappling with Issues of Learning Science from Everyday Experiences: An Illustrative Case Study. *Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*, 13(1), 165–188.
- Thomas, R., Mathew, S., Nayana, A. R., Mathews, J., & Radhakrishnan, E. K. (2017). Microbially and phytofabricated AgNPs with different mode of bactericidal action were identified to have comparable potential for surface fabrication of central venous catheters to combat *Staphylococcus aureus* biofilm. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 171, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.04.036>
- Trzcińska-Wencel, J., Wypij, M., Rai, M., & Golińska, P. (2023). Biogenic nanosilver bearing antimicrobial and antibiofilm activities and its potential for application in agriculture and industry. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1125685>
- Verawati, N. N. S. P., & Wahyudi, W. (2024). Raising the Issue of Local Wisdom in Science Learning and Its Impact on Increasing Students' Scientific Literacy. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(1), 42. <https://doi.org/10.33394/ijete.v1i1.10881>
- Yazidi, R. E., & Rijal, K. (2024). Science Learning in the Context of "Indigenous Knowledge" for Sustainable Development. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.33394/ijete.v1i1.10880>
- Yemini, M., Engel, L., & Ben Simon, A. (2025). Place-based education – a systematic review of literature. *Educational Review*, 77(2), 640–660. <https://doi.org/10.1080/00131911.2023.2177260>
- Zaheer, Z. (2018). Biogenic synthesis, optical, catalytic, and in vitro antimicrobial potential of Ag-nanoparticles prepared using Palm date fruit extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178, 584–592. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.12.002>
- Zhakipbekov, K., Turgumbayeva, A., Issayeva, R., Kipchakbayeva, A., Kadyrbayeva, G., Tleubayeva, M., Akhayeva, T., Tastambek, K., Sainova, G., Serikbayeva, E., Tolenova, K., Makhatova, B., Anarbayeva, R., Shimirova, Z., & Tileuberdi, Y. (2023). Antimicrobial and Other Biomedical Properties of Extracts from *Plantago major*, *Plantaginaceae*. *Pharmaceuticals*, 16(8), 1092. <https://doi.org/10.3390/ph16081092>