

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Samsuar¹, Rahmi², Ema Dauyah³, Rachmah Putri Salsabila¹, Nurul Qolbiya¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Abulyatama, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Abulyatama, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Abulyatama, Indonesia

Penulis korespondensi : Samsuar

E-mail : samsuar_biologi@abulyatama.ac.id

Diterima: 16 Mei 2026 | Disetujui: 07 Juni 2026 | Online: 26 Juni 2026

© Penulis 2026

Abstrak

Pemanfaatan laboratorium biologi dan pengembangan literasi matematis di SMA Negeri 1 Indrapuri belum berjalan optimal. Keterbatasan mikroskop menyebabkan kegiatan praktikum biologi tidak pernah dilaksanakan berdampak terbatasnya aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Sementara kemampuan literasi matematis siswa juga masih rendah karena metode belajar tidak kontekstual. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi siswa dan literasi matematis melalui pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM (MS-STEM). Kegiatan dilaksanakan di SMA Negeri 1 Indrapuri, Aceh Besar, pada Juni–Agustus 2025 dengan melibatkan 30 siswa kelas XII IPA. Metode yang digunakan adalah pendampingan partisipatif berbasis pelatihan melalui tahapan sosialisasi, identifikasi permasalahan, pelatihan dan pendampingan, evaluasi, serta refleksi dan tindak lanjut. Data dikumpulkan menggunakan tes (*pretest–posttest*), lembar observasi, dan rubrik penilaian produk, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan N-gain dan persentase. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan kognitif siswa dengan nilai N-gain 0,73 (kategori tinggi) dan literasi matematis dengan nilai N-gain 0,72 (kategori tinggi). Sikap ilmiah siswa didominasi kategori tinggi hingga sangat tinggi (73%), keterampilan psikomotorik berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi (93%), dan kualitas produk mikroskop *smartphone* yang dihasilkan berada pada kategori baik hingga sangat baik (83%). Mikroskop yang dihasilkan layak digunakan sebagai media praktikum alternatif. Dengan demikian, pelatihan pembuatan MS-STEM efektif meningkatkan kompetensi siswa dan literasi matematis sekaligus menghasilkan solusi praktis terhadap keterbatasan sarana laboratorium.

Kata kunci: mikroskop *smartphone*; STEM; kompetensi; literasi matematika; praktikum.

Abstract

The utilization of the biology laboratory and the development of students' mathematical literacy at SMA Negeri 1 Indrapuri have not been optimal. The limited availability of functional microscopes has prevented biology practical activities from being conducted, resulting in suboptimal development of students' cognitive, affective, and psychomotor competencies. In addition, students' mathematical literacy remains low because learning has not been implemented in a contextual manner. This community service program aimed to improve students' competencies and mathematical literacy through training in the construction of STEM-based *smartphone* microscopes (MS-STEM). The program was conducted at SMA Negeri 1 Indrapuri, Aceh Besar, from June to August 2025 and involved 30 twelfth-grade science students. The method employed was participatory training and mentoring, consisting of the stages of socialization, problem identification, training and assistance, evaluation, reflection, and follow-up. Data were collected using pretest–posttest assessments, observation sheets, and product evaluation rubrics, and were analyzed descriptively using N-gain and percentage analysis.

The results showed that students' cognitive achievement improved with an N-gain score of 0.73 (high category), while mathematical literacy improved with an N-gain score of 0.72 (high category). Students' scientific attitudes were predominantly in the high to very high categories (73%), psychomotor skills were in the high to very high categories (93%), and the quality of the smartphone microscope products was categorized as good to very good (83%). The microscopes produced were feasible to use as alternative practicum media. In conclusion, MS-STEM training was effective in enhancing students' competencies and mathematical literacy while providing a practical solution to limited laboratory facilities.

Keywords: smartphone microscope; STEM; competence; mathematical literacy; practical learning.

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas pembelajaran di Indonesia merupakan tantangan penting dalam menghadapi tuntutan pendidikan abad ke-21, khususnya dalam mengembangkan kompetensi siswa yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik secara terpadu. Pembelajaran idealnya tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga mampu menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah (Mardhatilah et al., 2022; Mufiatunnikmah et al., 2020). Namun, praktik pembelajaran di sekolah masih cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*) dan berfokus pada hafalan, sehingga belum mampu mengoptimalkan pengembangan kompetensi siswa secara menyeluruh (Herlina, 2021; Simamora et al., 2020). Kondisi ini menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran belum sepenuhnya mengakomodasi integrasi ketiga ranah kompetensi sebagaimana yang diharapkan dalam kerangka pembelajaran modern (Bernie & Fadel, 2009).

Permasalahan tersebut berdampak signifikan pada kualitas pembelajaran sains, khususnya biologi, yang seharusnya menekankan pengalaman langsung melalui kegiatan praktikum. Namun, keterbatasan pemanfaatan sarana laboratorium, minimnya media pembelajaran inovatif, serta rendahnya keterlibatan aktif siswa menyebabkan pembelajaran menjadi kurang bermakna dan cenderung abstrak (Agustina et al., 2021; Andriani et al., 2020; Ristanto, 2011). Akibatnya, pencapaian kompetensi siswa, baik dari aspek kognitif, afektif, maupun psikomotorik, belum berkembang secara optimal (Hanifah et al., 2020; Rahmah et al., 2021). Padahal, pembelajaran berbasis praktikum memiliki peran penting dalam membangun pemahaman konsep yang mendalam serta melatih keterampilan proses sains dan sikap ilmiah siswa (Sari, 2021).

Selain itu, tantangan lain yang dihadapi adalah rendahnya kemampuan literasi matematis siswa. Hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* tahun 2022 menunjukkan bahwa kemampuan matematika siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata internasional, yang mengindikasikan keterbatasan dalam pemecahan masalah kontekstual dan penalaran logis (OECD, 2023). Habibi & Suparman (2020) berpendapat bahwa capaian ini menunjukkan bahwa siswa belum terbiasa dengan persoalan matematika PISA yang kontekstual, sehingga diperlukan pembiasaan dengan soal-soal yang relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka. Rendahnya literasi matematis ini tidak terlepas dari pembelajaran yang masih berorientasi pada prosedur dan hafalan rumus tanpa mengaitkan konsep dengan konteks kehidupan nyata (Syah et al., 2024).

Permasalahan tersebut secara nyata juga ditemukan di SMA Negeri 1 Indrapuri, Aceh Besar. Secara umum, sekolah ini memiliki fasilitas yang tergolong lengkap dan lingkungan belajar yang kondusif, didukung oleh sarana fisik yang memadai serta jumlah tenaga pendidik yang cukup. Namun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa pemanfaatan fasilitas, khususnya laboratorium biologi, belum optimal. Sekolah sebenarnya telah memiliki mikroskop, namun sebagian besar dalam kondisi rusak, berjamur, dan tidak layak pakai, sehingga hanya 3 dari 30 unit mikroskop yang masih dapat digunakan. Kondisi ini menyebabkan kegiatan praktikum tidak pernah dilaksanakan dalam proses pembelajaran.

Tidak terlaksananya praktikum berdampak langsung pada tidak berkembangnya tiga ranah kompetensi utama siswa, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik. Siswa tidak memperoleh

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

pengalaman belajar berbasis eksperimen, tidak terlatih dalam keterampilan proses sains, serta tidak terbentuk sikap ilmiah yang seharusnya menjadi bagian penting dalam pembelajaran biologi (Suryaningsih, 2017). Selain itu, pembelajaran yang masih didominasi oleh metode ceramah dan penggunaan buku teks menunjukkan bahwa guru belum sepenuhnya mengimplementasikan pembelajaran inovatif yang mampu mengintegrasikan ketiga ranah tersebut secara optimal (Indarta et al., 2022).

Permasalahan serupa juga terjadi pada pembelajaran matematika, di mana siswa cenderung hanya menghafal rumus tanpa memahami penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa belum berkembang secara optimal. Kondisi ini diperparah dengan tidak adanya pembelajaran berbasis praktik atau kontekstual yang dapat melatih kemampuan berpikir logis dan pemecahan masalah siswa (Syah et al., 2024). Dengan demikian, baik pada pembelajaran sains maupun matematika, siswa belum memperoleh pengalaman belajar yang mampu mengintegrasikan pengetahuan dengan keterampilan dan aplikasi nyata.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara ketersediaan fasilitas yang sebenarnya sudah memadai dengan implementasi pembelajaran yang efektif. Permasalahan ini tidak hanya terletak pada keterbatasan sarana yang fungsional, tetapi juga pada belum optimalnya pemanfaatan fasilitas serta kurangnya penerapan pembelajaran inovatif oleh guru. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi yang tidak hanya mengatasi keterbatasan alat praktikum, tetapi juga mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dan mengintegrasikan pembelajaran sains, teknologi, dan matematika secara kontekstual.

Salah satu alternatif solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan mikroskop berbasis *smartphone* melalui pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM memungkinkan siswa belajar secara integratif melalui kegiatan merancang, membuat, dan menguji suatu produk, sehingga mampu menghubungkan konsep teoretis dengan aplikasi nyata (Suwardi, 2021). Penggunaan mikroskop *smartphone* sebagai alat praktikum alternatif memiliki keunggulan karena bersifat ekonomis, mudah dibuat, dan relevan dengan perkembangan teknologi saat ini. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mikroskop *smartphone* berbasis STEM dapat meningkatkan hasil belajar, sikap ilmiah, serta keterampilan psikomotorik siswa (Artika et al., 2021; Samsuar et al., 2021, 2023).

Namun demikian, penerapan pendekatan ini dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang secara simultan menargetkan peningkatan kompetensi sains dan literasi matematis siswa masih relatif terbatas. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui pelatihan pembuatan Mikroskop *Smartphone* berbasis STEM (MS-STEM) sebagai upaya bertujuan untuk mengoptimalkan pembelajaran praktikum, serta meningkatkan pemahaman konsep (kognitif), sikap ilmiah (afektif), keterampilan (psikomotorik), dan literasi matematis siswa di SMA Negeri 1 Indrapuri.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan metode pendampingan partisipatif berbasis pelatihan (*participatory training and mentoring*). Sedangkan proses dalam merancang mikroskop *smartphone* digunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Metode ini dipilih karena menekankan keterlibatan aktif peserta dalam proses pembelajaran melalui pengalaman langsung (*learning by doing*), sehingga efektif dalam mengembangkan kompetensi kognitif, afektif, dan psikomotorik, dan literasi matematis secara terpadu. Kegiatan dilaksanakan di SMA Negeri 1 Indrapuri, Kecamatan Indrapuri, Kabupaten Aceh Besar selama tiga bulan, yaitu Juni hingga Agustus 2025. Subjek kegiatan adalah 30 siswa kelas XII IPA yang dipilih secara *purposive* dengan mempertimbangkan kebutuhan pembelajaran praktikum serta kesiapan siswa dalam mengikuti kegiatan berbasis STEM.

Pelaksanaan kegiatan dirancang secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, yaitu sosialisasi, pelatihan dan pendampingan, evaluasi, serta refleksi dan tindak lanjut. Setiap tahapan disusun untuk memastikan ketercapaian tujuan program dalam meningkatkan kompetensi kognitif, afektif, psikomotorik, serta literasi matematis siswa. Rincian tahapan kegiatan disajikan pada Tabel 1.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tabel 1. Tahapan dan Desain Kegiatan Pelatihan Pembuatan Mikroskop *Smartphone* Berbasis STEM (MS-STEM)

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Metode	Indikator Diukur	Indikator Berhasil	Target Capaian
Sosialisasi	Koordinasi dengan pihak sekolah	Diskusi & koordinasi	Pemahaman mitra terhadap program	Mitra memahami tujuan dan alur kegiatan	Terjalannya kesepahaman program
	Identifikasi permasalahan mitra	Observasi, wawancara	Kesesuaian program dengan masalah mitra	Permasalahan mitra teridentifikasi	Peta masalah pembelajaran tersedia
	Demonstrasi pembuatan MS-STEM	Demonstrasi	Pemahaman awal konsep mikroskop dan STEM	$\geq 80\%$ siswa memahami konsep dasar	Siswa memahami prinsip kerja alat
	Penjelasan fungsi alat dan bahan	Ekspositori interaktif	Kemampuan mengidentifikasi alat dan bahan	$\geq 80\%$ siswa mampu menyebutkan fungsi alat	Siswa mengenali komponen alat
Pelatihan & Pendampingan	Penjelasan tahapan STEM (<i>problem–design–build–test–evaluate</i>)	Ceramah interaktif	Pemahaman proses STEM	$\geq 80\%$ siswa memahami tahapan STEM	Siswa memahami alur kerja STEM
	Perancangan MS-STEM	Diskusi kelompok	Kemampuan merancang	$\geq 75\%$ kelompok menghasilkan desain awal	Desain mikroskop tersedia
	Pembuatan MS-STEM	Praktik, pendampingan	Keterampilan merakit alat (psikomotorik)	$\geq 75\%$ mikroskop berhasil dibuat	Produk awal mikroskop terbentuk
	Pengujian fungsi mikroskop	Eksperimen	Fungsi alat (kejernihan objek)	$\geq 75\%$ mikroskop dapat digunakan	Mikroskop layak pakai
	Perbaikan dan penyempurnaan alat	<i>Problem solving</i>	Kemampuan evaluasi dan perbaikan	$\geq 85\%$ produk optimal	Produk siap digunakan
	Praktikum pengamatan jaringan tumbuhan	Praktikum	Keterampilan observasi & penggunaan alat	$\geq 80\%$ siswa mampu melakukan pengamatan benar	Data hasil pengamatan diperoleh
	Penilaian kualitas produk mikroskop	Rubrik penilaian	Kualitas produk (fungsi, kerapian, akurasi)	Nilai ≥ 75 (kategori baik)	Produk layak digunakan
Evaluasi	Pengukuran kognitif (pemahaman konsep)	Tes pretest–posttest	C1–C6 (Bloom revisi)	N-gain $\geq 0,70$ (kategori tinggi)	Peningkatan pemahaman konsep
	Pengukuran sikap ilmiah (afektif)	Observasi	Rasa ingin tahu, teliti, kerja sama, disiplin	$\geq 75\%$ (kategori baik s/d sangat baik)	Sikap ilmiah minimal kategori baik
	Pengukuran psikomotorik	Observasi	Keterampilan menggunakan alat dan prosedur	$\geq 75\%$ (kategori baik s/d sangat baik)	Keterampilan minimal kategori baik
	Pengukuran literasi matematis	Tes (<i>pretest–posttest</i>)	Formulasi, interpretasi, evaluasi, komunikasi	N-gain $\geq 0,70$ (kategori tinggi)	Literasi matematis meningkat

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Metode	Indikator Diukur	Indikator Berhasil	Target Capaian
Refleksi & Tindak Lanjut	Refleksi bersama mitra	Diskusi	Tingkat kepuasan mitra	≥ 80% mitra memberikan respon positif	Program dievaluasi
	Penyusunan program lanjutan	Perencanaan	Keberlanjutan program	Minimal 1 program lanjutan disusun	Program berkelanjutan



Gambar 1. Alur Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat yang Dilakukan

Instrumen yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi tes untuk mengukur kognitif dan literasi matematis, lembar observasi untuk mengukur afektif dan psikomotorik, dan rubrik penilaian untuk mengukur produk. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Peningkatan hasil belajar dan literasi matematis dianalisis menggunakan rumus N-Gain Hake (1999) sebagai berikut.

$$N - Gain = \frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretest}{Skor\ Maksimal - Skor\ Pretest} \tag{1}$$

Data yang diperoleh dari perhitungan tersebut kemudian diinterpretasikan berdasarkan Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Interpretasi N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
≥ 0,70	Tinggi
0,30 – 0,69	Sedang
< 0,30	Rendah

Sumber: Hake (1999)

Sedangkan data sikap ilmiah, keterampilan, dan kualitas produk dianalisis menggunakan persentase dan dikategorikan berdasarkan kriteria penilaian Arikunto (2006) dan Sugiyono (2017) dengan rumus:

$$P = \frac{skor\ yang\ diperoleh}{skor\ maksimal} \times 100\% \tag{2}$$

Data yang diperoleh dari perhitungan tersebut kemudian diinterpretasikan berdasarkan Tabel 3 berikut.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tabel 3. Kriteria Penilaian

Nilai	Kategori
81–100%	Sangat Baik
61–80%	Baik
41–60%	Cukup
≤40%	Kurang

Sumber: Arikunto (2006) dan Riduwan (2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan secara sistematis melalui tahapan sosialisasi, identifikasi permasalahan, pelatihan dan pendampingan, evaluasi, serta refleksi dan tindak lanjut sebagaimana telah dirancang pada tahap perencanaan (Tabel 1 dan Gambar 1). Pada tahap awal, tim pengabdian melakukan koordinasi intensif dengan kepala sekolah, guru biologi, guru matematika, dan laboran untuk mengidentifikasi kondisi laboratorium biologi serta kebutuhan pembelajaran di sekolah. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa keterbatasan mikroskop yang layak pakai menjadi kendala utama dalam pelaksanaan praktikum, sehingga kegiatan praktikum biologi belum dapat dilaksanakan secara optimal. Selain itu, hasil diskusi dengan guru matematika dan analisis kondisi pembelajaran menunjukkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa masih tergolong rendah. Siswa umumnya masih mengalami kesulitan dalam memahami, merumuskan, dan menerapkan konsep matematika dalam konteks nyata, terutama pada kegiatan yang menuntut kemampuan pengukuran, perbandingan, interpretasi data, dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, program pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM dipandang sebagai solusi yang relevan dan aplikatif untuk mengatasi keterbatasan sarana praktikum sekaligus mengembangkan kompetensi siswa dan literasi matematis secara terpadu.

Pelaksanaan kegiatan berlangsung dengan suasana yang kondusif, interaktif, dan penuh antusiasme. Siswa terlibat aktif pada setiap tahapan, mulai dari memahami konsep dasar STEM, merancang desain alat, merakit mikroskop, menguji fungsi produk, hingga menggunakannya untuk mengamati jaringan tumbuhan. Proses ini mendorong siswa untuk berdiskusi, bekerja sama, memecahkan masalah, serta menunjukkan kreativitas dalam menyempurnakan produk yang dihasilkan. Guru dan laboran berperan aktif dalam mendampingi siswa selama proses pelatihan dan praktikum, sekaligus memperoleh pengalaman baru yang dapat diterapkan dalam pembelajaran selanjutnya.

Keberhasilan pelaksanaan kegiatan juga didukung oleh komitmen dan dukungan yang sangat baik dari pihak sekolah. Kepala sekolah, guru, dan laboran memberikan fasilitas, waktu, serta pendampingan yang optimal sehingga seluruh tahapan kegiatan dapat berlangsung sesuai rencana. Kolaborasi yang harmonis antara tim pengabdian, sekolah, dan siswa menciptakan lingkungan belajar yang positif dan produktif. Kondisi tersebut menjadi faktor penting yang mendukung tercapainya tujuan program, yaitu meningkatkan kompetensi siswa, mengembangkan literasi matematis, serta menghasilkan media praktikum alternatif yang bermanfaat dan berkelanjutan.

Adapun hasil utama yang diperoleh dari kegiatan pengabdian kepada Masyarakat ini disajikan sebagai berikut.

Hasil Kemampuan Kognitif Siswa

Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kemampuan kognitif siswa setelah pelaksanaan kegiatan pengabdian berbasis STEM. Nilai rata-rata pretest siswa sebesar 34,5 meningkat menjadi 82,7 pada posttest, dengan nilai *N-gain* sebesar 0,73 yang termasuk dalam kategori tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diterapkan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Rincian data peningkatan hasil belajar disajikan pada Tabel 4.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tabel 4. Nilai Pemahaman Konsep Jaringan Tumbuhan Siswa (Kognitif)

Nilai Rata-rata Pretest	Nilai Rata-rata Posttest	Nilai N-Gain	Kategori N-Gain
34,5	82,7	0,73	Tinggi

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktikum melalui pendekatan STEM mampu mengubah pembelajaran yang semula bersifat teoritis menjadi lebih kontekstual dan bermakna. Keterlibatan siswa dalam proses merancang, membuat, dan menggunakan mikroskop *smartphone* memberikan pengalaman belajar langsung (*experiential learning*), sehingga membantu siswa memahami konsep biologi yang sebelumnya bersifat abstrak.

Secara lebih spesifik, peningkatan kemampuan kognitif terjadi karena siswa terlibat aktif dalam seluruh tahapan STEM, mulai dari identifikasi masalah, perancangan solusi, hingga pengujian produk. Proses ini mendorong siswa untuk mengonstruksi pengetahuan secara mandiri, mengaitkan konsep dengan aplikasi nyata, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Dengan demikian, pemahaman konsep yang diperoleh menjadi lebih mendalam dan bertahan lebih lama.

Hasil dari pengabdian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEM dan kegiatan praktikum mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan karena memberikan pengalaman belajar yang integratif dan kontekstual (Artika et al., 2021; Samsuar et al., 2021, 2023). Selain itu, kegiatan praktikum juga berperan dalam memperkuat pemahaman konsep melalui observasi langsung terhadap objek yang dipelajari (Sari, 2021).

Jika dikaitkan dengan kondisi awal mitra yang tidak pernah melaksanakan praktikum, peningkatan ini menjadi sangat relevan. Pembelajaran yang sebelumnya didominasi metode ceramah menyebabkan siswa kesulitan memahami konsep secara mendalam. Oleh karena itu, penggunaan mikroskop *smartphone* sebagai media praktikum alternatif terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa.



Gambar 2. Siswa Sedang Menganalisis Struktur Jaringan Parenkim Pada Tumbuhan Menggunakan Mikroskop *Smartphone*

Hasil Kemampuan Afektif Siswa

Hasil observasi menunjukkan bahwa sikap ilmiah siswa mengalami peningkatan setelah mengikuti kegiatan pengabdian berbasis STEM. Berdasarkan data yang diperoleh, sebagian besar siswa berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, dengan proporsi 40% pada kategori sangat tinggi, 33% tinggi, dan 27% sedang, tanpa adanya siswa pada kategori rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa kegiatan yang dilaksanakan efektif dalam mengembangkan sikap ilmiah siswa. Rincian data disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Kemampuan Sikap Ilmiah Siswa (Afektif)

Kategori	Jumlah Siswa	Persentase (%)	Nilai Rata-rata
Sangat Tinggi	12	40	92,1
Tinggi	10	33	74,3

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Kategori	Jumlah Siswa	Persentase (%)	Nilai Rata-rata
Sedang	8	27	63,4
Rendah	0	0	0

Peningkatan sikap ilmiah tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktikum melalui pendekatan STEM mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Kegiatan yang menuntut siswa untuk merancang, membuat, dan menguji produk memberikan pengalaman belajar yang bersifat partisipatif dan kolaboratif, sehingga mendorong terbentuknya sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, ketelitian, tanggung jawab, dan kerja sama.

Secara lebih mendalam, peningkatan sikap ilmiah terjadi karena siswa terlibat langsung dalam proses eksplorasi dan pemecahan masalah, yang menuntut mereka untuk berpikir kritis, bekerja sama dalam kelompok, serta bertanggung jawab terhadap hasil kerja yang dihasilkan. Proses ini sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivistik, di mana sikap dan pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung dan interaksi sosial dalam pembelajaran. Pembelajaran berbasis konstruktivisme tidak hanya meningkatkan penguasaan materi, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir analitis dan pemecahan masalah yang kompleks (Mardiana, 2018; Suryawati & Osman, 2018).

Hasil pengabdian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dan kegiatan praktikum dapat meningkatkan sikap ilmiah siswa karena memberikan kesempatan untuk belajar secara aktif, kolaboratif, dan kontekstual (Artika et al., 2021; Sari, 2021). Keterlibatan langsung dalam kegiatan praktikum juga terbukti mampu membentuk karakter ilmiah siswa secara lebih efektif dibandingkan pembelajaran yang bersifat teoritis (Candra & Hidayati, 2020). Hal ini juga selaras dengan pendapat Widiyantje et al. (2025) bahwa pembelajaran berbasis laboratorium, terutama melalui eksperimen, secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan kinerja ilmiah peserta didik.

Jika dikaitkan dengan kondisi awal mitra yang tidak pernah melaksanakan praktikum, peningkatan ini menjadi sangat signifikan. Keterbatasan pengalaman belajar sebelumnya menyebabkan siswa kurang memiliki kesempatan untuk mengembangkan sikap ilmiah. Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mengalami proses pembelajaran yang mendorong terbentuknya sikap ilmiah secara nyata.



Gambar 3. Sikap Ilmiah (Rasa Ingin Tahu dan Kerjasama) Siswa Saat Melakukan Pengamatan Jaringan Tumbuhan Menggunakan Mikroskop *Smartphone*

Hasil Kemampuan Psikomotorik Siswa

Hasil observasi menunjukkan bahwa keterampilan psikomotorik siswa mengalami peningkatan setelah mengikuti kegiatan pengabdian berbasis STEM. Berdasarkan data yang diperoleh, sebagian besar siswa berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, dengan proporsi 60% pada kategori sangat tinggi, 33% tinggi, dan 7% sedang. Tidak terdapat siswa pada kategori rendah, yang menunjukkan bahwa kegiatan yang dilaksanakan efektif dalam mengembangkan keterampilan siswa. Data lengkap disajikan pada Tabel 6.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tabel 6. Data Hasil Keterampilan Siswa (Psikomotorik)

Kategori	Jumlah Siswa	Persentase (%)	Nilai Rata-rata
Sangat Tinggi	18	60	94,3
Tinggi	10	33	74,2
Sedang	2	7	60,3
Rendah	0	0	0

Peningkatan keterampilan psikomotorik ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis praktik (*hands-on learning*) melalui pendekatan STEM mampu memberikan pengalaman belajar langsung yang relevan dengan pengembangan keterampilan prosedural siswa. Kegiatan merancang, merakit, dan menggunakan mikroskop *smartphone* menuntut keterlibatan aktif siswa dalam penggunaan alat dan bahan secara tepat dan sistematis.

Secara lebih spesifik, keterampilan psikomotorik berkembang melalui tahapan STEM yang melibatkan aktivitas manipulatif, seperti perakitan komponen, pengujian fungsi alat, serta perbaikan produk. Proses ini melatih koordinasi motorik, ketelitian, serta kemampuan mengikuti prosedur kerja secara sistematis. Selain itu, kegiatan praktikum yang dilakukan setelah pembuatan alat juga memperkuat keterampilan siswa dalam menggunakan mikroskop dan melakukan pengamatan objek secara benar.

Hasil pengabdian ini telah sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEM dan kegiatan praktikum dapat meningkatkan keterampilan psikomotorik siswa karena memberikan pengalaman langsung dalam proses pembuatan dan penggunaan alat (Artika et al., 2021; Samsuar et al., 2023). Selain itu, pembelajaran yang melibatkan aktivitas *learning by doing* terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan teknis dan prosedural siswa (Robani et al., 2021).

Jika dikaitkan dengan kondisi awal mitra yang tidak pernah melaksanakan praktikum, peningkatan ini menjadi sangat signifikan. Sebelumnya, siswa tidak memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan praktikum karena keterbatasan alat yang tidak berfungsi. Melalui kegiatan ini, siswa memperoleh pengalaman langsung dalam merancang, membuat, dan menggunakan alat, sehingga keterampilan psikomotorik yang sebelumnya tidak berkembang dapat meningkat secara optimal.

**Gambar 4.** Siswa Sedang Merancang Mikroskop *Smartphone* Berbasis STEM

Hasil Kemampuan Literasi Matematis Siswa

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan literasi matematis siswa mengalami peningkatan setelah mengikuti kegiatan pengabdian berbasis STEM. Nilai rata-rata pretest sebesar 28,7 meningkat menjadi 80,2 pada posttest, dengan nilai N-gain sebesar 0,72 yang termasuk dalam kategori tinggi. Hasil ini mengindikasikan bahwa kegiatan yang dilaksanakan efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi matematis siswa. Rincian data disajikan pada Tabel 7.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Tabel 7. Data Hasil Kemampuan Literasi Matematis Siswa

Nilai Rata-rata <i>Pretest</i>	Nilai Rata-rata <i>Posttest</i>	Nilai N-Gain	Kategori N-Gain
28,7	80,2	0,72	Tinggi

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan STEM mampu mengintegrasikan konsep matematika ke dalam konteks pembelajaran yang nyata dan bermakna. Dalam kegiatan ini, aspek literasi matematis tidak diajarkan secara terpisah, tetapi terintegrasi dalam proses perancangan dan pembuatan mikroskop *smartphone*. Siswa terlibat dalam aktivitas pengukuran, perbandingan skala, serta penyesuaian posisi dan jarak komponen untuk memperoleh hasil pengamatan yang optimal.

Secara lebih mendalam, kemampuan literasi matematis berkembang melalui proses pemecahan masalah yang menuntut siswa untuk merumuskan masalah, menggunakan konsep dan prosedur matematika, serta menginterpretasikan hasil yang diperoleh. Selain itu, kegiatan analisis hasil pengamatan juga melatih siswa dalam menyajikan data secara sistematis, menarik kesimpulan, serta mengkomunikasikan hasil secara logis (Hasanah & Hakim, 2022). Proses ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu mengembangkan literasi matematis secara kontekstual dan aplikatif.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan literasi matematis siswa karena mengaitkan konsep matematika dengan situasi nyata dan pemecahan masalah (Samsuar et al., 2023; Syah et al., 2024). Pendekatan ini juga terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penalaran matematis siswa.

Hasil dari kegiatan pengabdian ini memiliki peningkatan literasi matematis cukup signifikan. Sebelumnya, pembelajaran matematika cenderung berorientasi pada hafalan rumus tanpa penerapan dalam kehidupan nyata, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep secara mendalam. Melalui kegiatan ini, siswa memperoleh pengalaman belajar yang mengintegrasikan konsep matematika dengan aktivitas praktikum, sehingga kemampuan literasi matematis dapat berkembang secara lebih optimal.

Hasil Produk Mikroskop *Smartphone*

Hasil kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa siswa berhasil menghasilkan produk berupa mikroskop berbasis *smartphone* yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum. Berdasarkan hasil penilaian menggunakan rubrik, kualitas produk yang dihasilkan berada pada kategori baik hingga sangat baik, dengan distribusi 50% pada kategori sangat baik, 33% baik, dan 17% cukup. Tidak terdapat produk dengan kategori kurang, yang menunjukkan bahwa sebagian besar mikroskop yang dibuat telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran. Data lengkap disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Produk Mikroskop *Smartphone* Hasil Ciptaan Siswa

Kategori	Jumlah Mikroskop	Nilai Rata-rata	Persentase (%)	Status
Sangat Baik	15	87,8	50	Sangat Layak Pakai
Baik	10	73,6	33	Layak Pakai
Cukup	5	60,4	17	Dapat Dipakai
Tidak Baik	0	0	0	-

Secara fungsional, mikroskop yang dihasilkan mampu digunakan untuk mengamati objek biologi sederhana, seperti jaringan tumbuhan, dengan tingkat kejernihan yang cukup baik. Hal ini menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya bersifat demonstratif, tetapi memiliki nilai praktis sebagai media pembelajaran alternatif yang dapat digunakan secara langsung dalam kegiatan praktikum di sekolah.

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

Keberhasilan dalam menghasilkan produk ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM yang diterapkan mampu mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu kegiatan yang utuh. Proses perancangan dan pembuatan mikroskop melibatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta keterampilan teknis siswa dalam memecahkan masalah dan menghasilkan solusi nyata.

Selain itu, produk mikroskop *smartphone* yang dihasilkan juga memiliki keunggulan dari segi efisiensi dan aksesibilitas, karena memanfaatkan perangkat yang mudah diperoleh serta biaya yang relatif rendah. Dengan demikian, produk ini berpotensi menjadi solusi alternatif dalam mengatasi keterbatasan sarana laboratorium, khususnya pada sekolah dengan fasilitas yang terbatas.

Keberadaan produk ini memberikan dampak yang signifikan, yaitu memungkinkan terlaksananya kembali kegiatan praktikum yang sebelumnya tidak dapat dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian tidak hanya berdampak pada peningkatan kompetensi siswa, tetapi juga menghasilkan luaran nyata yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dalam proses pembelajaran.



Gambar 5. Dokumentasi Akhir Kegiatan Pengabdian Dengan Siswa Kelas XII SMAN 1 Indrapuri

Secara keseluruhan, hasil kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa pendekatan pendampingan partisipatif berbasis STEM efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa secara menyeluruh, yang meliputi aspek kognitif, afektif, psikomotorik, serta literasi matematis. Peningkatan ini terjadi karena siswa terlibat secara aktif dalam seluruh tahapan pembelajaran, mulai dari perancangan, pembuatan, hingga pengujian produk, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna. Hal ini sejalan dengan temuan Suwardi (2021) yang menyatakan bahwa pendekatan STEM mendorong integrasi pengetahuan dan keterampilan melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis masalah.

Integrasi antara kegiatan praktikum dan pendekatan STEM tidak hanya mendorong pemahaman konsep, tetapi juga membentuk sikap ilmiah, mengembangkan keterampilan teknis, serta melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Hal ini didukung oleh Sari, D. K. (2021) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktikum dengan pendekatan STEM mampu meningkatkan hasil belajar, kemandirian, serta keterampilan proses sains siswa.

Selain itu, keterlibatan aktif siswa dalam proses *learning by doing* menjadi faktor utama dalam peningkatan kompetensi tersebut. Pendekatan ini sejalan dengan hasil penelitian Ristanto, R. H. (2011) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis pengalaman langsung dan lingkungan nyata mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa secara signifikan. Produk

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

mikroskop *smartphone* yang dihasilkan juga menjadi bukti nyata bahwa kegiatan ini mampu memberikan solusi terhadap keterbatasan sarana laboratorium, sekaligus mendukung keberlanjutan pembelajaran berbasis praktikum di sekolah.

Dengan demikian, keberhasilan kegiatan ini tidak hanya ditentukan oleh penggunaan pendekatan STEM, tetapi juga oleh desain pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktik dan produk memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran secara komprehensif dan berkelanjutan.

Meskipun kegiatan pengabdian menunjukkan hasil yang positif, pelaksanaannya tidak terlepas dari beberapa kendala dan keterbatasan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan waktu pelaksanaan yang harus menyesuaikan dengan jadwal pembelajaran di sekolah, sehingga proses pelatihan dan pendampingan yang memerlukan waktu cukup panjang menjadi terfragmentasi. Kondisi ini berimplikasi pada perlunya pengelolaan waktu yang lebih fleksibel agar seluruh tahapan kegiatan dapat terlaksana secara optimal.

Selain itu, proses pembuatan mikroskop *smartphone* memerlukan keterampilan teknis dalam penggunaan alat tertentu, seperti bor dan peralatan pendukung lainnya. Hal ini menuntut adanya pendampingan intensif untuk memastikan keamanan dan ketepatan dalam proses perakitan. Kebutuhan akan pendampingan tersebut berdampak pada bertambahnya waktu pelaksanaan kegiatan dibandingkan dengan perencanaan awal.

Meskipun demikian, kendala yang dihadapi dapat diatasi melalui penyesuaian strategi pelaksanaan serta koordinasi yang baik dengan pihak sekolah. Hal ini menunjukkan bahwa fleksibilitas dalam pelaksanaan dan dukungan mitra menjadi faktor penting dalam keberhasilan kegiatan pengabdian berbasis praktik.

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM di SMA Negeri 1 Indrapuri terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa secara menyeluruh meliputi aspek kognitif, afektif, psikomotorik, serta literasi matematis. Peningkatan tersebut didukung oleh keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran berbasis praktik melalui tahapan perancangan, pembuatan, dan pengujian produk. Selain itu, kegiatan ini menghasilkan produk berupa mikroskop *smartphone* yang layak digunakan sebagai media praktikum alternatif, sehingga mampu mengatasi keterbatasan sarana laboratorium di sekolah. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar siswa, tetapi juga memberikan solusi nyata dan berkelanjutan dalam mendukung pembelajaran berbasis praktikum yang lebih kontekstual dan inovatif.

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilaksanakan, disarankan agar pihak sekolah dapat memanfaatkan mikroskop *smartphone* yang telah dikembangkan sebagai media praktikum alternatif secara berkelanjutan dalam proses pembelajaran. Guru juga diharapkan dapat mengintegrasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran untuk meningkatkan keterlibatan dan kompetensi siswa secara lebih optimal. Selain itu, bagi pelaksana pengabdian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan kegiatan serupa dengan cakupan yang lebih luas serta mengintegrasikan materi pembelajaran lain, sehingga dampak yang dihasilkan dapat lebih komprehensif. Pengelolaan waktu pelaksanaan yang lebih fleksibel dan terintegrasi dengan jadwal sekolah juga perlu diperhatikan agar kegiatan dapat berjalan lebih efektif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DPPM Kemdiktisaintek yang telah memberikan dana dan dukungan penuh terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dengan nomor kontrak 130/C3/DT.05.00/PM/2025; 49/LL13/AL.04/AKA.PM/2025; 17.12.11/LPPM/VI/2025. Apresiasi yang tinggi juga kami sampaikan kepada LPPM Universitas Abulyatama yang telah mendukung dan membantu menyukseskan kegiatan ini, seluruh tim pengabdian, pihak sekolah (Kepala Sekolah, Guru, dan Staf), serta para Siswa SMA Negeri 1 Indrapuri yang telah

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

berpartisipasi secara aktif dan antusias. Sinergi dan kerja sama yang terjalin telah menjadi kunci keberhasilan program ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustina, P., Saputra, A., Anif, S., & Anis Rayana, A. P. (2021). Analisis Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas XI IPA SMA Pada Praktikum Biologi. *Edusains*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/http://doi.org/10.15408/es.v13i1.11015>
- Andriani, F., Saraswati, R. R., Melasari, D., Putri, A., & Sumardani, D. (2020). Kelayakan Media Pembelajaran Monopoli pada Materi Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan. *Risenologi (Jurnal Sains, Teknologi, Sosial, Pendidikan, Dan Bahasa)*, 5(1), 20–25. <https://doi.org/10.47028/j.risenologi.2020.51.60>
- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik* (13th ed.). Rineka Cipta.
- Artika, W., Samsuar, Sarong, M. A., Mailizar, & Sari, I. M. (2021). Measurement of Students Learning Outcomes through the Application of Smartphone Microscope. *2021 2nd SEA-STEM International Conference (SEA-STEM)*, 164–167. <https://doi.org/10.1109/SEA-STEM53614.2021.9668129>
- Bernie, T., & Fadel, C. (2009). 21st Century Skills Learning for Life in Our Times Trilling. In *Journal of Sustainable Development Education and Research* (Vol. 2, Number 1). Jossey-Bass.
- Candra, R., & Hidayati, D. (2020). Penerapan Praktikum dalam Meningkatkan Keterampilan Proses dan Kerja Peserta Didik di Laboratorium IPA. *Edugama: Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan*, 6(1), 26–37. <https://doi.org/10.32923/edugama.v6i1.1289>
- Habibi, & Suparman. (2020). *Literasi Matematika dalam Menyambut PISA 2021 Berdasarkan Kecakapan Abad 21*. 6(1), 57–64.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University Press.
- Hanifah, H., Afrikani, T., & Yani, I. (2020). Pengembangan Media Ajar E-Booklet Materi Plantae Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Siswa. *Journal Of Biology Education Research (JBER)*, 1(1), 10–16. <https://doi.org/10.55215/jber.v1i1.2631>
- Hasanah, M., & Hakim, D. L. (2022). Kemampuan Literasi Matematis Pada Soal Matematika PISA Konten Quantity dan Konten Change and Relationship. *Journal for Research in Mathematics Learning*, 5(2), 157–166.
- Herlina. (n.d.). Permasalahan Pendidikan di Indonesia (Preprint). 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.31219/osf.io/fqehr>
- Indarta, Y., Ambiyar, A., Rizal, F., Ranuharja, F., Samala, A. D., & Dewi, I. P. (2022). Studi Literatur : Peranan Model-Model Pembelajaran Inovatif Bidang Pendidikan Teknologi Kejuruan. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5762–5772. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.2721>
- Mardhatilah, R., Zaini, M., & Kaspul. (2022). Pengaruh LKPD-Elektronik Sistem Gerak Terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Practice of the Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, 1(2), 53–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.58362/hafescspots.v1i2.13>
- Mardiana. (2018). PENERAPAN PEMBELAJARAN IPA BERBASIS KONSTRUKTIVISME DALAM MENINGKATKAN SIKAP ILMIAH PADA SISWA MADRASAH IBTIDAYAH. *Al-Madrasah*, 3(1), 61–80.
- Mufiatunnikmah, S., Setyaningsih, N. E., & Subali, B. (2020). Asesmen Multi Representasi Berbasis Keterampilan Abad Ke-21 pada Materi Gerak Lurus. *Physics Education Research Journal*, 2(1), 19–34. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.1.5038>
- OECD. (2023). *OECD Economic Outlook, Volume 2023 Issue 1, No. 113* (Number June). OECD Publishing.
- Rahmah, N., Iswadi, Asiah, Hasanuddin, & Syafrianti, D. (2021). Analisis Kendala Praktikum Biologi di Sekolah Menengah Atas. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi2*, 7(2), 169–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.22437/bio.v7i2.12777>
- Riduwan. (2015). *Dasar-dasar Statistika* (13th ed.). Alfabeta.
- Ristanto, R. H. (2011). Pembelajaran Biologi Berbasis Inkuiri Terbimbing Dengan Multimedia Dan Lingkungan Riil Terhadap Prestasi Belajar. *Jurnal Educatio2*, 6(1), 53–68.
- Robani, M. E., Rachim, F. A., Febriani, A., & A, E. R. F. (2021). Metode Learning By Doing Dalam

Pelatihan pembuatan mikroskop *smartphone* berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi dan literasi matematis siswa

- Mengoptimalkan Kualitas Belajar Siswa Smp. *Jurnal Ilmiah Edukasia*, 1(1), 24–30. <https://doi.org/10.26877/jie.v1i1.7961>
- Samsuar, Artika, W., Hamama, S. F., Lubis, S. P. W., & Maulida. (2023). HUBUNGAN KETERAMPILAN PSIKOMOTORIK TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF PESERTA DIDIK DENGAN PENERAPAN MIKROSKOP SMARTPHONE BERBASIS PENDEKATAN STEM SEBAGAI ALAT PRAKTIKUM PADA MATERI ANIMALIA. *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 7(1), 147–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.30601/dedikasi.v7i1.3490>
- Samsuar, Artika, W., Sarong, M. A., Rahmatan, H., & Pada, A. U. T. (2021). Smartphone microscope based on the STEM approach as a practicum tool to improve students' scientific attitudes on Animalia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1), 1882. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012158>
- Sari, D. K. (2021). Pengembangan E-Modul Praktikum Fisika Dasar 1 dengan Pendekatan STEM untuk Menumbuhkan Kemandirian Belajar. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 5(1), 44. <https://doi.org/10.20961/jdc.v5i1.50560>
- Simamora, A. B., Widodo, W., & Sanjaya, I. G. M. (2020). Innovative Learning Model: Improving The Students' Scientific Literacy Of Junior High School. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 1(3), 271–285. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v1i3.55>
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suryaningsih, Y. (2017). PEMBELAJARAN BERBASIS PRAKTIKUM SEBAGAI SARANA SISWA UNTUK BERLATIH MENERAPKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS DALAM MATERI BIOLOGI. *Jurnal Bio Educatio*, 2(2), 49–57.
- Suryawati, E., & Osman, K. (2018). Contextual Learning: Innovative Approach towards the Development of Students' Scientific Attitude and Natural Science Performance. *EURASIA: Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 61–76. <https://doi.org/10.12973/ejmste/79329>
- Suwardi. (2021). Suwardi, 2021. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 1(1), 40–48.
- Syah, M. S. F., Widodo, W., & Sudiby, E. (2024). Kemampuan Literasi Matematika Siswa Sekolah Dasar Berdasarkan Prespektif Teori Gestalt. *Else (Elementary School Education Journal)*, 8(1), 85–95. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30651/else.v8i1.21033>
- Widiantie, R., Setiawati, I., & Nurlaelah, I. (2025). Pelatihan Keterampilan Dasar Laboratorium untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMA. *Ardhi: Jurnal Pengabdian Dalam Negri*, 3(5), 122–134. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/ardhi.v3i5.1501>