

Pelatihan Penggunaan Alat Ukur Besaran Pokok di SMA Negeri 104 Jakarta

Siti Sofiah Tiska Pratama¹, Rayya Nurfauziah², Tita Nurhayati³, Fitroh Abdul Malik⁴, Imas Ratna Ermawati⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

*e-mail: sofiatiskaa@gmail.com¹, rayyanur23@gmail.com², titanrhytii@gmail.com³, fitroh25.05@gmail.com⁴, imas_re@uhamka.ac.id⁵

Abstrak

Pengukuran merupakan kompetensi dasar yang esensial dalam pembelajaran fisika berbasis praktikum, sehingga penguasaan penggunaan alat ukur menjadi prasyarat penting bagi peserta didik. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan psikomotorik 30 peserta didik SMA Negeri 104 Jakarta dalam mengoperasikan empat alat ukur fisika, yaitu jangka sorong, mikrometer sekrup, neraca Ohaus, dan stopwatch. Metode pelaksanaan dirancang melalui pendekatan pelatihan berbasis praktikum yang meliputi penyampaian materi konseptual, sesi diskusi dan tanya jawab, serta bimbingan teknis dalam praktik pengukuran secara langsung. Efektivitas intervensi diukur menggunakan desain evaluasi pre-test dan post-test yang mencakup tiga indikator, yaitu pemahaman fungsi dan komponen alat ukur, kemampuan pembacaan skala utama dan nonius, serta ketepatan penentuan nilai ketelitian alat. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan rata-rata capaian peserta didik dari 33,3% (kategori kurang) pada pre-test menjadi 81% (kategori baik) pada post-test, dengan peningkatan tertinggi terjadi pada indikator penentuan nilai ketelitian alat sebesar 55 poin persentase. Selain capaian kuantitatif tersebut, teramati pula peningkatan partisipasi aktif peserta didik dalam sesi diskusi serta penurunan frekuensi kesalahan pembacaan hasil pengukuran (human error) selama kegiatan berlangsung. Temuan ini mengindikasikan bahwa pelatihan berbasis pendampingan intensif dan praktik langsung efektif dalam memperkuat pemahaman konsep dasar pengukuran serta keterampilan praktikum peserta didik pada jenjang pendidikan menengah.

Kata kunci: pengukuran, alat ukur fisika, besaran pokok, keterampilan praktikum, pelatihan berbasis praktikum.

Abstract

Measurement is an essential competency in practicum-based physics learning, making proficiency in using measuring instruments a critical prerequisite for students. This community service program aimed to enhance the conceptual understanding and psychomotor skills of 30 students at SMA Negeri 104 Jakarta in operating four physics measuring instruments: the vernier caliper, micrometer screw gauge, Ohaus balance, and stopwatch. The method comprised a practicum-based training approach involving delivery of conceptual material, discussion sessions, and hands-on guidance in measurement practice. Effectiveness was assessed using a pre-test and post-test design covering three indicators: understanding of instrument functions and components, proficiency in reading main and vernier scales, and accuracy in determining instrument precision values. Results showed an increase in students' average achievement from 33.3% (poor category) in the pre-test to 81% (good category) in the post-test, with the greatest improvement observed in the precision-value determination indicator, a 55-percentage-point increase. An increase in students' active participation and a reduction in measurement-reading errors were also observed during the activity. These findings indicate that training grounded in intensive mentoring and hands-on practice effectively strengthens students' foundational understanding of measurement concepts and practicum skills at the secondary education level.

Keywords: measurement, physics measuring instruments, fundamental quantities, practical skills, practicum-based learning.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika tidak dapat dipisahkan dari kegiatan praktikum, karena pemahaman konsep abstrak mengenai materi, energi, dan interaksinya baru menjadi bermakna ketika peserta didik mengalaminya secara langsung melalui pengamatan dan pengukuran (Serway & Jewett,

2021). Praktikum melatih keterampilan proses sains, seperti mengamati, mengukur, menganalisis, dan menyimpulkan hasil percobaan, sekaligus menjadi wahana penting untuk menumbuhkan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik (Wahyuni et al., 2021). Tanpa pengalaman praktikum yang memadai, pemahaman fisika peserta didik cenderung berhenti pada tataran hafalan rumus tanpa kemampuan aplikatif dalam mengolah data hasil pengukuran nyata.

Persoalan mendasar dalam praktikum fisika terletak pada keterampilan pengukuran itu sendiri, yang menuntut ketepatan penggunaan instrumen agar diperoleh data kuantitatif yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan (Fitriani & Hidayat, 2022). Kondisi ini menjadi masalah nyata yang dihadapi mitra kegiatan, yaitu peserta didik SMA Negeri 104 Jakarta. Hasil pre-test yang dilakukan terhadap 30 peserta didik sebelum intervensi menunjukkan rata-rata pemahaman hanya sebesar 33,3% (kategori kurang), dengan capaian terendah pada aspek penentuan nilai ketelitian alat (25%) dan kemampuan membaca skala utama serta nonius (30%). Temuan awal ini mengindikasikan bahwa penguasaan peserta didik terhadap alat ukur laboratorium jangka sorong, mikrometer sekrup, neraca Ohaus, dan stopwatch masih sebatas pemahaman tekstual tanpa pengalaman kalibrasi dan pembacaan skala secara langsung, sehingga rawan menimbulkan kesalahan pengukuran berupa kekeliruan membaca skala jangka sorong dan mikrometer sekrup, ketidaktepatan peletakan benda pada neraca Ohaus, serta keterlambatan penekanan tombol stopwatch. Secara kelembagaan, SMA Negeri 104 Jakarta memiliki fasilitas laboratorium fisika dasar, namun pemanfaatannya belum optimal karena keterbatasan intensitas pendampingan praktik langsung bagi peserta didik.

Keempat instrumen ukur tersebut masing-masing memiliki karakteristik teknis yang berbeda dan menuntut penguasaan tersendiri: jangka sorong dengan ketelitian hingga 0,01 cm (Pratama, 2023), mikrometer sekrup dengan ketelitian hingga 0,01 mm (Firmansyah, 2024), neraca Ohaus yang bekerja berdasarkan prinsip keseimbangan (Kurniawan et al., 2022), serta stopwatch untuk pengukuran interval waktu (Hidayati, 2023). Karakteristik teknis yang beragam inilah yang menjadi akar persoalan rendahnya capaian pre-test peserta didik, karena pembelajaran teoretis di kelas belum diimbangi dengan porsi latihan teknis yang memadai untuk keempat alat tersebut secara sekaligus.

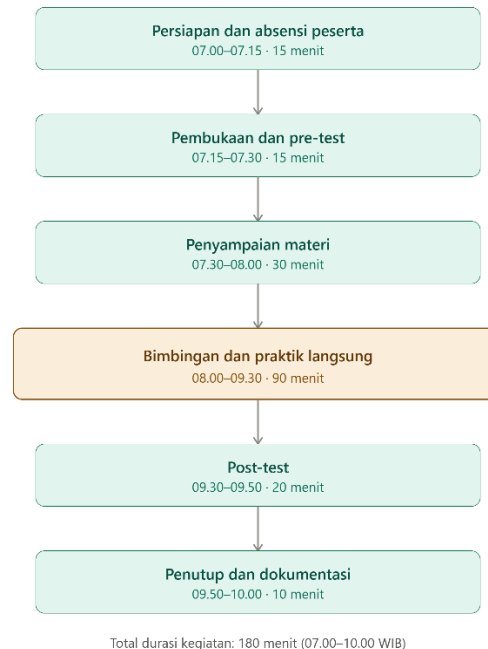
Upaya pelatihan penggunaan alat ukur fisika bagi peserta didik jenjang menengah sesungguhnya telah dilakukan oleh sejumlah tim pengabdian lain di berbagai wilayah, di antaranya pelatihan penggunaan jangka sorong bagi siswa Madrasah Aliyah Singosari (Mufarrih et al., 2022), pelatihan alat ukur dasar bagi siswa SMA IT Al Fahmi Palu (Rugayya et al., 2022), edukasi dan pendampingan praktikum fisika di SMA Negeri 1 Suralaga (Sapiruddin et al., 2021), serta pelatihan alat praktikum IPA terintegrasi di SMA Negeri 2 Seram Bagian Barat (Kunda et al., 2024). Kegiatan-kegiatan tersebut umumnya berfokus pada satu jenis alat ukur secara terpisah atau bersifat pengenalan umum tanpa evaluasi kuantitatif yang terstruktur.

Kebaruan (*novelty*) kegiatan ini terletak pada cakupan pelatihan yang komprehensif dan terintegrasi terhadap empat alat ukur esensial secara bersamaan, dipadukan dengan pendekatan pendampingan intensif berbasis kelompok kecil (*focus group*) yang secara spesifik mengidentifikasi dan mengoreksi kesalahan prosedur dalam membaca secara *real-time*, serta didukung desain evaluasi pre-test dan post-test untuk mengukur efektivitas intervensi secara kuantitatif. Kegiatan ini merupakan hilirisasi dari kajian awal tim pengabdian mengenai kondisi keterampilan pengukuran peserta didik di lokasi mitra, yang kemudian ditindaklanjuti dalam bentuk intervensi pelatihan terapan.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dirumuskan dalam kegiatan ini meliputi: (1) bagaimana cara menggunakan jangka sorong, mikrometer sekrup, neraca Ohaus, dan stopwatch secara tepat dalam praktikum fisika; (2) kesalahan apa yang paling sering dilakukan peserta didik dalam membaca hasil pengukuran pada keempat alat tersebut; dan (3) sejauh mana pelatihan penggunaan alat ukur dapat meningkatkan pemahaman, ketelitian, dan keterampilan peserta didik dalam pengukuran. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan psikomotorik peserta didik SMA Negeri 104 Jakarta dalam mengoperasikan empat alat ukur fisika secara tepat, serta mengevaluasi efektivitas pelatihan tersebut melalui perbandingan capaian pre-test dan post-test secara terukur.

2. METODE

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di SMA Negeri 104 Jakarta pada tanggal 14 April 2026, dengan melibatkan 30 peserta didik yang dibagi ke dalam tiga kelompok kecil (focus group), masing-masing beranggotakan 10 orang. Pembagian kelompok kecil ini dimaksudkan agar pendampingan teknis dapat dilakukan secara lebih intensif dan personal terhadap setiap peserta didik selama praktik pengukuran berlangsung.



Gambar 1. Alur dan Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

Sesi penyampaian materi (30 menit) berisi penjelasan konsep besaran pokok dan pengenalan fungsi keempat alat ukur secara klasikal. *Sesi bimbingan dan praktik langsung* (90 menit) menjadi inti kegiatan, di mana ketiga kelompok secara bergilir melakukan pengukuran terhadap objek yang telah ditentukan menggunakan keempat alat ukur, didampingi oleh anggota tim pengabdian yang mengoreksi kesalahan pembacaan skala secara langsung. Sesi diskusi dan tanya jawab tidak dialokasikan sebagai blok waktu tersendiri, melainkan berlangsung secara terintegrasi baik pada sesi penyampaian materi maupun sesi praktik, sesuai kebutuhan peserta didik.

Instrumen pre-test dan post-test yang digunakan berbentuk gabungan tes lisan dan tes praktik langsung, bukan tes tertulis pilihan ganda. Tes lisan digunakan untuk mengukur indikator pemahaman konsep, yaitu kemampuan peserta didik menjelaskan definisi dan pentingnya pengukuran dalam fisika. Tes praktik langsung digunakan untuk mengukur tiga indikator keterampilan teknis, yaitu: (1) ketepatan menentukan hasil pembacaan skala utama dan skala nonius pada jangka sorong; (2) ketepatan membaca nilai pengukuran pada neraca Ohaus; dan (3) ketepatan membaca hasil skala pada mikrometer sekrup, termasuk pemahaman fungsi stopwatch untuk mengukur interval waktu. Setiap peserta didik diminta melakukan pengukuran secara langsung di hadapan tim pengabdian, kemudian hasil pembacaannya dinilai berdasarkan tingkat ketepatan dibandingkan hasil pengukuran acuan. Skor dari kedua bentuk tes tersebut dikonversi ke dalam persentase capaian dan dirata-ratakan untuk memperoleh gambaran pemahaman kelompok secara keseluruhan pada tahap pre-test maupun post-test.

Keberhasilan kegiatan diukur menggunakan dua pendekatan yang saling melengkapi, yaitu pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Secara kuantitatif, capaian tes lisan dan praktik dari tahap pre-test dan post-test dibandingkan untuk melihat peningkatan pada tiga indikator: pemahaman fungsi dan bagian alat ukur, kemampuan membaca skala utama dan nonius, serta

ketepatan penentuan nilai ketelitian alat. Selain itu, konsistensi hasil pengukuran antar kelompok pada sesi praktik turut dijadikan indikator ketercapaian keterampilan psikomotorik, dengan membandingkan selisih hasil pengukuran objek yang sama oleh ketiga kelompok semakin kecil selisih antar kelompok, semakin tinggi tingkat ketelitian dan konsistensi keterampilan pengukuran yang dicapai peserta didik.

Secara kualitatif, tingkat ketercapaian kegiatan juga dinilai melalui observasi langsung terhadap perubahan sikap peserta didik selama pelatihan berlangsung, meliputi tingkat antusiasme, keaktifan bertanya pada sesi diskusi, serta kepercayaan diri dalam melakukan praktik pengukuran secara mandiri. Perubahan sikap ini diamati dengan membandingkan kondisi peserta didik pada awal kegiatan yang cenderung pasif dan ragu-ragu dalam menggunakan alat ukur presisi tinggi dengan kondisi pada akhir kegiatan, ketika peserta didik mampu menjawab pertanyaan evaluasi secara spontan dan menunjukkan keterlibatan aktif dalam setiap tahapan praktikum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Kegiatan dan Capaian terhadap Tujuan

Kegiatan pelatihan penggunaan alat ukur fisika dilaksanakan sesuai dengan empat tahapan metode yang telah dirancang, yaitu penyampaian materi konseptual, demonstrasi alat ukur, sesi diskusi, serta bimbingan dan praktik langsung dalam kelompok kecil. Dokumentasi pelaksanaan kegiatan menunjukkan keterlibatan aktif peserta didik pada setiap tahapan, mulai dari praktik pengukuran massa menggunakan neraca Ohaus dengan pendampingan tim, sesi diskusi kelompok dalam membaca hasil pengukuran, hingga demonstrasi pembacaan skala jangka sorong secara mandiri oleh peserta didik. Rangkaian kegiatan ini secara langsung mendukung tercapainya tujuan pelatihan, yaitu penguatan pemahaman konseptual dan keterampilan psikomotorik peserta didik dalam mengoperasikan empat alat ukur esensial.



Gambar 2. Praktik pengukuran menggunakan Neraca Ohaus dengan pendampingan tim



Gambar 3. Sesi diskusi dan bimbingan membaca hasil pengukuran pada kelompok



Gambar 4. Demonstrasi dan praktik pembacaan skala Jangka Sorong oleh peserta didik



Gambar 5. Sesi foto bersama di akhir kegiatan pelatihan

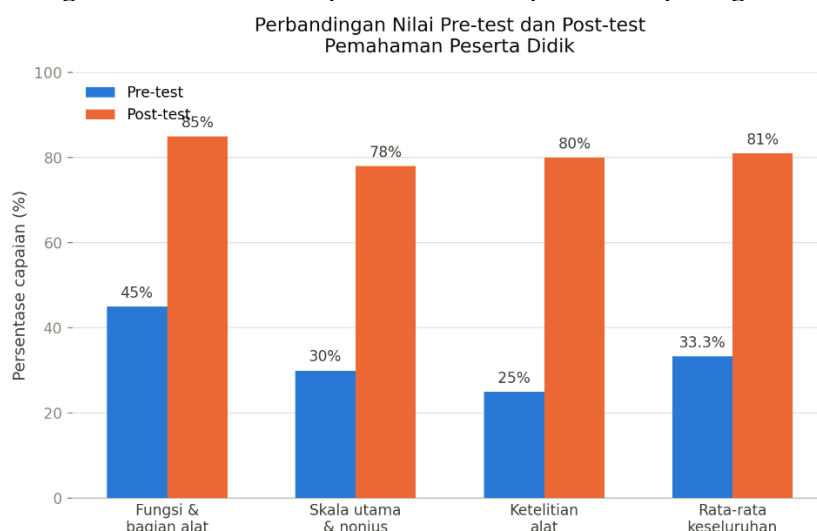
Indikator dan Tolak Ukur Keberhasilan

Tingkat ketercapaian tujuan kegiatan diukur melalui dua tolok ukur utama, yaitu peningkatan skor kognitif berdasarkan hasil pre-test dan post-test, serta konsistensi keterampilan psikomotorik berdasarkan variasi hasil pengukuran antar kelompok. Pada aspek kognitif, hasil evaluasi (Tabel 1) menunjukkan peningkatan rata-rata keseluruhan dari 33,3% (kategori kurang) menjadi 81% (kategori baik), dengan peningkatan tertinggi pada indikator penentuan nilai ketelitian alat, yaitu sebesar 55 poin persentase (dari 25% menjadi 80%). Peningkatan signifikan pada indikator ini mengonfirmasi bahwa aspek ketelitian alat, yang pada awal kegiatan menjadi titik kelemahan utama peserta didik, berhasil diperbaiki secara efektif melalui pendekatan demonstrasi dan bimbingan langsung. Indikator pemahaman fungsi dan bagian alat ukur mencapai skor post-test tertinggi (85%), sementara indikator pembacaan skala utama dan nonius meningkat dari 30% menjadi 78%, mengindikasikan bahwa keterampilan pembacaan skala presisi tinggi tetap menjadi aspek yang relatif lebih menantang dibandingkan pemahaman fungsi alat secara umum.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Pre-test dan Post-test Pemahaman Peserta Didik tiap Kelompok

Nama Komponen Evaluasi	Rata-rata Nilai Pre-test (%)	Rata-rata Nilai Post-test (%)
Pemahaman Fungsi dan Bagian Alat Ukur	45	85
Cara Membaca Skala Utama dan Nonius	30	78
Penentuan Nilai Ketelitian Alat	25	80
Rata-Rata Keseluruhan	33.3	81

Secara visual, peningkatan hasil evaluasi peserta didik dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Pre-test dan Post- test

Pada aspek psikomotorik, tolok ukur konsistensi diperoleh dari perbandingan hasil pengukuran tiga kelompok terhadap objek yang sama (Tabel 2). Selisih antar kelompok relatif kecil untuk seluruh alat ukur, namun perlu dicermati dalam konteks ketelitian nominal masing-masing instrumen. Jangka sorong dengan ketelitian nominal 0,01 cm menghasilkan rentang antar kelompok sebesar 0,07 cm nilai ini tujuh kali lipat dari ketelitian alat, mengindikasikan bahwa selisih yang terjadi bukan semata variasi pembacaan skala, melainkan kemungkinan mencerminkan variasi posisi aktual objek yang diukur (lebar balok diukur pada titik yang sedikit berbeda oleh tiap kelompok) atau tekanan rahang jangka sorong yang tidak seragam saat

menjepit benda. Pola serupa tampak pada neraca Ohaus, dengan rentang 0,10 g yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh ketidakstabilan peletakan benda pada piringan neraca, bukan kesalahan pembacaan skala geser.

Sebaliknya, mikrometer sekrup menunjukkan rentang yang lebih proporsional terhadap ketelitian alatnya, dengan dua dari tiga kelompok memperoleh hasil identik (8,24 mm), mengindikasikan tingkat konsistensi yang lebih tinggi dibandingkan jangka sorong. Hal ini beralasan secara teknis, karena mikrometer sekrup memiliki mekanisme *ratchet stop* yang membatasi tekanan penjepitan secara otomatis, sehingga mengurangi variasi akibat faktor manusia dibandingkan jangka sorong yang penjepitannya sepenuhnya bergantung pada kendali tangan pengguna. Rentang pada stopwatch (0,05 detik) paling mungkin bersumber dari variasi waktu reaksi peserta didik dalam menekan tombol, bukan dari alat itu sendiri, mengingat stopwatch digital pada dasarnya tidak memiliki margin kesalahan teknis yang signifikan pada skala pengukuran tersebut.

Dengan demikian, sumber kesalahan yang teridentifikasi dari data kelompok bersifat dominan pada faktor teknik penggunaan, bukan pada keterbatasan alat, yang justru menguatkan relevansi pelatihan ini: peningkatan keterampilan peserta didik dalam mengontrol variabel teknis penggunaan alat bukan sekadar memahami cara kerja alat menjadi capaian inti yang paling bermakna secara pedagogis.

Tabel 2. Hasil Praktik Pengukuran Kelompok terhadap Objek yang Sama

NO	Alat Ukur	Benda yang Diukur	Kelompok	Hasil Pengukuran
1.	Jangka Sorong	Balok Kecil (Lebar)	1	7,45 cm
			2	7,42 cm
			3	7,49 cm
2.	Neraca Ohaus	Botol Tupperware	1	45,20 g
			2	45,15 g
			3	45,25 g
3.	Mikrometer Sekrup	Penghapus (Tebal)	1	8,24 mm
			2	8,30 mm
			3	8,24 mm
4.	Stopwatch	Kertas Jatuh	1	1,15 s
			2	1,18 s
			3	1,20 s

Keunggulan dan Kelemahan

Keunggulan utama kegiatan ini terletak pada cakupan pelatihan yang terintegrasi terhadap empat alat ukur sekaligus, dipadukan dengan pendampingan intensif berbasis kelompok kecil yang memungkinkan koreksi personal secara langsung pendekatan yang terbukti sesuai dengan kondisi SMA Negeri 104 Jakarta, yang memiliki fasilitas laboratorium dasar namun sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal. Kelemahan utama terletak pada durasi pelaksanaan yang relatif singkat (90 menit untuk sesi praktik), yang menyebabkan peserta didik belum mencapai tahap otonom dalam penguasaan keterampilan motorik sebagaimana dibahas di atas, serta cakupan alat ukur yang masih terbatas pada besaran pokok dasar.

Tingkat Kesulitan Pelaksanaan dan Peluang Pengembangan

Tingkat kesulitan pelaksanaan tergolong sedang, terutama pada koordinasi pendampingan simultan terhadap tiga kelompok dalam waktu terbatas. Peluang pengembangan ke depan meliputi perluasan cakupan ke instrumen digital/elektronik serta penambahan durasi sesi praktik mandiri, agar peserta didik memiliki kesempatan lebih besar untuk mencapai tahap otonom dalam penguasaan keterampilan pengukuran.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pelatihan penggunaan alat ukur fisika di SMA Negeri 104 Jakarta terbukti efektif dalam memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan psikomotorik 30 peserta didik dalam mengoperasikan jangka sorong, mikrometer sekrup, neraca Ohaus, dan stopwatch. Efektivitas ini dibuktikan secara kuantitatif melalui peningkatan rata-rata capaian evaluasi dari 33,3% (kategori kurang) pada pre-test menjadi 81% (kategori baik) pada post-test, dengan peningkatan tertinggi pada indikator penentuan nilai ketelitian alat sebesar 55 poin persentase, serta secara kualitatif melalui peningkatan antusiasme, keaktifan, dan kepercayaan diri peserta didik selama kegiatan berlangsung.

Meskipun demikian, durasi pelaksanaan yang terbatas menyebabkan pengulangan praktik mandiri belum optimal, sehingga sebagian peserta didik belum sepenuhnya mencapai tahap penguasaan keterampilan motorik yang matang. Sebagai tindak lanjut, disarankan penyelenggaraan pelatihan lanjutan dengan alokasi waktu praktik yang lebih memadai, perluasan cakupan ke instrumen ukur digital/elektronik, serta pemantauan berkelanjutan oleh guru mata pelajaran fisika di sekolah mitra agar pemanfaatan laboratorium tetap berjalan pascakegiatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian menyampaikan terima kasih kepada pihak SMA Negeri 104 Jakarta atas izin dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Kepala SMA Negeri 104 Jakarta atas dukungan dan persetujuan pelaksanaan program, serta kepada guru mata pelajaran fisika selaku pendamping lapangan yang telah membantu koordinasi teknis dan memberikan masukan berharga selama kegiatan berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada 30 peserta didik yang telah berpartisipasi secara aktif dan antusias dalam seluruh rangkaian pelatihan. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka Jakarta, serta Dosen Pembimbing, Dr. Imas Ratna Ermawati, M.Pd., atas arahan dan bimbingan yang diberikan sejak tahap perencanaan hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Rahman, A., Munandar, S. A., Fitriani, A., Karlina, Y., & Yumriani. (2022). Pengertian pendidikan, ilmu pendidikan dan unsur-unsur pendidikan. *Al Urwatul Wutsqa: Kajian Pendidikan Islam*, 2(1), 1-8.
- Astuti, E. T., Mahendrawan, E., Solihat, I., Sutopo, E. H., & Setyowati, A. D. (2021). Pelatihan pembacaan alat ukur dimensi jangka sorong dan mikrometer skrup untuk pengukuran teknik di SMK Sasmita Jaya 2, Pamulang Barat, Kota Tangerang Selatan. *Garda: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 7-16.
- Faradiba. (2020). Buku materi pembelajaran metode pengukuran fisika. Universitas Kristen Indonesia.
- Firmansyah, D. (2024). Analisis akurasi alat ukur panjang dalam eksperimen fisika laboratorium. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin*, 2(3), 112-119.
- Fitriani, A., & Hidayat, R. (2022). Pengembangan keterampilan proses sains melalui kegiatan praktikum fisika dasar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 5(1), 15-22.
- Hidayati, N. (2023). Penggunaan alat ukur waktu dalam optimalisasi data praktikum kinematika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 11(2), 78-85.
- Kunda, R. M., et al. (2024). Pelatihan penggunaan alat praktikum IPA terintegrasi pada siswa dan guru di SMA Negeri 2 Seram Bagian Barat. Universitas Terbuka Ambon.
- Kurniawan, A., Lestari, S., & Ramadhan, F. (2022). Efektivitas Penggunaan Neraca Ohaus terhadap Ketelitian Hasil Penimbangan Massa Zat. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Sains*, 4(2), 45-52.

- Mufarrih, A., et al. (2022). Pelatihan penggunaan jangka sorong siswa Madrasah Aliyah Singosari. Politeknik Negeri Malang.
- Pratama, M. R. (2023). Penguatan Pemahaman Pengukuran Jangka Sorong pada Tingkat Laboratorium Sekolah Menengah. *Jurnal Edukasi Fisika*, 8(4), 201–208.
- Rugayya, S., et al. (2022). Pelatihan penggunaan alat ukur dasar bagi siswa kelas X SMA IT Al Fahmi Palu. Universitas Tadulako.
- Sapiruddin, et al. (2021). Edukasi dan pendampingan praktikum fisika pada siswa Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Suralaga Kecamatan Suralaga. Universitas Hamzanwadi.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2021). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (10th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Tambun, S. I. E., Sirait, G., & Simamora, J. (2020). Analisis Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional mencakup Bab IV Pasal 5 mengenai hak dan kewajiban warga negara, orang tua, dan pemerintah. Magister Hukum Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Wahyuni, S., et al. (2021). *Peningkatan keterampilan proses sains melalui pembelajaran praktikum fisika*. Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 9(2), 145–153.