

Peningkatan Prestasi Non-Akademik Siswa MAN 1 Surakarta melalui Pelatihan Kompetisi Robotika *Unmanned Surface Vehicle*

¹⁾Fahri Setyo Utomo, ²⁾Aria Pranata, ³⁾Iwan Istanto, ⁴⁾Rahman Wijaya, ⁵⁾Indri Yaningsih, ⁶⁾Didik Djoko Susilo,
⁷⁾Aditya Rio Prabowo*

¹⁾Doktoral Kajian Budaya, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

^{2,3,4,5,6,7)}Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Email Corresponding: aditya@ft.uns.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

MAN 1 Surakarta
Pelatihan
Robotika
USV
Kompetisi

Robotika merupakan bidang ilmu yang menggabungkan teknik, komputer, dan elektronika untuk menghasilkan mesin cerdas yang mendukung efisiensi kerja manusia. Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Surakarta telah menerapkan pembelajaran robotika melalui kelas tutorial, namun keterbatasan penguasaan dasar desain 3D, perancangan PCB, dan pemrograman masih menjadi kendala dalam pengembangan inovasi serta persiapan kompetisi. Tujuan program Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang Unmanned Surface Vehicle (USV) melalui pelatihan desain 3D, perancangan sirkuit PCB, serta pemrograman berbasis Python. Metode kegiatan dilakukan dalam lima pertemuan yang meliputi sosialisasi, pelatihan mekanik, perakitan PCB, dan object detection berbasis machine learning. Data dikumpulkan melalui observasi, pre-test dan post-test, serta evaluasi praktik. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pemahaman siswa pada bidang desain 3D (52% menjadi 84%), elektronika dan PCB (47% menjadi 79%), serta pemrograman (49% menjadi 81%). Simpulan dari kegiatan ini adalah pelatihan ini memperkuat keterampilan teknis siswa dan mempersiapkan mereka menghadapi kompetisi robotika di tingkat nasional maupun internasional, serta memberikan model pembelajaran berbasis praktik yang dapat diadaptasi pada pendidikan menengah untuk mendukung inovasi teknologi.

ABSTRACT

Keywords:

MAN 1 Surakarta
Training
Robotics.
USV
Competition

Robotics integrates engineering, computing, and electronics to develop intelligent machines that enhance human work efficiency. Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Surakarta has implemented robotics learning through tutorial classes; however, limited basic skills in 3D design, PCB development, and programming have hindered innovation and competition readiness. This community service program aims to enhance students' competencies in *Unmanned Surface Vehicle* (USV) by providing training in 3D design, PCB circuit development, and Python-based programming. The program was conducted over five sessions, including orientation, mechanical design workshops, PCB assembly, and *machine learning*-based object detection. Data were collected through observation, pre- and post-tests, and practical evaluations. The results showed significant improvements in students' understanding of 3D design (from 52% to 84%), electronics and PCB (from 47% to 79%), and programming (from 49% to 81%). This training strengthened students' technical skills and prepared them for national and international robotics competitions. The program also contributes a practice-based learning model that can be adapted for secondary education to support technological innovation.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



I. PENDAHULUAN

Robotika merupakan bidang interdisipliner yang mengintegrasikan ilmu teknik, ilmu komputer, elektro, material, dan mekanika dalam perancangan, pengembangan, serta pengoperasian sistem mekanis yang mampu berinteraksi dengan lingkungannya. Seiring dengan perkembangan teknologi, robotika semakin menjadi

bagian penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, meningkatkan efisiensi dan keamanan, serta membantu menyelesaikan tantangan yang kompleks (Hendriana, 2023). Salah satu cabang yang berkembang pesat adalah *Unmanned Vehicle* atau kendaraan tanpa awak yang mencakup *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), *Unmanned Ground Vehicle* (UGV), dan *Unmanned Surface Vehicle* (USV) (Gusty et al., 2023).

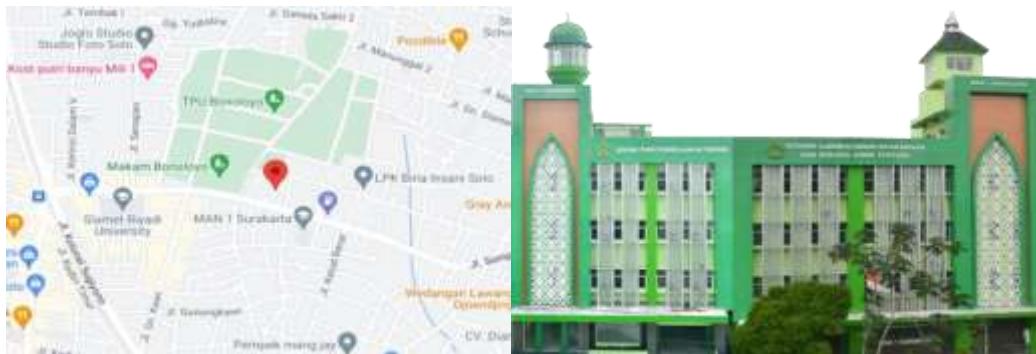
Di Indonesia, integrasi robotika dalam pendidikan menengah semakin meningkat melalui kegiatan ekstrakurikuler, kelas robotika, maupun kompetisi seperti *Roboboat*, *World Robot Olympiad* (WRO), dan *RoboCup*. Kegiatan tersebut berperan penting dalam membentuk keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan inovasi siswa (Sebayang et al., 2024). **Beberapa penelitian pengabdian sebelumnya menunjukkan bahwa pelatihan robotika di tingkat sekolah mampu meningkatkan literasi teknologi dan kesiapan mengikuti kompetisi (Dwi Putra et al., 2023; Nurazila et al., 2022)**. Namun, masih terdapat tantangan berupa keterbatasan fasilitas, kurangnya guru pendamping yang kompeten, serta rendahnya penguasaan keterampilan desain 3D, elektronika lanjutan, dan pemrograman berbasis *machine learning* (Noviyanto et al., 2025; Sukamta et al., 2024).

Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Surakarta merupakan salah satu sekolah yang telah mengadopsi robotika dalam kurikulumnya melalui kelas tutorial wajib bagi siswa kelas 10. Program ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar tentang robotika, termasuk penggunaan Arduino dan sensor sederhana (Arsada, 2017). Namun, dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa kendala utama, seperti keterbatasan dalam desain robot, di mana siswa hanya menggunakan software 2D sederhana seperti CorelDraw, sementara desain robot yang lebih canggih memerlukan pemahaman desain 3D (Naufal Nur Saifullah et al., 2024). Selain itu, kurangnya pemahaman dalam perancangan sirkuit PCB menyebabkan sistem elektronis robot kurang efisien dan sulit diintegrasikan ke dalam robot (Setiawan et al., 2024). Minimnya strategi dalam mengikuti kompetisi robotika juga menjadi kendala utama, yang menghambat pencapaian prestasi siswa di tingkat nasional maupun internasional. Selain itu, kurangnya sumber daya dan pelatihan bagi guru membuat pembelajaran robotika belum dapat berkembang secara optimal di lingkungan sekolah (Sukamta et al., 2024).

Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan siswa dalam desain robot berbasis Unmanned Vehicle melalui pelatihan desain 3D menggunakan Fusion 360 (Prabowo et al., 2023), meningkatkan pemahaman siswa terhadap perancangan sirkuit PCB sehingga sistem elektronis robot dapat lebih efisien dan terintegrasi dengan baik (Azka et al., 2025), serta menyusun strategi yang lebih sistematis dalam kompetisi robotika sehingga siswa lebih siap dalam menghadapi tantangan di tingkat nasional maupun internasional. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran robotika berbasis praktik yang dapat diterapkan dalam pendidikan menengah untuk mendukung inovasi dan prestasi akademik siswa (Prabowo, Ubaidillah, et al., 2022).

II. MASALAH

MAN 1 Surakarta berlokasi di Jl. Sumpah Pemuda No. 25, Banjarsari, Surakarta seperti pada ilustrasi gambar 1 dengan tiga Gedung utama sebagai lokasi pembelajaran, dan bangunan asrama sebagai pendukung kegiatan siswa khususnya program boarding school. Terbatasnya pemahaman siswa dalam desain dan perancangan robot, yang masih menggunakan software berbasis dua dimensi (2D software) menjadi salah satu kendala dalam pengembangan robot. Selain itu, sistem elektronis dalam robot memerlukan ruang besar, sehingga menghambat efektivitas desain (Prabowo, Hadi, et al., 2022). Kendala lainnya adalah minimnya strategi dan pengalaman dalam kompetisi robotika, yang menghambat pengembangan prestasi non-akademik siswa.



Gambar 1. Lokasi MAN 1 Surakarta

III. METODE

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di MAN 1 Surakarta dengan melibatkan 85 siswa kelas X sebagai peserta utama. Kegiatan berlangsung selama lima pertemuan intensif dalam kurun waktu dua bulan, dengan alokasi waktu tiga jam per pertemuan. Peserta dibagi menjadi tiga kelas paralel berdasarkan minat, yaitu kelas Desain dan Manufaktur, kelas Elektronis dan Perancangan PCB, serta kelas Pemrograman berbasis Python dan *Machine Learning*.

Tahap persiapan diawali dengan identifikasi masalah dan survei lapangan untuk memetakan kebutuhan siswa dan keterbatasan fasilitas sekolah (Dacholfany et al., 2023). Koordinasi dilakukan bersama guru pendamping dan kepala sekolah untuk menentukan jadwal, ruang kelas, serta perangkat yang diperlukan. Selanjutnya, tim pelaksana yang terdiri dari dosen Teknik Mesin UNS dan Tim Bengawan UV menyusun modul pelatihan yang mencakup desain 3D menggunakan Autodesk Fusion 360, perancangan PCB dengan *EasyEDA*, serta pemrograman Python untuk *object detection* dengan pustaka OpenCV. Pengadaan perangkat dan bahan ajar mencakup Arduino UNO R3, sensor HC-SR04, sensor IR, servo motor, papan PCB kosong, *foam board*, kabel jumper, breadboard, baterai Li-Po 7.4V, kamera modul untuk *object detection*, serta laptop dengan spesifikasi minimal prosesor i5 dan RAM 8GB. Seluruh perangkat tersebut digunakan sebagai bahan penunjang data dalam pelatihan dan evaluasi (Purnamawati et al., 2024).

Pelaksanaan pelatihan dibagi ke dalam tiga bidang dengan silabus yang terstruktur. Pada kelas Desain dan Manufaktur, siswa mempelajari pengenalan software Fusion 360, dasar desain bentuk dan ukuran, pembuatan part robot, *assembly* part menjadi satu unit, hingga presentasi hasil desain (Rahmaji et al., 2022). Kelas Elektronis dan Perancangan PCB berfokus pada pengenalan komponen elektronis dasar dan fungsinya, perancangan sistem servo, baterai, dan *controller*, pembuatan desain PCB menggunakan *EasyEDA*, perhitungan kebutuhan daya, serta presentasi hasil desain. Adapun kelas Pemrograman Python dan *Machine Learning* mempelajari dasar pemikiran algoritmik, instalasi Python dan OpenCV, pembuatan script deteksi bentuk dan warna, *object detection* dengan *machine learning*, serta presentasi script yang dibuat siswa.

Evaluasi program dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa pada ketiga bidang pelatihan, disertai observasi dan wawancara dengan guru pendamping untuk mengetahui dampak program. Evaluasi praktik juga dilakukan melalui penilaian hasil tugas desain 3D, desain PCB, dan pemrograman. Selain data kuantitatif dari pre-test dan post-test, data pendukung juga diperoleh dari dokumentasi foto dan video kegiatan, catatan observasi guru pendamping, lembar kerja siswa, dan rekaman hasil presentasi mini-project. Data-data ini berfungsi sebagai penunjang hasil kuantitatif untuk memberikan gambaran komprehensif capaian pengabdian (Nurazila et al., 2022). Seluruh data hasil evaluasi dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai pre-test dan post-test serta keberhasilan proyek akhir siswa (Nurazila et al., 2022; Prabowo et al., 2023). Detail jadwal pelaksanaan program pengabdian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Identifikasi permasalahan mitra dan survei lapangan												
2	Penentuan rencana pelaksanaan program												
3	Penentuan lokasi pelaksanaan program (Kelas dan Jumlah siswa)												
4	Persiapan teknologi oleh tim pelaksana												
5	Sosialisasi program												
6	Pelatihan dan Pendampingan												
7	Implementasi teknologi												
8	Pengambilan data												
9	Evaluasi program dan rencana tahap lanjut												
10	Analisa pembanding keberhasilan program												

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Pengabdian Masyarakat (PKM-UNS) yang dilaksanakan tahun 2025 ini bermitra dengan MAN 1 Surakarta yang beralamatkan di Jl. Sumpah Pemuda No.25, Kadipiro, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57136. Tahapan kegiatan diawali dengan koordinasi bersama pihak Guru pendamping kelas dan juga kepala sekolah untuk pemetaan jumlah siswa, pembagian kelas, dan kebutuhan peralatan penunjang seperti pada gambar 2. Didapatkan informasi bahwa siswa di MAN 1 Surakarta yang akan mengikuti kelas dasar robotika sejumlah 85 Siswa-siswi dari kelas Boarding atau asrama. Kelas dibagi menjadi tiga pembidangan materi dasar robotika yaitu Desain & Manufaktur, Elektronis & Desain PCB, dan Programming. Setiap kelas terdiri dari 30-35 siswa-siswi yang dibebaskan memilih minat bakat yang akan dipelajari. Berikut merupakan visual grafik pembagian kelas dasar robotika seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Koordinasi dengan Guru Pendamping dari MAN 1 Surakarta



Gambar 3. Peminatan Siswa dalam Memilih Kelas Dasar Robotika

Tahap persiapan dilakukan oleh tim pelaksana dengan koordinasi antara dosen pelaksana dan juga tim mahasiswa. Pembagian jobdesk dan jadwal kelas untuk memastikan kesesuaian materi yang akan diajarkan baik materi teori maupun praktik. Kelas akan dibagi menjadi lima pertemuan setiap minggu satu pertemuan di hari Rabu setelah kelas formal. Namun, sebelum mendapat jadwal pasti, terdapat kendala dalam menentukan jadwal yang sesuai dengan kegiatan siswa di asrama. Mentor pada setiap kelas terdiri dari dua pembantu pelaksana yang memberikan materi pada 60 menit pertama untuk materi teori dan 120 menit selanjutnya ke materi praktik, jadi setiap pertemuan selama 180 menit. Sebelum itu dilaksanakan sosialisasi pelaksanaan kelas untuk instalasi software pendukung pembelajaran seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Sosialisasi pelaksanaan kelas dasar robotika di MAN 1 Surakarta.

Dalam pelaksanaan kelas dasar robotika yang disampaikan dalam lima pertemuan, setiap pertemuan siswa-siswi diberikan tugas praktik atas materi yang berbeda-beda dengan pendampingan saat mengerjakan. Detail materi pada setiap kelas yang diberikan sebagai berikut:

Kelas Dasar Robotika Pembidangan Design dan Manufaktur

- a. Pertemuan Pertama: Pengenalan software Fusion 3D (Teori) dan Penginstalan dan pengenalan tools pada software Fusion 3D (Praktik)
- b. Pertemuan Kedua: Dasar Desain Perhitungan Bentuk dan Ukuran (Teori) dan Praktik membuat bentuk dasar kotak, lonjong, dan bulat serta memberikan ukuran (Praktik)
- c. Pertemuan Ketiga: Cara mendesain part-part Teknik untuk robot (Teori) dan Mendesain part rangka dan part essembly untuk robotika (Praktik)
- d. Pertemuan Keempat: Essembly per bagian part menjadi satu bagian (Teori dan Praktik), diberikan penugasan untuk membuat desain sederhana dari part hingga essembly untuk dipresentasikan di pertemuan kelima.
- e. Pertemuan Kelima: Presentasi penugasan oleh siswa-siswi, Pemberian Ulasan dan Masukan untuk pengembangan selanjutnya oleh mentor.

Kelas Desain dan Manufaktur fokus pada pemahaman desain 3D menggunakan software Autodesk Fusion 360 dengan kegiatan pada Gambar 5. Pada awal pelatihan, pemahaman siswa hanya mencapai 52%, ditunjukkan oleh rendahnya kemampuan membuat desain mekanik yang presisi. Namun, setelah lima pertemuan, tingkat pemahaman meningkat menjadi 84% di visualisasikan pada gambar 6. Materi yang paling berdampak adalah *assembly* komponen menjadi satu unit robot, karena siswa dapat memahami keterkaitan antar-part yang sebelumnya hanya mereka lihat di media 2D. Hasil akhir berupa desain robot yang siap dicetak dengan metode *3D printing* atau produksi sederhana menggunakan *foam board*.



Gambar 5. Pelaksanaan kelas dasar robotika pembidangan Design Manufaktur.



Gambar 6. Grafik peningkatan hasil pemahaman siswa kelas robotika pembidangan design & manufaktur.

Kelas Dasar Robotika Pembidangan Elektronis dan Desain PCB

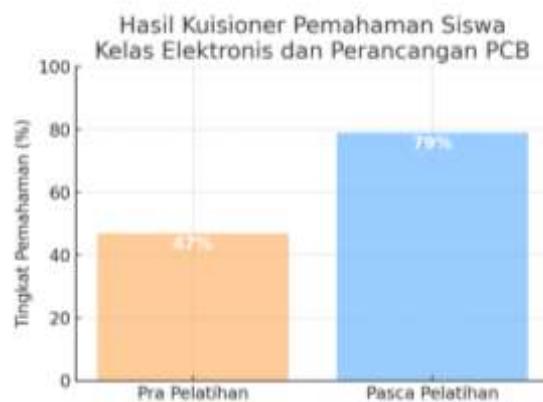
4502

- a. Pertemuan Pertama: Pengenalan part Elektronis Dasar Robotika (Teori) dan Mengelompokan jenis-jenis part elektronis sesuai dengan fungsi (Praktik)
- b. Pertemuan Kedua: Rangkaian Elektronis Robot (Teori) dan Merangkai part Elektronis servo, baterai, dan control (Praktik)
- c. Pertemuan Ketiga: Pengenalan Desain PCB sebagai bentuk Penyederhanaan rangkain elektronis menggunakan software (Teori) Praktik pengenalan tools dan mencoba merangkai dengan software
- d. Pertemuan Keempat: Perhitungan kebutuh daya part elektronis menggunakan software (Teori) dan Mendesain part elektronis lalu melakukan perhitungan kebutuhan daya menggunakan software (Praktik) diberikan penugasan desain PCB sesuai kebutuhan robot yang akan dibangun siswa.
- e. Pertemuan Kelima: Presentasi penugasan oleh siswa-siswi, Pemberian Ulasan dan Masukan untuk pengembangan selanjutnya oleh mentor.

Kelas Elektronis dan Perancangan PCB seperti pada Gambar 7 memperlihatkan peningkatan pemahaman dari 47% pada awal pelatihan menjadi 79% setelah pelatihan yang divisualisasikan pada Gambar 8. Siswa mampu mengenali komponen elektronis seperti servo motor, sensor ultrasonik, baterai, dan *controller* Arduino UNO R3. Mereka juga dapat merancang PCB menggunakan software EasyEDA yang menyederhanakan rangkaian elektronis yang semula rumit. Beberapa kelompok berhasil memproduksi PCB sederhana dan mengintegrasikannya ke robot mini yang dirancang di kelas desain.



Gambar 7. Pelaksanaan kelas dasar robotika pembidangan Elektronis dan desain PCB.



Gambar 8. Grafik peningkatan hasil pemahaman siswa kelas robotika pembidangan Elektronis dan Desain PCB

Kelas Dasar Robotika Pembidangan Programming

- a. Pertemuan Pertama: Pengenalan Dasar Programming (Teori) dan Problem Solving dan Desain Thinking dari percontohan masalah (Praktik)
- b. Pertemuan Kedua: Software yang digunakan Programming (Teori) dan Install software dan pengenalan tools (Praktik)

- c. Pertemuan Ketiga: Pembacaan Bentuk dan Warna (Teori) dan Pembuatan Script program bentuk dan warna (Praktik)
- d. Pertemuan Keempat: Object Detection dan fungsi (Teori) dan Running Script Program untuk Uji Coba Pembacaan (Praktik), memberikan penugas pembuatan script untuk pembacaan bentuk kotak, segitiga, dan bulat dengan warna merah, hijau, dan kuning.
- e. Pertemuan Kelima: Presentasi penugasan oleh siswa-siswi, Pemberian Ulasan dan Masukan untuk pengembangan selanjutnya oleh mentor.

Hasil dari pelaksanaan kelas pembidangan Programming juga menunjukkan peningkatan pemahaman dari 58% menjadi 86% selama lima kali pertemuan seperti pada grafik Gambar 11. Pada awal pelatihan, siswa diperkenalkan pada dasar-dasar pemrograman, strategi problem solving, dan desain berpikir. Seiring pertemuan berjalan, siswa diajak memahami struktur logika, pengenalan warna dan bentuk, serta menerapkannya dalam script sederhana. Peningkatan drastis terjadi setelah siswa melakukan praktik object detection, yang menjadi langkah penting dalam memperluas pemahaman mereka terhadap aplikasi pemrograman dalam robotika otomotif. Salah satu kekuatan kelas ini terletak pada proses evaluasi yang berbasis tugas individual, di mana siswa diminta membuat script deteksi bentuk dan warna dengan parameter tertentu. Praktik ini tidak hanya memperkuat aspek teknis, tetapi juga mengasah pemikiran algoritmik serta pemahaman visual terhadap data input sensor. Presentasi hasil coding di pertemuan akhir memperlihatkan antusiasme dan keterlibatan tinggi, serta menunjukkan bahwa pendekatan kontekstual dan eksploratif efektif dalam menumbuhkan literasi digital siswa secara signifikan seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Pelaksanaan kelas dasar robotika pembidangan Programming



Gambar 11. Grafik peningkatan hasil pemahaman siswa kelas robotika pembidangan programming.

Hasil capaian program ini menunjukkan peningkatan rata-rata pemahaman siswa sebesar 32% pada setiap bidang. Peningkatan ini lebih tinggi dibandingkan program pelatihan robotika di SMK Daarut Tauhiid yang dilaporkan oleh Dwi Putra et al. (2023), yang hanya mencapai peningkatan 24–27%. Hal ini disebabkan oleh desain program yang mengintegrasikan tiga bidang kompetensi (desain 3D, elektronik & PCB, dan pemrograman Python) dalam satu rangkaian pelatihan, sementara pengabdian sebelumnya cenderung fokus pada satu aspek keterampilan. Selain itu, capaian ini juga lebih baik dibandingkan hasil yang dilaporkan oleh

4504

Nurazila et al. (2022) di madrasah lain, di mana peningkatan pemahaman rata-rata hanya mencapai 28% karena keterbatasan perangkat penunjang. Perbandingan ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkat yang lebih lengkap dan pendekatan pembelajaran berbasis proyek mini (mini-project) berkontribusi pada peningkatan capaian program di MAN 1 Surakarta.



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil pengabdian di MAN 1 Surakarta dengan dua Pengabdian sebelumnya Dwi Putra et al. (2023) & Nurazila et al. (2022)

Guru pendamping melaporkan bahwa siswa lebih siap untuk mengikuti kompetisi robotika di tingkat nasional. Hal ini dibuktikan dengan tersusunnya roadmap kompetisi yang memuat strategi, manajemen tim, dan inovasi desain. Sebanyak 85% siswa menyatakan pelatihan ini membantu mereka memahami alur kompetisi robotika. MAN 1 Surakarta berencana mengirimkan tim ke kompetisi COMET 6.0 dan NASDRAC ITS 2025, yang sebelumnya tidak pernah diikuti. Program ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktik dengan dukungan perangkat yang memadai dapat meningkatkan literasi teknologi siswa madrasah secara signifikan. Dibandingkan pengabdian sebelumnya, integrasi desain 3D, elektronis, dan pemrograman Python dalam satu kesatuan pelatihan memberikan hasil yang lebih komprehensif dan berkelanjutan. Keberhasilan program ini menegaskan bahwa model pembelajaran seperti ini dapat direplikasi di madrasah lain untuk mendukung keterampilan abad ke-21 sebagaimana diamanatkan Kurikulum Merdeka (Sukamta et al., 2024).

V. KESIMPULAN

Program pelatihan dan pendampingan kompetisi robotika di MAN 1 Surakarta berhasil meningkatkan kompetensi siswa secara signifikan pada tiga bidang utama: Desain & Manufaktur, Elektronis & Perancangan PCB, serta Pemrograman Python dan *Machine Learning*. Peningkatan rata-rata pemahaman siswa sebesar 32% dari kondisi awal ini menjawab tujuan pengabdian, yaitu meningkatkan keterampilan teknis yang mendukung kesiapan mengikuti kompetisi robotika di tingkat nasional.

Selain itu, data kuantitatif pra dan pasca pelatihan, dokumentasi praktik, dan evaluasi guru pendamping menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis praktik dan mini-project efektif membangun pemahaman yang lebih mendalam dibandingkan metode konvensional. Temuan ini didukung oleh perbandingan dengan program serupa yang dilaporkan oleh Dwi Putra et al. (2023) dan Nurazila et al. (2022), di mana peningkatan pemahaman hanya berkisar 24–28%.

Secara praktis, pelatihan ini memperkuat kesiapan siswa MAN 1 Surakarta untuk mengikuti kompetisi robotika melalui penyusunan *roadmap* kompetisi dan peningkatan soft skill seperti kolaborasi tim dan komunikasi teknis. Guru pendamping juga menyatakan bahwa modul dan perangkat yang digunakan dapat diadaptasi untuk pembelajaran rutin, sehingga memberikan dampak jangka panjang pada literasi teknologi madrasah.

Ke depan, program serupa dapat direplikasi di madrasah lain dengan penyesuaian perangkat dan kapasitas guru pendamping. Pendekatan integratif yang menggabungkan desain 3D, elektronika, dan pemrograman Python terbukti menjadi strategi efektif untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan era Revolusi Industri 4.0 dan mendukung keterampilan abad ke-21 yang ditekankan dalam Kurikulum Merdeka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada MAN 1 Surakarta, Tim Bengawan UV, serta mahasiswa Teknik Mesin UNS atas dukungan dalam pelaksanaan kegiatan ini. Program ini merupakan bagian dari *Pengabdian Mandiri UNS 2025* dengan nomor kontrak **1298/UN27.22/PT.01.03/2025**, yang didukung oleh

4505

LPPM UNS. Dukungan tersebut memungkinkan terlaksananya pelatihan yang bermanfaat bagi peningkatan kompetensi siswa di bidang robotika.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsada, B. (2017). Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 06(2), 1–8.
- Azka, A. R. F., Haryadi, A. P., Lusiana, A. F., Moko, D. N., Nugroho, E. B., Halima, F. U., Anjarwati, F. V., Haqqani, G., Mafasa, H. H., Bramantyo, M. R., Hidayat, M. T. N., Ningrum, N. A. A., Tumanggor, P. R., Anugrah, R., Wibawa, R. A. P., Noorathaya, R. M., & Fitriani, S. K. (2025). Roboboat 2025: ‘Mandakini Zenith’ Technical Design Report. *Technical Design Report Roboboat*.
- Dacholfany, M. I., Azis, A. A., Mardiaty, Zulhayana, S., Ahmad, R., Bay, W., & Mokodenseho, S. (2023). Peningkatan Kualitas Pendidikan Masyarakat Melalui Program Pelatihan dan Bimbingan Studi. *Easta Journal of Innovative Community Services*, 1(03), 129–141. <https://doi.org/10.58812/ejincs.v1i03.121>
- Dwi Putra, M. T., Pradeka, D., Adiwilaga, A., Munawir, M., & Adjhi, D. P. (2023). Pelatihan Robotika Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Keahlian Siswa SMK Daarut Tauhiid Bandung. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 4(1), 56. <https://doi.org/10.33394/jpu.v4i1.6516>
- Gusty, S., Tumpu, M., Yunus, A. Y., Chaerul, M., Harun, A. M. Y., Rangan, P. R., Sampe, V. L., & Asri, Y. N. (2023). *Perguruan Tinggi Menuju Era Sociaty 5, 0 “Peran Dan Strategi.”* Tohar Media.
- Hendriana, D. (2023). Educational robotics in kurikulum merdeka. *Inovasi Kurikulum*, 20(1), 49–60. <https://doi.org/10.17509/jik.v20i1.54018>
- Naufal Nur Saifullah, Aditya Rio Prabowo, Muhyat, N., Tuswan Tuswan, Harsito, C., Adiputra, R., Jurkovič, M., & Seung Jun Baek. (2024). Leisure Boat Design: A Comprehensive Study of the Shape and Dimension Effects on Hydrodynamic Performances. *Evergreen*, 11(3), 2091–2119. <https://doi.org/10.5109/7236854>
- Noviyanto, A., Saputra, R., & Hidayati, R. (2025). Challenges of Implementing Robotics-Based Learning in Secondary Schools. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 45–53. <https://doi.org/10.1080/ijstem.2025.1183>
- Nurazila, N., Firmansyah, A., & Rohman, A. (2022). Impact of Robotics Training on Students’ Problem-Solving Skills in Indonesian Madrasah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berdaya*, 3(4), 155–165. <https://doi.org/10.31960/jpmb.v3i4.1023>
- Prabowo, A. R., Hadi, S., Yaningsih, I., Muhyat, N., Lutfi, M. A., & Utomo, F. S. (2023). *Desain dan Analisis Performa Unmanned Surface Vehicle (USV) dengan Fungsi Surveillance, Warning, dan Security.* CV. Lentera Ilmu Madani.
- Prabowo, A. R., Hadi, S., Yaningsih, I., Pratama, A. S., & Rahmaji, T. (2022). *RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN USV TIPE FUEL ENGINE REMOTE CONTROL.* CV. Lentera Ilmu Madani.
- Prabowo, A. R., Ubaidillah, Susilo, D. D., Wibowo, Utomo, F. S., Diatmaja, H., & Faqih, I. (2022). *BUKU PANDUAN OPERASIONAL AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE.* CV. Lentera Ilmu Madani.
- Purnamawati, Muhammad Akil, Nuridayanti, Usman Mulbar, & Hasanah Nur. (2024). Pengenalan Teknologi Robotika Berbasis IoT pada Siswa SMKN 5 Majene. *Jurnal Sipakatau: Inovasi Pengabdian Masyarakat*, 118–124. <https://doi.org/10.61220/jsipakatau.v1i4.2417>
- Rahmaji, T., Prabowo, A. R., Tuswan, T., Muttaqie, T., Muhyat, N., & Baek, S.-J. (2022). Design of Fast Patrol Boat for Improving Resistance, Stability, and Seakeeping Performance. *Designs*, 6(6), 105. <https://doi.org/10.3390/designs6060105>
- Sebayang, A. A., Alfiansyah, A., Bryan, A., Noviyanti, A. A., Wiradarmo, A. A., Elfriede, D. P., Sari, F., Widiarti, H., Sinaga, J. C. S., & Widiapradja, L. J. (2024). *Teropong Dunia STEM Perguruan Tinggi: Jelajah Metode Pembelajaran hingga Kajian Usaha.* Prasetiya Mulya Publishing.
- Setiawan, M. A., Zain, N., Roid, L. T., & Awwal, J. (2024). Pembuatan, Hibah, dan Pelatihan Robot Edukasi Line-Follower untuk Meningkatkan Minat Siswa SMP pada Robotika. *Darmabakti : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 5(1), 74–85.
- Sukamta, S., Arief, U. M., Sukrina, N. F., Pratama, M. H. P., Nadia, K., Septariza, D. A., & Tunnis, S. (2024). Pembelajaran Praktikum Berbasis Robot Line follower untuk Meningkatkan Minat dan Motivasi Siswa SMKN 1 Semarang. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 5(4), 4924–4930. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.4253>