

Peningkatan Literasi Teknologi Robotika melalui Pengenalan dan Perakitan Robot Pengikut Garis di SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong

Enhancing Robotics Technology Literacy through the Introduction and Assembly of Line Follower Robots at SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong

Arie Sukma Jaya*, Sri Hastuty, Adhitya Ryan Ramadhani, Muhammad Akbar Barrinaya, Yudi Rahmawan, Khusnun Widiyati, Purwo Kadarno, Byan Wahyu Riyandwita, Sylvia Ayu Pradanawati, Yose Fachmi Buys, Fayza Yulia, Iman Kartolaksono Reksowardojo, Bonifacius S.I. Aziz, Sahrudin Tambunan

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pertamina, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

*Email: arie.sj@universitaspertamina.ac.id

(Diterima 04-08-2025; Disetujui 22-09-2025)

ABSTRAK

Perkembangan teknologi robotika memberikan peluang besar untuk memperkaya proses pembelajaran di tingkat sekolah menengah, khususnya dalam penguatan keterampilan abad ke-21. Namun, minimnya akses terhadap pengalaman praktik membuat siswa kesulitan memahami konsep robotika secara aplikatif. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk mengenalkan konsep dasar robotika industri kepada siswa SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong melalui praktik langsung dalam merakit dan menguji robot pengikut garis (*line follower*). Metode pelaksanaan kegiatan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi, yang secara implisit mengikuti tahapan dalam model pengembangan instruksional ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Peserta dibimbing dalam perakitan tiga jenis robot: Analog A, Analog B, dan Digital. Evaluasi dilakukan melalui survei pre-test dan post-test, pengujian performa robot, serta kuesioner kepuasan peserta. Hasil menunjukkan adanya peningkatan rata-rata pemahaman dari 68,15% menjadi 84%. Peningkatan paling signifikan terlihat pada aspek teknis seperti pengenalan sensor dan penggunaan perangkat lunak Arduino IDE. Dari segi performa, robot Analog A memiliki waktu tempuh tercepat (18,70 detik) dan konsumsi daya terendah (0,64%), sedangkan robot Digital lebih kompleks namun belum optimal dalam lintasan uji terbatas. Survei kepuasan menunjukkan 98% peserta merasa puas terhadap kegiatan. Kegiatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan literasi teknologi dan memberikan pengalaman belajar berbasis praktik yang bermakna, serta relevan dalam mendukung implementasi SDGs poin 4 tentang pendidikan berkualitas.

Kata kunci: Robotika Pendidikan, Robot Pengikut Garis, Model ADDIE, Literasi Teknologi, Pengabdian kepada Masyarakat

ABSTRACT

The advancement of robotics technology offers significant opportunities to enrich learning processes at the secondary school level, particularly in fostering 21st-century skills. However, the lack of access to practical experience makes it difficult for students to grasp robotics concepts in an applied context. This community service program aimed to introduce the basic concepts of industrial robotics to students at SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong through hands-on practice in assembling and testing line follower robots. The implementation method was divided into three stages: preparation, execution, and evaluation, which implicitly aligned with the stages of the ADDIE instructional design model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Participants were guided in assembling three types of robots: Analog A, Analog B, and Digital. Evaluation was conducted through pre-test and post-test surveys, robot performance testing, and participant satisfaction questionnaires. Results showed an increase in average understanding from 68.15% to 84%, with the most significant improvements observed in technical aspects such as sensor identification and the use of Arduino IDE software. In terms of performance, the Analog A robot achieved the fastest track time (18.70 seconds) and the lowest power consumption (0.64%), while the Digital robot, although more complex, was less optimal in the limited test track. The satisfaction survey revealed that 98% of participants were satisfied with the program. This activity proved effective in enhancing technological literacy and providing a meaningful practice-based learning experience, while also supporting the implementation of SDG point 4 on quality education.

Keywords: Educational Robotics, Line Follower Robot, ADDIE Model, Technological Literacy, Community Service Program

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika saat ini berkembang pesat dan telah membawa dampak signifikan di berbagai sektor, termasuk industri manufaktur, kesehatan, logistik, hingga pendidikan (Sannicandro et al., 2022; Husainy et al., 2023; Wahyudi & Amiruddin, 2023; Dharmawan et al., 2024; Urrea & Kern, 2025). Dalam konteks pendidikan, robotika tidak hanya berperan sebagai alat bantu pembelajaran interaktif, tetapi juga sebagai sarana untuk menanamkan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, serta literasi digital dan teknologi. Penerapan robotika dalam kegiatan belajar-mengajar memberikan ruang bagi siswa untuk memahami keterkaitan antara konsep-konsep dalam ilmu fisika, matematika, teknologi, dan pemrograman secara terpadu dan aplikatif (Kerimbayev et al., 2020; Hanik et al., 2021; Darmawansah et al., 2023; Astuti et al., 2025). Meskipun potensinya sangat besar, implementasi pendidikan robotika di Indonesia, khususnya di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), masih menghadapi berbagai tantangan (Arifin et al., 2023; Cahyanti et al., 2024; Naylah et al., 2024). Salah satu tantangan utama adalah terbatasnya akses siswa terhadap pengalaman praktik langsung dalam merakit dan mengoperasikan robot. Kegiatan robotika di sekolah umumnya masih bersifat teoritis atau terbatas pada demonstrasi tanpa keterlibatan aktif peserta. Oleh karena itu, diperlukan intervensi melalui program edukatif yang aplikatif, kontekstual, dan mendorong siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung (*experiential learning*) (D'Amico et al., 2020; Rahman, 2021; Verner et al., 2022; Hajjah et al., 2022; Majid et al., 2024).

Menanggapi kondisi tersebut, Tim Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Pertamina merancang sebuah kegiatan pengabdian dengan pendekatan partisipatif "Pengenalan Robotika Industri melalui Pembuatan Robot Pengikut Garis (Line Follower)". Program ini dilaksanakan di SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong, sebuah sekolah yang memiliki potensi tinggi dalam pengembangan bidang sains dan teknologi. Berdasarkan informasi dari pihak sekolah, mayoritas siswa kelas XI menunjukkan minat besar terhadap teknologi robotika, namun belum memiliki banyak pengalaman dalam praktik perakitan atau pemrograman robot. Kegiatan ini dirancang untuk menjawab kebutuhan tersebut dengan memberikan pengenalan konsep dasar robotika industri sekaligus pengalaman langsung dalam merakit dan menguji robot pengikut garis. Melalui kegiatan ini, siswa dibekali dengan modul perakitan, panduan pengujian, serta bimbingan teknis dari tim dosen dan mahasiswa. Selain memperkenalkan prinsip kerja sistem robotik, kegiatan ini juga mendorong siswa untuk memahami hubungan antara komponen elektronik, sensor, serta logika kontrol melalui pemrograman sederhana menggunakan Arduino IDE.

Lebih dari sekadar transfer pengetahuan, kegiatan ini bertujuan untuk menumbuhkan *soft skills* siswa dalam hal kolaborasi tim, komunikasi, serta kemampuan memecahkan masalah secara mandiri dan kreatif. Kegiatan ini juga diintegrasikan dengan evaluasi pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa, serta survei kepuasan untuk mengevaluasi efektivitas program. Program pengenalan robotika industri melalui robot pengikut garis ini sejalan dengan upaya mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) poin 4, yaitu "menjamin pendidikan yang inklusif dan berkualitas serta mendorong kesempatan belajar sepanjang hayat untuk semua" (Mai et al., 2022; Haidegger et al., 2023; Ula & Nugraheni, 2024; Rincón et al., 2024). Melalui penyediaan akses pembelajaran berbasis praktik yang menyenangkan, program ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam mendorong transformasi pendidikan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan zaman. Dengan memberikan pengalaman belajar yang otentik dan aplikatif, siswa SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong diharapkan mampu membangun fondasi yang kuat dalam menghadapi tantangan era revolusi industri 4.0.

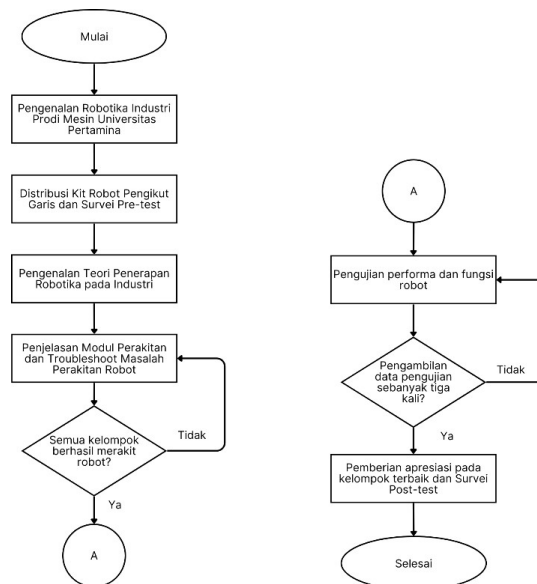
BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini disusun secara sistematis dalam tiga tahap utama, yaitu: tahap persiapan, tahap pelaksanaan kegiatan, dan tahap evaluasi hasil kegiatan. Dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, meskipun secara eksplisit dikategorikan dalam tiga tahapan utama yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi, dapat dilihat bahwa seluruh siklus ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) diterapkan secara implisit. Pendekatan ADDIE ini telah banyak digunakan dalam konteks pengembangan media dan instruksional robotika maupun pengabdian masyarakat di Indonesia (Wahyudi & Amiruddin, 2023; Sari et al., 2024; Kusuma et al., 2023; Latip, 2022; Zamsiswaya et al., 2024). Tahap persiapan sejalan dengan fase *Analysis* dan *Design*, di mana tim melakukan identifikasi kebutuhan peserta, penyusunan

modul robotika, serta rancangan kegiatan. Tahap pelaksanaan kegiatan mencakup *Development* dan *Implementation*, yaitu pengembangan alat perakitan robot pengikut garis dan pelaksanaan praktik bersama siswa. Sedangkan evaluasi mencakup fase *Evaluation*, berupa pre-test dan post-test, survei kepuasan, serta analisis performa robot menutup loop ADDIE dengan umpan balik untuk peningkatan program berikutnya.

Tahap persiapan dilakukan selama empat pekan sebelum pelaksanaan kegiatan dan bertujuan untuk memastikan seluruh aspek kegiatan siap dijalankan secara efektif. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan materi, pengadaan alat dan komponen, dan koordinasi dengan mitra. Tim Pengabdian menyusun modul panduan perakitan robot pengikut garis yang mencakup langkah-langkah terstruktur, mulai dari pengenalan komponen hingga prosedur perakitan dan pengujian. Pengadaan alat dan komponen meliputi kit untuk robot pengikut garis analog yang berbeda tipe dan juga untuk tipe digital yang menggunakan sensor inframerah, mikrokontroler berbasis Arduino Uno, motor DC, roda, dan rangka robot. Perlengkapan lainnya seperti solder, timah, dan kabel jumper juga dipersiapkan dalam jumlah yang mencukupi untuk setiap kelompok peserta. Koordinasi dilakukan dengan pihak sekolah untuk menentukan jadwal kegiatan dan menyesuaikan isi materi dengan kurikulum yang relevan. Peserta yang dipilih merupakan siswa kelas XI yang menunjukkan ketertarikan tinggi terhadap bidang teknologi dan robotika. Lintasan uji coba robot juga disiapkan dengan desain garis berwarna hitam di atas latar putih yang dilengkapi variasi tikungan dan rintangan, untuk digunakan dalam tahap pengujian performa robot.

Tahapan pelaksanaan kegiatan dilaksanakan selama satu hari dan dibagi menjadi dua sesi utama, yaitu sesi teori dan sesi praktik. Penjabaran tahapan pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1. Para peserta kegiatan duduk berdasarkan kelompok kecil berisi maksimal empat siswa yang telah disiapkan sebelumnya bersama pihak sekolah. Setelah beberapa sambutan pembukaan, kegiatan akan dimulai dengan pengenalan keilmuan Robotika Industri pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pertamina. Tim Pengabdian kemudian membagikan satu modul panduan dan satu set alat yang telah dipersiapkan.



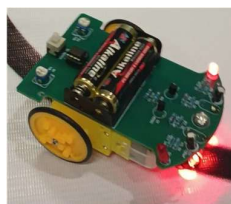
Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan Perakitan Robot Pengikut garis

Untuk mengukur efektivitas kegiatan dalam meningkatkan pemahaman peserta mengenai robotika, khususnya robot pengikut garis, dilakukan survei pre-test dan post-test kepada seluruh peserta kegiatan. Survei ini terdiri atas lima pertanyaan pilihan yang mencakup konsep dasar sistem robotika, tujuan robot pengikut garis, komponen sensor, manfaat robot di industri, serta perangkat lunak yang digunakan dalam pemrograman mikrokontroler. Dari Gambar 1, pelaksanaan survei pre-test dilakukan bersamaan dengan pembagian modul kit sedangkan survei post-test dilakukan beriringan dengan pemberian apresiasi kepada kelompok terbaik. Pada sesi teori, siswa diperkenalkan pada konsep dasar robotika, seperti definisi dan klasifikasi robot, prinsip kerja sensor, mekanisme penggerak motor, serta perbedaan antara robot analog dan digital. Selain itu, dijelaskan pula penerapan teknologi robotika dalam dunia industri, khususnya penggunaan robot pengikut garis

seperti untuk logistik dan otomatisasi gudang. Untuk sesi praktik, diawali dengan penjelasan mengenai modul perakitan yang telah didistribusikan bersamaan dengan kit robot pengikut garis. Para siswa melakukan perakitan modul robot secara terpandu, sehingga diharapkan semua kelompok dapat menyelesaikan perakitan dengan benar dan tepat waktu. Berbagai kendala yang ada pada sesi perakitan diberikan solusi secara kolaboratif dengan Tim Pengabdian, termasuk menjelaskan kembali tahapan perakitan yang terkendala.

Robot pengikut garis dalam kegiatan ini ditampilkan pada Gambar 2. Setiap kelompok bertugas merakit salah satu dari tiga jenis robot, yaitu:

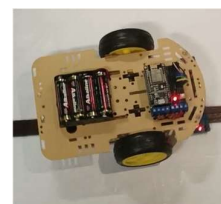
- Analog A: Robot pengikut garis yang menggunakan sensor dasar, seperti pada Gambar 2.a.
- Analog B: Robot pengikut garis sebagai variasi dari Analog A, dengan penempatan motor dan dimensi yang cukup berbeda, seperti pada Gambar 2.b.
- Digital: Robot pengikut garis yang dikendalikan dengan mikrokontroler Arduino dan melibatkan proses pemrograman, yang ditampilkan pada Gambar 2.c.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Tipe Robot Pengikut Garis (a) Analog A, (b) Analog B, (c) Digital

Tahapan perakitan dimulai dengan pemasangan rangka robot dan instalasi motor, dilanjutkan dengan pemasangan sensor inframerah dan perangkaian sirkuit elektronik. Robot analog dirakit dengan rangkaian langsung antara sensor, motor driver, dan motor. Sedangkan robot digital dirakit menggunakan pemrograman Arduino IDE untuk membaca data sensor dan mengatur kontrol motor. Setelah semua kelompok berhasil merakit robot pengikut garis, setiap kelompok menguji robot di lintasan yang telah disediakan. Dengan menggunakan penghitung waktu (stopwatch) digital, Tim Pengabdian mencatat waktu lintasan, t , yaitu waktu yang diperlukan robot untuk satu kali mengelilingi lintasan. Selain itu, dilakukan juga pengukuran tegangan baterai sebelum dan setelah pengujian untuk mendapatkan estimasi daya terpakai. Pengukuran tegangan baterai dilakukan dengan menggunakan multimeter. Dengan mengasumsikan bahwa arus dari baterai tetap selama pengujian, rasio penggunaan daya dapat ditentukan menggunakan Persamaan (1)

$$\Delta P (\%) = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100\% \quad (1)$$

dengan ΔP adalah estimasi persentase penggunaan daya, V_0 adalah tegangan baterai sebelum pengujian dan V_1 adalah tegangan baterai setelah pengujian. Pengambilan data untuk evaluasi ini dilakukan sebanyak tiga kali. Robot dengan performa terbaik adalah robot yang memiliki waktu lintasan tercepat dan persentase penggunaan daya terkecil. Tahapan tambahan dari kegiatan ini adalah apresiasi kepada kelompok terbaik yang telah merakit robot yang memiliki performa waktu dan penggunaan daya yang paling baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat melalui pengenalan dan perakitan robot pengikut garis dilakukan di ruang aula SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong. Sebagai latar belakang kegiatan, dilakukan pengenalan keilmuan Robotika Industri pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pertamina, seperti terlihat pada Gambar 3. Para peserta yang hadir dibagi ke dalam beberapa kelompok, dengan setiap kelompok terdiri dari maksimal 4 siswa. Pada Gambar 4, Tim Pengabdian mendistribusikan kit robot pengikut garis untuk setiap kelompok dan mengarahkan peserta kegiatan untuk mengisi survei *pre-test*.



Gambar 3. Pengenalan Keilmuan Robotika Industri



Gambar 4. Distribusi Kit Robot Pengikut Garis dan Survei *Pre-test*

Gambar 5 menunjukkan berbagai kegiatan pada saat persiapan perakitan robot pengikut garis. Para peserta diberikan pengenalan teori mengenai robotika dalam industri secara umum seperti pada Gambar 5.a. Pengenalan ini diharapkan dapat meningkatkan minat siswa dalam bidang robotika dan juga memberikan jawaban yang tepat untuk pertanyaan survei post-test. Dari pengenalan teori, kegiatan berlanjut ke praktik perakitan robot. Gambar 5.b memperlihatkan penjelasan langkah-langkah perakitan robot yang terdapat pada modul perakitan yang telah didistribusikan sebelumnya. Pada Gambar 5.c, dapat dilihat antusiasme para siswa untuk bekerja sama menyelesaikan perakitan dalam tim, masing-masing anggota kelompok memainkan peran aktif dalam proses perakitan.



Gambar 5. Persiapan Perakitan Robot Pengikut Garis (a) Pengenalan Robot Industri secara Umum, (b) Penjelasan Modul Panduan Perakitan, (c) Proses Perakitan Robot

Setelah robot pengikut garis berhasil dirakit, maka dilakukan evaluasi performa robot dengan menjalankan robot tersebut pada lintasan yang diberikan yang didokumentasikan pada Gambar 6. Kegiatan pengujian robot pada lintasan garis dapat dilihat pada Gambar 6.a. Peserta dapat memilih satu dari tiga lintasan yang tersedia, dan juga dapat mengulangi pengujian lintasannya jika terdapat kekeliruan. Tim Pengabdian bersama peserta mencatat waktu dan mengukur tegangan dari robot yang diuji. Peserta kegiatan antusias untuk mengetahui keberhasilan fungsi dari robot yang dirakit dan menguji performanya. Dari hasil evaluasi performa, Tim Pengabdian memberikan apresiasi tim terbaik yang berhasil merakit dan menguji robotnya pada lintasan, seperti pada Gambar 6.b. Gambar 7 menunjukkan kebersamaan Tim Pengabdian dan para peserta kegiatan baik pimpinan, guru, maupun siswa SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong setelah kegiatan perakitan robot pengikut garis selesai dilakukan.



Gambar 6. Evaluasi Performa Robot Pengikut Garis (a) Pengujian Robot Pengikut Garis, (b) Apresiasi Tim dengan Robot Pengikut Garis Terbaik

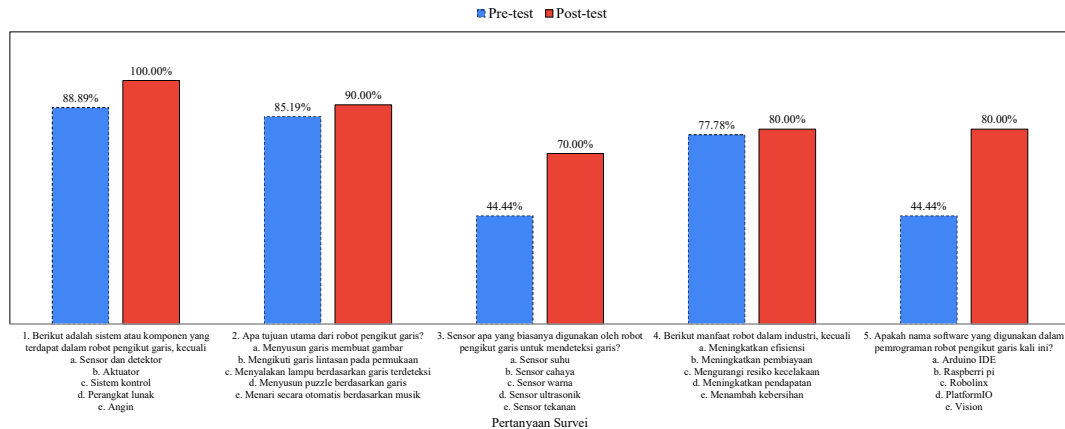


Gambar 7. Foto Bersama Setelah Kegiatan Perakitan Robot

Tabel 1. Performa Robot Pengikut Garis

Jenis Robot Pengikut Garis	Rata-rata Waktu Lintasan, t (detik)	Rata-rata Persentase Penggunaan Daya (%)
Robot pengikut garis Analog A	18,70	0,64
Robot pengikut garis Analog B	23,33	1,06
Robot pengikut garis Digital	32,13	1,08

Evaluasi performa dilakukan terhadap tiga jenis robot pengikut garis yang dirakit oleh peserta, yaitu Analog A, Analog B, dan Digital, dengan dua indikator utama: rata-rata waktu lintasan (detik) dan rata-rata persentase penggunaan daya (%). Hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 1. Dari data pada tabel tersebut, robot pengikut garis Analog A menunjukkan performa terbaik dari sisi kecepatan dan efisiensi energi, dengan waktu tempuh tercepat (18,70 detik) dan konsumsi daya paling rendah (0,64%). Hal ini dapat dikaitkan dengan konfigurasi sensor yang sederhana namun cukup efektif dalam mengikuti jalur, sehingga minim gangguan dalam navigasi.



Gambar 8. Hasil Survei *Pre-test* dan *Post-test* Peserta Kegiatan

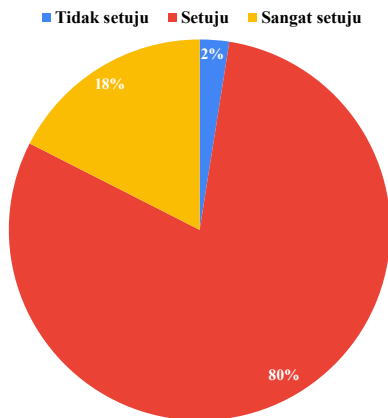
Robot pengikut garis Analog B mengalami peningkatan waktu tempuh (23,33 detik) dan konsumsi daya yang lebih tinggi (1,06%). Kompleksitas konfigurasi sensor yang lebih tinggi pada robot ini kemungkinan menyebabkan sistem kontrol membutuhkan lebih banyak pemrosesan dan manuver, yang berdampak pada efisiensi lintasan dan penggunaan daya. Sementara itu, robot pengikut garis Digital memiliki waktu lintasan paling lama (32,13 detik) dengan penggunaan daya tertinggi (1,08%). Meskipun secara teknologi lebih canggih karena menggunakan mikrokontroler dan pemrograman untuk pemrosesan data sensor, kompleksitas sistem ini tidak secara langsung meningkatkan efisiensi gerak. Hal ini bisa disebabkan oleh kurang optimalnya parameter program atau kalibrasi sensor dalam merespons variasi jalur. Hasil ini menunjukkan bahwa robot dengan teknologi lebih sederhana justru lebih optimal dalam konteks lintasan uji terbatas. Namun, robot digital tetap unggul dari segi potensi pengembangan dan presisi jika dikembangkan lebih lanjut. Evaluasi ini memberikan pemahaman praktis kepada siswa tentang kompromi antara kompleksitas teknologi dan performa sistem robotika. Selain itu, kegiatan ini juga memberikan pengalaman praktis kepada siswa dalam mengatasi kendala teknis selama proses pengujian. Beberapa tantangan yang dihadapi siswa, seperti kesalahan dalam pemasangan sensor, pengaturan daya motor yang tidak optimal, dan gangguan pada rangkaian elektronik, berhasil diatasi melalui diskusi kelompok dan bimbingan langsung dari Tim Pengabdian.

Hasil survei pre-test dan post-test divisualisasikan pada Gambar 8, yang menunjukkan perbandingan persentase jawaban benar sebelum dan sesudah kegiatan. Pertanyaan pertama berkaitan dengan identifikasi komponen yang tidak termasuk dalam sistem robot pengikut garis. Sebelum pelatihan, sebanyak 88,89% peserta telah mampu menjawab dengan benar bahwa "angin" bukanlah bagian dari sistem robot. Angka ini meningkat menjadi 100% setelah pelatihan, menunjukkan bahwa hampir seluruh peserta telah memahami struktur dasar robot secara lebih komprehensif setelah mengikuti kegiatan. Pertanyaan kedua menguji pemahaman peserta terhadap fungsi utama robot pengikut garis. Pada pre-test, 85,19% siswa mampu memilih jawaban yang benar, yaitu "mengikuti garis lintasan pada permukaan." Setelah pelatihan, persentase ini meningkat menjadi 90%. Kenaikan ini relatif kecil, namun menunjukkan adanya penguatan pemahaman terhadap prinsip kerja robot secara umum. Hal ini juga dapat menunjukkan bahwa sebagian besar peserta telah memiliki pengetahuan awal yang cukup terkait konsep dasar tersebut.

Peningkatan yang paling signifikan terlihat pada pertanyaan ketiga, yang menanyakan jenis sensor yang umum digunakan dalam robot pengikut garis. Pada tahap pre-test, hanya 44,44% peserta yang menjawab dengan benar (sensor cahaya). Setelah sesi praktik dan perakitan robot, angka ini melonjak menjadi 70%. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa praktik langsung dalam merakit dan menguji sensor sangat efektif dalam membangun pemahaman teknis siswa terhadap komponen-komponen penting dalam robotika, khususnya dalam mengenali fungsi dan aplikasi sensor cahaya sebagai pendeteksi jalur. Pertanyaan keempat berkaitan dengan manfaat robot dalam industri, dengan jawaban benar berupa "meningkatkan pembiayaan" sebagai pilihan yang tidak termasuk manfaat utama. Sebanyak 77,78% peserta menjawab dengan benar pada pre-test, dan meningkat tipis menjadi 80% pada post-test. Meski kenaikannya tidak besar, konsistensi nilai ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa telah memahami peran robot dalam efisiensi dan keselamatan kerja di lingkungan industri, topik yang juga dibahas dalam sesi teori. Pertanyaan kelima menilai sejauh mana

peserta memahami perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram robot. Hanya 44,44% siswa yang menjawab benar dengan memilih "Arduino IDE" pada pre-test. Namun, setelah siswa mendapatkan pengalaman langsung dalam memprogram robot digital menggunakan Arduino IDE, persentase ini meningkat secara drastis menjadi 80%. Ini menunjukkan efektivitas pendekatan berbasis praktik dalam penguatan literasi teknologi digital di kalangan siswa, khususnya dalam mengenali dan menggunakan perangkat lunak pemrograman.

Secara umum, hasil post-test menunjukkan peningkatan pemahaman yang konsisten di seluruh indikator dari rata-rata 68.15% jawaban benar pada pre-test menjadi rata-rata 84% jawaban benar pada post-test. Peningkatan signifikan terutama terlihat pada aspek teknis seperti pemilihan sensor (pertanyaan 3) dan penggunaan software (pertanyaan 5), yang sebelumnya menunjukkan tingkat pemahaman rendah. Hal ini menunjukkan bahwa keterlibatan langsung dalam praktik perakitan memiliki dampak positif terhadap pencapaian kognitif peserta. Sebaliknya, pada indikator yang sifatnya konseptual dan telah diketahui sebelumnya oleh peserta (misalnya tujuan robot dan struktur sistem), peningkatannya cenderung moderat, menandakan adanya basis pengetahuan awal yang cukup baik. Kegiatan evaluasi berbasis pre-test dan post-test ini juga menegaskan pentingnya pendekatan experiential learning dalam pendidikan STEM di tingkat sekolah menengah. Pendekatan yang menggabungkan penyampaian teori, praktik langsung, dan refleksi kelompok terbukti efektif dalam memperdalam pemahaman konsep serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Lebih jauh, kegiatan ini juga memberikan dampak terhadap peningkatan kepercayaan diri peserta dalam mengoperasikan perangkat berbasis teknologi, yang tercermin dari peningkatan partisipasi aktif selama sesi praktik dan diskusi.



Gambar 9. Distribusi Respons Kepuasan Peserta terhadap Pelaksanaan Kegiatan

Untuk mengetahui persepsi peserta terhadap pelaksanaan kegiatan, dilakukan survei evaluatif berupa kuesioner dengan skala likert yang terdiri atas tiga kategori jawaban, yaitu: *tidak setuju*, *setuju*, dan *sangat setuju*. Grafik pada Gambar 9 menunjukkan distribusi persentase tanggapan peserta terhadap keseluruhan aspek pelaksanaan kegiatan, seperti kejelasan materi, keterampilan fasilitator, relevansi kegiatan dengan minat peserta, serta kenyamanan dalam proses belajar. Dari hasil pengolahan data, diperoleh bahwa sebanyak 80% peserta menyatakan “setuju” terhadap keseluruhan pelaksanaan kegiatan. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas peserta merasa puas terhadap kegiatan yang telah dilaksanakan, baik dari segi penyampaian materi, keterlibatan siswa, hingga efektivitas metode praktik dalam memahami konsep robotika. Persentase ini menunjukkan bahwa kegiatan telah sesuai dengan ekspektasi peserta dan mampu menciptakan suasana pembelajaran yang kondusif dan menyenangkan.

Sementara itu, 18% peserta memilih kategori “sangat setuju”, yang menandakan tingkat kepuasan yang lebih tinggi. Meskipun persentasenya lebih kecil dibandingkan kategori “setuju”, keberadaan tanggapan ini menunjukkan adanya kelompok peserta yang merasa kegiatan sangat bermanfaat dan melebihi harapan para siswa. Umumnya, peserta dalam kategori ini menunjukkan antusiasme tinggi selama sesi praktik dan diskusi, serta memiliki minat besar terhadap pengembangan keterampilan teknologi, khususnya dalam bidang robotika. Namun demikian, masih terdapat 2% peserta yang memberikan jawaban “tidak setuju”. Persentase ini tergolong sangat kecil, namun tetap menjadi catatan penting bagi tim pelaksana untuk mengidentifikasi potensi kendala atau ketidaksesuaian selama kegiatan berlangsung. Kemungkinan penyebab ketidakpuasan dapat mencakup kendala

teknis, kurangnya pemahaman materi awal, atau keterbatasan waktu untuk praktik. Oleh karena itu, ke depan perlu dipertimbangkan adanya sesi pemantapan tambahan, bimbingan individual, atau perluasan waktu pendampingan agar semua peserta dapat merasakan manfaat secara maksimal. Secara keseluruhan, hasil survei ini menunjukkan bahwa pelaksanaan kegiatan telah berhasil menciptakan pengalaman belajar yang positif dan relevan bagi peserta. Tingginya tingkat kepuasan mencerminkan keberhasilan pendekatan yang digunakan, terutama penggunaan metode partisipatif dan pembelajaran berbasis praktik yang kontekstual. Temuan ini mendukung perlunya replikasi kegiatan serupa di sekolah lain, dengan penyesuaian teknis sesuai karakteristik peserta.

Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis praktik sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa dalam bidang robotika. Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya belajar tentang konsep dasar robotika, tetapi juga mendapatkan pengalaman langsung dalam merancang, merakit, dan menguji robot. Keberhasilan program ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan kegiatan serupa di masa depan, dengan fokus pada pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan siswa secara aktif. Selain itu, temuan dari kegiatan ini dapat menjadi bahan evaluasi untuk meningkatkan desain program di masa depan, seperti menambahkan lebih banyak modul pembelajaran atau memperkenalkan teknologi robotika yang lebih kompleks. Program ini juga mendukung implementasi tujuan Sustainable Development Goals (SDGs) nomor 4, yaitu memastikan pendidikan berkualitas yang inklusif dan merata serta mendukung kesempatan belajar sepanjang hayat bagi semua. Dengan memberikan pengalaman belajar yang relevan dan praktis, program ini membantu siswa mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang mencakup kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Diharapkan kegiatan serupa dapat terus dilaksanakan untuk mendukung pengembangan kompetensi siswa di bidang teknologi dan inovasi, serta membangun generasi muda yang siap menghadapi tantangan di era revolusi industri 4.0.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilaksanakan oleh Tim Pengabdian dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Pertamina berhasil memberikan dampak nyata dalam peningkatan pemahaman, keterampilan, dan literasi teknologi siswa SMAK Tunas Bangsa. Dengan menerapkan pendekatan berbasis praktik dan partisipatif, kegiatan ini dirancang mengikuti tahapan model ADDIE secara implisit melalui fase persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Hasil pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan rata-rata pemahaman dari 68,15% menjadi 84%, khususnya pada aspek teknis seperti penggunaan sensor dan pemrograman Arduino IDE. Kegiatan ini juga meningkatkan literasi teknologi siswa, ditunjukkan dari kemampuan para siswa dalam merakit dan menguji robot line follower secara mandiri. Dari segi performa, robot Analog A unggul dalam efisiensi dan kecepatan, sementara robot Digital menawarkan kompleksitas lebih tinggi meski belum optimal di lintasan uji terbatas. Tingkat kepuasan peserta terhadap pelaksanaan kegiatan juga sangat tinggi, dengan 80% menyatakan “setuju” dan 18% “sangat setuju” terhadap keseluruhan aspek kegiatan. Program serupa dapat dikembangkan dengan menambahkan teknologi robotika lainnya berbasis Internet of Things (IoT) atau Artificial Intelligent (AI), serta modul pembelajaran yang lebih terstruktur. Sesi pendampingan yang lebih intensif dan evaluasi berkala bersama sekolah mitra dapat meningkatkan keberlanjutan program. Kegiatan ini terbukti mendukung pencapaian SDG 4 tentang pendidikan berkualitas dan layak untuk direplikasi di sekolah lain sebagai bagian dari pendidikan abad ke-21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pengabdian menyampaikan terima kasih kepada Universitas Pertamina untuk pendanaan Hibah Internal UPERAISAL 2023 BATCH 2 (0241/UP-R/SK/HK.01/X/2023). Tim Pengabdian juga menyampaikan terima kasih atas dukungan dan peran aktif pihak pimpinan, guru, staf, dan para siswa SMAK Tunas Bangsa Gading Serpong.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Z., Pambudi, A. D., Tamamy, A. J., Islahudin, N., Pamungkas, H., & Heryanto, M. A. (2023). Pelatihan Robotika Untuk Pengenalan Dunia Robotik Bagi Siswa SMA KOLESE LOYOLA

- Semarang. *Abdimasku : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 69. <https://doi.org/10.33633/ja.v6i1.846>
- Astuti, L., Triyanto, T., & Karsono, K. (2025). Inovasi Dalam Program Stem Sekolah: Analisis Bibliometric Ekstrakurikuler Robotika Dan Dampaknya Terhadap Keterampilan Kreatif. *JP2M (Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika)*, 11(1), 285–297. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v11i1.7101>
- Ayu Cahyanti, N., Suyanto, S., Wantara, N., Begimbetova, G. A., Unayah, H., & Khilafah, M. R. N. (2024). A Systematic Review of STEM Education Implementation in Indonesian High Schools: Opportunities, Challenges, and Policy Recommendations. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(3), 1428–1443. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1428-1443>
- D’Amico, A., Guastella, D., & Chella, A. (2020). A Playful Experiential Learning System With Educational Robotics. *Frontiers in Robotics and AI*, 7(March). <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00033>
- Darmawansah, D., Hwang, G. J., Chen, M. R. A., & Liang, J. C. (2023). Trends and research foci of robotics-based STEM education: a systematic review from diverse angles based on the technology-based learning model. *International Journal of STEM Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3>
- Dharmawan, F., Suherman, A., Kurniawan, B., & Rahmatia, S. (2024). Implementasi Pendidikan Dasar Robotika melalui Penggunaan Mikrokontroler Arduino untuk Siswa Kelas 12 SMA Al Fityan School Tangerang. *Prosiding Seminar Nasional Pemberdayaan Masyarakat (SENDAMAS)*, 3(1), 66. <https://doi.org/10.36722/psn.v3i1.2490>
- Haidegger, T., Mai, V., Mörch, C. M., Boesl, D. O., Jacobs, A., Rao R, B., Khamis, A., Lach, L., & Vanderborght, B. (2023). Robotics: Enabler and inhibitor of the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, 43(October), 422–434. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.11.011>
- Hajjah, M., Munawaroh, F., Wulandari, A. Y. R., & Hidayati, Y. (2022). Implementasi Model Experiential Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Natural Science Education Research*, 5(1), 79–88. <https://doi.org/10.21107/nser.v5i1.4371>
- Hanik, E. U., Ulfa, M., Harfiyani, Z., Septiyani, F., Sabila, N., & Halimah, N. (2021). Pembelajaran berbasis STEM melalui Media Robotika untuk Meningkatkan Keterampilan Siswa Abad 21 Sekolah Indonesia Kuala Lumpur (SIKL). *ICIE: International Conference on Islamic Education*, 1(1), 83–96.
- Husainy, A., Mangave, S., & Patil, N. (2023). A Review on Robotics and Automation in the 21st Century: Shaping the Future of Manufacturing, Healthcare, and Service Sectors. *Asian Review of Mechanical Engineering*, 12(2), 41–45. <https://doi.org/10.70112/arme-2023.12.2.4230>
- Kerimbayev, N., Beisov, N., Kovtun, A., Nuryim, N., & Akramova, A. (2020). Robotics in the international educational space: Integration and the experience. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5835–5851. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10257-6>
- Kusuma, N. G. W., Marsono, M., & Nurhadi, D. (2023). Pengembangan Sumber Belajar Mata Kuliah Mekatronika Dan Robotika Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Teknik Mesin Dan Pembelajaran*, 6(2), 104. <https://doi.org/10.17977/um054v6i2p104-112>
- Latip, A. (2022). Penerapan Model Addie Dalam Pengembangan Multimedia Pembelajaran Berbasis Literasi Sains. *DIKSAINS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 2(2), 102–108. <https://doi.org/10.33369/diksains.2.2.102-108>
- Mai, V., Vanderborght, B., Haidegger, T., Khamis, A., Bhargava, N., Boesl, D. B. O., Gabriels, K., Jacobs, A., Moon, Aj., Murphy, R., Nakauchi, Y., Prestes, E., Rao R, B., Vinuesa, R., & Mörch, C. M. (2022). The Role of Robotics in Achieving the United Nations Sustainable Development Goals - The Experts’ Meeting at the 2021 IEEE/RSJ IROS Workshop [Industry Activities]. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 29(1), 92-98+107. <https://doi.org/10.1109/MRA.2022.3143409>
- Majid, N. A. A., Zainal, N. F. A., Shukur, Z., Nasrudin, M. F., & Zainal, N. (2024). Modeling the Impact of Robotics Learning Experience on Programming Interest Using the Structured

- Equation Modeling Approach. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(11), 921–929. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0151190>
- Naylah, R. S., Aulia, N. A., Aldiansyah, M., Wahyudi, D., & Pratama, D. (2024). Analisis Implementasi Robotik Di Bidang Pendidikan: Systematic Literature Review. *Jurnal Rekayasa Informatika*, 1(2), 3–7. <https://rekayasainformatika.com/index.php/JREIN/article/view/18>
- Rahman, S. M. M. (2021). Assessing and benchmarking learning outcomes of robotics-enabled stem education. *Education Sciences*, 11(2), 1–25. <https://doi.org/10.3390/educsci11020084>
- Rincón, S. A. C., Gudiño, H. C. M., & Herrera, R. de J. G. (2024). Robotics for inclusive education: Combining active methodologies in a classroom. *Contemporary Educational Technology*, 16(3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/14939>
- Sannicandro, K., De Santis, A., Bellini, C., & Minerva, T. (2022). A scoping review on the relationship between robotics in educational contexts and e-health. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.955572>
- Sari, A. N., Gelar, T., Firdaus, L. H., Hayati, H., & Hodijah, A. (2024). Pelatihan Pengembangan Desain Instruksional Bahan Ajar Educational Robots Metode ADDIE di SMP Negeri 1 Baleendah. *Tekmulogi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(November), 107–122. <https://ejournal.upi.edu/index.php/Tekmulogi/article/view/75992>
- Ula, K., & Nugraheni, N. (2024). Urgensi Integrasi Teknologi di Bidang Pendidikan Dalam Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGs) Poin Ke-4 2024. *Madani : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(11), 598–605. <https://jurnal.penerbitdaarulhuda.my.id/index.php/MAJIM/article/view/3248>
- Urrea, C., & Kern, J. (2025). Recent Advances and Challenges in Industrial Robotics: A Systematic Review of Technological Trends and Emerging Applications. *Processes*, 13(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/pr13030832>
- Verner, I. M., Perez, H., & Lavi, R. (2022). Characteristics of student engagement in high-school robotics courses. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 2129–2150. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09688-0>
- Wahyudi, W., & Amiruddin, A. (2023). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Sistem Robotika Berbasis Mikrokontroler Di Era Industri 4.0. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 11(1), 70. <https://doi.org/10.26858/jnp.v11i1.42752>
- Zamsiswaya, Syawaluddin, & Syahrizul. (2024). Pengembangan Model ADDIE (Analisis, Design, Development, Implemetation, Evaluation). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 46363–46369.