

PENGEMBANGAN ROBOT LINE FOLLOWER UNTUK PEMBELAJARAN DI SD MUHAMMADIYAH 08 DAU MALANG

Khusnul Hidayat¹, Mohammad Chasrun Hasani², Nur Alif Mardiyah³, Merinda Lestandy⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

e-mail: khusnulhidayat@umm.ac.id

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan di Sekolah Dasar (SD) Muhammadiyah 08 Dau Malang untuk mengatasi rendahnya akurasi robot line follower yang masih menggunakan pengaturan sudut belok berbasis waktu tunda, terbatasnya metode pembelajaran, dan ketiadaan buku panduan operasional. Tujuan kegiatan adalah meningkatkan keterampilan teknis siswa dan guru melalui pengembangan modul robot line follower berbasis sensor Gyro MPU6050 sebagai acuan sudut belok presisi. Metode pelaksanaan meliputi perancangan dan pembuatan robot, penyusunan materi dan buku panduan, pelatihan teori-praktik bagi siswa dan guru, serta evaluasi melalui pre-test, post-test, kuesioner, dan uji kinerja robot di lintasan. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan siswa sebesar 93,65% (nilai rata-rata 42,5 menjadi 82,3), tingkat keberhasilan robot menyelesaikan lintasan mencapai 95%, serta respon positif dari 92% peserta dan 88% guru terhadap buku panduan. Selain menghasilkan perangkat pembelajaran yang lebih akurat dan mudah digunakan, kegiatan ini juga memperkuat kompetensi guru dalam membimbing siswa secara mandiri. Keberhasilan program ini membuka peluang sekolah mitra untuk berpartisipasi dan berprestasi pada ajang kompetisi robotika tingkat regional maupun nasional secara lebih optimal.

Kata kunci: Ekstrakurikuler, Robot Line Follower, Sekolah Dasar

Abstract

This Community Service Program was conducted at elementary school (Sekolah Dasar-SD) Muhammadiyah 08 Dau Malang to address the low accuracy of line follower robots that still relied on turn-angle settings based on time delay, the limited teaching methods, and the absence of an operational manual. The aim of the program was to improve the technical skills of students and teachers through the development of a line follower robot module equipped with a Gyro MPU6050 sensor for precise turn-angle reference. The implementation method included designing and constructing the robot, preparing teaching materials and an operational manual, providing theory–practice training for students and teachers, and conducting evaluations through pre-tests, post-tests, questionnaires, and robot performance tests on the track. The results showed a 93.65% increase in student knowledge (average score rising from 42.5 to 82.3), a 95% success rate of the robot completing the track, and positive responses from 92% of participants and 88% of teachers toward the manual. In addition to producing a more accurate and user-friendly learning tool, the program also strengthened teachers' competence to guide students independently. The success of this program opens opportunities for the partner school to participate and excel in regional and national robotics competitions more effectively.

Keywords: Extracurricular, Line Following Robot, Elementary School

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pendidikan (edutech) dan robotika di tingkat Sekolah Dasar (SD) menunjukkan tren yang semakin signifikan, terutama dalam pemanfaatan robot line follower sebagai media pembelajaran sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) (Ouyang & Xu, 2024; Siswoyo dkk., 2023). Meta-analisis terbaru mengungkap integrasi sensor cerdas, algoritma AI/ML, dan penerapan di lingkungan dinamis sebagai faktor penting untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas robot line follower (Brigido & Parente de Oliveira, 2025).

Di Indonesia, robot line follower juga mulai banyak dimanfaatkan sebagai media interaktif dalam pembelajaran. Studi Game-D, yang menggabungkan robot line follower dengan gamifikasi, terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep gerak lurus pada siswa SD, dengan tingkat validitas 88,25%, kepraktisan 87,3%, dan efektivitas pembelajaran 86,25% (Eliza dkk., 2025). Program pelatihan di SMP Muhammadiyah 1 Godean bahkan menunjukkan peningkatan pengetahuan peserta dari 43% menjadi 90% setelah mempelajari perakitan dan pengujian robot line follower secara praktis

(Jannah dkk., 2021; Nur dkk., 2022). Temuan-temuan ini memperkuat posisi robot line follower sebagai sarana pembelajaran aktif yang memadukan aspek STEM.

Namun, penerapan di tingkat sekolah dasar masih memiliki keterbatasan. Di SD Muhammadiyah 08 Dau Malang, robot line follower yang digunakan pada kegiatan ekstrakurikuler masih berbasis pengaturan sudut belok dengan waktu tunda (delay). Sistem ini rentan terhadap perubahan kondisi fisik robot, seperti penurunan tegangan baterai dan slip roda, yang dapat menurunkan akurasi lintasan. Selain itu, belum tersedia buku panduan operasional, sehingga siswa kesulitan belajar secara mandiri di luar sesi ekstrakurikuler. Proses pengaturan rute juga hanya menggunakan tombol (button) tanpa dukungan pemrograman komputer, yang membatasi kreativitas siswa. Kondisi ini berkontribusi pada belum optimalnya prestasi tim robotika sekolah di ajang kompetisi regional maupun nasional.

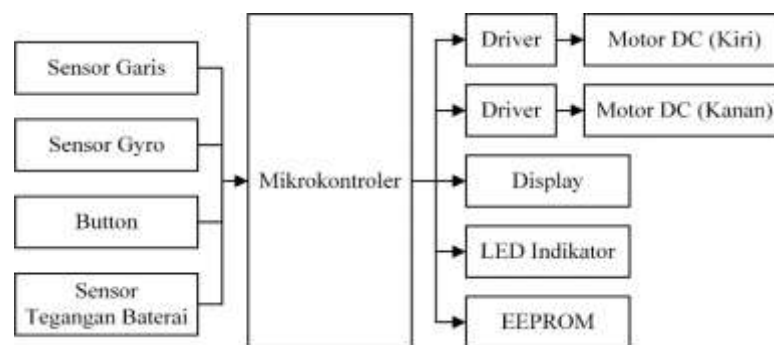
Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan PkM ini menawarkan solusi melalui pengembangan modul robot line follower berbasis sensor Gyro MPU6050 sebagai acuan sudut belok presisi. Inovasi ini diintegrasikan dengan dua metode pengaturan rute—tombol on-board dan pemrograman komputer menggunakan Arduino IDE—serta penyusunan buku panduan operasional yang mudah dipahami siswa. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan teknis, mendorong pembelajaran mandiri, dan memperluas peluang prestasi siswa dalam kompetisi robotika (Sukamta dkk., 2024).

METODE

Pelaksanaan kegiatan PkM ini dilakukan melalui tahapan-tahapan terstruktur yang melibatkan kolaborasi antara tim pelaksana dari Universitas Muhammadiyah Malang dengan pihak mitra, yaitu SD Muhammadiyah 08 Dau Malang. Tahapan tersebut dirancang untuk memastikan seluruh kegiatan dapat berjalan efektif dan menghasilkan luaran sesuai dengan tujuan program. Rincian metode pelaksanaan kegiatan PkM disajikan sebagai berikut:

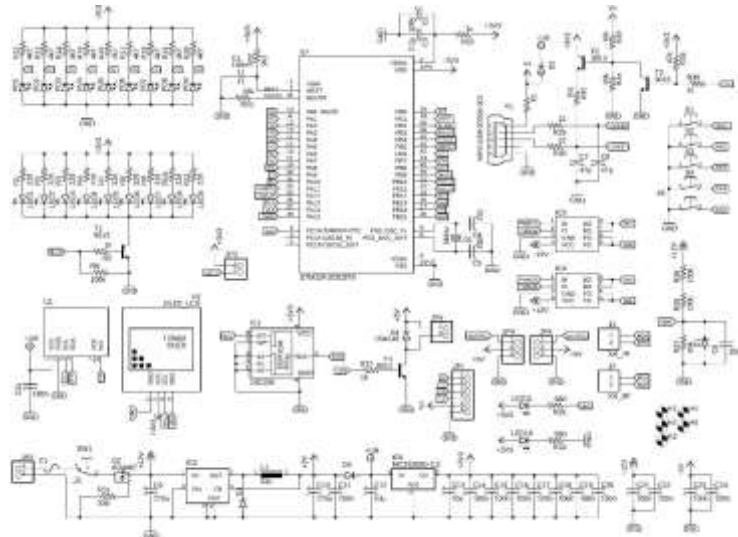
1. Perancangan dan Pembuatan Robot Line Follower Berbasis Gyro

Tahap awal pelaksanaan kegiatan adalah merancang dan membuat modul robot line follower berbasis sensor Gyro tipe MPU6050. Sensor ini digunakan sebagai acuan sudut belok robot agar lebih presisi meskipun terjadi perubahan tegangan baterai atau slip pada roda. Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler STM32F103 yang mengolah masukan dari sensor garis, sensor Gyro, tombol (button), dan sensor tegangan baterai, kemudian mengontrol driver motor, display OLED, LED indikator, dan EEPROM. Gambaran hubungan antar komponen sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram robot line follower

Perancangan rangkaian elektronika dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh komponen sistem pada papan sirkuit cetak (PCB). Rangkaian ini mencakup koneksi sensor garis berbasis LED–fotodioda, sensor Gyro, antarmuka pemrograman (UART, ST-Link, USB), driver motor TA6586, modul display OLED, memori EEPROM, dan rangkaian pengatur daya. Detail rancangan rangkaian elektronika ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian robot line follower

Papan rangkaian yang telah dirancang diproduksi menggunakan PCB cetak profesional agar lebih rapi dan mudah dirakit. Komponen dipilih dengan mempertimbangkan ketersediaan di pasaran dan kemudahan penggantian jika diperlukan.

2. Penyusunan Buku Panduan Operasional

Buku panduan berisi petunjuk teknis perakitan, kalibrasi sensor, pengaturan rute, dan pemrograman robot. Desain bahasa dan ilustrasi dibuat sederhana agar mudah dipahami oleh siswa SD dan dapat digunakan secara mandiri di luar sesi ekstrakurikuler.

3. Penyusunan Materi Pelatihan

Materi disusun sesuai tingkat pengetahuan siswa SD, mencakup empat pertemuan: (1) pengenalan komponen dan perakitan robot, (2) kalibrasi sensor garis dan pengaturan konstanta PID, (3) pengaturan rute via tombol on-board, dan (4) pemrograman rute melalui komputer dengan Arduino IDE.

4. Pelaksanaan Pelatihan

Pelatihan dilakukan di ruang praktikum dengan sistem kelompok, setiap kelompok didampingi satu mentor. Kegiatan mengombinasikan teori dan praktik, mulai dari perakitan mekanik, pemasangan sensor, pemrograman robot, hingga pengujian di lintasan.

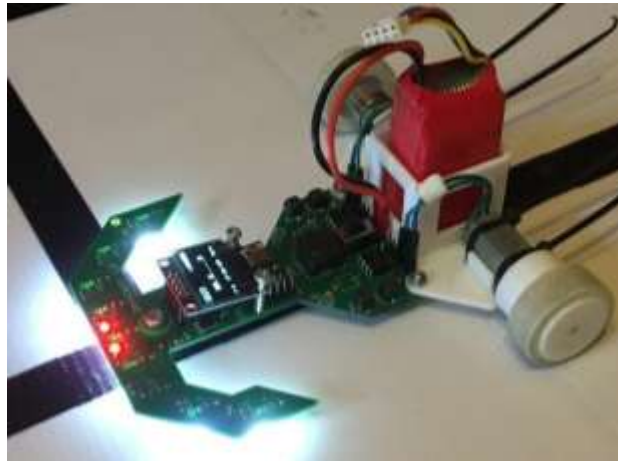
5. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan program dalam menjawab permasalahan mitra. Metode evaluasi meliputi:

- Pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan siswa mengenai robotika.
- Pengamatan produk untuk menilai kinerja robot line follower hasil pelatihan.
- Respon mitra melalui kuesioner untuk menilai kepuasan siswa dan guru terhadap kegiatan pelatihan.
- Analisis keandalan robot melalui uji coba di lintasan dengan berbagai kondisi untuk menilai kestabilan sudut belok dan kemampuan mengikuti jalur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan ini menghasilkan dua unit robot line follower berbasis sensor Gyro MPU6050. Integrasi sensor Gyro memungkinkan robot mempertahankan sudut belok secara konsisten meskipun terjadi penurunan tegangan baterai atau slip roda. Mikrokontroler STM32F103 digunakan sebagai pusat kendali, dilengkapi dengan sensor garis LED-fotodiode, driver motor TA6586, display OLED, EEPROM, dan baterai LiPo. Bentuk fisik robot hasil pengembangan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Robot line follower berbasis sensor Gyro hasil kegiatan PkM

Tabel 1 menunjukkan perbandingan kinerja antara robot line follower lama yang menggunakan metode pengaturan belok berbasis waktu tunda (delay-based) dan robot baru yang menggunakan metode berbasis sensor Gyro (gyro-based). Pada parameter metode pengaturan belok, robot lama hanya mengandalkan waktu tunda untuk menentukan sudut belok, sehingga kurang presisi ketika kondisi lintasan atau kecepatan berubah. Sebaliknya, robot baru memanfaatkan sensor Gyro untuk mengukur sudut secara langsung, menghasilkan tingkat presisi yang lebih tinggi.

Dari sisi toleransi terhadap perubahan tegangan, robot lama menunjukkan performa rendah karena perubahan suplai daya memengaruhi waktu tunda dan sudut belok. Robot baru memiliki toleransi yang tinggi, sehingga kinerjanya tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi tegangan. Keberhasilan menyelesaikan lintasan juga meningkat signifikan, dari 70% pada robot lama menjadi 95% pada robot baru.

Konsistensi sudut belok robot lama bersifat fluktuatif akibat metode berbasis waktu, sedangkan robot baru mampu mempertahankan sudut belok yang stabil berkat penggunaan sensor Gyro. Dari aspek fleksibilitas pengaturan rute, robot lama terbatas pada pengaturan melalui tombol on-board, sementara robot baru menawarkan fleksibilitas lebih besar melalui kombinasi tombol dan pemrograman, sehingga memudahkan penyesuaian strategi lintasan.

Tabel 1. Perbandingan kinerja robot lama dan robot baru

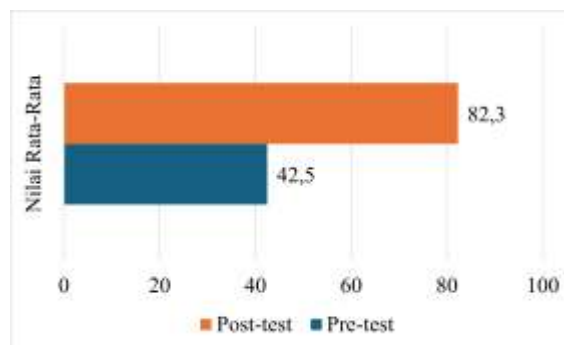
Parameter	Robot Lama (Delay-based)	Robot Baru (Gyro-based)
Metode pengaturan belok	Waktu tunda (delay)	Sudut berbasis sensor Gyro
Toleransi perubahan tegangan	Rendah	Tinggi
Keberhasilan lintasan (%)	70	95
Konsistensi sudut belok	Fluktuatif	Stabil
Fleksibilitas pengaturan rute	Tombol on-board	Tombol + Pemrograman

Pelatihan yang dilaksanakan selama empat pertemuan memberikan dampak positif pada peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta. Siswa yang sebelumnya hanya mampu mengoperasikan robot melalui tombol on-board, setelah pelatihan mampu memahami proses pemrograman melalui Arduino IDE. Proses pelatihan ini dilakukan dengan metode pembelajaran berbasis kelompok, di mana setiap kelompok didampingi oleh satu mentor dari tim pelaksana. Suasana pelatihan ditunjukkan pada Gambar 4, di mana siswa tampak aktif mengikuti instruksi dan mencoba memprogram robot secara langsung menggunakan laptop.



Gambar 4. Proses pelatihan pemrograman robot

Hasil evaluasi kegiatan menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada beberapa aspek. Dari sisi pengetahuan siswa, nilai rata-rata pre-test sebesar 42,5 meningkat menjadi 82,3 pada post-test, sehingga terjadi kenaikan sebesar 39,8 poin atau setara dengan peningkatan 93,65% dari nilai awal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Respon mitra juga menunjukkan hasil positif, di mana 92% peserta menyatakan puas terhadap pelatihan yang diberikan, sementara 88% guru menilai buku panduan yang disusun sangat membantu dalam proses pembelajaran mandiri. Selain itu, kegiatan ini berhasil memperkuat kemampuan guru dalam mengoperasikan robot, yang ditunjukkan dengan kemampuan mereka melakukan pengaturan rute dan kalibrasi sensor secara mandiri setelah mengikuti pelatihan.



Gambar 5. Nilai rata-rata pre-test dan post-test

Hasil kegiatan ini membuktikan bahwa solusi yang ditawarkan berhasil menjawab permasalahan mitra, yakni meningkatkan akurasi robot, memperluas metode pembelajaran (tombol on-board dan pemrograman komputer), serta menyediakan panduan yang mempermudah pembelajaran mandiri. Keberhasilan ini sejalan dengan penelitian (Brigido & Parente de Oliveira, 2025; Inaiyah Agustin & Tri Yunardi, 2019; Siswanto & Sigit, 2019) yang menyatakan bahwa integrasi sensor tambahan meningkatkan kinerja robot line follower sekaligus efektivitas pembelajaran STEM di sekolah dasar.

SIMPULAN

Kegiatan PkM di SD Muhammadiyah 08 Dau Malang telah berhasil menjawab permasalahan mitra terkait keterbatasan akurasi robot line follower, minimnya metode pembelajaran, dan ketiadaan panduan operasional. Pengembangan robot line follower berbasis sensor Gyro terbukti mampu meningkatkan akurasi sudut belok hingga tingkat keberhasilan lintasan mencapai 95%, meskipun terjadi perubahan tegangan baterai atau slip roda. Peningkatan pengetahuan siswa juga signifikan, dengan rata-rata nilai pre-test 42,5 naik menjadi 82,3 pada post-test. Respon mitra terhadap kegiatan sangat positif, di mana 92% peserta merasa puas dengan pelatihan, dan 88% guru menilai buku panduan sangat membantu pembelajaran mandiri. Faktor pendukung utama kegiatan ini adalah komitmen tinggi dari pihak sekolah, partisipasi aktif siswa dan guru, serta dukungan fasilitas dari Universitas Muhammadiyah Malang. Sementara itu, faktor penghambat meliputi keterbatasan waktu pelaksanaan pelatihan, variasi tingkat kemampuan awal peserta yang cukup beragam, serta keterbatasan peralatan yang mengharuskan penggunaan secara bergantian.

SARAN

Berdasarkan hasil kegiatan, beberapa saran dapat diajukan untuk keberlanjutan program. Pertama, sekolah mitra disarankan mengintegrasikan materi robotika berbasis pemrograman komputer secara rutin dalam kegiatan ekstrakurikuler untuk mempertahankan dan meningkatkan keterampilan siswa. Kedua, perlu dilakukan pengadaan tambahan unit robot line follower agar setiap kelompok dapat berlatih secara lebih intensif tanpa harus bergantian, sehingga efektivitas pembelajaran meningkat. Ketiga, tim pelaksana dapat mengembangkan modul robot yang dapat dimodifikasi menjadi berbagai jenis robot edukasi lainnya, seperti robot pemadam api atau robot pengumpul bola, untuk memperluas pengalaman belajar siswa. Selain itu, pelatihan lanjutan bagi guru pendamping sangat penting agar mereka dapat mengembangkan materi secara mandiri dan menyesuaikan dengan perkembangan teknologi robotika terbaru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) yang telah memberikan dukungan finansial terhadap pelaksanaan program pengabdian ini. Apresiasi juga diberikan kepada pihak SD Muhammadiyah 08 Dau Malang atas kerja sama dan partisipasinya dalam seluruh rangkaian kegiatan. Ucapan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada para mahasiswa Tim Robotika Program Studi Teknik Elektro UMM yang telah berperan aktif dalam proses perancangan, pembuatan, dan pelaksanaan pelatihan, sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Brigido, W. J. H., & Parente de Oliveira, J. M. (2025). The line follower robot: a meta-analytic approach. *PeerJ Computer Science*, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2744>
- Eliza, F., Hakiki, M., Muhtaj, M., Putri, D., Hidayah, Y., Fricticarani, A., Fakhri, J., Arpanudin, I., Subroto, D., Sussolaikah, K., Abi Hamid, M., Fadli, R., & Ramadhan, M. (2025). Game-D: Development of an Educational Game Using a Line Follower Robot on Straight Motion Material. *International Journal of Information and Education Technology*, 15, 49–58. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.1.2217>
- Inaiyah Agustin, E., & Tri Yunardi, R. (2019). Line Follower Robot Training and Introduction of Internet of Things (IoT) for Students in Jombang City. *Darmabakti Cendekia: Journal of Community Service and Engagements*, 01(2), 50–55. <https://doi.org/10.20473/dc.v1i2.2019.50-55>
- Jannah, F., Fuada, S., Putri, H., Zanah, F., & Pratiwi, W. (2021). Teaching analog Line-Follower (LF) robot concept through simulation for elementary students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1987, 12046. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1987/1/012046>
- Nur, A., Chamim, N., Yusvin Mustar, M., Purwanto, K., Wiyagi, R. O., Septriadi, G., & Abbasf, K. (2022). Improving Knowledge of Line Follower Robots at SMP Muhammadiyah 1 Godean. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*, 2(5), 175–185. <https://doi.org/10.59247/jppmi.v2i5.96>
- Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: a multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>
- Siswanto, & Sigit, H. T. (2019). Pelatihan Pembuatan Robot Line Follower untuk Meningkatkan Pengetahuan Robotika pada Siswa SMK Negeri I Kramatwatu. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*, 1(1). <https://doi.org/10.21632/jpmi.1.1.230-240>
- Siswoyo, A., Arianto, E., & noviyanto, antonius. (2023). Pelatihan Pengenalan Teknologi Line Follower Robot bagi Siswa SMA Regina Pacis Surakarta. *Abdimas Altruist: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6. <https://doi.org/10.24071/aa.v6i2.5229>
- Sukanta, S., Ulfah Mediaty Arief, Sukrina, N. F., Putra Pratama, M. H., Nadia, A. K., Tunnisa, S., & Septariza, D. A. (2024). Pembelajaran Praktikum Berbasis Robot Line follower untuk Meningkatkan Minat dan Motivasi Siswa SMKN 1 Semarang. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 5(4), 4924–4930. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.4253>