

Implementasi Mikrokontroler Arduino untuk Perakitan Robot Sederhana bagi Siswa SMK Negeri 5 Lhokseumawe

Aidi Finawan¹, M. Basyir², Huzaeni³, Yusman⁴, Yuli Mauliza⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹aidifinawan@pnl.ac.id

Abstrak—SMK Negeri 5 Lhokseumawe menghadapi keterbatasan media pembelajaran berbasis teknologi, khususnya dalam bidang robotika dan mikrokontroler. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kompetensi siswa dalam proyek aplikatif. Program pengabdian masyarakat ini bertujuan meningkatkan keterampilan siswa melalui implementasi mikrokontroler Arduino dalam perakitan robot sederhana. Kegiatan meliputi penyusunan modul, pelatihan teori dan praktik, serta kompetisi internal robot line follower. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan pemahaman siswa, dengan rata-rata nilai post-test 87 dibandingkan pre-test 38. Luaran mencakup modul pembelajaran dan lima unit robot line follower yang berhasil dirakit siswa. Pendekatan project-based learning terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi, keterampilan teknis, serta kemampuan kolaboratif siswa.

Kata kunci— Robotika, Arduino, Pelatihan Teknologi, Project-Based Learning, SMK

Abstract—SMK Negeri 5 Lhokseumawe faces limited access to technology-based learning media, particularly in robotics and microcontrollers. This condition impacts students' competence in applied projects. This community service program aims to enhance students' skills through the implementation of Arduino microcontrollers in simple robot assembly. Activities include module development, theoretical and practical training, and an internal line follower robot competition. The results show a significant increase in students' understanding, with an average post-test score of 87 compared to 38 in the pre-test. The outputs include a robotics learning module and five line follower robots successfully assembled by students. The project-based learning approach proved effective in improving students' motivation, technical skills, and collaborative abilities.

Keywords— Robotics, Arduino, Technology Training, Project-Based Learning, Vocational School

I. PENDAHULUAN

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan lembaga pendidikan vokasi yang berfokus pada pembekalan keterampilan praktis kepada siswa agar siap menghadapi dunia kerja. Pada bidang elektronika dan otomasi, penguasaan keterampilan berbasis teknologi mutakhir sangat diperlukan agar lulusan mampu bersaing dalam era industri modern. Salah satu keterampilan yang relevan adalah kemampuan merancang dan mengimplementasikan sistem berbasis mikrokontroler dan robotika.

Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa keterbatasan fasilitas praktikum masih menjadi hambatan utama dalam pembelajaran di sekolah kejuruan. Banyak sekolah yang masih mengandalkan metode pembelajaran teoretis, sementara praktik langsung dengan perangkat modern seperti mikrokontroler Arduino belum sepenuhnya terintegrasi. Akibatnya, siswa kurang terbiasa dengan pendekatan berbasis proyek yang menekankan pemecahan masalah nyata. Kondisi ini berimplikasi pada rendahnya kesiapan siswa dalam mengikuti kompetisi maupun menghadapi kebutuhan industri yang menuntut keterampilan aplikatif.

Mikrokontroler Arduino merupakan salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam pendidikan karena bersifat terbuka (open source), mudah dipelajari, serta didukung oleh komunitas global. Penerapan Arduino dalam pembelajaran terbukti mampu meningkatkan keterampilan teknis, pemahaman konsep kendali otomatis, dan kreativitas siswa. Penelitian Sahali dkk. [1] menunjukkan bahwa pelatihan aplikasi mikrokontroler efektif meningkatkan kompetensi siswa SMK dalam memahami konsep sistem kendali berbasis teknologi.

Lebih lanjut, penerapan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dinilai relevan untuk bidang teknik dan rekayasa. Melalui metode ini, siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga dilibatkan dalam perancangan,

perakitan, hingga pengujian sistem nyata. Indiwara [2] menegaskan bahwa latihan berbasis proyek dengan mikrokontroler Arduino memberikan pengalaman langsung yang memperkuat keterampilan teknis sekaligus membangun motivasi belajar.

Sejumlah studi terbaru turut memperkuat argumen ini. Ashari [3] mengembangkan media pembelajaran robotika berbasis Arduino yang terbukti meningkatkan pemahaman siswa SMK secara signifikan. Massaty dkk. [4] membuktikan bahwa project-based learning di bidang elektronika mampu mendorong keterampilan teknis sekaligus kemampuan kerja sama siswa. Kurniawan dkk. [5] menambahkan bahwa pelatihan berbasis Arduino juga dapat meningkatkan kemampuan otomasi siswa secara praktis dan aplikatif. Selain itu, Nopus dkk. [6] menekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek efektif meningkatkan kreativitas siswa, sedangkan Sukamta dkk. [7] menyatakan bahwa media pembelajaran yang interaktif dan menarik, seperti robot line follower, dapat membantu siswa memahami materi pembelajaran dengan lebih mudah dan jelas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu model pembelajaran yang memadukan penggunaan mikrokontroler Arduino dengan pendekatan project-based learning melalui kegiatan pelatihan dan proyek perakitan robot sederhana. Diharapkan, upaya ini dapat meningkatkan kompetensi siswa SMK dalam bidang robotika sekaligus mempersiapkan mereka menghadapi tuntutan kompetisi maupun dunia kerja.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan project-based learning yang mengintegrasikan teori dan praktik dalam pembelajaran robotika berbasis mikrokontroler Arduino. Metodologi pelaksanaan terdiri dari beberapa tahap utama sebagai berikut:

Persiapan Kegiatan

Tahap awal mencakup koordinasi dengan pihak sekolah mitra untuk menyusun rencana pelaksanaan, menentukan jadwal kegiatan, dan mengidentifikasi kebutuhan teknis. Pada tahap ini juga dilakukan pengadaan perangkat keras, antara lain: mikrokontroler Arduino Uno, motor DC, sensor inframerah, motor driver, kabel jumper, baterai, serta komponen pendukung robot line follower. Selain itu, disusun modul pembelajaran yang berisi teori dasar mikrokontroler, pemrograman Arduino, serta panduan perakitan robot sederhana.

Pelatihan Guru dan Siswa

Pelatihan dilaksanakan dengan melibatkan guru pendamping dan siswa jurusan Teknik Elektronika. Sesi pelatihan dibagi ke dalam tiga bagian:

- Sesi Teori: pengenalan dasar robotika, arsitektur mikrokontroler Arduino, serta komponen elektronika pendukung.
- Sesi Praktik: uji coba pemrograman dasar Arduino (output digital, sensor, dan motor DC), serta implementasi sederhana seperti menyalakan LED dan membaca input sensor.
- Sesi Perakitan Robot: siswa secara berkelompok merakit robot line follower dengan memprogram sistem kendali berbasis sensor garis.

Metode ini sejalan dengan temuan Wicaksono dan Hidayat [2] yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan mikrokontroler meningkatkan pemahaman praktis siswa secara signifikan.

Proyek Aplikatif dan Kompetisi Internal

Untuk meningkatkan motivasi dan keterampilan kolaboratif, siswa dibagi menjadi 5 tim. Masing-masing tim bertugas merakit satu unit robot line follower menggunakan perangkat yang telah disediakan. Setelah perakitan selesai, diadakan kompetisi internal yang menilai fungsionalitas, kecepatan, dan stabilitas robot dalam mengikuti jalur lintasan. Kompetisi ini dirancang untuk melatih keterampilan problem solving sekaligus mengasah kreativitas siswa dalam merancang solusi teknis.

Evaluasi Program

Evaluasi dilakukan dengan dua pendekatan:

- Evaluasi Kuantitatif: pre-test dan post-test diberikan untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa terhadap mikrokontroler Arduino dan konsep robotika.
- Evaluasi Kualitatif: dilakukan melalui observasi, wawancara, serta umpan balik dari guru dan siswa terkait efektivitas metode pelatihan dan modul pembelajaran.

Metode evaluasi berbasis tes sebelum dan sesudah pelatihan telah digunakan dalam penelitian Sahali dkk. [1], yang terbukti efektif dalam menilai peningkatan kompetensi siswa SMK di bidang teknologi berbasis mikrokontroler. Rubrik penilaian mencakup aspek pemahaman teori, keterampilan praktik, serta inovasi dalam proyek.

Dokumentasi dan Penyusunan Modul

Seluruh kegiatan didokumentasikan dalam bentuk foto, video, dan catatan evaluasi. Modul pembelajaran yang telah diuji coba kemudian direvisi berdasarkan masukan guru dan siswa, agar dapat digunakan secara mandiri oleh pihak sekolah dalam kegiatan belajar mengajar selanjutnya.

Keberlanjutan Program

Modul pembelajaran diserahkan kepada guru untuk digunakan dalam kegiatan belajar mengajar secara berkelanjutan. Guru yang terlibat dapat mengembangkan kurikulum tambahan berbasis proyek secara mandiri.

Kegiatan ini akan menjadi dasar pengembangan kerja sama lebih lanjut antara Politeknik Negeri Lhokseumawe dan SMK Negeri 5 Lhokseumawe, khususnya dalam penguatan kompetensi vokasional bidang otomasi dan robotika.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas yang Telah Dilaksanakan

Kegiatan pengabdian masyarakat telah mencapai sekitar 100% dari rencana. Aktivitas utama yang berhasil dilaksanakan meliputi:

- Koordinasi dan persiapan kegiatan, termasuk pengadaan perangkat keras dan penyusunan modul pembelajaran berbasis Arduino.
- Pelatihan teori dan praktik, diikuti oleh 10 siswa dan 2 guru pendamping, dengan materi dasar mikrokontroler, pemrograman Arduino, serta pengendalian motor DC.
- Proyek aplikatif, di mana siswa dibagi menjadi lima tim untuk merakit robot line follower berbasis Arduino.
- Kompetisi internal, yang menguji performa robot pada lintasan sederhana.

Seluruh kegiatan terdokumentasi melalui foto, video, dan catatan evaluasi yang akan digunakan sebagai bahan penyempurnaan modul dan laporan akhir.

Hasil Pre-test dan Post-test

Untuk mengukur efektivitas kegiatan pelatihan, dilakukan tes awal (pre-test) sebelum kegiatan dimulai dan tes akhir (post-test) setelah seluruh sesi pelatihan selesai. Pre-test bertujuan mengetahui tingkat pemahaman awal siswa terkait konsep dasar mikrokontroler Arduino, pemrograman, dan perakitan robot sederhana. Sementara itu, post-test digunakan untuk mengevaluasi peningkatan kompetensi setelah siswa mendapatkan pembelajaran teori, praktik, dan pengalaman langsung dalam proyek perakitan robot.

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada pre-test, nilai siswa masih relatif rendah dengan rata-rata hanya 38. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum pelatihan, sebagian besar siswa belum memahami konsep dasar mikrokontroler maupun aplikasinya pada robot line follower. Dari 10 peserta, nilai tertinggi adalah 60 (Muhammad Irsyadi), sedangkan nilai terendah adalah 20 (Irfanna).

Setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan, hasil post-test menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan. Rata-rata nilai naik menjadi 87, dengan rentang nilai antara 70–100.

Tabel 1. Hasil Pre-Test

No	Nama Siswa	Jawaban Benar	Nilai
1	Muhammad Ulul Azmi	3	30
2	Muhammad Isal Sabil	4	40
3	Muhammad Syawal Rizkika	3	30
4	Muhammad Khairul Al Khusairi	5	50
5	Salman Al Farisi	3	30
6	Muhammad Irsyadi	6	60
7	Muhammad Istiqlal	4	40
8	Irfanna	2	20
9	Sanusi	5	50
10	Muhammad Zikri	3	30
Rata-rata			38

Tabel 1 Hasil Post-Test

No	Nama Siswa	Jawaban Benar	Nilai
1	Muhammad Ulul Azmi	9	90
2	Muhammad Isal Sabil	8	80
3	Muhammad Syawal Rizkika	10	100
4	Muhammad Khairul Al Khusairi	10	100
5	Salman Al Farisi	9	90
6	Muhammad Irsyadi	10	100
7	Muhammad Istiqlal	8	80
8	Irfanna	7	70
9	Sanusi	9	90
10	Muhammad Zikri	7	70
Rata-rata			87

Perbandingan hasil pre-test dan post-test ditampilkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan adanya peningkatan tajam hampir di semua siswa. Garis biru menunjukkan hasil pre-test dengan nilai rata-rata yang rendah, sementara garis oranye yang mewakili hasil post-test menunjukkan konsistensi capaian tinggi setelah pelatihan. Peningkatan ini membuktikan bahwa pelatihan berbasis praktik dengan pendekatan project-based learning mampu memperkuat pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan.

Secara kuantitatif, peningkatan kompetensi siswa dapat dihitung menggunakan rumus persentase peningkatan nilai rata-rata sebagai berikut:

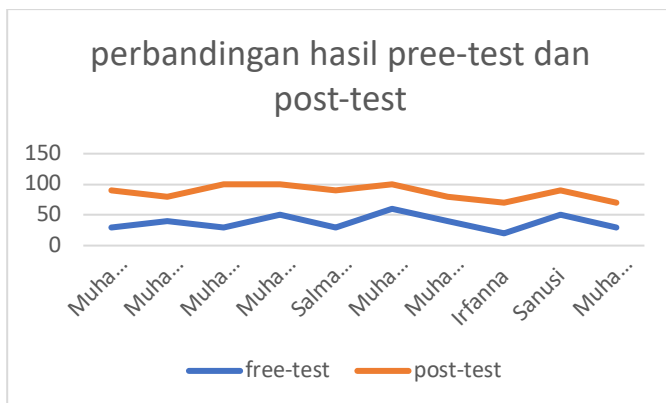
$$P = \frac{\text{nilai post_test} - \text{nilai pre_test}}{\text{nilai pre_test}} \times 100\% \quad (1)$$

Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata-rata pre-test sebesar 38 meningkat menjadi 87 pada post-test. Maka diperoleh:

$$P = \frac{87-38}{38} \times 100\% = 128,9\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pemahaman siswa sebesar sekitar 129% setelah mengikuti pelatihan berbasis mikrokontroler Arduino. Peningkatan ini mencerminkan efektivitas metode *project-based learning* dalam menguatkan konsep teoritis sekaligus keterampilan praktik siswa.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi ini menegaskan bahwa kegiatan pelatihan berhasil mencapai tujuannya, yaitu meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang robotika berbasis mikrokontroler Arduino. Selain itu, data menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang menekankan keterlibatan langsung melalui praktik dan proyek nyata lebih efektif dibandingkan metode yang bersifat teoretis semata.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil pree-test dan post-test

Hasil ini menunjukkan efektivitas pelatihan dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep mikrokontroler Arduino dan robotika.

Partisipasi dan Antusiasme Mitra

Partisipasi mitra dalam kegiatan pengabdian ini sangat aktif dan konstruktif, terutama dari pihak guru yang secara konsisten hadir serta mendampingi siswa selama setiap sesi pelatihan. Kehadiran dan keterlibatan langsung para guru tidak hanya membantu kelancaran kegiatan, tetapi juga memperkuat proses transfer pengetahuan karena guru ikut memahami materi dan metode pengajaran yang digunakan oleh tim pelaksana. Gambar 2 menunjukkan kolaborasi guru, siswa, dan tim pelaksana dalam pelatihan robotika berbasis proyek di SMK Negeri 5 Lhokseumawe.

Di sisi lain, antusiasme siswa terhadap kegiatan pelatihan sangat tinggi, khususnya pada saat praktik perakitan robot dan pemrograman mikrokontroler Arduino. Hal ini tampak dari keterlibatan aktif siswa dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari merancang rangkaian elektronik, menyusun kode program, hingga melakukan uji coba langsung terhadap robot yang telah mereka rakit.

Semangat belajar siswa juga tercermin dari inisiatif mereka untuk berdiskusi, bertanya, dan mencari solusi ketika menemui kendala teknis, seperti kesalahan dalam penyusunan rangkaian atau error dalam pemrograman. Keterlibatan aktif tersebut menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis praktik dan proyek tidak hanya mampu meningkatkan pemahaman konsep teknologi dan robotika, tetapi juga mendorong tumbuhnya sikap kreatif, kolaboratif, dan problem solving. Antusiasme ini sejalan dengan temuan Nupus dkk. [6] yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis proyek dalam meningkatkan kreativitas dan keterlibatan aktif siswa.



Gambar 2. Tim pelaksana memberikan pendampingan langsung kepada guru dan siswa

Lebih jauh lagi, keberhasilan siswa dalam merakit lima unit robot line follower berfungsi baik menunjukkan efektivitas program, mendukung temuan Sari dkk. tentang implementasi modul robot berbasis Arduino di SMK.

Kegiatan ini berhasil menghadirkan suasana belajar yang menyenangkan dan bermakna, yang pada akhirnya memperkuat motivasi siswa untuk terus mengembangkan diri di bidang robotika. Gambar 3 memperlihatkan dengan jelas tingginya antusiasme siswa selama mengikuti sesi pelatihan.

Kompetisi internal yang dilaksanakan juga memberikan dampak positif. Selain memicu semangat bersaing, kegiatan ini melatih kerja sama tim, problem solving, dan daya juang siswa. Kondisi ini memperkuat hasil penelitian Massaty. [4] bahwa *project-based learning* mampu membangun *soft skills* penting di samping keterampilan teknis.



Gambar 3. Suasana antusias siswa pada praktik perakitan robot sederhana

Refleksi dan Tantangan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini memberikan sejumlah pembelajaran penting yang dapat menjadi refleksi sekaligus bahan evaluasi untuk pengembangan di masa depan. Secara umum, keterlibatan aktif guru dan antusiasme siswa menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek dengan menggunakan mikrokontroler Arduino merupakan pendekatan yang relevan dan efektif dalam meningkatkan keterampilan vokasional. Namun demikian, beberapa tantangan masih ditemui selama pelaksanaan.

Selain evaluasi kuantitatif melalui tes, kegiatan ini juga mencakup evaluasi kualitatif melalui wawancara dan umpan balik dari guru pendamping serta siswa. Hasilnya menunjukkan bahwa pelatihan berbasis praktik dengan Arduino dinilai lebih menarik dan mudah dipahami. Sebagian besar siswa menyatakan meningkatnya pemahaman terhadap konsep mikrokontroler setelah praktik langsung merakit robot, sebagaimana diungkapkan oleh salah satu peserta yang merasa lebih termotivasi belajar elektronika karena dapat melihat hasil nyata dari proyek yang dikerjakan. Guru pendamping juga menilai metode *project-based learning* efektif meningkatkan keaktifan siswa dan dapat diadaptasi sebagai model pembelajaran praktikum di sekolah.

Secara keseluruhan, temuan kualitatif ini memperkuat hasil kuantitatif bahwa pendekatan *project-based learning* tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis, tetapi juga menumbuhkan motivasi belajar, rasa percaya diri, dan kemampuan kolaboratif siswa. Antusiasme tinggi selama sesi perakitan dan kompetisi internal menunjukkan bahwa

pembelajaran berbasis proyek mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna dan berorientasi pada keterampilan vokasional yang relevan dengan kebutuhan industri.

Tantangan pertama adalah variasi kemampuan logika pemrograman siswa. Tidak semua siswa memiliki latar belakang atau pengalaman yang sama dalam pemrograman, sehingga kecepatan pemahaman materi sangat beragam. Hal ini menyebabkan beberapa siswa membutuhkan waktu pendampingan lebih intensif, sementara siswa lain lebih cepat menguasai materi. Kondisi ini menuntut strategi diferensiasi pembelajaran agar semua siswa dapat mencapai kompetensi yang diharapkan.

Tantangan kedua adalah keterbatasan waktu. Materi yang disiapkan sebenarnya mencakup tidak hanya pengenalan dasar mikrokontroler Arduino dan perakitan robot sederhana, tetapi juga pengembangan lanjutan seperti integrasi sensor tambahan atau penerapan algoritma kontrol yang lebih kompleks. Karena waktu pelaksanaan terbatas, capaian pembelajaran lebih difokuskan pada keterampilan dasar. Dengan demikian, terdapat kebutuhan untuk perpanjangan waktu pelatihan atau pengembangan program lanjutan agar siswa memperoleh pengalaman yang lebih komprehensif.

Meski terdapat hambatan tersebut, kegiatan ini menunjukkan hasil yang sangat positif. Pendekatan *project-based learning* terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar, keterampilan teknis, dan kemampuan kerja sama tim siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian Sahali dkk. [1] yang menekankan efektivitas pelatihan berbasis mikrokontroler dalam meningkatkan kompetensi siswa SMK, serta Wicaksono dan Hidayat [2] yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek mendorong keterlibatan aktif dan memperkuat keterampilan teknis peserta didik.

Dengan mempertimbangkan refleksi dan tantangan tersebut, pengembangan kegiatan serupa di masa mendatang perlu diarahkan pada penyusunan modul bertingkat sesuai level kemampuan siswa, peningkatan kapasitas guru dalam mendampingi pembelajaran berbasis proyek, serta penambahan durasi kegiatan untuk mengakomodasi eksplorasi materi lanjutan. Upaya ini diharapkan tidak hanya memperkuat hasil pembelajaran, tetapi juga menumbuhkan budaya inovasi dan *problem solving* di kalangan siswa SMK.

IV. KESIMPULAN

Implementasi mikrokontroler Arduino untuk perakitan robot sederhana di SMK Negeri 5 Lhokseumawe berhasil meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang robotika. Peningkatan nilai rata-rata dari 38 menjadi 87 membuktikan efektivitas metode pelatihan. Selain itu, lima unit robot line follower berhasil dirakit dan diuji melalui kompetisi internal, yang mampu menumbuhkan motivasi, kreativitas, dan keterampilan kolaboratif siswa.

Luaran program berupa modul pembelajaran dapat digunakan secara berkelanjutan oleh sekolah. Ke depan, penyempurnaan modul dengan studi kasus tambahan dan alokasi waktu yang lebih panjang diharapkan dapat semakin memperkuat keterampilan teknis siswa.

REFERENSI

- [1] I. R. Sahali, F. A. Samman, R. S. Sadjad, and C. Yohannes, "Pelatihan Pengembangan Aplikasi Menggunakan Mikrokontroler untuk

- Meningkatkan Kompetensi Siswa SMK,” *J. Teknol. Terap. Untuk Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 162–168, 2018, [Online]. Available: https://eng.unhas.ac.id/tepat/index.php/Jurnal_Tepat/article/view/39
- [2] R. Indiwara, “Contextual Practice at SMKN 1 Kasongan, Central Kalimantan: Project-Based Learning for Arduino and IoT (Internet of Things) Based Water Pollution Mitigation,” *Adv. Educ. J.*, vol. 1, no. 6, pp. 318–325, 2025.
- [3] F. Ashari and L. Rakhmawati, “PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN TRAINER MIKROKONTROLLER ROBOT LENGAN BERBASIS ARDUINO PADA MATA PELAJARAN PEREKAYASAAN SISTEM ROBOTIK DI SMK NEGERI 2 BOJONEGORO,” *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 06, pp. 7–12, 2017.
- [4] M. H. Massaty, S. K. Fahrurrozi, and Cucuk Wawan Budiyanto, “Implementasi Teknologi Robotika Line Follower Berbasis Arduino untuk Pembelajaran Praktik Otomasi di SMK Negeri 1 Kaliwungu,” *Dedik. Community Serv. Rep.*, vol. 7, no. 1, pp. pp36-47, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/dedikasi/article/download/96485/49092>
- [5] S. Jamal, “Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Robot Line Follower Berbasis STM32,” *Ideguru J. Karya Ilm. Guru*, vol. 9, no. 2, pp. 710–718, 2024, doi: 10.51169/ideguru.v9i2.784.
- [6] Hayati Nupus, Meida Fitriana, Muh Saeful Bahri, Mahmudi Widayat, Novantri Adam Saputra, and M Faizzar Rahman, “Penerapan Metode Pembelajaran Berbasis Proyek Dalam Meningkatkan Kreativitas Dan Inovasi Siswa SMK,” *Abdi Laksana J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 70–85, 2025, doi: 10.32493/abdilaksana.v6i1.46990.
- [7] S. Sukamta, U. M. Arief, N. F. Sukrina, M. Hazim, and P. Pratama, “Pembelajaran Praktikum Berbasis Robot Line follower untuk Meningkatkan Minat dan Motivasi Siswa SMKN 1 Semarang,” vol. 5, no. 4, pp. 4924–4930, 2024.