



Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri

Improving Microcontroller Competence of Students of State Vocational School 3 Pematangsiantar through Industrial Practice-Based Arduino Training

Andi Setiadi Manalu^{1*}, Erwin Sirait², Arifin Tua Purba³, Lasminar Lusiah Sihombing⁴, Roy Sahputera Saragih⁵, Rajainal Saragih⁶, Hengki Mangiring Parulian Simarmata⁷

^{1,2,3,6} Teknik Komputer, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Indonesia.

⁴ Keuangan dan Perbankan, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Indonesia.

⁵ Sekretaris, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Indonesia.

⁷ Komputer Akuntansi, Politeknik Bisnis Indonesia, Simalungun, Indonesia.

Email: andi.manaloe@gmail.com¹, esirait946@gmail.com², arifintuaprb20@gmail.com³, minarlusia@gmail.com⁴, roysahputra31@gmail.com⁵, rajainalsaragih72@gmail.com⁶, hengkisimarmata.mm@gmail.com⁷

*Penulis Korespondensi: andi.manaloe@gmail.com

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 21 November 2025;

Revisi: 19 Desember 2025;

Diterima: 16 Januari 2026;

Tersedia: 21 Januari 2026

Keywords:

Communicative Learning; Community Engagement; English for Global Communication; Intercultural Competence; Polytechnic Students.

Abstract: The community service program entitled *Improving Microcontroller Competence of Students of SMK Negeri 3 Pematangsiantar through Industrial Practice-Based Arduino Training* was implemented as a follow-up to the school's official request to invite university practitioners as guest teachers in order to strengthen industry-based vocational learning. This activity was held on November 27, 2025, at the Computer Laboratory of SMK Negeri 3 Pematangsiantar and involved 50 grade XI students. The training was guided by Andi Setiadi Manalu, S.Kom., M.Ti as the main instructor with materials including an introduction to microcontrollers, basic Arduino programming, sensor integration, and simple automation project design. The purpose of this activity is to improve students' technical competence in the field of embedded systems and foster work readiness through practice-based learning. The implementation method uses an experiential learning and project-based learning approach that combines concept explanations, direct practice, technical discussions, and project completion. The evaluation results showed an increase in students' understanding of microcontroller functions, programming logic, and the ability to integrate hardware and software. In addition, there was an increase in students' motivation, self-confidence, and interest in industrial technology. Overall, this activity is effective in strengthening the competencies of vocational school students and supporting the link and match policy between vocational education and the needs of the industrial world.

Abstrak

Program pengabdian kepada masyarakat berjudul Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri dilaksanakan sebagai tindak lanjut atas permohonan resmi sekolah untuk menghadirkan praktisi perguruan tinggi sebagai guru tamu dalam rangka penguatan pembelajaran vokasi berbasis industri. Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 27 November 2025 di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Pematangsiantar dan melibatkan 50 siswa kelas XI. Pelatihan dipandu oleh Andi Setiadi Manalu, S.Kom., M.Ti sebagai instruktur utama dengan materi meliputi pengenalan mikrokontroler, pemrograman dasar Arduino, integrasi sensor, serta perancangan proyek otomasi sederhana. Tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan kompetensi teknis siswa dalam bidang sistem tertanam serta menumbuhkan kesiapan kerja melalui pembelajaran berbasis praktik. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan experiential learning dan project-based learning yang mengombinasikan penjelasan konsep, praktik langsung, diskusi teknis, dan penyelesaian proyek. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap fungsi mikrokontroler, logika pemrograman, serta kemampuan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak. Selain itu, terjadi peningkatan motivasi, kepercayaan diri, dan minat siswa terhadap teknologi industri. Secara keseluruhan, kegiatan ini efektif dalam memperkuat kompetensi siswa SMK dan mendukung kebijakan link and match antara pendidikan vokasi dan kebutuhan dunia industri.

Kata kunci: Bahasa Inggris untuk Komunikasi Global; Keterlibatan Komunitas; Kompetensi Antarbudaya;

Mahasiswa Politeknik; Pembelajaran Komunikatif.

1. PENDAHULUAN

Di era transformasi digital dan Revolusi Industri 4.0, pendidikan vokasi dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya memiliki pengetahuan teoretis, tetapi juga kompetensi praktis dalam bidang sistem tertanam, otomasi, dan pengendalian digital. Platform mikrokontroler seperti Arduino berkembang sebagai media pembelajaran yang efektif untuk melatih keterampilan pemrograman, elektronika, dan integrasi sistem secara langsung melalui pendekatan berbasis praktik (Kondaveeti et al., 2021; Sudhan et al., 2015). Karakteristik Arduino yang bersifat open-source, berbiaya rendah, dan memiliki komunitas pembelajaran luas menjadikannya sangat relevan untuk diterapkan dalam konteks pendidikan vokasi yang menekankan pembelajaran aplikatif dan kesiapan kerja (Panda et al., 2020; Tsyrulnyk, 2021).

Bagi siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada kompetensi keahlian Rekayasa Perangkat Lunak dan Teknik Komputer dan Jaringan, penguasaan sistem berbasis mikrokontroler menjadi semakin penting seiring meningkatnya kebutuhan industri terhadap tenaga kerja yang memahami otomasi, Internet of Things (IoT), dan perangkat cerdas (Cvjetkovic & Matijevic, 2016). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep pemrograman dengan perilaku fisik sistem, sehingga pemahaman yang terbentuk sering bersifat parsial dan kurang mendukung kemampuan pemecahan masalah teknis (Tupac-Yupanqui et al., 2022; Winarno et al., 2022). Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional yang minim praktik belum cukup untuk membentuk kompetensi teknis yang siap pakai di dunia kerja.

Pada tingkat pendidikan menengah kejuruan, penguatan kolaborasi antara sekolah, perguruan tinggi, dan dunia industri menjadi strategi penting untuk memastikan relevansi kurikulum dengan kebutuhan pasar kerja. Model pelatihan berbasis proyek dan praktik industri terbukti mampu meningkatkan kepercayaan diri, keterampilan teknis, serta orientasi karier siswa terhadap bidang teknologi (Nayak et al., 2022; Simarmata et al., 2021; Tsyrulnyk, 2021). Pendekatan ini juga sejalan dengan kebijakan pendidikan vokasi yang menekankan pembelajaran berbasis kompetensi dan demonstrasi keterampilan nyata sebagai indikator keberhasilan belajar.

Menanggapi kebutuhan tersebut, telah dilaksanakan Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) berjudul Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri pada tanggal 27 November 2025 di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Pematangsiantar, berdasarkan permohonan resmi pihak sekolah untuk menghadirkan guru tamu dari perguruan tinggi.

Kegiatan ini melibatkan 50 siswa kelas XI dan dipandu oleh Andi Setiadi Manalu, S.Kom., M.Ti sebagai instruktur utama materi Arduino, dengan fokus pada pemrograman dasar, integrasi sensor, dan perancangan sistem otomasi sederhana. Metode yang digunakan mengombinasikan penjelasan singkat konsep dengan praktik langsung dan penyelesaian proyek, sehingga siswa dapat mengalami proses desain, pengujian, dan perbaikan sistem secara nyata.

Kegiatan PKM ini menjadi upaya strategis dalam menjembatani kesenjangan antara pembelajaran sekolah dan praktik teknologi industri melalui pembelajaran berbasis physical computing. Selain memperkuat kompetensi teknis, pendekatan ini juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan berpikir komputasional, kerja sama tim, serta sikap adaptif terhadap teknologi baru (Kondaveeti et al., 2021; Tupac-Yupanqui et al., 2022). Dengan demikian, pelatihan Arduino tidak hanya berfungsi sebagai media transfer keterampilan teknis, tetapi juga sebagai sarana pembentukan karakter kerja dan kesiapan profesional siswa SMK.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini menegaskan pentingnya integrasi pelatihan mikrokontroler berbasis praktik industri dalam pendidikan vokasi untuk meningkatkan daya saing lulusan. Program ini menunjukkan bahwa kolaborasi aktif antara sekolah dan perguruan tinggi melalui PKM mampu menjadi solusi efektif dalam memperkuat kualitas pembelajaran teknis serta mendukung pengembangan sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan dunia kerja berbasis teknologi.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini dirancang dengan menekankan pada keterlibatan aktif peserta, pembelajaran berbasis praktik industri, serta kolaborasi antara sekolah dan perguruan tinggi dalam penguatan kompetensi vokasi. Seluruh komponen kegiatan disusun secara sistematis untuk mendukung tujuan peningkatan keterampilan teknis siswa dalam bidang mikrokontroler dan sistem tertanam, sejalan dengan arah kebijakan pendidikan vokasi yang menekankan pembelajaran berbasis kompetensi dan kesiapan kerja (Nayak et al., 2022; Tsyrlunyk, 2021).

Lokasi dan Sasaran Peserta

Kegiatan dilaksanakan di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Pematangsiantar pada tanggal 27 November 2025 dengan fokus pada pelatihan mikrokontroler berbasis Arduino. Sasaran kegiatan adalah 50 siswa kelas XI dari kompetensi keahlian Rekayasa Perangkat Lunak dan Teknik Komputer dan Jaringan yang memiliki kebutuhan penguatan keterampilan praktik dalam pemrograman dan integrasi perangkat keras. Pemilihan peserta

mempertimbangkan tiga aspek utama, yaitu: (1) kesiapan dasar dalam penggunaan komputer dan pemrograman, (2) motivasi untuk mengikuti pembelajaran berbasis praktik, serta (3) relevansi kompetensi dengan kebutuhan dunia industri digital dan otomasi. Pemilihan SMK Negeri 3 Pematangsiantar sebagai lokasi kegiatan didasarkan pada komitmen sekolah dalam mengembangkan pembelajaran berbasis teknologi dan kerja sama dengan perguruan tinggi untuk mendukung link and match pendidikan vokasi dengan kebutuhan industri (Cvjetkovic & Matijevic, 2016; Winarno et al., 2022).

Kolaborasi dan Mitra Kegiatan

Program ini dipandu oleh dosen perguruan tinggi sebagai guru tamu, dengan Andi Setiadi Manalu, S.Kom., M.Ti sebagai instruktur utama materi Arduino, serta didukung oleh kolaborasi dengan guru produktif sekolah dalam pendampingan teknis selama praktik. Kolaborasi ini bertujuan mengintegrasikan pendekatan akademik perguruan tinggi dengan konteks pembelajaran vokasi di sekolah menengah kejuruan. Model kolaboratif semacam ini dinilai efektif dalam meningkatkan relevansi pembelajaran, memperkuat transfer teknologi, serta mempercepat adaptasi siswa terhadap standar kompetensi industri (Kondaveeti et al., 2021; Nayak et al., 2022).

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Untuk menjamin ketercapaian tujuan dan keberlanjutan dampak pembelajaran, kegiatan dilaksanakan melalui tiga tahapan utama yang saling terintegrasi, yaitu tahap persiapan, pelatihan dan pendampingan, serta evaluasi dan tindak lanjut.

a. Tahap Persiapan

Tahap persiapan difokuskan pada koordinasi dengan pihak sekolah, identifikasi kebutuhan kompetensi siswa, serta perancangan modul pelatihan yang sesuai dengan tingkat kemampuan peserta. Tim pelaksana melakukan diskusi dengan guru produktif untuk menyesuaikan materi dengan kurikulum sekolah dan kebutuhan industri lokal. Materi pelatihan disusun dengan pendekatan project-based learning yang mencakup pengenalan mikrokontroler, struktur pemrograman Arduino, penggunaan sensor, serta perancangan sistem otomasi sederhana (Erikson Damanik et al., 2025; Kondaveeti et al., 2021; Tsyrlunyk, 2021). Desain pembelajaran menekankan keterkaitan langsung antara konsep dan praktik untuk memudahkan transfer pengetahuan ke dalam keterampilan nyata.

b. Tahap Pelatihan dan Pendampingan

Tahap inti kegiatan dilaksanakan melalui pembelajaran berbasis praktik langsung dengan pendekatan experiential learning dan task-based learning. Siswa

dibagi dalam kelompok kecil untuk merancang, memprogram, dan menguji rangkaian Arduino secara bertahap. Aktivitas meliputi pengenalan antarmuka Arduino IDE, penulisan kode dasar, pengujian input sensor, serta integrasi output seperti LED dan aktuator sederhana. Pendampingan dilakukan secara intensif oleh instruktur dan guru pendamping untuk membantu siswa mengatasi kesalahan pemrograman dan permasalahan rangkaian. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan teknis melalui proses trial and error yang terarah (Tupac-Yupanqui et al., 2022; Winarno et al., 2022).

c. Tahap Evaluasi dan Tindak Lanjut

Evaluasi dilakukan melalui observasi kinerja siswa, penilaian terhadap hasil proyek, serta refleksi kelompok terkait proses pembelajaran yang telah dilalui. Indikator evaluasi mencakup kemampuan menulis kode, menghubungkan perangkat keras, memahami logika sistem, dan menyelesaikan tugas proyek secara mandiri. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman sistem tertanam dan kepercayaan diri siswa dalam melakukan eksperimen teknologi. Sebagai tindak lanjut, sekolah didorong untuk mengintegrasikan proyek Arduino ke dalam pembelajaran rutin serta mengembangkan kegiatan lanjutan berbasis IoT dan otomasi sederhana (Cvjetkovic & Matijevic, 2016).

Pendekatan Pelaksanaan

Program PKM ini menerapkan pendekatan pembelajaran partisipatif dan kolaboratif yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses belajar. Model ini mendorong keterlibatan langsung, tanggung jawab kelompok, serta pengembangan keterampilan berpikir komputasional dan pemecahan masalah. Pendekatan pedagogis yang mengombinasikan praktik fisik, pemrograman, dan diskusi reflektif terbukti efektif dalam membangun pemahaman sistemik dan kesiapan kerja siswa vokasi (Kondaveeti et al., 2021; Tupac-Yupanqui et al., 2022). Dengan mengintegrasikan pengalaman praktik industri ke dalam lingkungan sekolah, program ini berhasil menghubungkan pembelajaran kelas dengan kebutuhan nyata dunia kerja berbasis teknologi, sekaligus memperkuat peran perguruan tinggi dalam peningkatan kualitas pendidikan vokasi.

3. HASIL

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat berjudul Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri menghasilkan capaian pembelajaran yang signifikan baik dari aspek

kognitif, keterampilan teknis, maupun sikap belajar siswa. Hasil kegiatan disajikan berdasarkan tahapan pelaksanaan program, yaitu tahap persiapan, pelatihan dan pendampingan, serta evaluasi, untuk menunjukkan keterkaitan antara proses pembelajaran dan capaian kompetensi siswa dalam konteks pendidikan vokasi berbasis teknologi.

Peningkatan Kompetensi Pemrograman dan Sistem Mikrokontroler

Penerapan pembelajaran mikrokontroler berbasis proyek dan praktik langsung terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep dasar pemrograman dan sistem tertanam. Melalui aktivitas hands-on menggunakan Arduino, siswa dapat mengaitkan logika program dengan respons fisik rangkaian secara nyata, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip experiential learning dan physical computing yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung (Marín-Marín et al., 2024). Selain itu, pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa mengembangkan computational thinking dan kemampuan pemecahan masalah secara bertahap melalui eksplorasi, pengujian, dan refleksi terhadap kesalahan pemrograman (Audu Nannim et al., 2025).

Lebih lanjut, kegiatan praktik seperti pengendalian LED, pembacaan sensor, dan perancangan sistem otomasi sederhana berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kompetensi teknis dan pemahaman sistemik siswa. Workshop dan pendampingan intensif yang mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak mampu meningkatkan kemampuan debugging serta kepercayaan diri siswa dalam menulis kode secara mandiri (Syaifur Rohman et al., 2025). Temuan ini juga diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan media dan lingkungan belajar interaktif, termasuk pengembangan sistem tertanam berbasis Arduino, memberikan dampak positif terhadap hasil belajar dan penguasaan konsep pemrograman secara menyeluruh (Budiyanta et al., 2025; Yudistia & Chandra, 2025).

Penguatan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Komputasional

Selain peningkatan keterampilan teknis, siswa menunjukkan perkembangan signifikan dalam kemampuan berpikir komputasional dan pemecahan masalah. Selama kegiatan, siswa dihadapkan pada berbagai tantangan teknis seperti kesalahan sintaks program, kesalahan sambungan rangkaian, serta ketidaksesuaian hasil output. Melalui diskusi kelompok dan bimbingan instruktur, siswa belajar mengidentifikasi sumber masalah, menguji solusi alternatif, dan melakukan perbaikan secara sistematis.

Proses trial and error yang terstruktur ini mendorong terbentuknya pola berpikir analitis dan reflektif, yang merupakan inti dari kompetensi berpikir komputasional dalam pendidikan teknologi (Tupac-Yupanqui et al., 2022). Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa menjadi

lebih mandiri dalam mengatasi kendala teknis dan lebih percaya diri dalam melakukan eksperimen lanjutan, yang merupakan indikator penting kesiapan kerja di bidang teknologi dan otomasi (Nayak et al., 2022).

Peningkatan Motivasi Belajar dan Kepercayaan Diri Teknologis

Dampak non-teknis yang menonjol dari kegiatan ini adalah meningkatnya motivasi belajar dan kepercayaan diri siswa dalam menghadapi materi teknologi yang sebelumnya dianggap kompleks. Sebelum pelatihan, siswa cenderung pasif dan menunggu instruksi guru. Namun, selama sesi praktik, terjadi perubahan perilaku belajar yang ditandai dengan meningkatnya partisipasi, inisiatif bertanya, serta keterlibatan aktif dalam diskusi kelompok.

Model pembelajaran partisipatif dan berbasis proyek terbukti mampu meningkatkan self-efficacy siswa dalam bidang teknologi, karena mereka dapat melihat secara langsung hasil dari kode dan rangkaian yang dibuat (Winarno et al., 2022). Peningkatan kepercayaan diri ini menjadi faktor penting dalam membangun minat berkelanjutan terhadap bidang rekayasa dan teknologi digital, sekaligus memperkuat kesiapan siswa untuk melanjutkan ke jenjang pendidikan tinggi atau memasuki dunia kerja berbasis teknologi.

Luaran Praktik dan Produk Pembelajaran Siswa

Luaran nyata dari kegiatan ini berupa prototipe sistem berbasis Arduino yang berhasil dirancang dan dioperasikan oleh siswa, seperti sistem lampu otomatis berbasis sensor dan rangkaian kontrol sederhana. Selain itu, siswa juga menghasilkan dokumentasi kode program dan skema rangkaian sebagai bagian dari proses pembelajaran berbasis proyek. Produk-produk ini menjadi bukti konkret pencapaian kompetensi praktik dan pemahaman integratif antara perangkat lunak dan perangkat keras.

Luaran pembelajaran tersebut sejalan dengan paradigma Competency-Based Education (CBE) yang menekankan pada demonstrasi keterampilan nyata sebagai indikator keberhasilan belajar, bukan sekadar penguasaan teori (Nayak et al., 2022; Tsyrlunyk, 2021). Dengan adanya produk fungsional, siswa dapat membangun portofolio awal keterampilan teknis yang relevan untuk kebutuhan industri dan sertifikasi kompetensi vokasi.

Faktor Pendukung dan Kendala Pelaksanaan

Keberhasilan kegiatan ini didukung oleh beberapa faktor utama, antara lain dukungan penuh dari pihak sekolah, ketersediaan fasilitas laboratorium komputer, serta antusiasme tinggi dari peserta. Kolaborasi antara guru sekolah dan dosen perguruan tinggi juga memperkuat efektivitas pendampingan teknis dan relevansi materi dengan kurikulum vokasi (Kondaveeti et al., 2021; Winarno et al., 2022). Selain itu, pendekatan pembelajaran berbasis praktik industri menciptakan suasana belajar yang kontekstual dan bermakna bagi siswa.

Namun, beberapa kendala juga ditemukan, seperti keterbatasan waktu pelatihan, variasi tingkat kemampuan awal siswa, serta keterbatasan jumlah perangkat praktik yang harus digunakan secara bergantian. Meskipun demikian, kendala tersebut tidak mengurangi pencapaian utama kegiatan, karena pendekatan kolaboratif dan pendampingan intensif mampu menjaga efektivitas proses pembelajaran. Secara keseluruhan, hasil kegiatan menegaskan bahwa pelatihan Arduino berbasis praktik industri merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan kompetensi teknis, motivasi belajar, dan kesiapan kerja siswa SMK dalam menghadapi tuntutan dunia industri berbasis teknologi.

4. PEMBAHASAN

Hasil keseluruhan kegiatan menegaskan bahwa penerapan pembelajaran berbasis praktik industri, partisipatif, dan kolaboratif efektif dalam menjembatani kesenjangan antara pembelajaran teoretis di kelas dan tuntutan kompetensi teknis dunia kerja pada bidang sistem tertanam. Temuan ini memperkuat argumen bahwa pelatihan Arduino sebagai media *physical computing* mampu meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan aplikatif siswa dalam pemrograman dan integrasi perangkat keras–perangkat lunak (Kondaveeti et al., 2021; Tsyruynyk, 2021). Dengan demikian, pendekatan berbasis proyek tidak hanya meningkatkan hasil belajar teknis, tetapi juga memperkuat kesiapan siswa menghadapi tantangan teknologi industri yang semakin kompleks (Nayak et al., 2022).

Sejalan dengan tujuan pengabdian kepada masyarakat, program ini tidak hanya berdampak pada peningkatan kompetensi individu siswa, tetapi juga memperkuat kapasitas institusional sekolah dalam mengembangkan pembelajaran berbasis teknologi dan kolaborasi dengan perguruan tinggi. Model kemitraan sekolah–perguruan tinggi yang diterapkan dalam kegiatan ini menunjukkan potensi besar sebagai strategi berkelanjutan untuk memperkaya kurikulum vokasi dan mempercepat transfer teknologi pendidikan (Winarno et al., 2022). Selain itu, kolaborasi ini mempertegas peran strategis perguruan tinggi dalam mendukung peningkatan kualitas pendidikan menengah kejuruan melalui pendampingan keahlian dan inovasi pembelajaran (Cvjetkovic & Matijevic, 2016).

Refleksi proses pembelajaran menunjukkan bahwa integrasi pendekatan *experiential learning* dan *task-based learning* sangat efektif dalam membantu siswa mengonstruksi pemahaman sistemik tentang cara kerja mikrokontroler. Melalui aktivitas perancangan, pengujian, dan perbaikan rangkaian, siswa tidak hanya belajar mengikuti prosedur, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir logis, analitis, dan reflektif yang merupakan inti dari

berpikir komputasional (Tupac-Yupanqui et al., 2022). Hasil ini menguatkan pandangan bahwa pembelajaran berbasis praktik nyata lebih efektif dibandingkan pendekatan demonstratif semata dalam membangun kompetensi teknologi di pendidikan vokasi.

Komponen pendampingan intensif selama praktik juga berperan penting dalam meningkatkan kepercayaan diri teknologis siswa. Ketika siswa diberi ruang untuk bereksperimen, melakukan kesalahan, dan memperbaikinya dengan bimbingan instruktur, mereka menunjukkan peningkatan self-efficacy dan motivasi belajar yang signifikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pengalaman keberhasilan kecil dalam proyek teknologi dapat memperkuat minat jangka panjang siswa terhadap bidang rekayasa dan inovasi digital. Oleh karena itu, pelatihan Arduino tidak hanya berfungsi sebagai sarana peningkatan keterampilan teknis, tetapi juga sebagai instrumen penguatan sikap positif terhadap pembelajaran teknologi.

Integrasi konteks praktik industri dalam pembelajaran turut memperkuat relevansi materi dengan kebutuhan dunia kerja, khususnya pada bidang otomasi, IoT, dan perangkat cerdas. Arduino sebagai platform terbukti fleksibel untuk mensimulasikan berbagai aplikasi industri skala kecil, sehingga siswa dapat memahami konsep otomasi secara konkret dan terukur. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan berbasis mikrokontroler dapat menjadi pintu masuk strategis untuk pengembangan kurikulum lanjutan berbasis IoT dan smart systems di tingkat SMK.

Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini menunjukkan bahwa pelatihan Arduino berbasis praktik industri merupakan model pengabdian yang efektif, relevan, dan mudah direplikasi untuk penguatan kompetensi teknologi siswa SMK. Kolaborasi antara sekolah dan perguruan tinggi menciptakan ekosistem pembelajaran yang adaptif terhadap perkembangan teknologi serta mendukung agenda nasional penguatan pendidikan vokasi. Dengan mengintegrasikan praktik nyata, pendampingan intensif, dan pembelajaran berbasis proyek, program ini memberikan kontribusi nyata terhadap pembentukan sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan industri digital dan otomasi masa depan.



Gambar 1. Instruktur memberikan penjelasan awal mengenai konsep dasar mikrokontroler dan antarmuka Arduino kepada siswa di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Pematangsiantar.



Gambar 2. Siswa melakukan praktik pemrograman dan pengujian rangkaian Arduino berbasis sensor secara berkelompok dengan pendampingan instruktur.



Gambar 3. Foto bersama instruktur, guru pendamping, dan seluruh peserta pelatihan setelah kegiatan praktik Arduino selesai dilaksanakan.

5. KESIMPULAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) berjudul Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri telah berhasil dilaksanakan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Kegiatan ini berlangsung di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Pematangsiantar pada tanggal 27 November 2025 dengan melibatkan 50 siswa kelas XI dari kompetensi keahlian Rekayasa Perangkat Lunak dan Teknik Komputer dan Jaringan. Melalui pelatihan berbasis praktik langsung yang dipandu oleh dosen perguruan tinggi sebagai guru tamu, siswa memperoleh pengalaman autentik dalam pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor, serta perancangan sistem otomasi sederhana yang relevan dengan kebutuhan dunia industri. Dampak program ini dapat dirangkum dalam tiga dimensi utama. Pertama, pada dimensi teknis, kegiatan ini meningkatkan kompetensi siswa dalam memahami struktur pemrograman Arduino, konfigurasi input-output, serta hubungan antara kode dan respons perangkat keras. Siswa menunjukkan peningkatan kemampuan dalam menyusun program dasar, melakukan debugging, dan mengoperasikan prototipe sistem secara mandiri. Kedua, pada dimensi kognitif dan problem solving, siswa mengalami perkembangan dalam berpikir komputasional dan pemecahan masalah teknis melalui aktivitas trial and error yang terarah dan berbasis proyek. Ketiga, pada dimensi afektif, terjadi peningkatan motivasi belajar, kepercayaan diri, dan minat terhadap bidang teknologi dan otomasi, yang merupakan faktor penting dalam membentuk kesiapan kerja dan keberlanjutan pembelajaran di bidang rekayasa digital. Untuk menjamin keberlanjutan dan perluasan dampak program, beberapa rekomendasi strategis dapat diajukan. Sekolah disarankan untuk mengintegrasikan proyek Arduino ke dalam pembelajaran rutin dan kegiatan ekstrakurikuler berbasis teknologi, sehingga siswa memperoleh kesempatan praktik yang berkelanjutan. Program pelatihan lanjutan berbasis Internet of Things (IoT), otomasi industri sederhana, dan smart systems juga perlu dikembangkan sebagai penguatan kompetensi tahap lanjut. Selain itu, kolaborasi antara SMK dan perguruan tinggi sebaiknya diformalkan dalam bentuk program pendampingan berkala, pelatihan guru, serta pengembangan modul pembelajaran berbasis industri agar transfer pengetahuan dan teknologi dapat berlangsung secara sistematis. Sebagai simpulan, program PKM ini menunjukkan bahwa pelatihan Arduino berbasis praktik industri merupakan model pengabdian yang efektif, aplikatif, dan relevan untuk penguatan pendidikan vokasi. Dengan mengombinasikan pembelajaran berbasis proyek, pendampingan intensif, dan kolaborasi lintas institusi, kegiatan ini berhasil mentransformasikan pembelajaran teknologi menjadi proses yang kontekstual, bermakna, dan berorientasi pada dunia kerja. Model ini bersifat replikatif dan dapat diterapkan di sekolah

kejuruan lain sebagai strategi peningkatan kualitas sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan industri digital dan otomasi di masa depan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada SMK Negeri 3 Pematangsiantar atas dukungan, koordinasi, dan fasilitasi yang diberikan selama tahap perencanaan hingga pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak sekolah, khususnya kepala sekolah dan guru produktif program keahlian Rekayasa Perangkat Lunak dan Teknik Komputer dan Jaringan, yang telah memberikan dukungan penuh serta pendampingan teknis selama kegiatan berlangsung. Penghargaan khusus diberikan kepada para siswa peserta pelatihan atas antusiasme, kedisiplinan, dan partisipasi aktif dalam setiap sesi praktik, yang menjadi faktor penting dalam keberhasilan program ini.

REFERENSI

- Audu Nannim, F., Ibezim, N. E., Agbo, G. C., & Ngwoke, S. O. R. (2025). *Development of a Project-Based Arduino Learning App: Fostering Robotics Programming Competence among Preservice Teachers of Computer and Robotics Education*. *ACM Transactions on Computing Education*, 25(1), 1–24.
- Budiyanta, N. E., Sidharta, H. A., Triyanti, V. T., & Risqiwati, D. (2025). *Integrating Microcontroller Programming and 3D Design for Community-based Experiential Learning*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Charitas*, 5(02), 7409.
- Cvjetkovic, V. M., & Matijevic, M. (2016). Overview of architectures with Arduino boards as building blocks for data acquisition and control systems. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 12(7), 10–17. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i07.5818>
- Damanik, E., Tambunan, E. M., Girsang, M., Khalishah, K., Batubara, T. P., Munandar, M. H., & Simarmata, H. M. P. (2025). Empowering church youth through AI literacy for digital career readiness. *JPMNT: Jurnal Pengabdian Masyarakat Nian Tana*, 3(4), 10–18. <https://doi.org/10.59603/jpmnt.v3i4.1062>
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). *Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education*. *Heliyon*, 10(8), e29177.
- Nayak, A., Hiremath, N., F. M, U., Garagad, V., & Chickerur, S. (2022). Teaching microcontrollers using Arduino as a platform. In *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 941–945). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766727>

- Panda, T. K., Kumar, A., Jakhar, S., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., Kazancoglu, I., & Nayak, S. S. (2020). Social and environmental sustainability model on consumers' altruism, green purchase intention, green brand loyalty, and evangelism. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118575. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118575>
- Simarmata, H., Saragih, D. Y., Panjaitan, N. J., & Simarmata, P. P. (2021). Training kreativitas dan bahasa di PT MNC Sky Vision Pematangsiantar. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(3), 291–296.
- Sudhan, R. H., Kumar, M. G., Prakash, A. U., Devi, S. A. R., & P., S. (2015). Arduino ATmega-328 microcontroller. *IJIREEICE*, 3(4), 27–29. <https://doi.org/10.17148/IJIREEICE.2015.3406>
- Syaifur Rohman, A., Genarsih, T., Hasbiyati, H., Nurazaq, W. A., & Angel Tantri, P. (2025). Eksperimen IoT di Sekolah: Pemberdayaan Siswa SMA Negeri Ambulu Melalui Workshop Arduino. *Al-Khidmah Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 349–358.
- Tsyrlunyk, S. (2021). Software and hardware system “Arduino learner kit.” *Open Educational E-Environment of Modern University*, 10, 231–240. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2021.1019>
- Tupac-Yupanqui, M., Vidal-Silva, C., Pavesi-Farriol, L., Sanchez Ortiz, A., Cardenas-Cobo, J., & Pereira, F. (2022). Exploiting Arduino features to develop programming competencies. *IEEE Access*, 10, 20602–20615. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3150101>
- Winarno, I., Barakbah, A., Pramadihanto, D., Sesulihatien, W. T., Harsono, T., Dewantara, B. S. B., Setiawardhana, S., Fariza, A., Syarif, I., Badriyah, T., Iskandariansyah, I., & Susanti, P. (2022). Embedded system training based on Arduino to improve software programming knowledge for vocational students. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, 7(4), 748–758. <https://doi.org/10.26905/abdimas.v7i4.8039>
- Yudistia, A. Y., & Chandra, O. (2025). Effectiveness of augmented reality learning media in enhancing embedded system programming competence: A 4D development study. *Indonesian Research Journal in Education*, 9(02), 1384–1397.