

Pengembangan Modul Pembelajaran Arduino Berbasis Proyek di Robotics Education Centre Cabang Yogyakarta

Laurentius Kuncoro Probo Saputra*¹, Danny Sebastian²

^{1,2} Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana, Indonesia
*e-mail: kuncoro@staff.ukdw.ac.id

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan kemampuan teknis para pengajar di Robotics Education Centre (REC) Yogyakarta dalam memahami dan mengajarkan Arduino serta elektronika dasar, meskipun kebutuhan pembelajaran robotika berbasis STEM semakin meningkat. Tujuan kegiatan ini adalah mengembangkan modul pembelajaran Arduino berbasis proyek serta meningkatkan kompetensi pengajar melalui program training for trainers. Metode pelaksanaan pengabdian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu diskusi awal untuk analisis kebutuhan mitra, pengembangan modul pembelajaran berbasis proyek, pelaksanaan pelatihan bagi pengajar, uji coba materi kepada siswa dari jenjang SD, SMP, dan SMA, serta revisi modul berdasarkan hasil evaluasi. Hasil kegiatan menunjukkan tersusunnya enam belas modul pembelajaran yang mencakup pengenalan mikrokontroler, penggunaan sensor dan aktuator, integrasi sistem Internet of Things, hingga pengembangan proyek akhir. Evaluasi kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan kepercayaan diri pengajar dalam mengimplementasikan Arduino, serta tersedianya materi pembelajaran yang lebih sistematis, aplikatif, dan sesuai dengan kebutuhan mitra. Secara keseluruhan, kegiatan ini memberikan dampak positif dalam meningkatkan kompetensi pengajar dan mendukung pengembangan pembelajaran robotika berbasis STEM di REC Yogyakarta.

Kata kunci: Arduino, elektronika dasar, pembelajaran robotika, STEM, pengabdian masyarakat, training for trainers

Abstract

This community service program was motivated by the limited technical competencies of instructors at the Robotics Education Centre (REC) Yogyakarta in understanding and teaching Arduino and basic electronics, despite the increasing demand for STEM-based robotics education. The objective of this program was to develop project-based Arduino learning modules and to improve instructors' competencies through a training for trainers program. The community service activities were conducted through several stages, including initial discussions to analyze partner needs, development of project-based learning modules, implementation of instructor training, material trials with students at elementary, junior high, and senior high school levels, and module revision based on evaluation results. The program produced sixteen learning modules covering microcontroller fundamentals, sensor and actuator applications, Internet of Things system integration, and final project development. Evaluation results indicated improved instructor understanding, confidence, and readiness to independently implement Arduino-based learning, as well as the availability of more systematic, practical, and partner-oriented instructional materials. Overall, this program had a positive impact on enhancing instructors' technical competencies and supporting the development of STEM-based robotics education at REC Yogyakarta.

Keywords: Arduino, basic electronics, robotics education, STEM, community service, training for trainers

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) merupakan fondasi penting dalam membekali generasi muda dengan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi (Fajrina et al., 2020; Golegou et al., 2026; Ilyas et al., 2022; Ningtyas et al., 2024). Salah satu bentuk penerapan STEM yang efektif adalah melalui pembelajaran robotika karena mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, termasuk fisika, elektronika, dan pemrograman (Arafat et al., 2024). Pada tingkat SD, robotika dapat dikenalkan melalui permainan edukatif yang melatih logika, algoritma sederhana, dan

pemahaman mekanisme dasar (Trapero-González et al., 2024). Di jenjang SMP, pembelajaran robotika diarahkan pada perakitan robot sederhana serta pemahaman sensor, aktuator, dan dasar pemrograman (Meral & Altun Yalcin, 2025). Sementara itu, pada tingkat SMA, pembelajaran dapat dikembangkan ke proyek yang lebih kompleks, seperti robot otonom, sistem berbasis Internet of Things (IoT), dan integrasi kecerdasan buatan (AI) (Posekany, 2025). Pendekatan pembelajaran yang bertahap dan kontekstual ini menjadikan robotika sebagai sarana strategis untuk menumbuhkan minat terhadap STEM sekaligus mempersiapkan siswa menghadapi perkembangan teknologi di masa depan.

Mitra pada kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) ini adalah Robotics Education Centre Cabang Yogyakarta (REC Yogyakarta). REC adalah sebuah institusi pendidikan swasta yang fokus kepada pendidikan robotika dan pemrograman untuk anak SD sampai dengan SMA (Sebastian et al., 2024a). REC Yogyakarta memiliki 2 cabang, yaitu cabang Jongke (Jln Sendang Adi 2, Ruko Riverpark Residence No T3) dan cabang Demangan (Ruko Zaho, Jln Demangan Baru No 1). Saat ini fokus pembelajaran robotika di REC Yogyakarta menggunakan peralatan berbasis LEGO (Sebastian et al., 2024b). Beberapa pengembangan sudah dilakukan menggunakan tools lain, seperti ElecFreaks Nezha. Tools ElecFreaks Nezha adalah tools pembelajaran pemrograman dan robotika yang menggunakan basis LEGO dan micro:bit (Sebastian et al., 2024b). Sensor yang disediakan sudah cukup banyak, seperti sensor ketinggian air, sensor kelembapan, sensor cahaya, dan lain-lain. Akan tetapi REC Yogyakarta memahami dunia robotika tidak akan lepas dari penggunaan Arduino, sehingga REC Yogyakarta memutuskan untuk mengembangkan materi pembelajaran menggunakan Arduino. Berdasarkan hasil diskusi awal dengan mitra, diketahui bahwa REC Yogyakarta memiliki tiga orang pengajar robotika yang seluruhnya belum memiliki latar belakang pendidikan elektronika atau teknik. Selama ini, pembelajaran robotika di REC Yogyakarta hanya menggunakan platform berbasis LEGO dan ElecFreaks Nezha, sehingga para pengajar belum terbiasa dengan Arduino, rangkaian elektronika dasar, maupun pemrograman berbasis text menggunakan Arduino IDE. Selain itu, pengajar belum memiliki pengalaman dalam penggunaan sensor dan aktuator berbasis Arduino serta integrasi sistem Internet of Things (IoT). Kondisi awal ini menunjukkan adanya kesenjangan kompetensi yang perlu diatasi melalui pengembangan modul pembelajaran dan program pelatihan yang terstruktur.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran STEM melalui robotika memiliki peran strategis dalam membekali siswa dengan keterampilan abad ke-21, mulai dari tingkat SD hingga SMA. REC Yogyakarta sebagai mitra PKM telah berupaya mengembangkan pembelajaran robotika menggunakan berbagai platform, seperti LEGO dan ElecFreaks Nezha, namun menyadari bahwa penguasaan Arduino merupakan langkah penting untuk memperluas kompetensi dan relevansi materi pembelajaran. Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknis tim pengajar terkait penggunaan Arduino, sehingga diperlukan pengembangan materi pembelajaran berbasis Arduino dan pelatihan intensif bagi para pengajar. Kegiatan PKM ini bertujuan untuk menjawab tantangan tersebut melalui pengembangan kurikulum robotika berbasis Arduino serta program Training for Trainers, agar REC Yogyakarta mampu memberikan pembelajaran yang lebih inovatif dan sesuai dengan perkembangan teknologi.

2. METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang menggunakan pendekatan kolaboratif dan partisipatif antara tim pelaksana PKM dan mitra Robotics Education Centre (REC) Yogyakarta. Sejak tahap awal, mitra dilibatkan secara aktif dalam proses identifikasi kebutuhan, perumusan materi, hingga evaluasi dan perbaikan modul pembelajaran. Pendekatan ini bertujuan tidak hanya menghasilkan produk berupa modul pembelajaran, tetapi juga membangun kapasitas mitra melalui pendampingan berkelanjutan agar pengajar mampu mengimplementasikan dan mengembangkan pembelajaran Arduino

secara mandiri. Dengan demikian, kegiatan pengabdian tidak bersifat satu arah, melainkan sebagai proses bersama yang berorientasi pada keberlanjutan dan kemandirian mitra.

Anggota pelaksanaan PKM terdiri dari 3 orang, yaitu Danny Sebastian yang bertugas sebagai kepala pelaksana PKM dan koordinasi secara umum, Laurentius Kuncoro P Saputra yang bertugas sebagai tech advisor pada bidang robotika Arduino, dan Aga Susanto yang menjadi asisten pelaksana secara umum. Sedangkan kepala pelaksana dari pihak mitra REC Yogyakarta adalah Cristian Ade P, dengan anggota Zahra Naufalia F, Gracia Mayshela K, dan Febriyana. Keempat tim pengajar REC Yogyakarta tidak memiliki latar belakang pendidikan elektronika, sehingga target materi pembelajaran harus dapat dipelajari oleh orang awam.

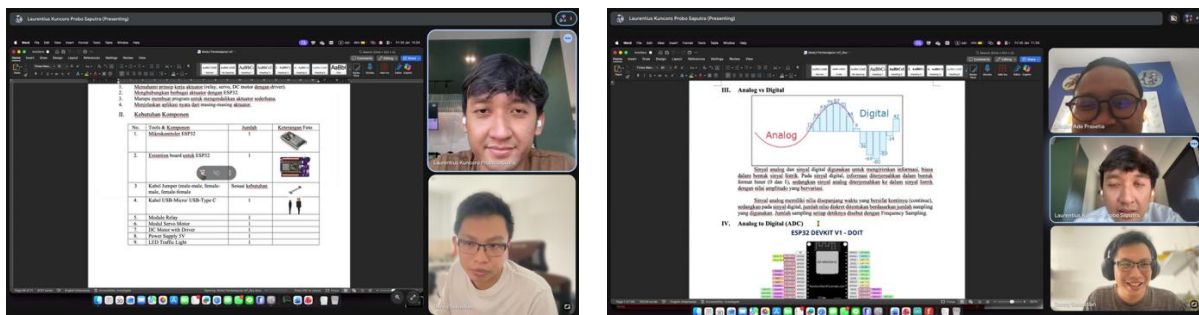


Gambar 1. Langkah kegiatan PKM

Pelaksanaan PKM dilakukan dengan 5 langkah utama, yaitu:

1. Diskusi awal

Diskusi awal dilakukan untuk memahami kondisi mitra REC Yogyakarta, memahami kebutuhan dan solusi yang sesuai, dan menyamakan persepsi terkait solusi yang akan dilakukan. Berdasarkan diskusi awal yang sudah dilakukan secara daring pada bulan Agustus 2025 secara daring (Gambar 2), ditentukan masa pelaksanaan kegiatan adalah mulai bulan September sampai dengan Desember 2025. Karena anggota PKM yang bertugas sebagai technical advisor, Laurentius Kuncoro P Saputra sedang melakukan studi lanjut di Thailand, kegiatan dilakukan secara daring.



Gambar 2. Kegiatan diskusi awal tim PKM(a) dan tim PKM bersama dengan mitra(b)

2. Pengembangan Materi Pembelajaran

Pengembangan materi pembelajaran dilakukan secara hybrid daring dan luring antara tim pelaksana dan pengajar REC Yogyakarta. Berdasarkan hasil diskusi, ditentukan metode pembelajaran adalah berbasis proyek. Materi pembelajaran tidak akan fokus terhadap teori, namun langsung praktik. Ada 16 topik/pertemuan dengan rentang waktu pertemuan adalah 1.5jam. Setiap topik/pertemuan terbagi kedalam 3 sub bab utama, yaitu tujuan pembelajaran, alat dan bahan yang dibutuhkan, langkah-langkah pembuatan proyek.

3. Training for Trainers

Meskipun pengembangan dilakukan secara bersama-sama antara tim pelaksana dan tim pengajar REC Yogyakarta, tetap dibutuhkan sebuah sesi pembelajaran dari tim pelaksana PKM ke tim pengajar. Hal ini dilakukan sebagai bentuk simulasi awal pembelajaran. Tim pengajar REC Yogyakarta akan mencoba setiap modul dan didampingi langsung oleh tim pelaksana PKM.

Tahap ini dilakukan secara luring agar mendapatkan suasana yang sesuai dengan pembelajaran di REC Yogyakarta.

4. Pengujian Materi pada Siswa

Pengujian materi yang sudah dilakukan kepada 3 kelompok, yaitu SD kelas 5 atau 6, SMP kelas 1-3 dan SMA kelas 1-2. Masing-masing kelompok terdiri dari 5 responden, sehingga total responden adalah 15 siswa dari REC Yogyakarta. Pemilihan responden dilakukan secara seleksi berdasarkan rekomendasi pengajar. Para pengajar REC Yogyakarta melakukannya secara mandiri tanpa pendampingan dari tim PKM karena adanya masalah operasional REC Yogyakarta yang tidak mengizinkan orang yang tidak berkepentingan (selain pengajar dan siswa) untuk masuk ke dalam ruang kelas.

5. Evaluasi & Revisi materi

Setelah materi diuji coba kepada para siswa, materi pembelajaran yang sudah dibangun akan dievaluasi dan diperbaiki bersama antara tim pelaksana PKM dan tim pengajar REC Yogyakarta. Evaluasi kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan secara kualitatif melalui observasi, diskusi, dan umpan balik dari mitra. Indikator keberhasilan kegiatan meliputi: (1) peningkatan pemahaman dan kesiapan pengajar dalam menggunakan Arduino dan elektronika dasar, (2) kemampuan pengajar dalam mengimplementasikan modul pembelajaran secara mandiri pada kegiatan training for trainers, (3) kesesuaian materi dengan durasi pembelajaran dan jenjang usia siswa, serta (4) kelayakan modul pembelajaran berdasarkan hasil uji coba kepada siswa. Data evaluasi diperoleh dari catatan selama pelaksanaan pelatihan, hasil diskusi dengan pengajar, serta hasil uji coba materi pada siswa dari jenjang SD, SMP, dan SMA. Hasil evaluasi ini digunakan sebagai dasar dalam melakukan revisi dan penyempurnaan modul pembelajaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Daftar Materi Pembelajaran

Berdasarkan proses pengembangan materi, dihasilkan sebuah rencana pembelajaran yang terdiri dari 4 bagian. Bagian 1 menjelaskan dasar elektronika dan microcontroller menggunakan ESP32. Bagian 2 menjelaskan cara penggunaan sensor dan aktuator. Bagian 3 menjelaskan Integrasi sistem IOT dengan cloud computing. Dan bagian 4 menjelaskan web monitoring dan final project application. Dari masing-masing bagian, terdapat 3 sampai 5 materi pembelajaran. Sehingga total materi pembelajaran yang ada adalah 16 materi pembelajaran (Tabel 1).

Pada setiap modul pembelajaran, ada penjelasan tentang Tujuan pembelajaran, kebutuhan komponen alat dan bahan, sedikit penjelasan teori, rangkaian elektronika, dan potongan kode program. Contoh gambar rangkaian elektronika dan potongan kode program dapat dilihat pada Gambar 3.

3.2. Training for Trainers

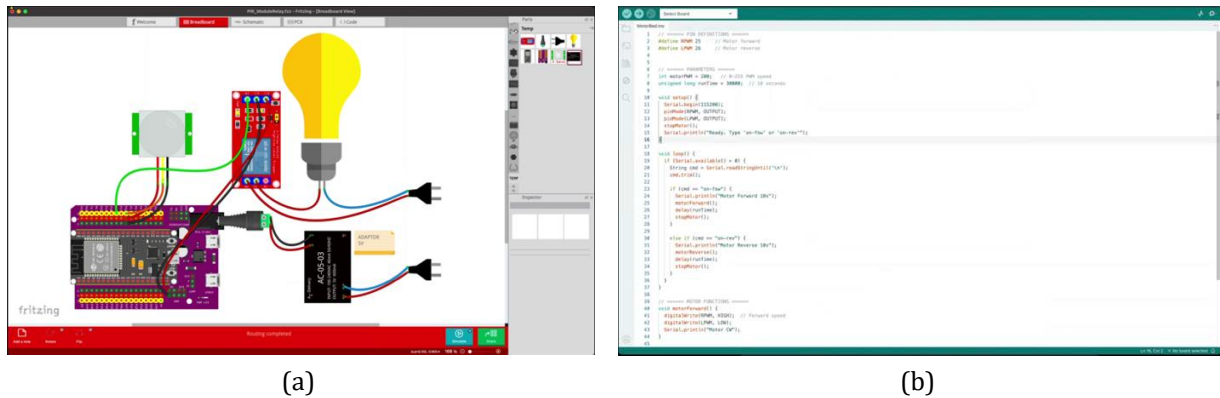
Kegiatan training for trainer terlaksana pada bulan November 2025. Kegiatan dilakukan secara hybrid luring (Gambar 4 – a) dan daring. Kegiatan dilakukan di cabang REC Yogyakarta dengan secara luring. Dalam proses training for trainers, dihasilkan beberapa evaluasi dan rencana perbaikan modul. Daftar catatan hasil kegiatan training for trainers dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Daftar topik materi pembelajaran

Bagian 1: Dasar Elektronika dan Mikrokontroler ESP32		
Pertemuan Ke	Topik	Deskripsi
1	Pendahuluan Mikrokontroler dengan ESP32	Memperkenalkan ESP32 dan Arduino IDE, termasuk instalasi software dan konfigurasi board. Siswa belajar mengendalikan LED onboard dan eksternal melalui GPIO.
2	Digital Input dan Output	Membahas konsep sinyal digital HIGH/LOW dan implementasi input-output menggunakan push button dan LED. Siswa membuat program sederhana dengan logika if-else dan switch-case.
3	Analog Input Output (ADC)	Menjelaskan perbedaan sinyal analog vs digital, penggunaan ADC untuk membaca sensor, dan PWM untuk mengontrol output. Siswa mempraktikkan pembacaan potensiometer, sensor suhu, dan kontrol LED dimmer.
Bagian 2: Sensor dan Aktuator		
Pertemuan Ke	Topik	Deskripsi
4	Sensor 1	Memperkenalkan sensor untuk Smart Home seperti DHT22, PIR, suara, gas, dan flame. Siswa belajar membaca data sensor dan menampilkan hasil melalui Serial Monitor.
5	Sensor 2	Fokus pada sensor untuk Smart Garden seperti ultrasonic, flow, hujan, soil moisture, dan suhu air. Siswa mengimplementasikan pembacaan sensor analog/digital dan logika threshold.
6	Praktik Aktuator 1 (Relay)	Menjelaskan prinsip kerja relay untuk mengontrol perangkat berdaya tinggi. Siswa membuat sistem kendali manual dan otomatis menggunakan push button atau sensor PIR.
7	Praktik Aktuator 2 (Motor Servo)	Mengenalkan servo motor dan kontrol sudut menggunakan PWM. Peserta mengendalikan servo dengan potensiometer dan sensor ultrasonic.
8	Praktik Aktuator 3 (Motor DC)	Membahas pengendalian motor DC dan pompa air menggunakan driver L298N dan relay. Siswa mempraktikkan pengaturan kecepatan dengan PWM dan arah putaran motor.
Bagian 3: Integrasi Sistem IoT dengan Cloud Platform		
Pertemuan Ke	Topik	Deskripsi
9	ESP32 WiFi Connection (Local Web Server) – 1	Siswa belajar membuat web server sederhana pada ESP32 untuk mengontrol LED melalui browser.
10	ESP32 WiFi Connection (Local Web Server) – 2	Implementasi dasar komunikasi HTTP client-server. Mengembangkan dashboard IoT untuk Smart Garden dengan sensor cahaya, suhu, soil moisture, dan kontrol pompa. Sistem mendukung mode manual dan otomatis.
11	Monitoring Sensor dengan Blynk (1)	Memperkenalkan platform Blynk untuk monitoring IoT berbasis cloud. Peserta menghubungkan ESP32 ke Blynk dan menampilkan data sensor secara real-time.
12	Kendali Sistem dengan Blynk (2)	Mengimplementasikan Smart Home dengan sensor dan aktuator yang dikontrol melalui Blynk. Termasuk logika otomatisasi dan notifikasi.

Bagian 4: Web Monitoring dan Final Project

Pertemuan Ke	Topik	Deskripsi
13	Notifikasi Blynk	Menjelaskan konsep notifikasi pada IoT menggunakan Blynk, baik berbasis automation maupun event-driven. Siswa mengatur skenario notifikasi untuk kondisi tertentu.
14	Event Logging (Blynk)	Membahas pencatatan event pada Blynk untuk memantau aktivitas perangkat. Siswa belajar membuat log untuk analisis sistem.
15	Final Project Development	Peserta merancang proyek IoT lengkap dengan sensor, aktuator, dan integrasi cloud. Fokus pada desain sistem dan implementasi kode.
16	Final Project Demo and Presentation	Tahap akhir berupa pengujian dan presentasi proyek IoT yang telah dibuat. Siswa memaparkan hasil, fitur, dan solusi yang dikembangkan.



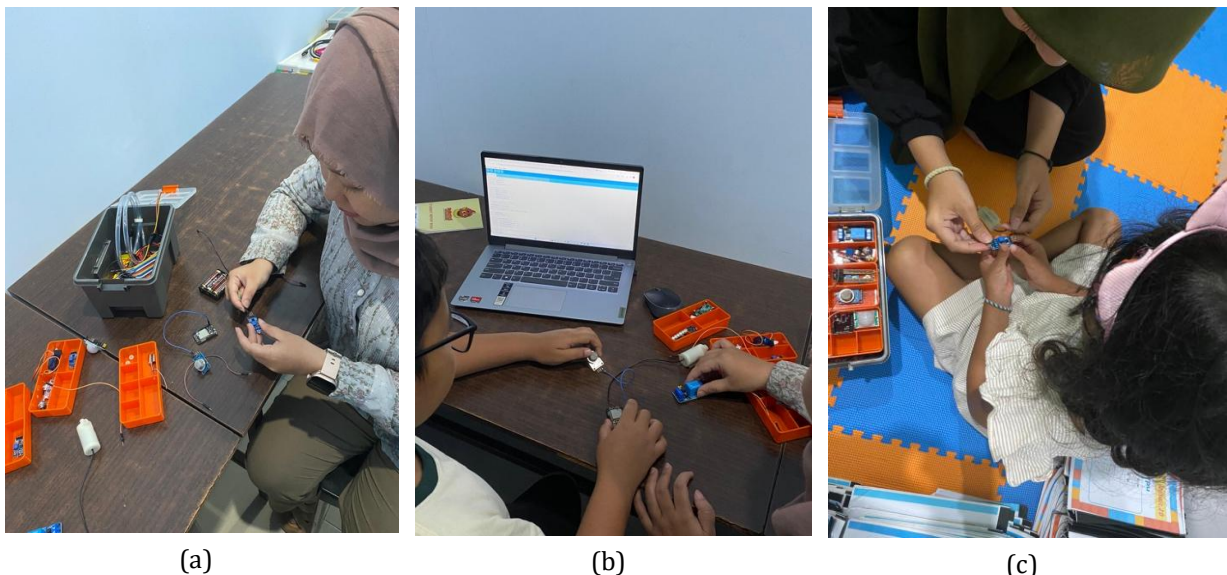
Gambar 3. Contoh rangkaian elektronika (a) dan potongan kode program menggunakan Arduino IDE (b)

Berdasarkan hasil training for trainers pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa tantangan utama yang dihadapi pengajar terletak pada tingkat kompleksitas materi teknis, ketidaksesuaian antara gambar rangkaian dan komponen aktual, serta keterbatasan waktu pembelajaran untuk beberapa modul. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun modul telah dirancang berbasis proyek, penyesuaian bahasa, visualisasi rangkaian, dan skala tugas masih diperlukan agar lebih mudah dipahami oleh pengajar dengan latar belakang non-elektronika. Hasil evaluasi ini menjadi dasar penting dalam penyederhanaan materi, penyesuaian alat dan bahan, serta pengaturan ulang beban pembelajaran pada setiap pertemuan.

Gambar 5 menunjukkan rangkaian pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat mulai dari pelatihan pengajar hingga uji coba materi kepada siswa. Gambar 5(a) memperlihatkan kegiatan training for trainers yang dilakukan bersama pengajar Robotics Education Centre (REC) Yogyakarta, di mana pengajar secara langsung mempelajari penggunaan Arduino, merangkai komponen elektronika, dan mencoba modul pembelajaran yang dikembangkan. Selanjutnya, Gambar 5(b) dan Gambar 5(c) menampilkan proses uji coba modul pembelajaran kepada siswa REC Yogyakarta dari jenjang usia yang berbeda. Pada tahap ini, siswa terlibat langsung dalam aktivitas praktik perakitan rangkaian dan pemrograman Arduino dengan pendampingan pengajar, sehingga diperoleh umpan balik mengenai tingkat kesesuaian materi, keterlibatan siswa, serta kendala yang muncul selama proses pembelajaran. Dokumentasi pada gambar-gambar tersebut menggambarkan implementasi nyata modul pembelajaran serta menjadi dasar dalam proses evaluasi dan penyempurnaan materi.

Tabel 2. Hasil training for trainers

No	Catatan	Komentar/Analisa	Solusi/Perbaikan
1	Beberapa penjelasan sangat teknis, perlu disesuaikan pembahasan yang lebih mudah dipahami anak usia SD-SMP-SMA.	Tim pengajar tidak sepenuhnya berasal dari jurusan Elektro atau Informatika atau sejenisnya, sehingga perlu memahami beberapa istilah teknis yang ada.	Menyesuaikan penulisan beberapa penjelasan.
2	Daftar alat dan bahan tidak sesuai atau kurang.	REC Yogyakarta mencoba menghubungkan beberapa modul yang dibuat dengan bisnis/penjualan, sehingga beberapa alat yang dirasa mahal atau tidak sesuai diganti dengan yang lebih sesuai.	Penyesuaian bill of materials atau daftar alat dan bahan yang dibutuhkan.
3	Gambar rangkaian elektronika tidak sesuai dengan aktual alat dan bahan.	Adanya perbedaan versi antara alat dan gambar rangkaian yang dipilih, sehingga terdapat perbedaan pin.	Menyesuaikan gambar rangkaian dan paket alat elektronika pada modul sesuai dengan pin.
4	Beberapa pertemuan dianggap terlalu sulit untuk waktu 1.5jam/pertemuan		Mengurangi skala tugas beberapa pertemuan agar dapat sesuai dengan waktu yang tersedia.



Gambar 4. Kegiatan ujicoba materi pembelajaran dengan pengajar (a) dan dengan siswa (b), (c)

3.3. Ujicoba Materi kepada Siswa

Tahap ujicoba materi kepada siswa dilakukan dalam rentang waktu 1.5 bulan, yaitu pada awal bulan November 2025 sampai dengan pertengahan Desember 2025 (Gambar 4 – b,c). Hasil

evaluasi dicatat, dianalisis, dan dijadikan dasar untuk memperbaiki materi pembelajaran. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil ujicoba materi pembelajaran ke siswa

No	Catatan	Komentar/Analisa	Solusi/Perbaikan
1	Terdapat perbedaan tahapan instalasi antara Mac OSX dan Windows.	Karena ada siswa yang menggunakan milik sendiri (MacOSX), dan modul dibuat menggunakan basis windows.	Menambahkan langkah untuk MacOSX.
2	Tahapan mengetik kode program membosankan.	Pemrograman menggunakan Arduino IDE, sehingga diperlukan waktu untuk mengetik kode program. Permasalahan ini muncul pada siswa SD, karna level SD lebih cocok menggunakan block programming.	Tidak ada perbaikan yang dilakukan. Memberikan catatan usia anak yang sesuai untuk modul yang dibuat.
3	Modul agak kurang sesuai untuk level pahaman anak SD.	Rangkaian arduino dan pemrograman (non block programming) masih agak sulit dipahami oleh siswa SD.	Menyesuaikan rentang usia yang sesuai untuk modul yang dikembangkan adalah level SMP dan SMA.
4	Beberapa teori tidak dibaca oleh siswa.	Modul dibangun berbasis proyek, namun tetap mencantumkan beberapa penjelasan teori dasar. Penjelasan teori relatif membosankan bagi para siswa.	Tetap mencantumkan teori, namun pada saat proses belajar mengajar, teori tidak dijelaskan secara mendalam namun dijelaskan bersamaan dengan praktik.
5	Kesalahan pada pemasangan rangkaian elektronik.	Pada rangkaian yang kompleks, beberapa siswa mengalami kesalahan pemasangan rangkaian.	Menyesuaikan gambar rangkaian dan ukuran gambar rangkaian.

Hasil uji coba materi pembelajaran kepada siswa pada Tabel 3 menunjukkan bahwa modul Arduino berbasis text-based programming kurang sesuai untuk siswa tingkat SD, terutama karena kompleksitas rangkaian dan aktivitas pengetikan kode yang relatif membosankan bagi usia tersebut. Sebaliknya, modul menunjukkan tingkat kesesuaian yang lebih baik pada siswa SMP dan SMA, yang memiliki kemampuan kognitif dan literasi teknologi yang lebih memadai. Selain itu, ditemukannya kendala instalasi lintas sistem operasi serta kesalahan pemasangan rangkaian menjadi masukan penting dalam perbaikan panduan instalasi dan visualisasi rangkaian. Temuan ini menegaskan perlunya penyesuaian sasaran usia modul dan penguatan aspek teknis pendukung dalam proses pembelajaran.

Hasil pelaksanaan training for trainers dan uji coba materi menunjukkan bahwa tujuan awal kegiatan pengabdian masyarakat ini telah tercapai. Permasalahan utama mitra, yaitu keterbatasan kompetensi pengajar dalam penggunaan Arduino dan elektronika dasar, secara bertahap dapat diatasi melalui pengembangan modul dan pelatihan yang dilakukan. Pengajar yang sebelumnya hanya terbiasa menggunakan platform berbasis LEGO dan block programming

menunjukkan peningkatan kemampuan dalam memahami rangkaian elektronika, menggunakan Arduino IDE, serta mengimplementasikan modul pembelajaran secara mandiri. Selain itu, hasil uji coba kepada siswa mengonfirmasi bahwa materi yang dikembangkan relevan dan aplikatif, khususnya untuk jenjang SMP dan SMA, sesuai dengan kebutuhan mitra. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya menghasilkan produk berupa modul pembelajaran, tetapi juga berhasil meningkatkan kapasitas mitra dalam menyelenggarakan pembelajaran robotika berbasis Arduino secara berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan 16 modul pembelajaran Arduino berbasis proyek yang mencakup pengenalan mikrokontroler, penggunaan sensor dan aktuator, integrasi sistem Internet of Things, hingga pengembangan proyek akhir. Modul-modul tersebut disusun secara kolaboratif antara tim pelaksana dan pengajar Robotics Education Centre (REC) Yogyakarta sesuai dengan kebutuhan mitra. Keberhasilan kegiatan ditunjukkan melalui beberapa indikator utama, yaitu: (1) meningkatnya pemahaman dan kepercayaan diri pengajar dalam menggunakan Arduino serta konsep elektronika dasar; (2) kemampuan pengajar mengimplementasikan modul pembelajaran secara mandiri pada kegiatan training for trainers dan saat uji coba pembelajaran di kelas; (3) tersusunnya modul pembelajaran yang sistematis, aplikatif, dan sesuai dengan durasi pembelajaran serta karakteristik jenjang usia siswa; serta (4) hasil uji coba yang menunjukkan bahwa modul paling optimal diterapkan pada siswa tingkat SMP dan SMA. Pencapaian indikator-indikator tersebut menunjukkan bahwa permasalahan awal mitra terkait keterbatasan kompetensi pengajar dalam pembelajaran Arduino dapat diatasi, sehingga kegiatan PKM ini memberikan dampak nyata berupa peningkatan kapasitas pengajar dan tersedianya materi pembelajaran robotika berbasis STEM yang siap diterapkan secara berkelanjutan di REC Yogyakarta.

Untuk pengembangan kegiatan PKM di masa mendatang, terdapat beberapa peluang peningkatan baik dari sisi materi, metode, maupun keberlanjutan program. Pertama, modul pembelajaran dapat dikembangkan dalam dua versi tingkat kesulitan yang berbeda, yaitu modul beginner berbasis block programming untuk siswa SD dan modul text-based programming untuk level SMP–SMA. Hal ini penting mengingat hasil evaluasi menunjukkan bahwa siswa SD mengalami kesulitan dalam mengetik kode program dan memahami rangkaian elektronik yang kompleks. Selain itu, program pelatihan bagi pengajar dapat diperluas dengan sesi pendalaman konsep elektronika dasar dan debugging, sehingga para pengajar semakin siap menghadapi berbagai variasi proyek yang dikerjakan siswa. Pada tahap implementasi, perlu dipertimbangkan juga pembuatan starter kit Arduino khusus dengan komponen standar yang seragam untuk mengurangi kesalahan pemasangan rangkaian seperti yang ditemukan pada uji coba. Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut, kegiatan PKM selanjutnya berpotensi memberikan dampak yang lebih besar, berkelanjutan, dan dapat diadopsi oleh lebih banyak institusi pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana yang telah memberi dukungan dan pendanaan terhadap kegiatan PKM ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arafat, M. H., Budiyanto, C. W., Yuana, R. A., & Fenyvesi, K. (2024). Implementation of Integrated STEM Learning in Educational Robotics towards 21st Century Skills: A Systematic Review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(5), 1127–1141. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4271>

- Fajrina, S., Lufri, L., & Ahda, Y. (2020). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) as A Learning Approach to Improve 21st Century Skills: A Review. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 16(07), 95–104. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i07.14101>
- Golegou, E., Wallace, M., & Peppas, K. (2026). Student-centered pedagogies for 21st-century STEM. *American Journal of STEM Education*, 18, 83–124. <https://doi.org/10.32674/qnh67005>
- Ilyas, M., Meiyani, E., Ma'rufi, M., & Kaewhanam, P. (2022). Improving students' ability in learning mathematics by using the science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.966687>
- Meral, M., & Altun Yalcin, S. (2025). The Effect of Educational Robotics Applications on Middle School Students' Innovative Thinking Skills. *International Journal of Technology in Education*, 8(2), 521–540. <https://doi.org/10.46328/ijte.1079>
- Ningtyas, P. K., Widarti, H. R., Parlan, P., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2024). Enhancing Students' Abilities and Skills through Science Learning Integrated STEM: A Systematic Literature Review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(5), 1161–1181. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4292>
- Posekany, A. (2025). *Project-Based Learning Connecting Robotics and Artificial Intelligence* (pp. 319–326). https://doi.org/10.1007/978-3-031-83523-0_30
- Sebastian, D., Restyandito, & Nugroho, J. P. A. (2024a). Pelatihan dan Pengembangan Materi Robotik dan Pemrograman untuk Anak Berkebutuhan Khusus. *Servirisma*, 4(2), 77–86. <https://doi.org/10.21460/servirisma.2024.42.76>
- Sebastian, D., Restyandito, & Nugroho, J. P. A. (2024b). Pengembangan Materi Internet Of Things Untuk Anak Berkebutuhan Khusus Menggunakan Lego Dan Elecfreaks Nezha Kit. *Servirisma*, 5(1), 77–90. <https://doi.org/10.21460/servirisma.2025.51.110>
- Trapero-González, I., Hinojo-Lucena, F. J., Romero-Rodríguez, J.-M., & Martínez-Menéndez, A. (2024). Didactic impact of educational robotics on the development of STEM competence in primary education: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1480908>