

Inovasi Pembelajaran Mikrokontroler Melalui Simulasi Arduino Berbasis Wokwi

*Sugiyanti¹, Maisan Dewi Puspa Khairani², Majid Rahman Aziz³

^{1,2,3}Sistem Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Pamulang

E-mail: ¹*dosen03040@unpam.ac.id, ²dosen03348@unpam.ac.id, ³dosen03442@unpam.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi digital yang semakin pesat menuntut dunia pendidikan untuk menghadirkan pembelajaran teknologi yang inklusif, adaptif, dan mudah diakses oleh seluruh peserta didik. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan platform simulasi mikrokontroler berbasis web, seperti Wokwi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan oleh tim dosen Universitas Pamulang PSDKU Kota Serang dengan tujuan memperkenalkan konsep dasar Arduino dan mikrokontroler kepada siswa SMK Negeri 3 Kota Serang. Kegiatan ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan ketersediaan perangkat Arduino fisik serta minimnya media pembelajaran simulatif yang mendukung pelaksanaan praktikum di sekolah. Metode pelaksanaan dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan. Tahap pelaksanaan meliputi penyampaian materi pengantar mikrokontroler, pelatihan pemrograman dasar Arduino, serta praktik simulasi proyek sederhana menggunakan platform Wokwi. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa terhadap prinsip kerja mikrokontroler serta meningkatnya minat terhadap pembelajaran teknologi. Penggunaan Wokwi terbukti efektif sebagai media pembelajaran alternatif dan selaras dengan implementasi Kurikulum Merdeka. Pembelajaran berbasis simulasi ini mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan, ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari 18 poin pada pretest menjadi sekitar 36 poin pada posttest. Selain itu, sebanyak 74% peserta menyatakan sangat puas dan 26% menyatakan puas terhadap pelaksanaan kegiatan. PKM ini berhasil meningkatkan literasi teknologi dan keterampilan siswa SMK Negeri 3 Kota Serang.

Kata kunci: Mikrokontroler, Simulasi, Arduino, Wokwi.

Abstract

The rapid development of digital technology requires the education sector to provide inclusive and accessible technology learning for all students. One relevant approach is the use of web-based microcontroller simulation platforms such as Wokwi. This community service activity was conducted by lecturers from Pamulang University PSDKU Serang City to introduce basic Arduino and microcontroller concepts to students of SMK Negeri 3 Serang City. The activity addressed the limited availability of physical Arduino devices and the lack of simulation-based media supporting practical learning in schools. The implementation employed two stages: preparation and implementation. The implementation stage included introductory microcontroller materials, basic Arduino programming training, and hands-on practice through simple project simulations using Wokwi. Results indicated improved student understanding of microcontroller principles and increased interest in technology learning. Wokwi proved effective as an interactive and efficient alternative learning medium aligned with the Merdeka Curriculum and supportive of cross-department collaboration. Simulation-based learning significantly

improved outcomes, shown by an increase in average scores from about 18 points in the pretest to around 36 points in the posttest. Moreover, 74 percent of participants reported very high satisfaction and 26 percent reported satisfaction. Overall, the program enhanced technological literacy and practical skills among students in schools.

Keywords: Microcontroller, Simulation, Arduino, Wokwi

1. PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 telah membawa dampak signifikan terhadap dunia teknologi, khususnya pada pengembangan perangkat berbasis Internet of Things (IoT). IoT telah menjadi tulang punggung berbagai sistem otomatisasi, kontrol, dan layanan digital berbasis jaringan internet. Dalam konteks pendidikan vokasi, penguasaan teknologi IoT tidak lagi menjadi pilihan, namun menjadi kompetensi wajib yang harus dikuasai siswa guna menghadapi kebutuhan industri modern. Salah satu perangkat utama pendukung pengembangan IoT yang banyak digunakan pada lembaga pendidikan adalah mikrokontroler Arduino.

Arduino dikenal sebagai platform mikrokontroler yang mudah dipelajari oleh pemula, memiliki banyak referensi pembelajaran, serta kompatibel dengan berbagai sensor dan aktuator. Platform ini mendukung pembelajaran berbasis praktik, karena siswa dapat secara langsung mengamati output dari program yang mereka rancang. Dengan Arduino, siswa dapat mengembangkan berbagai proyek kreatif seperti sistem kendali cahaya, pengukur suhu otomatis, instalasi multimedia interaktif, hingga prototipe produk IoT sederhana. Hal ini menjadikan Arduino sangat relevan untuk dikembangkan pada pembelajaran kejuruan, termasuk pada bidang Desain Komunikasi Visual (DKV) yang kini mulai berintegrasi dengan teknologi digital interaktif.

Namun, realitas di lapangan memperlihatkan bahwa pembelajaran mikrokontroler belum sepenuhnya dapat diterapkan secara optimal di sebagian sekolah kejuruan. Salah satu contohnya terdapat pada SMK Negeri 3 Kota Serang, khususnya pada jurusan Desain Komunikasi Visual (DKV). Sekolah ini memiliki potensi besar untuk mengembangkan pembelajaran digital kreatif karena berfokus pada peningkatan kompetensi desain dan teknologi visual. Akan tetapi, kemampuan siswa untuk mempelajari teknologi mikrokontroler masih terbatas karena minimnya dukungan sarana praktik. Siswa membutuhkan pengalaman langsung mengembangkan karya berbasis teknologi, tetapi perangkat pendukung praktik mikrokontroler belum tersedia secara memadai.

Permasalahan utama yang dihadapi SMK Negeri 3 Kota Serang terletak pada keterbatasan perangkat keras (hardware) mikrokontroler. Untuk dapat menyelenggarakan pembelajaran Arduino secara ideal, diperlukan ketersediaan perangkat Arduino, sensor, breadboard, kabel jumper, dan modul pendukung lainnya dalam jumlah yang memadai. Fakta menunjukkan bahwa perangkat tersebut tidak dapat dimiliki secara merata untuk seluruh peserta didik. Dalam beberapa kondisi, perangkat bahkan harus digunakan bergantian antar siswa, sehingga pembelajaran cenderung bersifat demonstrasi guru dan tidak berorientasi pada praktik langsung. Hal ini menghambat terciptanya pengalaman eksplorasi mandiri yang seharusnya menjadi inti pembelajaran berbasis proyek.

Selain keterbatasan perangkat keras, terdapat pula tantangan dari sisi kompetensi pendidik. Tidak semua guru memiliki pengalaman mendalam dalam penggunaan mikrokontroler, pemrograman Arduino, serta integrasinya dalam pembelajaran kreatif berbasis desain visual. Akibatnya, transfer pengetahuan yang diberikan kepada siswa cenderung bersifat teoritis dan belum mampu mendorong kreativitas siswa dalam mengembangkan karya berbasis teknologi interaktif. Guru juga masih minim pengetahuan mengenai pemanfaatan media pembelajaran alternatif yang tidak bergantung pada perangkat fisik. Padahal, inovasi pembelajaran digital yang tepat dapat membantu mengatasi hambatan fasilitas dan waktu praktik.

Menjawab tantangan tersebut, pemanfaatan teknologi simulasi mikrokontroler menjadi solusi yang relevan dan efektif. Salah satu platform simulasi yang saat ini banyak digunakan secara global adalah **Wokwi**, sebuah simulasi mikrokontroler berbasis web yang dapat mensimulasikan Arduino, ESP32, sensor, LCD, modul IoT, dan berbagai komponen lainnya. Keunggulan utama Wokwi terletak pada aksesnya yang mudah, tanpa perlu menginstal aplikasi, serta dapat dijalankan melalui komputer maupun perangkat mobile yang terhubung ke internet. Platform ini memungkinkan pengguna untuk merancang rangkaian elektronik, menulis program, dan menjalankan simulasi secara real time tanpa perangkat fisik.

Penggunaan simulasi berbasis Wokwi memiliki beberapa kelebihan strategis untuk pembelajaran di SMK Negeri 3 Kota Serang. Pertama, siswa dapat melakukan praktik secara mandiri tanpa harus menunggu perangkat fisik tersedia. Kedua, proses belajar menjadi lebih aman karena tidak ada risiko kerusakan komponen akibat kesalahan penggunaan. Ketiga, debugging program lebih cepat karena error dapat terdeteksi langsung melalui simulator. Keempat, pembelajaran berbasis proyek lebih mudah diterapkan karena siswa dapat membangun prototipe virtual terlebih dahulu sebelum menerapkannya pada hardware.

Meskipun demikian, pemanfaatan Wokwi di sekolah ini masih belum optimal. Minimnya pelatihan bagi guru dan siswa membuat platform ini belum dikenal secara luas, padahal potensinya sangat besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Belum tersedia modul ajar berbasis simulasi yang terstruktur sehingga penggunaan Wokwi belum menjadi bagian dari kurikulum praktik. Padahal, integrasi pembelajaran simulasi akan sangat membantu sekolah dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium.

Melalui pengabdian ini, siswa jurusan DKV akan diberikan pelatihan sistematis untuk memahami konsep dasar mikrokontroler, memprogram Arduino, serta mensimulasikan rangkaian elektronik secara virtual. Pelatihan ini menggunakan pendekatan *project-based learning* sehingga siswa akan menghasilkan karya digital interaktif yang relevan dengan bidang keahliannya.

Tidak hanya bagi siswa, pengabdian ini juga bertujuan meningkatkan kompetensi guru dalam pemanfaatan teknologi simulasi mikrokontroler. Guru akan dibekali keterampilan mengintegrasikan Wokwi ke dalam pembelajaran serta menyusun modul praktik digital yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat membangun ekosistem pembelajaran mikrokontroler di SMK Negeri 3 Kota Serang yang inovatif, adaptif, dan sesuai tuntutan Revolusi Industri 4.0.

2. METODE

2.1 Kerangka Pemecahan Masalah

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini disusun melalui tiga rangkaian pokok yang saling berkaitan, yaitu tahap persiapan, tahap implementasi pelatihan, dan tahap penilaian hasil kegiatan atau evaluasi. Seluruh proses diarahkan untuk memberikan pengalaman belajar langsung mengenai mikrokontroler Arduino dengan memanfaatkan platform simulasi Wokwi sebagai media praktik berbasis virtual. Sasaran utama kegiatan ini adalah siswa program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), sehingga pembelajaran dirancang untuk mendukung kompetensi praktis mereka dalam memahami, memprogram, dan mensimulasikan rangkaian mikrokontroler secara lebih modern, efisien, dan interaktif

2.1.1 Tahap Persiapan

Pada tahap perencanaan awal, tim pelaksana pengabdian melakukan rapat koordinasi internal untuk merancang konsep kegiatan serta langkah teknis pelaksanaan program berjudul “Inovasi Pembelajaran Mikrokontroler Melalui Simulasi Arduino Berbasis Wokwi”. Pertemuan ini diikuti oleh dosen serta mahasiswa dari Program Studi Sistem Komputer yang terlibat sebagai tim pelaksana. Dalam kegiatan ini, dilakukan pembahasan mengenai metode pelatihan, materi praktik yang akan diberikan, strategi penyampaian, serta penentuan skenario pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman siswa melalui simulasi virtual.

Selanjutnya, dilakukan kunjungan awal ke SMK Negeri 3 Kota Serang sebagai mitra untuk melakukan audiensi dan analisis kebutuhan secara langsung. Kegiatan ini bertujuan untuk membangun komunikasi yang baik dengan pihak sekolah, khususnya guru produktif jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), sekaligus memperoleh informasi mengenai fasilitas laboratorium, perangkat pembelajaran yang tersedia, dan dasar pengetahuan siswa terkait mikrokontroler. Dari pertemuan bersama tersebut, diperoleh gambaran mengenai kondisi pembelajaran praktik yang masih terbatas karena peralatan fisik Arduino tidak tersedia secara merata, sehingga diperlukan inovasi pembelajaran alternatif melalui simulasi.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, tim PKM kemudian menyusun modul pelatihan berbasis simulasi Wokwi yang berisi materi komprehensif namun mudah dipahami. Modul ini mencakup pengenalan dasar mikrokontroler Arduino, pemetaan pin I/O, teknik pemrograman dengan bahasa C/C++, serta langkah-langkah membuat rangkaian virtual di aplikasi Wokwi. Modul dirancang dengan pendekatan praktik langsung, dilengkapi dengan contoh rangkaian, potongan program, dan latihan berbasis proyek agar siswa dapat belajar sekaligus mempraktikkannya secara mandiri. Selain modul, media pendukung berupa slide presentasi dan ilustrasi rangkaian juga dipersiapkan agar penyampaian materi lebih menarik dan mudah dipahami siswa vokasional.

Persiapan alat dan perangkat digital juga dilakukan sebagai bagian penting dari tahapan ini. Tim menyiapkan laptop, proyektor, jaringan internet, serta akun simulasi Wokwi yang akan digunakan selama proses pelatihan. Selain itu, dilakukan uji coba terlebih dahulu terhadap contoh program dan rangkaian yang akan didemonstrasikan, seperti kontrol LED, proyek sensor cahaya, dan simulasi rangkaian otomatis lainnya. Uji coba ini dilakukan untuk memastikan seluruh komponen virtual berfungsi dengan baik, sehingga praktik berjalan lancar tanpa kendala teknis saat kegiatan berlangsung.

Tahap persiapan ditutup dengan penyusunan jadwal pelaksanaan dan pembagian tugas antar anggota tim. Penyusunan ini mencakup penentuan waktu kegiatan, pembagian sesi penyampaian materi, skenario tanya jawab interaktif, serta pembagian tim pendamping yang bertugas membantu siswa selama praktik. Dokumen final rencana kegiatan disepakati secara bersama dalam rapat terakhir tim pengabdian. Dengan perencanaan yang matang dan dukungan media simulasi yang tepat, diharapkan kegiatan ini mampu memberikan solusi nyata bagi sekolah mitra dalam meningkatkan keterampilan siswa TKJ dalam memahami mikrokontroler Arduino secara modern, efektif, dan tanpa bergantung pada keterbatasan perangkat fisik.

2.1.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini diawali dengan kegiatan pembukaan resmi yang dilaksanakan di ruang aula SMK Negeri 3 Kota Serang. Acara dihadiri oleh kepala sekolah, guru, tim dosen dan mahasiswa pelaksana dari universitas, serta seluruh peserta pelatihan yang terdiri dari siswa kelas XII. Dalam sambutannya, pihak sekolah menyampaikan bahwa pembelajaran mikrokontroler merupakan kompetensi penting di bidang teknologi jaringan dan komputer, namun belum sepenuhnya terimplementasi secara optimal karena keterbatasan perangkat praktik. Oleh karena itu, kerja sama dengan perguruan tinggi dianggap sebagai langkah strategis untuk memberikan alternatif media pembelajaran yang inovatif, salah satunya melalui simulasi Arduino berbasis Wokwi.

Setelah kegiatan pembukaan, tim pelaksana PKM memulai sesi pengantar dengan memberikan gambaran umum mengenai perkembangan teknologi mikrokontroler dan penggunaannya dalam industri modern. Pada tahap ini, siswa diperkenalkan dengan berbagai contoh aplikasi Arduino di bidang otomasi, keamanan, smart home, serta sistem berbasis Internet of Things (IoT). Materi dijelaskan menggunakan tayangan visual yang menarik sehingga siswa dapat memahami keterkaitan antara pembelajaran mikrokontroler di sekolah dengan kebutuhan industri saat ini. Sesi pengantar ini juga menjadi momen untuk mengevaluasi pengetahuan awal siswa terkait dasar mikrokontroler dan pemrograman Arduino.

Pada sesi selanjutnya, tim PKM memberikan penjelasan khusus mengenai platform Wokwi sebagai media simulasi Arduino berbasis cloud. Siswa diperlihatkan bagaimana Wokwi memungkinkan perakitan rangkaian elektronik dan pemrograman Arduino secara real-time tanpa memerlukan perangkat fisik seperti kabel jumper, breadboard, atau board Arduino UNO. Penjelasan mencakup fitur-fitur utama Wokwi, seperti penyusunan rangkaian komponen, upload kode program, serta debugging otomatis. Materi juga meliputi contoh penggunaan komponen virtual populer seperti LDR, LED, sensor ultrasonik, relay, maupun modul IoT. Tujuan sesi ini adalah memberikan pemahaman bahwa simulasi bukan hanya sarana latihan, tetapi juga solusi efektif ketika fasilitas praktik terbatas.

Kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi langsung tentang cara membangun rangkaian berbasis Arduino di Wokwi. Tim PKM menunjukkan langkah-langkah pembuatan akun, pemilihan board, penambahan komponen, serta proses penulisan program menggunakan bahasa C++. Demonstrasi berlanjut pada pengujian simulasi LED otomatis berbasis sensor cahaya, di mana siswa dapat menyaksikan perubahan keluaran LED berdasarkan perubahan nilai intensitas cahaya pada sensor

LDR. Pada tahap ini, siswa mulai memahami bagaimana perangkat input, proses, dan output bekerja dalam sistem mikrokontroler.

Antusiasme peserta semakin terlihat ketika mereka berhasil menjalankan program dan melihat hasil simulasi berfungsi sesuai tujuan. Beberapa kelompok bahkan mengembangkan project sederhana mereka menjadi lebih kompleks, misalnya menambahkan buzzer, mengatur ambang batas logika, atau menambahkan pesan serial monitor untuk memperjelas hasil pembacaan sensor. Keberhasilan siswa dalam praktik ini menunjukkan bahwa metode berbasis simulasi mampu memfasilitasi pemahaman konsep pemrograman dan elektronika dasar dengan baik tanpa harus menunggu perangkat fisik tersedia.

Sebagai rangkaian penutup pelaksanaan kegiatan, tim PKM mengadakan sesi diskusi dan refleksi pembelajaran. Siswa diberi kesempatan menyampaikan kendala yang dialami selama praktik, pemahaman baru yang diperoleh, serta contoh ide project yang ingin mereka kembangkan setelah pelatihan. Guru pendamping juga memberikan tanggapan positif bahwa pembelajaran melalui Wokwi dapat menjadi alternatif media pembelajaran pada mata pelajaran mikrokontroler yang selama ini terkendala keterbatasan peralatan praktik. Diskusi ini turut menghasilkan komitmen bersama antara guru dan tim pengabdian untuk memanfaatkan Wokwi secara berkelanjutan dalam pembelajaran produktif TKJ.

Tahap pelaksanaan kemudian ditutup dengan pemberian kuesioner evaluasi dan post-test untuk mengukur peningkatan kemampuan peserta setelah mengikuti pelatihan. Dari hasil evaluasi awal, sebagian besar siswa menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan terhadap penggunaan Arduino dan teknik perakitan rangkaian melalui Wokwi. Dengan demikian, pelaksanaan PKM ini dapat dinyatakan berjalan efektif dan memberikan dampak positif dalam mendukung inovasi pembelajaran mikrokontroler yang lebih modern, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan pendidikan vokasi berbasis industri masa kini.

2.1.3 Tahap Evaluasi

Tahapan evaluasi menjadi bagian akhir dalam rangkaian kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) di SMK Negeri 3 Kota Serang. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan program, mengukur capaian tujuan pembelajaran, serta menilai sejauh mana peningkatan pemahaman siswa terhadap mikrokontroler menggunakan simulasi Arduino berbasis Wokwi. Selain fokus pada peserta, evaluasi juga diarahkan untuk memperoleh masukan dari guru pendamping sebagai representasi pihak mitra dalam mendukung keberlanjutan penerapan metode pembelajaran ini di sekolah. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya menjadi alat ukur hasil kegiatan, namun juga sebagai dasar pengembangan program serupa di masa mendatang.

Metode evaluasi yang diterapkan terdiri atas dua bentuk, yaitu tes pemahaman (post-test) dan wawancara terstruktur. Post-test diberikan dalam bentuk kuesioner terarah untuk mengukur peningkatan pengetahuan siswa tentang dasar elektronika, pemrograman Arduino, dan penerapan komponen virtual melalui platform Wokwi. Pertanyaan juga menilai bagaimana siswa menyikapi penggunaan simulasi sebagai metode pembelajaran alternatif ketika perangkat fisik seperti Arduino UNO, sensor, atau aktuator tidak tersedia secara memadai di sekolah. Selain itu, kuesioner ditujukan untuk mengetahui respons siswa terhadap metode pengajaran yang diterapkan selama kegiatan.

Hasil post-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terkait logika pemrograman, penggunaan sintaks dasar Arduino, serta pengenalan komponen elektronika seperti LED, resistor, sensor LDR, relay atau MOSFET, dan buzzer dalam lingkungan simulasi. Mayoritas siswa menyatakan bahwa penggunaan Wokwi mempermudah mereka memahami alur kerja mikrokontroler karena dapat langsung melihat hasil program dan respon komponen secara visual dan interaktif tanpa harus menunggu perangkat fisik tersedia. Selain itu, siswa juga menyampaikan bahwa proses debugging menjadi lebih efisien karena kesalahan penulisan program dapat langsung diketahui melalui notifikasi yang disediakan Wokwi.

Selanjutnya, evaluasi dilakukan melalui wawancara dengan kepala sekolah dan guru untuk memperoleh sudut pandang pihak sekolah terkait kebermanfaatan kegiatan. Guru menyampaikan bahwa pelatihan ini sangat relevan dengan materi produktif mikrokontroler yang ada dalam kurikulum, namun selama ini jarang diterapkan karena keterbatasan alat praktik. Penggunaan Wokwi dinilai sebagai solusi efektif dan terjangkau karena dapat dijalankan tanpa biaya tambahan dan dapat diterapkan pada pembelajaran rutin di laboratorium. Guru juga memberikan saran agar pelatihan selanjutnya mencakup proyek berbasis IoT serta memberikan challenge atau tugas pengembangan project agar siswa dapat berkreasi lebih luas.

Selain mengevaluasi respon peserta dan guru, tim PKM juga melakukan evaluasi internal untuk menilai pelaksanaan kegiatan secara keseluruhan. Tim mencatat beberapa hal yang perlu ditingkatkan, seperti pemberian waktu praktik yang lebih panjang dan penambahan materi lanjutan tentang integrasi Wokwi dengan sensor kompleks atau sistem berbasis jaringan. Tim juga menyarankan adanya sesi lanjutan berupa coaching clinic atau pendampingan mandiri bagi siswa yang ingin mengembangkan proyek Arduino dalam bentuk karya tulis, portofolio, atau lomba kejuruan.

Secara keseluruhan, tahap evaluasi menunjukkan bahwa PKM ini berhasil mencapai tujuannya dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa SMK Negeri 3 Kota Serang terhadap mikrokontroler melalui simulasi Wokwi. Evaluasi juga mengungkap bahwa penggunaan simulasi tidak hanya menjadi alternatif ketika alat fisik terbatas, tetapi juga dapat menjadi metode pembelajaran mandiri yang inovatif, menarik, dan mendukung kreativitas peserta didik di era digital. Ke depannya, diharapkan kerja sama antara pihak sekolah dan perguruan tinggi dapat terus dilanjutkan untuk memperkuat kompetensi siswa di bidang elektronika dan pemrograman berbasis mikrokontroler sebagai bekal menghadapi kebutuhan industri teknologi.

2.2 Realisasi Pemecahan Masalah

Pada tahap realisasi pemecahan masalah, tim pelaksana fokus pada upaya konkret untuk menjawab isu utama yang muncul dari hasil observasi awal, yaitu keterbatasan perangkat fisik mikrokontroler yang menyebabkan proses pembelajaran di sekolah menjadi tidak optimal. Kondisi ini mengakibatkan siswa hanya memahami konsep mikrokontroler secara teori tanpa kesempatan yang cukup untuk melakukan praktik langsung. Padahal, pembelajaran mikrokontroler menuntut keterlibatan aktif melalui perakitan rangkaian, pemrograman, serta analisis hasil keluaran. Menyadari hambatan tersebut, tim merumuskan pendekatan inovatif dengan mengintegrasikan platform *Wokwi Arduino Simulator* sebagai solusi utama untuk mengatasi minimnya perangkat fisik di kelas. Langkah ini dipilih karena Wokwi dapat

mensimulasikan berbagai komponen mikrokontroler secara virtual, sehingga siswa tetap dapat berlatih merangkai dan memprogram perangkat tanpa bergantung pada alat nyata.

Tahap awal realisasi dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran yang paling mendesak, yaitu penyediaan media praktik yang mudah diakses, aman bagi pemula. Berdasarkan hasil diskusi dengan guru pengampu, tim kemudian menyusun materi dan modul yang berfokus pada penguasaan dasar-dasar mikrokontroler melalui simulasi. Materi tersebut mencakup pengenalan antarmuka Wokwi, cara memilih komponen, teknik membangun rangkaian virtual, serta pengenalan bahasa pemrograman C/C++ yang digunakan dalam Arduino IDE. Modul dirancang secara aplikatif sehingga siswa dapat langsung memahami hubungan antara teori dan implementasi.

Pelaksanaan realisasi dimulai dengan penyampaian materi interaktif mengenai konsep mikrokontroler, fungsi Arduino, dan manfaat simulasi berbasis Wokwi dalam pembelajaran modern. Siswa diperlihatkan bagaimana rangkaian sederhana seperti LED, resistor, sensor, maupun LCD dapat dihubungkan dan diuji tanpa perangkat fisik. Penjelasan ini menjadi pondasi penting untuk menumbuhkan pemahaman bahwa simulasi Wokwi bukan sekadar media pembelajaran alternatif, tetapi merupakan lingkungan praktik yang realistis, akurat, dan mudah diakses dari perangkat apa pun.

Setelah pemaparan teori, kegiatan dilanjutkan dengan sesi demonstrasi simulasi rangkaian menggunakan Wokwi. Tim menunjukkan langkah-langkah membangun rangkaian LED berkedip (*blinking*), mulai dari pemilihan komponen, penyusunan kabel virtual, hingga penulisan kode C/C++ di Arduino IDE yang sudah terintegrasi di platform Wokwi. Demonstrasi juga mencakup studi kasus lain seperti pembuatan sistem sensor cahaya menggunakan LDR serta pembuatan tampilan teks pada LCD 16x2. Semua contoh dipilih berdasarkan tingkat kesulitan bertahap agar siswa dapat menyesuaikan kemampuan secara progresif.

Sesi praktik merupakan inti dari proses realisasi pemecahan masalah. Siswa dibagi ke dalam kelompok kecil agar setiap peserta memperoleh kesempatan untuk mencoba langsung membangun dan memodifikasi rangkaian virtual. Tim bertindak sebagai fasilitator yang mengarahkan, memberikan contoh, dan membantu siswa memahami logika pemrograman. Dalam proses ini, siswa dihadapkan pada berbagai kendala seperti kesalahan sintaks program, rangkaian yang tidak terhubung dengan benar, atau keluaran yang tidak muncul sesuai harapan. Namun, situasi tersebut justru menjadi media pembelajaran penting untuk mengembangkan keterampilan *problem-solving*. Siswa dilatih untuk membaca pesan error, menganalisis kemungkinan penyebab, dan mencoba solusi hingga program berjalan sesuai fungsi.

Diskusi terbuka diberikan selama sesi praktik agar siswa dapat bertukar ide dan menjelaskan hasil temuannya kepada kelompok lain. Banyak gagasan kreatif muncul dari interaksi tersebut, seperti keinginan membuat sistem alarm sederhana, pemantau suhu ruangan, hingga kontrol lampu otomatis berbasis sensor. Ide-ide ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami simulasi, tetapi juga mampu mengaplikasikan mikrokontroler untuk kebutuhan nyata.

Tahap akhir dari realisasi pemecahan masalah adalah penyusunan rencana tindak lanjut bagi siswa dan guru. Tim memberikan template praktikum yang dapat digunakan guru untuk melanjutkan pembelajaran secara mandiri, termasuk daftar proyek mini yang dapat dikembangkan menggunakan Wokwi tanpa perlu perangkat fisik. Selain itu, siswa diarahkan untuk membuat portofolio proyek sebagai dokumentasi perkembangan keterampilan

pemrograman dan perancangan rangkaian. Upaya ini bertujuan memastikan bahwa pengetahuan yang diperoleh tidak berhenti sebagai teori, tetapi berkembang menjadi kemampuan teknis yang dapat digunakan dalam pembelajaran maupun kompetisi kejuruan.

Secara keseluruhan, tahap realisasi ini berjalan efektif dan mendapat respons positif dari siswa maupun guru. Pendekatan yang menggabungkan teori, demonstrasi, simulasi praktik, serta pendampingan intensif terbukti mampu meningkatkan pemahaman siswa dalam bidang mikrokontroler. Dengan dukungan platform Wokwi, keterbatasan perangkat fisik tidak lagi menjadi hambatan, sehingga pembelajaran mikrokontroler dapat berlangsung secara inovatif, interaktif, dan berkelanjutan. Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa simulasi Arduino berbasis Wokwi adalah solusi yang aplikatif dan relevan untuk meningkatkan kompetensi siswa di bidang elektronika dan pemrograman embedded system.

2.3 Khalayak Sasaran

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini secara khusus menyasar siswa-siswa SMKN 3 Kota Serang sebagai khalayak utama. Mereka merupakan generasi muda yang akan menjadi agen perubahan di bidang teknologi dan energi di masa mendatang.

Siswa Jurusan TKJ (Teknik Komputer dan Jaringan) dilibatkan secara aktif dalam kegiatan pembelajaran untuk memahami dasar-dasar mikrokontroler serta praktik pembuatan rangkaian Arduino melalui platform simulasi Wokwi. Dalam proses ini, siswa tidak hanya mengikuti instruksi, tetapi juga diajak untuk berpikir kritis, menyusun logika pemrograman, serta merancang dan menguji simulasi rangkaian secara langsung. Pendekatan ini mendorong siswa agar lebih kreatif, mandiri, dan terbiasa memecahkan masalah secara sistematis.

Guru Pembimbing TKJ diberikan pelatihan serta dokumentasi pelaksanaan kegiatan sebagai bekal untuk mengimplementasikan dan mengembangkan pembelajaran serupa di kelas. Melalui pelatihan ini, guru diharapkan mampu menerapkan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) yang menekankan pada praktik, kolaborasi, dan pemanfaatan teknologi simulasi sebagai media pembelajaran yang efektif.

Secara keseluruhan, fokus pada siswa dan guru SMKN 2 Kota Serang sebagai khalayak sasaran diharapkan dapat menumbuhkan budaya literasi teknologi dan energi sejak dini. Dengan pendekatan praktis dan berbasis pengalaman langsung, kegiatan PKM ini akan menjadi landasan yang kuat untuk mempersiapkan generasi muda yang sadar akan pentingnya pengelolaan energi secara efisien dan berkelanjutan.

2.4 Tempat dan Waktu

2.4.1 Tempat Pelaksanaan

Kegiatan dilaksanakan di SMKN 3 Kota Serang yang beralamatkan di Jl. Kimara No.1, Lebakwangi, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183. Pemilihan tempat ini didasarkan pada pertimbangan bahwa para siswa di SMK memiliki potensi besar untuk menjadi agen penerapan teknologi inovatif. Selain itu, fasilitas yang memadai dan dukungan dari pihak sekolah menjadi faktor pendukung penting untuk suksesnya kegiatan.

SMKN 3 Kota Serang terletak di lokasi strategis yang mudah dijangkau oleh tim PKM dari Universitas Pamulang, mempermudah koordinasi dan mobilisasi peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan kegiatan. Lingkungan sekolah yang kondusif juga menjadi nilai tambah, karena mendukung proses pembelajaran interaktif dan praktik langsung yang menjadi fokus utama kegiatan PKM ini.

Pelaksanaan kegiatan PKM dilaksanakan dalam rentang waktu yang telah disepakati bersama antara pihak kampus dan pihak sekolah. Secara umum, kegiatan PKM ini dilaksanakan selama satu hari penuh, yang meliputi sesi sosialisasi, pelatihan, praktik langsung, dan diskusi evaluasi. Kegiatan difokuskan pada pengenalan materi dan diskusi interaktif, kemudian dilanjutkan dengan praktik langsung dan pendampingan implementasi teknologi.

2.4.2 Waktu Pelaksanaan

Kegiatan PKM ini dilaksanakan pada hari Kamis tanggal 09 bulan Oktober 2025. Tanggal tersebut dipilih karena waktu tersebut bertepatan dengan jadwal siswa yang relatif longgar dan agenda sekolah lainnya. Hal ini memungkinkan siswa untuk lebih fokus dalam mengikuti rangkaian kegiatan yang dirancang. Selain itu, pelaksanaan di bulan April juga diharapkan menjadi momentum untuk memulai kebiasaan baru dalam pengelolaan energi yang lebih efisien, yang kemudian bisa diterapkan di rumah dan lingkungan sekitar.

Pelaksanaan kegiatan berlangsung mulai pagi hingga sore hari, dimulai pukul 08.00 WIB dan berakhir sekitar pukul 17.00 WIB. Jadwal ini dirancang agar kegiatan tidak mengganggu aktivitas rutin belajar siswa, dan memungkinkan peserta untuk mengikuti semua sesi dengan penuh semangat dan antusiasme. Tim PKM memastikan bahwa setiap sesi disusun secara terstruktur, sehingga materi dapat disampaikan dengan efektif dan praktik dapat dilakukan secara optimal.

Secara keseluruhan, pemilihan tempat dan waktu pelaksanaan ini telah dipertimbangkan dengan matang agar mendukung tercapainya tujuan PKM. Dengan dukungan penuh dari pihak sekolah dan semangat belajar dari para siswa, kegiatan PKM di SMKN 3 Kota Serang diharapkan dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi para peserta.

Berikut rincian kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di SMKN 3 Kota Serang yang mencakup persiapan, pelaksanaan, evaluasi, publikasi, dan pelaporan.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan

No	Nama Kegiatan	Bulan (2025)					
		3	4	5	6	7	8
1.	Persiapan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM)						

SINTAK-MAS

(Sinergi Teknologi dan Masyarakat)

Vol. 1, No. 3, Mei 2026: Hal 216-230

E-ISSN:3123-4895 ; P-ISSN:3123-5069

	a. Observasi lokasi PkM						
	b. Perijinan						
	c. Penetapan jadwal dan Rancangan kegiatan PkM						
	d. Penyusunan materi PkM						
2.	Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM)						
	a. Seminar dan diskusi materi PkM						
	b. Penyebaran angket PkM						
3.	Evaluasi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM)						
	a. Analisa angket PkM						
4.	Publikasi Pengabdian kepada Masyarakat (PkM)						
	a. Publikasi artikel media massa						
	b. Publikasi Jurnal PkM						
5.	Pelaporan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM)						
	a. Laporan Akhir PkM						
	b. Desiminasi PkM						

2.5 Metode Kegiatan

Metode kegiatan PKM ini dirancang secara terstruktur dan sistematis, agar materi yang disampaikan dapat dipahami dengan mudah dan diterapkan oleh para peserta. Pendekatan yang digunakan dalam pelaksanaan PKM adalah kombinasi antara penyampaian teori, demonstrasi langsung, praktik mandiri, dan diskusi interaktif. Metode ini dipilih untuk memastikan bahwa peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga keterampilan praktis yang relevan dengan kebutuhan sehari-hari.

Tahap pertama dalam metode kegiatan adalah pembukaan dan penyampaian tujuan kegiatan. Dalam tahap ini, tim PKM menjelaskan latar belakang kegiatan, urgensi efisiensi energi berbasis teknologi IoT menggunakan arduino, serta manfaat yang akan diperoleh peserta. Penekanan disampaikan bahwa teknologi ini dapat diadopsi dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung penghematan energi dan keberlanjutan lingkungan.

Selanjutnya, metode ceramah interaktif digunakan untuk memperkenalkan konsep dasar mengenai pengenalan teknologi IoT yakni mikrokontroler arduino, media simulasi berbasis web dengan wokwi.

Tahap berikutnya adalah metode praktik mandiri. Para peserta dibagi menjadi beberapa kelompok kecil dan masing-masing kelompok diberikan perangkat IoT untuk dicoba secara langsung. Tim PKM dan mahasiswa pendamping mendampingi setiap kelompok untuk membantu memecahkan masalah teknis yang muncul, sekaligus memberikan penjelasan tambahan sesuai kebutuhan peserta. Melalui praktik mandiri ini, peserta memperoleh pengalaman nyata dan mengembangkan keterampilan memecahkan masalah.

Metode diskusi kelompok juga menjadi bagian integral dari kegiatan PKM ini. Setelah praktik selesai, peserta diberikan waktu untuk berdiskusi dalam kelompok dan mempresentasikan hasil praktik mereka. Diskusi ini memfasilitasi tukar pendapat, penguatan konsep, dan memunculkan

ide-ide kreatif dalam pemanfaatan teknologi IoT untuk efisiensi energi. Sebagai bagian dari metode pembelajaran aktif, tim PKM juga menggunakan metode studi kasus. Peserta diajak menganalisis situasi nyata terkait konsumsi energi di rumah masing-masing dan bagaimana teknologi yang telah diperkenalkan dapat diterapkan untuk memecahkan masalah tersebut. Dengan cara ini, peserta dapat melihat relevansi materi dengan kebutuhan sehari-hari dan termotivasi untuk menerapkannya secara langsung.

Untuk memastikan ketercapaian tujuan, dilakukan metode evaluasi formatif. Evaluasi ini dilakukan melalui pre-test dan post-test, yang mengukur pemahaman awal dan peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan. Hasil evaluasi menjadi bahan refleksi dan perbaikan bagi tim PKM agar kegiatan serupa di masa depan dapat dilaksanakan lebih baik. Metode pendampingan personal juga diterapkan dalam bentuk monitoring dan konsultasi singkat pasca kegiatan. Tim PKM memberikan kesempatan kepada peserta untuk bertanya lebih lanjut atau menyampaikan kendala yang dihadapi ketika mencoba mengimplementasikan teknologi di rumah. Pendampingan ini dilakukan secara fleksibel, baik secara langsung maupun melalui platform daring.

Secara keseluruhan, metode yang digunakan dalam PKM ini menekankan prinsip partisipatif dan kontekstual. Melalui kombinasi teori, praktik langsung, diskusi, dan pendampingan, kegiatan ini tidak hanya menjadi ajang transfer ilmu, tetapi juga sarana membangun kesadaran, keterampilan, dan rasa percaya diri peserta. Diharapkan, pendekatan ini mampu menanamkan kebiasaan positif dalam pengelolaan energi dan memotivasi peserta untuk menjadi pelopor masyarakat berkelanjutan di masa depan.

2.6 Instrumen Penilaian Materi

Dalam rangka mengevaluasi tingkat keberhasilan pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) yang berjudul “Inovasi Pembelajaran Mikrokontroler Melalui Simulasi Arduino Berbasis Wokwi”, digunakan metode evaluasi berbasis survei kuesioner. Kuesioner ini disusun sebagai instrumen penilaian terstruktur untuk mengukur perubahan pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan peserta sebelum dan sesudah kegiatan (pretest dan posttest). Dengan demikian, instrumen ini berfungsi sebagai alat ukur objektif yang dapat menilai seberapa besar dampak kegiatan PKM terhadap peningkatan literasi dan keterampilan peserta dalam memami teknologi IoT menggunakan aplikasi Wokwi sebagai lingkungan simulasi Arduino.

Untuk metode skala penilaian, digunakan skala Likert 4 (1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, 4 = sangat setuju). Pemilihan skala Likert 4 sengaja dilakukan agar responden tidak memilih nilai tengah (seperti “netral”), sehingga diharapkan dapat meminimalkan bias penilaian dan mendorong responden memberikan penilaian yang lebih tegas sesuai persepsi sebenarnya. Dengan demikian, hasil evaluasi menjadi lebih valid dan memudahkan interpretasi data perbandingan pretest dan posttest. Adapun instrumen kuesioner yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Saya memahami pengetahuan dasar tentang komponen elektronika, seperti resistor, LED, dan sensor.
- Saya memiliki pengalaman dalam merangkai sirkuit menggunakan breadboard.
- Saya memahami pentingnya penggunaan resistor dalam sebuah rangkaian elektronika.
- Proyek ini sesuai dengan tingkat keahlian saya saat ini.
- Saya termotivasi untuk mempelajari lebih lanjut tentang proyek elektronika.
- Saya sudah familiar dengan lingkungan pemrograman Arduino IDE.
- Saya memahami konsep dasar arus listrik, tegangan, dan hambatan.
- Proyek ini relevan dengan jurusan atau minat saya di sekolah.
- Saya Merasa tertarik dan penasaran dengan dunia IoT.

2.7 Instrumen Kepuasan Kegiatan

Untuk memastikan keberhasilan pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) berjudul “Inovasi Pembelajaran Mikrokontroler Melalui Simulasi Arduino Berbasis Wokwi”, perlu dilakukan evaluasi sistematis mengenai tingkat kepuasan peserta terhadap keseluruhan proses kegiatan. Evaluasi ini bertujuan mengukur persepsi, pengalaman, serta tingkat kepuasan peserta setelah mengikuti rangkaian kegiatan PKM, sehingga dapat menjadi dasar untuk menilai kualitas pelaksanaan sekaligus bahan perbaikan program di masa mendatang.

Penilaian kepuasan peserta menggunakan metode survei kuesioner dengan skala Likert 4 poin (1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, 4 = sangat setuju). Pemilihan skala Likert 4 ini dimaksudkan agar responden tidak memilih nilai tengah (netral), sehingga dapat mengurangi bias penilaian dan mendorong peserta memberikan jawaban yang lebih tegas berdasarkan persepsi nyata mereka. Hasil dari survei ini diharapkan mampu memberikan gambaran objektif mengenai kualitas materi, relevansi kegiatan, kompetensi narasumber, serta kesesuaian program dengan kebutuhan masyarakat sekolah. Adapun instrumen kuesioner kepuasan pelaksanaan kegiatan PKM yang digunakan adalah sebagai berikut:

INSTRUMEN KEPUASAN PELAKSANAAN KEGIATAN PKM

- Tujuan dan manfaat kegiatan PKM tersampaikan dengan jelas
- Materi yang disampaikan selama kegiatan sangat berkualitas
- Memahami konsep IoT menggunakan arduino yang disimulasikan berbasis wokwi.
- Peserta senang ikut terlibat dalam sesi diskusi dan praktik.
- Penyampaian materi oleh narasumber/instruktur berkualitas baik.
- Pelaksanaan kegiatan dengan kebutuhan masyarakat sekolah sangat relevan.
- Fasilitas dan alat bantu yang digunakan selama pelatihan sangat berkualitas.
- Harapan peserta dan hasil yang diperoleh sangat sesuai.
- Teknologi yang diajarkan mudah diterapkan.
- Secara keseluruhan kegiatan PKM memuaskan.

Melalui instrumen tersebut, diharapkan dapat diperoleh data kuantitatif yang akurat mengenai tingkat kepuasan peserta. Analisis hasil survei akan menjadi landasan untuk mengevaluasi

efektivitas PKM serta meningkatkan mutu kegiatan serupa pada kesempatan berikutnya, agar manfaatnya semakin luas dan berkelanjutan bagi masyarakat.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Pelaksanaan program Pengabdian kepada Masyarakat ini berhasil menjawab kebutuhan peningkatan literasi teknologi di SMKN 3 Kota Serang, khususnya dalam konteks pembelajaran mikrokontroler melalui simulasi arduino berbasis wokwi. Kegiatan edukasi, pelatihan, dan praktik secara langsung telah mampu meningkatkan pemahaman serta keterampilan siswa dan guru.

1. Data hasil evaluasi menunjukkan bahwa mayoritas peserta merasa sangat puas dengan kegiatan PKM dari data sebanyak 74% responden menyatakan sangat puas dan 26% menyatakan puas terhadap pelaksanaan kegiatan PKM.
2. Data kuesioner mencatatkan kenaikan signifikan skor pemahaman antara pretest dan posttest. Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini membuktikan bahwa penerapan teknologi tepat guna dengan pendekatan praktis, kolaboratif, dan partisipatif, sangat efektif untuk meningkatkan wawasan serta sikap masyarakat pendidikan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

3.2 Saran

Sebagai saran, tim PKM merekomendasikan agar kegiatan serupa dapat dilaksanakan secara berkala dengan materi yang lebih luas dan mendalam. Selain itu, diharapkan adanya kolaborasi yang lebih erat antara perguruan tinggi dan sekolah untuk mengembangkan kurikulum yang adaptif dengan teknologi terbaru, sehingga siswa semakin siap menghadapi perkembangan industri dan tantangan masa depan.

Secara keseluruhan, kegiatan PKM di SMKN 3 Kota Serang ini menjadi langkah awal yang positif dalam memperkenalkan inovasi teknologi IoT yakni mikrokontroler yang disimulasikan menggunakan arduino berbasis wokwi. Hasil dan pengalaman yang diperoleh menjadi bekal berharga, tidak hanya bagi para siswa dan guru, tetapi juga bagi tim PKM sebagai dasar untuk pengembangan program pengabdian yang lebih baik dan lebih berdampak di masa mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W, Wahyudi, and E Sabara. "DESAIN DAN IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER BERBASIS HYBRID LEARNING MENGGUNAKAN WOKWI SIMULATION." *Jurnal Media Elektrik*, vol. 19, no. 3, Nov. 2020, pp. 186–93. [journal.unm.ac.id, https://doi.org/10.59562/metrik.v19i3.5473](https://doi.org/10.59562/metrik.v19i3.5473).
- [2] Jeevanantham, Y. Alexander, et al. "Implementation of Internet-of Things (IoT) in Soil Irrigation System." 2020 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS), 2020, pp. 1–5. IEEE Xplore, <https://doi.org/10.1109/ICPECTS56089.2022.10047185>.
- [3] N. A. Y. Pambayun, H. Sofyan, and K. Haryana, "Vocational High School Infrastructure Conditions and The Challenges in Facing The Era of Literation and Industrial Revolution 4.0," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1700, no. 1, p. 012068, Dec. 2020, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1664/1/012149>.

-
- [4] Wahyudi, Wahyudi, and Edy Sabara. "DESAIN DAN IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER BERBASIS HYBRID LEARNING MENGGUNAKAN WOKWI SIMULATION." *Jurnal Media Elektrik*, vol. 19, no. 3, Nov. 2020, pp. 186–93. journal.unm.ac.id, <https://doi.org/10.59562/metrik.v19i3.5473>.
- [5] Yanti, Hesmi Aria, et al. "SIMULASI SISTEM MONITORING OKSIGEN TERLARUT (DO) PADA BUDIDAYA UDANG VANAME BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)." *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*, vol. 5, no. 1, Dec. 2020, pp. 57–67. ejournal.akademitelkom.ac.id, https://doi.org/10.52661/j_ict.v5i1.156.
- [6] Afriliana, Ida, et al. "PENINGKATAN HARD SKILL SISWA MELALUI PENGENALAN INTERNET OF THINGS DAN COMPUTER VISION." *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 6, no. 2, Apr. 2020, p. 1540. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i2.7402>.
- [7] F. Wibowo, Suheri, M. Diponegoro, and B. Hermanto, "Desain dan Implementasi Smart Laboratory Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan Thingsboard untuk Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan di Laboratorium Teknik Informatika POLNEP," *Elit*, vol. 3, no. 2, pp. 13–21, 2020. <https://doi.org/10.31489/2021Ped4/101-107>.
- [8] Sahifa, Ainun Arsyi, et al. "Pengiriman Data Berbasis Internet of Things Untuk Memonitoring Sistem Hemodialisis Secara Jarak Jauh." *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, no. 2, Jan. 2020, pp. A209–14, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.55650>.
- [9] Yanti, Hesmi Aria, et al. "SIMULASI SISTEM MONITORING OKSIGEN TERLARUT (DO) PADA BUDIDAYA UDANG VANAME BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)." *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*, vol. 5, no. 1, Dec. 2020, pp. 57–67. ejournal.akademitelkom.ac.id, https://doi.org/10.52661/j_ict.v5i1.156.
- [10] T. S. Gunawan et al., "Prototype design of smart home system using internet of things," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 107–115, 2020, <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v7.i1.pp107-115>.
- [11] M. R. Basirung and Wahyudi, "The Development of IoT-Based Microcontroller Media for Industrial Program 4.0 at Vocational Secondary School," *Jurnal Teknodik*, 2024, doi: 10.32550/teknodik.vi.1084.
- [12] R. P. Tulodo, R. I. Fitria, A. Sofyan, and E. Budiraharjo, "Penggunaan Simulator Wokwi untuk Meningkatkan Literasi Pemrograman Mikrokontroler dalam Proyek Internet of Things," *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: 10.47668/edusaintek.v12i1.1442.
- [13] Wahyudi and M. Yahya, "The Role of the Use of IoT (Internet of Things) Microcontrollers in the Electronics Vocational Education Sector in Practicum Learning," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.59562/jessi.v4i2.921.
- [14] D. Wara and B. Suprianto, "Pengembangan Trainer Internet of Things Berbasis Mikrokontroler ESP32 pada Mata Pelajaran Pemrograman, Mikroprosesor dan Mikrokontroler di SMK Negeri 2 Surabaya," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 103–112, 2021, doi: 10.26740/jpte.v10n02.p103-112.
- [15] S. B. Worsito and M. Ali, "Pengembangan Media Pembelajaran Internet of Things (IoT) untuk Mata Pelajaran Piranti Sensor dan Aktuator pada Paket Keahlian Teknik Otomasi Industri di SMKN 2 Depok," *Jurnal Pendidikan Teknik Mekatronika*.
- [16] F. Wibowo, Suheri, M. Diponegoro, and B. Hermanto, "Design and Implementation of IoT-Based Smart Laboratory Using ESP32 and ThingsBoard to Improve Security and Safety in POLNEP Informatics Engineering Laboratory," *Jurnal ELIT*, vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.31573/elit.v3i2.402.