

Implementasi Pembelajaran *Internet of Things* (IoT) Berbasis *Project-Based Learning* pada Siswa Kelas 12 MA Nurul Ummah Yogyakarta

Hanif Amarudin^{1*}, Naufal Hafizh Mufafaq², Bambang Sugiantoro³

^{1,2,3}Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

*Email: 25206051005@student.uin-suka.ac.id

ABSTRACT

The digital divide and limited infrastructure at the secondary education level often hinder the mastery of Internet of Things (IoT) technology, which is crucial for students' career readiness. This community service program aims to improve the understanding of basic IoT concepts and technical skills for 12th grade students at MA Nurul Ummah Yogyakarta in order to bridge the transition to college or work. The implementation method applied a Project-Based Learning (PjBL) approach assisted by the Tinkercad simulator, involving 71 students in 36 working groups. Participants were given theoretical training followed by practical simple project design, including traffic lights, light sensors, temperature sensors, and running text. The results of the activity showed a project completion success rate of 70.59%, with the temperature sensor project achieving the highest success rate (100%). Cognitively, the post-test evaluation recorded a significant increase, with 69.23% of students achieving a "Very Good" rating (score of 100), even though the majority of students had limited prior knowledge. It was concluded that simulation-based IoT education proved to be effective and efficient in improving students' digital literacy and problem-solving skills, although challenges in programming logic still require further study.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Project-Based Learning, Tinkercad, Digital Literacy, High School Education.*

ABSTRAK

Kesenjangan digital dan terbatasnya infrastruktur di tingkat pendidikan menengah seringkali menghambat penguasaan teknologi Internet of Things (IoT) yang krusial bagi kesiapan karier siswa. Pengabdian ini bertujuan meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan teknis dasar IoT bagi siswa kelas 12 MA Nurul Ummah Yogyakarta guna menjembatani transisi menuju dunia perkuliahan atau kerja. Metode pelaksanaan menerapkan pendekatan Project-Based Learning (PjBL) berbantuan simulator Tinkercad yang melibatkan 71 siswa dalam 36 kelompok kerja. Peserta diberikan pelatihan teoritis yang dilanjutkan dengan praktik perancangan proyek sederhana, meliputi lampu lalu lintas, sensor cahaya, sensor suhu, dan running text. Hasil kegiatan menunjukkan tingkat keberhasilan penyelesaian proyek sebesar 70,59%, dengan proyek sensor suhu mencapai tingkat kesuksesan tertinggi (100%). Secara kognitif, evaluasi post-test mencatat peningkatan signifikan dimana 69,23% siswa meraih predikat "Sangat Baik" (skor 100), meskipun mayoritas siswa memiliki pengetahuan awal yang terbatas. Disimpulkan bahwa edukasi IoT berbasis simulasi proyek terbukti efektif dan efisien dalam meningkatkan literasi digital serta kemampuan pemecahan masalah siswa, walaupun tantangan pada logika pemrograman masih membutuhkan pendalaman lebih lanjut.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT), Pembelajaran Berbasis Proyek, Tinkercad, Literasi Digital, Pendidikan Menengah Atas.*

PENDAHULUAN

Pendidikan selalu berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat. Persebaran teknologi yang masif mengubah cara pengetahuan disampaikan dan diaplikasikan. Salah satu perkembangan teknologi yang penting adalah *Internet of Things* (IoT). IoT secara konsep dasar merujuk pada kemampuan perangkat untuk saling terhubung, bertukar data, dan mendukung otomatisasi di berbagai bidang seperti industri, kesehatan dan pendidikan. Dalam konteks pendidikan, mempelajari IoT bagi siswa tidak hanya tentang memahami penggunaan teknologi saja, namun juga untuk menyiapkan diri untuk

menghadapi tantangan perkembangan teknologi di masa depan. Pembelajaran berbasis IoT dapat memperkuat keterampilan memecahkan masalah dan melatih untuk berpikir kritis siswa (Sappaile et al., 2024). Kompetensi ini penting, karena lingkungan akademik dan profesional di masa depan membutuhkan literasi digital dan kesadaran teknologi yang kuat.

Seorang siswa, khususnya yang berada pada jenjang kelas 12, berada pada tahap penting sebelum memasuki dunia perkuliahan ataupun dunia kerja. Pada tahap ini, mereka membutuhkan keterampilan teknis teknologi yang dapat mendukung karir di masa depan. Namun, banyak siswa yang masih memiliki pemahaman yang terbatas tentang IoT. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan digital dalam pendidikan, khususnya bagi sekolah yang belum memiliki akses infrastruktur dan aktivitas pembelajaran berbasis teknologi yang memadai (Astari & Yulianto, 2025). Tanpa pelatihan yang memadai, siswa mungkin akan kesulitan beradaptasi dalam perkembangan teknologi yang cepat. Oleh karena itu, kegiatan pelatihan IoT diperlukan untuk menjembatani kesenjangan ini. Pengenalan IoT melalui aktivitas berbasis proyek (*project-based learning*), memungkinkan siswa memahami teori sekaligus menerapkan secara langsung. Pembelajaran IoT berbasis proyek memiliki pengaruh dalam pengembangan pemikiran secara komputasional dan kolaborasi siswa (Rosa et al., 2025). Dengan demikian, pembelajaran berbasis proyek IoT merupakan langkah penting untuk menumbuhkan kreativitas, *problem solving*, dan keterampilan kolaboratif di era digital.

Sebuah studi melakukan pelatihan IoT di MA Terpadu Ali Bin Abi Tholib. Pelatihan dilakukan untuk memperkenalkan IoT dan mengintegrasikan kemampuan tersebut ke dalam kurikulum sekolah. Kegiatan tersebut dilaksanakan dalam bentuk *workshop* yang terdiri dari pengenalan IoT, perakitan komponen, dan sosialisasi penggunaan alat. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan siswa dalam pemahaman maupun keterampilan dalam menggunakan perangkat IoT (Hutajulu et al., 2024). Studi yang serupa melakukan pelatihan keterampilan IoT di MAN 1 Lhokseumawe. Kegiatan tersebut dilakukan meningkatkan kesadaran dan mempersiapkan keterampilan siswa agar tetap relevan di era Industri 4.0. Pelatihan dilakukan dengan metode *participatory approach* menggunakan platform *Tinkercad*. Hasilnya menunjukkan perbandingan sebelum dan sesudah pelatihan dilakukan. Hasil *pretest* mendapatkan skor rata-rata 2.4 sedangkan hasil *posttest* mendapatkan skor rata-rata 9.4, yang menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan siswa (Mulyadi et al., 2025). Studi lainnya melakukan penelitian untuk murid dan guru di SMAN 16 Pekanbaru. Pelatihan ini dilakukan untuk menjawab tantangan yang dihadapi, yaitu kurangnya pemahaman mengenai IoT, sehingga dapat menghambat pemanfaatan IoT dalam pembelajaran. Pelatihan terdiri dari demonstrasi, sesi pemrograman melalui *Tinkercad* dan proyek akhir. Hasilnya menunjukkan peningkatan pemahaman peserta dari skor *pre-test* sebesar 16.9% dan skor *post-test* sebesar 97.1% (Costaner et al., 2025).

Tren pelatihan IoT di tingkat pendidikan menengah semakin meluas. (Akbar et al., 2024) juga telah mengimplementasikan pelatihan serupa bagi siswa multimedia di SMK, yang membuktikan bahwa pemahaman IoT dapat dikolaborasikan dengan berbagai disiplin ilmu kejuruan. Sejalan dengan itu, (Ahmad Faidlon & Putri Aulia Faradina, 2024) melakukan pengenalan dasar IoT di SMA Negeri 1 Donorojo untuk memperkuat literasi teknologi siswa di daerah. Selain meningkatkan keterampilan individu, integrasi teknologi ini menurut (Arpan et al., 2024) merupakan langkah strategis menuju konsep *Smart School* yang menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih adaptif dan modern.

Secara umum, penelitian-penelitian sebelumnya telah melakukan kegiatan pelatihan yang berfokus pada pengembangan keterampilan siswa sebagai bentuk mempersiapkan sumber daya manusia yang mampu menghadapi tantangan perkembangan teknologi di masa depan. Penelitian ini akan melakukan kegiatan yang serupa dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang terdiri dari dua termin. Termin pertama dilakukan untuk penguatan teori IoT, kemudian termin kedua dilakukan untuk sesi praktikum dan proyek akhir sebagai evaluasi. Kegiatan pelatihan ini akan dilaksanakan untuk siswa kelas 12 di Madrasah Aliyah (MA) Nurul Ummah Yogyakarta.

Tujuan utama penelitian ini adalah memberikan pelatihan dasar IoT bagi siswa kelas 12 MA Nurul Ummah Yogyakarta untuk meningkatkan keterampilan praktis siswa dalam mengembangkan proyek IoT sederhana melalui kegiatan belajar berbasis proyek (*project-based learning*). Kegiatan pelatihan ini diharapkan dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan IoT praktis, meningkatkan kemampuan *problem solving*, dan sebagai bekal untuk studi lanjut atau di dunia kerja. Selain itu, kegiatan ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi dan mendukung konsep IoT ke dalam kegiatan pembelajaran di sekolah serta sebagai kontribusi nyata dalam pengabdian kepada masyarakat.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di MA Nurul Ummah Yogyakarta dengan sasaran utama siswa kelas 12 yang berasal dari tiga jurusan, yaitu kelas 12 SOSIAL 1, 12 SOSIAL 2, dan 12 SAINS. Pemilihan sasaran tersebut didasarkan pada kebutuhan siswa kelas akhir untuk memperoleh penguatan keterampilan ke depannya, khususnya dalam bidang teknologi dan literasi digital. Secara keseluruhan, kegiatan ini melibatkan 71 siswa, yang selanjutnya dibagi ke dalam 36 kelompok. Pembagian kelompok dilakukan secara proporsional dengan tujuan untuk mendukung pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), mendorong kolaborasi antar siswa, serta meningkatkan kemampuan komunikasi dan kerja sama tim dalam menyelesaikan tugas yang diberikan. Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dirancang melalui tiga tahapan utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi.

Pada tahap persiapan, tim pelaksana melakukan survei kebutuhan sekolah untuk mengidentifikasi kondisi awal, ketersediaan sarana dan prasarana, serta tingkat pemahaman siswa terhadap konsep *Internet of Things* (IoT). Hasil survei tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan modul pelatihan IoT sederhana yang disesuaikan dengan karakteristik siswa sekolah menengah atas.

Tahap pelaksanaan meliputi sesi teori yang berfokus pada pengenalan IoT, konsep dasar, serta contoh penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari, yang disampaikan secara interaktif. Selanjutnya, siswa mengikuti sesi praktik dengan mengerjakan proyek IoT sederhana secara berkelompok sebagai bentuk implementasi materi yang telah dipelajari.

Tahap evaluasi dilakukan melalui refleksi dan *post-test* untuk mengukur tingkat pemahaman siswa setelah mengikuti pelatihan, serta observasi langsung terhadap keterampilan siswa selama praktik guna menilai kemampuan teknis, kerja sama kelompok, dan pemecahan masalah. Hasil evaluasi ini digunakan untuk menilai efektivitas kegiatan serta sebagai bahan perbaikan pada pelaksanaan program serupa di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pelatihan IoT dilaksanakan untuk siswa kelas 12 Madrasah Aliyah Nurul Ummah Yogyakarta dengan total 71 siswa yang terbagi dalam tiga kelas, meliputi kelas 12 SOSIAL 1, 12 SOSIAL 2, dan 12 SAINS. Kegiatan ini dilakukan secara bergantian pada tiap kelas dengan membagi ke dalam beberapa kelompok. Kelas 12 SOSIAL 1 dengan 11 kelompok, kelas 12 SOSIAL 2 dengan 11 kelompok, dan kelas 12 SAINS dengan 14 kelompok, sehingga total keseluruhan adalah 36 kelompok. Kegiatan pelatihan dilakukan sebanyak dua pertemuan untuk tiap kelas yang bertempat di laboratorium komputer. Pertemuan pertama dilakukan untuk pemaparan teori dan konsep dasar IoT sebagai awal pengenalan IoT untuk siswa. Kemudian, pertemuan kedua digunakan untuk sesi praktikum dengan membuat proyek sederhana berdasarkan kelompok.

Tingkat partisipasi siswa pada pertemuan kedua sesi praktikum menurun dari 36 kelompok menjadi 34 kelompok. Hal ini terjadi karena ada lima siswa izin tidak hadir dikarenakan kondisi badan yang sedang kurang sehat. Sesi praktikum menggunakan simulator *Tinkercad Arduino*. Setiap kelompok diberikan akun untuk melakukan praktik langsung dan mengembangkan proyek sederhana IoT. Penggunaan simulator memungkinkan siswa untuk berlatih tanpa memerlukan perangkat keras fisik, sehingga dapat mengefisieni biaya dalam proses pelatihan. Efektivitas penggunaan alat bantu virtual ini didukung oleh studi terbaru yang menyebutkan bahwa pembelajaran dengan memanfaatkan *Tinkercad* memiliki dampak positif signifikan terhadap performa siswa dalam memahami konsep elektronika industri dan logika rangkaian sebelum beralih ke perangkat keras nyata (BL et al., 2024). Setiap kelompok diberikan empat pilihan proyek sederhana, di mana tiap kelompok bebas memilih proyek yang ingin dikerjakan. Empat proyek sederhana ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Proyek sederhana pelatihan IoT

Nama Proyek	Keterangan	Total Kelompok
Lampu lalu lintas	Membuat lampu lalu lintas dengan <i>Timer 7-Segment (HT16K33)</i>	17
Sensor cahaya	Menghubungkan LED dengan sensor cahaya (<i>photoresistor</i>) agar dapat menyala otomatis saat gelap	8
Sensor suhu	Menampilkan suhu yang diterima dari sensor suhu dan menampilkannya menggunakan LCD I2C	6
<i>Running text</i>	Menampilkan teks yang berjalan menggunakan Arduino Uno dan LCD 16x2 I2C	3

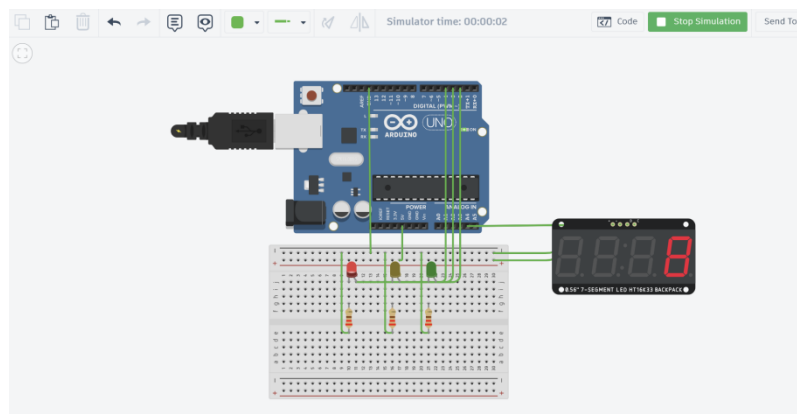
Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan proyek lampu lalu lintas adalah proyek yang paling populer dipilih oleh 17 kelompok. Sedangkan proyek yang paling sedikit dipilih adalah *running text* sebanyak 3

kelompok. Evaluasi pertama diperoleh dari hasil pelatihan IoT berdasarkan status penyelesaian proyek masing-masing kelompok yang dapat dilihat pada Tabel 2.

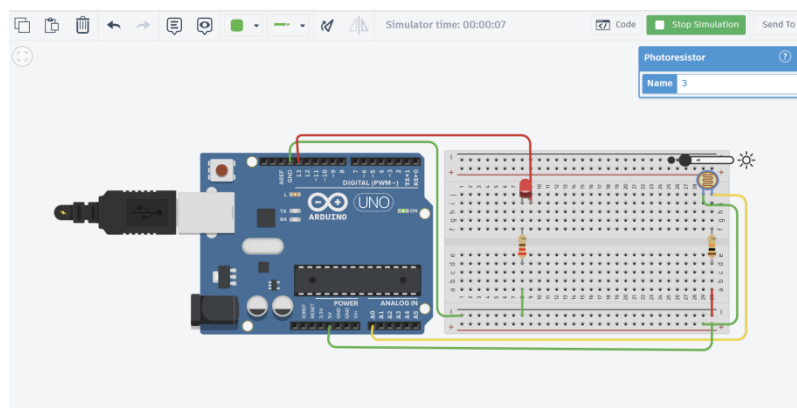
Tabel 2 Hasil proyek IoT siswa

Nama Proyek	Total Kelompok	Berhasil	Belum Berhasil	Persentase Keberhasilan
Lampu lalu lintas	17	13	4	76.47%
Sensor cahaya	8	4	4	50.00%
Sensor suhu	6	6	0	100%
<i>Running text</i>	3	1	2	33.33%
Total	34	24	10	70.59%

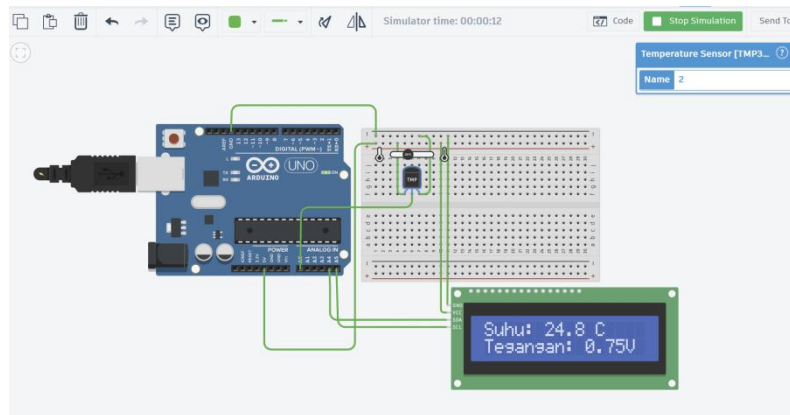
Berdasarkan hasil observasi, sebanyak 24 dari 34 kelompok (70.59%) berhasil menyelesaikan proyek IoT. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mampu memahami dan mengimplementasikan konsep dasar IoT melalui pembelajaran berbasis proyek yang sederhana. Proyek sensor suhu menunjukkan tingkat keberhasilan tertinggi sebesar 100%, artinya semua kelompok mampu menyelesaikan proyek. Proyek ini relatif sederhana dan berfokus pada *input* dan *output* sensor dasar sehingga lebih mudah bagi pemula. Proyek lampu lalu lintas yang dipilih oleh sebagian besar kelompok mencapai tingkat keberhasilan 76.47%. Meskipun secara logika proyek ini sedikit lebih kompleks, sebagian besar siswa mampu menyelesaikannya. Proyek sensor cahaya memiliki tingkat keberhasilan sedang sebesar 50% dan proyek *running text* memiliki tingkat keberhasilan terendah sebesar 33.33%. proyek ini membutuhkan pemahaman yang lebih dalam tentang kontrol tampilan dan logika pemrograman. Contoh implementasi proyek IoT untuk setiap kategori proyek yang dapat dilihat pada Gambar 1-Gambar 4.



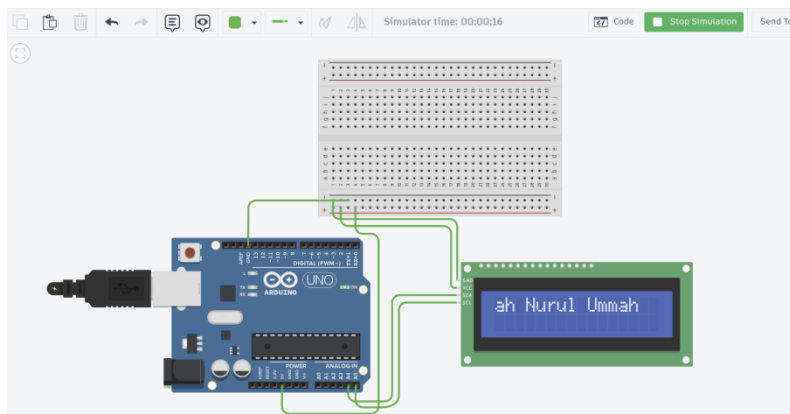
Gambar 1 Praktikum lampu lalu lintas



Gambar 2 Praktikum sensor cahaya



Gambar 3 Praktikum sensor suhu



Gambar 4 Praktikum *running text*

Karena tidak dilakukan *pre-test*, maka evaluasi kedua dari pelatihan ini didasarkan pada hasil refleksi siswa dan skor *post-test* yang dikumpulkan setelah kegiatan dilaksanakan. Hasil refleksi akan memberikan gambaran umum tentang pengetahuan dan kepercayaan diri awal siswa sebelum pelatihan, sedangkan *post-test* menunjukkan tingkat pemahaman siswa setelah berpartisipasi dalam kegiatan pelatihan ini. Adapun hasil refleksi siswa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pertanyaan refleksi siswa

Pertanyaan Refleksi	Jawaban Refleksi	Jml Siswa	Persentase
Sebelum pelatihan, apakah Anda sudah pernah mendengar tentang IoT?	Belum pernah	16	24.6%
	Pernah, tapi belum paham	39	60%
	Sudah cukup paham	10	15.4%
	Sangat paham dan pernah mencoba	0	0%
Total		65	100%
Seberapa percaya diri Anda dalam menggunakan perangkat seperti Arduino sebelum pelatihan?	Tidak percaya diri sama sekali	9	13.8%
	Sedikit percaya diri	18	27.7%
	cukup percaya diri	29	44.6%
	sangat percaya diri	9	13.8%
Total		65	100%

Hasil refleksi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memiliki pengetahuan awal yang sangat terbatas tentang IoT. Banyak siswa menyatakan mereka pernah mendengar tentang IoT namun belum memahaminya, sementara sejumlah besar siswa sama sekali belum pernah mendengar tentang IoT. Hanya sebagian kecil siswa yang mengatakan jika mereka sudah memiliki pemahaman yang cukup tentang IoT, dan tidak ada siswa yang merasa sangat familiar atau memiliki pengalaman langsung sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa memulai pelatihan dengan pengetahuan dasar atau tingkat pemula tentang IoT. Berikutnya, hasil skor *post-test* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Skor *post-test* siswa

Rentan Skor	Kategori	Jml Siswa	Persentase
100	Sangat Baik	45	69.23%
80	Baik	8	12.31%
60	Cukup	6	9.23%
40	Kurang	5	7.69%
0	Sangat Kurang	1	1.54%
Total		65	100%

Hasil *post-test* pada Tabel 4 menunjukkan peningkatan dalam pemahaman siswa setelah pelatihan. Sebagian besar siswa mencapai nilai yang sangat baik, dengan hampir tujuh puluh persen mendapatkan nilai 100. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mulai mampu memahami konsep dasar IoT, komponen arduino dan logika pemrograman meskipun masih dalam contoh sederhana dalam waktu pelatihan yang terbatas. Sebagian kecil nilai rendah siswa seringkali terkait dengan kecepatan belajar individu atau kesulitan dalam memahami konsep IoT secara keseluruhan.

Pendekatan yang dilakukan pada pelatihan ini membantu siswa dalam mengimplementasikan konsep dasar IoT secara langsung dan membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami. Hasil akhir proyek dan *post-test* menunjukkan bahwa pendekatan ini cukup efektif dilakukan untuk siswa kelas 12 di MA Nurul Ummah Yogyakarta dengan pengalaman terbatas dari siswa. Penggunaan simulator mengurangi keterbatasan perangkat keras dan memungkinkan siswa untuk fokus pada perancangan sirkuit dasar dan logika pemrograman secara langsung.

Beberapa tantangan ditemukan selama pelatihan. Keterbatasan waktu mengurangi kesempatan untuk praktik pemrograman yang lebih mendalam, sehingga banyak siswa mengalami kesulitan dengan logika pemrograman arduino. Secara umum, siswa sudah bisa memahami desain rangkaian sirkuit arduino dengan baik sesuai dengan konsep dasar yang sudah dipelajari. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan dengan logika pemrograman arduino. Pemrograman membutuhkan lebih banyak waktu dan latihan untuk dipahami, dan ini menjadi tantangan utama. Akibatnya, beberapa kelompok mampu menyelesaikan rangkaian tetapi tidak dapat menyelesaikan proyek karena terkendala pada bagian pemrograman. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa proyek IoT sederhana dapat diimplementasikan secara efektif menggunakan pendekatan berbasis simulator dengan beberapa tantangan yang sudah disebutkan. Kegiatan ini juga membantu siswa mengembangkan keterampilan praktis, kemampuan *problem solving*, dan pemahaman pemrograman dasar.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berupa pelatihan *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan proyek sederhana bagi siswa kelas XII di MA Nurul Ummah Yogyakarta menunjukkan bahwa metode pembelajaran berbasis proyek yang didukung oleh penggunaan simulator digital cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman dasar IoT dan keterampilan praktis siswa. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mampu menyelesaikan proyek dan mendapatkan nilai *post-test* yang tinggi meskipun sebagian besar dari mereka memiliki pengetahuan awal yang terbatas. Secara teori, temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berfokus pada pengalaman dan praktik langsung mampu mendorong siswa untuk membangun pengetahuan secara aktif, sekaligus membantu mengurangi kesenjangan literasi teknologi di lingkungan sekolah menengah. Penggunaan simulator terbukti menjadi solusi efisien untuk mengatasi keterbatasan perangkat keras, sekaligus memudahkan proses pembelajaran yang lebih menekankan pada pemahaman konsep dan logika dasar. Namun, salah satu kendala yang terjadi adalah durasi pelatihan yang terbatas, sehingga menyebabkan kesulitan dalam mendalami aspek pemrograman. Oleh karena itu, kegiatan serupa perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan durasi yang lebih panjang, penekanan pada materi pemrograman dasar, serta diintegrasikan ke dalam kurikulum belajar di sekolah. Harapan dari kegiatan ini adalah agar dapat meningkatkan kesiapan siswa menghadapi perkembangan teknologi serta mendorong peningkatan kualitas pembelajaran berbasis teknologi di tingkat pendidikan menengah.

DAFTAR RUJUKAN

Ahmad Faidlon, & Putri Aulia Faradina. (2024). Pelatihan Internet of Things (IoT) di SMA Negeri 1 Donorojo dalam Rangka Program Kerja KKN UNISNU Jepara. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 89–100. <https://doi.org/10.30640/abdimas45.v3i2.3152>

- Akbar, J., Dethan, J. F. N., . R., Arijanto, R., Daniawan, B., & Leo, A. (2024). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Pelatihan Siswa Multimedia SMK Setia Bhakti. *Jurnal Abdimas Berdaya : Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan Dan Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 55. <https://doi.org/10.30736/jab.v7i1.608>
- Arpan, Mohammad Yusup, & Aidil Ahmad. (2024). Pelatihan Pemanfaatan Teknologi (IoT) Internet Of Thing Untuk Sekolah Pintar dan Pembelajaran Yang Lebih Baik di SMA Negeri II Binjai. *Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat (JURIBMAS)*, 3(1), 324–330. <https://doi.org/10.62712/juribmas.v3i1.256>
- Astari, & Yulianto, D. (2025). A Bridging the Digital Divide in Education: Disparities in Google Classroom Utilization and Technical Challenges among Urban and Rural Teachers. *Journal of Education Technology*, 9(2), 258–270. <https://doi.org/10.23887/JET.V9I2.92897>
- BL, A., Anori, S., Dewi, I. P., & Efrizon. (2024). Exploring the Impact of Tinkercad-Assisted Learning on Student Performance in Industrial Electronics Subject. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i2.124>
- Costaner, L., Lisnawita, & Guntoro. (2025). Pelatihan Teknologi Internet of Things (IoT) Bagi Pelajar di Sekolah. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 9(1), 8326. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v9i1.8914>
- Hutajulu, E., Siregar, A., Mulyadi, S., Sikumbang, I., & Junaidi. (2024). PKM Workshop Internet of Things (IoT) di MA Terpadu Ali Bin Abi Tholib. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Desa*, 25–28. <https://doi.org/10.51510/PASSA.V1I2.1715>
- Mulyadi, Khairil, Z., Hendrawati, & Yaman. (2025). PENINGKATAN PENGGUNAAN INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI UPAYA PENGUATAN KEMAMPUAN SISWA DI MAN 1 LHOKSEUMAWE. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 8(1), 170–175. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/6909>
- Rosa, E., Nursalman, M., & Rasim, R. (2025). Project-Based Learning dalam Pembelajaran Proyek IoT untuk Meningkatkan Computational Thinking dan Kolaborasi Siswa: Tinjauan Literatur Sistematis. *JURNAL PETISI (Pendidikan Teknologi Informasi)*, 6(2), 99–113. <https://doi.org/10.36232/JURNALPETISI.V6I2.1990>
- Sappaile, B. I., Lestari, A. Y., Nadriyah, Kurniawan, A., Rienovita, E., Sukini, & Santosa, T. A. (2024). Effect Size Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis IoT terhadap Keterampilan Berpikir Abad 21 Siswa. *PUAN INDONESIA*, 5(2), 605–614. <https://doi.org/10.37296/JPI.V5I2.222>